

การตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยกแล้วบนพื้นฐาน
การประมวลผลภาพ

COMPLETENESS OF RICE GRAIN INSPECTION USING
IMAGE PROCESSING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-060-016

การตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยกแล้วบนพื้นฐาน
การประมวลผลภาพ

COMPLETENESS OF RICE GRAIN INSPECTION USING
IMAGE PROCESSING



เรืองสิทธิ์ อภิขิตานนท์
RUANGSIT APICHITANON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-060-016

COMPLETENESS OF RICE GRAIN INSPECTION USING
IMAGE PROCESSING



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุผลแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
2019

KMITL-2019-EN-M-060-016



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

COPYRIGHT 2019

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยกแล้วบนพื้นฐานการประมวลผลภาพ
นักศึกษา	นายเรืองศิษฐ์ อภิขิตานนท์
รหัสประจำตัว	59601079
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.วิศรุต ศรีรัตน์

บทคัดย่อ

การตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการคัดแยกแล้ว เป็นการตรวจสอบเมล็ดข้าวเพื่อให้มั่นใจในคุณภาพของเมล็ดข้าวหลังผ่านการคัดแยกแล้ว ให้ตรงตามมาตรฐานที่ต้องการและไม่มีสิ่งเจือปนอื่น เช่น ต้นข้าว ปลายข้าว เศษดิน และหิน เป็นต้น พร้อมทั้งเก็บข้อมูลของเมล็ดข้าวในเชิงสถิติเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบและพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการคัดแยกให้มีคุณภาพมากขึ้น วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยกแล้วโดยใช้หลักการประมวลผลภาพ รวมถึงการนำทฤษฎีภาพมาใช้ในการประมวลผลภาพจากกล้อง Webcam ทัวไปที่มีราคาต่ำ และการเขียนคำสั่งประมวลผลสำหรับวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual C# 2017 ในที่นี้การทดลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ การตรวจสอบเมล็ดข้าวแบบไม่ทับซ้อนกัน และการตรวจสอบเมล็ดข้าวแบบทับซ้อนกัน ในระบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงและให้ผลของความแม่นยำกับการตรวจสอบกรณีเมล็ดข้าวที่ไม่ทับซ้อนกันซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ การตรวจสอบเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ การตรวจสอบเมล็ดข้าวในอัตราส่วน 1:1 ระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์โดยมีผลรวมเมล็ดข้าวทั้งหมด 50 เมล็ด และ การตรวจสอบเมล็ดข้าวในอัตราส่วน 3:1, 1:1 และ 1:3 ระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ตามลำดับโดยมีผลรวมเมล็ดข้าวทั้งหมด 40 เมล็ด เนื่องจากต้องการแบ่งเมล็ดข้าวออกเป็น 4 ส่วนเท่ากันเราจึงใช้เมล็ดข้าวในการทดลองนี้ 40 เมล็ด จากการทดสอบทั้ง 4 ลักษณะ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากกระบวนการในการวิเคราะห์ เท่ากับ 0.2 %, 0 %, 1.4% และ 1.11 % ตามลำดับ สามารถคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของกระบวนการเท่ากับ 0.82 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการสื่อสารเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Completeness of Rice Grain Inspection Using Image Processing
Student	Mr. Ruangsit Apichitanon
Student ID.	59601079
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Narin Tammarugwattana
Thesis Co-advisor	Assoc. Prof. Dr. Witsarut Sriratana

ABSTRACT

Completeness of rice grain inspection is one of the methods to check the rice grain for ensuring the quality of the rice grain after being sorted according to the required standard and no other contaminants such as rice, grits, soil, and stone. Along with collecting data of the grain in a statistical way for use in the inspection and development of the efficiency of the separation process to be of high quality. This thesis proposes to check the completeness of the rice grains that have been sorted by using image processing principles and adapted to process images from a normal webcam camera. In addition, the Microsoft Visual C# 2017 was used for processing the signals by analyzing the output signals of webcam camera. In the experiment is divided into two forms, non-overlapping rice grain inspection. And overlapping rice grain inspection. In this system, it is highly effective and gives the results of accuracy and inspection of non-overlapping grain cases which are divided into four cases: inspection 50 perfect rice grain, 50 imperfect rice grain, 50 rice grain in 1:1 ratio between the perfect and imperfect rice grain and 40 rice grain in 3:1, 1:1, and 1:3 ratio between the perfect and imperfect rice grain. From the experimental result of four cases, the error rates were 0.2%, 0%, 1.4%, and 1.11%, respectively, while the average of process error was 0.82%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้นมาจาก ความเมตตากรุณาที่ได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆจาก ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์ และ รศ.ดร.วิศรุต ศรีรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมดูแลการทำปริญญาานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์และดูแลควบคุมการทำงานอย่างใกล้ชิด ผู้จัดทำมีความรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและคำสั่งสอนเพื่อนำมาจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้สถานที่ในการศึกษาวิจัย และสนับสนุนอุปกรณ์ในการจัดทำปริญญาานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ พร้อมกำลังใจที่มีให้กันตลอดการเรียนและการจัดทำปริญญาานิพนธ์ที่ผ่านมา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบคุณ บิดาและมารดา ที่คอยสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาค้นคว้ามาซึ่งการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณความดีที่พึงมีจากการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแต่ บิดามารดา รวมทั้งคณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายเรืองศิษฐ์ อภิชาติานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.2 มาตรฐานที่ใช้ในการแบ่งชั้นคุณภาพข้าวไทย.....	6
2.3 ภาพเกรย์สเกล(Gray Image).....	7
2.4 การแปลงภาพโดยวิธี OTSU.....	9
2.5 เทรชโฮลด์(Threshold)	10
2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพโดยใช้กรอบสี่เหลี่ยมปิดล้อมวัตถุ	11
(Bounding box Method)	
2.7 การวิเคราะห์กลุ่มจุดภาพขาวดำ (Blob detection Method)	12
2.8 ฟลัด ฟิล (Flood Fill).....	13
2.9 การนับเมล็ดข้าว.....	14
บทที่ 3 การออกแบบระบบ และประมวลผล.....	16
3.1 ชุดเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว	16
3.2 Block diagram ของเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว	18
3.3 อัลกอริทึมและกระบวนการ	19
3.4 ฟังก์ชันต่างๆของโปรแกรม.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเรียงพิมพ์เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้พิมพ์ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ออกไปและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำใบใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 ชนิดของเมล็ดข้าวที่ใช้ในการทดสอบ.....	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง	26
4.1 ผลการทดลองการตรวจวัดคุณภาพเมล็ดข้าวหอมมะลิสุรินทร์ทั้ง 18 ขั้นตอน	26
4.1.1 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน.....	26
ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม	
4.1.2 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง	27
แบบไม่ทับกัน	
4.1.3 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบทับกัน.....	30
ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม	
4.1.4 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง.....	31
แบบทับกัน	
4.1.5 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน.....	34
ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม	
4.1.6 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง.....	35
แบบไม่ทับกัน	
4.1.7 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบทับกัน.....	38
ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม	
4.1.8 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง.....	39
แบบทับกัน	
4.1.9 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในอัตรา 1:1.....	42
ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้งแบบไม่ทับกัน	
4.1.10 การทดลองวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1	43
ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่แบบไม่ทับกัน	
4.1.11 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ 1:1	46
ในอัตรา ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบทับกัน	
4.1.12 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1.....	47
ที่มีการจัดเรียงเมล็ดใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน	
4.1.13 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์.....	50
ในอัตรา 3:1 ภาพเดิมซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.14 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์.....	53
ในอัตรา 1:1 ภาพเต็มซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน	
4.1.15 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์.....	55
ในอัตรา 1:3 ภาพเต็มซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน	
4.1.16 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์.....	57
ในอัตรา 3:1 ภาพเต็มซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แบบทับกัน	
4.1.17 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์.....	59
ในอัตรา 1:1 ภาพเต็มซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แบบทับกัน	
4.1.18 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์	61
ในอัตรา 1:3 ภาพเต็มซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แบบทับกัน	
4.2 การอภิปรายผลการทดลอง.....	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	64
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	64
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย.....	64
เอกสารอ้างอิง.....	66
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก. ข้อมูลอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลองและ ภาษา C#.....	70
ในการเขียนโปรแกรม VISUAL STUDIO 2017	
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์.....	78
ประวัติผู้เขียน.....	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง.....	27
แบบไม่ทับกัน โดยการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม	
4.2 ผลการทดลองการวัดภาพข้าวสมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่แบบไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง.....	30
4.3 ผลการทดลองของการวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ซ้ำภาพเดิมแบบทับกัน.....	31
ทั้ง 5 ครั้งมีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม	
4.4 ผลการทดลองการวัดภาพข้าวสมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่แบบทับกันทั้ง 5 ครั้ง.....	34
4.5 ผลการทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน	35
4.6 ผลการทดลองการวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่จัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง.....	38
4.7 ผลการทดลองของการวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ ภาพเดิม แบบทับกันทั้ง 5 ครั้ง.....	39
4.8 ผลการทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่แบบทับกันทั้ง 5 ครั้ง.....	42
4.9 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์	43
ในอัตรา 1:1 ภาพเดิม 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน	
4.10 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1	46
ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ แบบไม่ทับกัน	
4.11 ผลการทดลองในการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1	47
ภาพเดิม แบบทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.12 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1.....	50
ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่แบบทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.13 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1.....	51
แบบแยกกองที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.14 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1.....	52
แบบคละกันที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.15 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1.....	53
แบบแยกกองที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.16 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1.....	54
แบบคละกันที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.17 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3.....	55
แบบแยกกองที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งนี้ ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.18 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3.....	56
แบบคละกันที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.19 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1.....	58
แบบแยกกองที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.20 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1.....	59
แบบคละกันที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.21 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1	60
แบบแยกกองที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.22 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1.....	61
แบบคละที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.23 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3.....	62
แบบแยกกองที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	
4.24 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3.....	63
แบบคละที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงตัวอย่างระดับสีเทา.....	7
2.2 แสดงตัวอย่างระดับความเข้มสี ขาว-เทา-ดำ ของภาพเกรย์สเกล.....	8
2.3 ภาพเกรย์สเกลตัวอย่างจากการตรวจสอบเมล็ดข้าว.....	8
2.4 การแบ่งกลุ่มโดยใช้ค่า k เพื่อหาค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มจากกราฟ pixel intensity.....	9
2.5 ตัวอย่างของการแปลงภาพจากสีขาว-เทา เป็นภาพสีขาว-ดำ.....	10
จากการตรวจสอบเมล็ดข้าว	
2.6 Pixel Histogram ของภาพ.....	11
2.7 แสดงการทำงานของ bounding box.....	11
2.8 การทำงานของ Blob Analysis โดยใช้วิธี Flood fill.....	12
2.9 ตัวอย่างการทำงานของ Blob Analysis.....	13
2.10 Moving window ที่ใช้ในการคำนวณ Flood Fill.....	14
2.11 แสดงตัวอย่างในการนับเมล็ดข้าว.....	14
3.1 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว.....	16
3.2 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว(ตรวจข้าวขาว).....	17
3.3 ชุดเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว.....	17
3.4 แผ่นรองเมล็ดข้าว.....	18
3.5 Block diagram ของเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว	19
3.6 แผนภูมิของกระบวนการตรวจสอบเมล็ดข้าว.....	20
3.7 การแสดงผลภาพจากการประมวลผล	21
3.8 แผนภูมิอัลกอริทึมของการประมวลผลภาพ	21
3.9 ฟังก์ชันและการทำงาน	22
3.10 ฟังก์ชันและการทำงานในส่วนที่ 1-5.....	22
3.11 ฟังก์ชันและการทำงานในส่วนที่ 6.....	23
3.12 ฟังก์ชันและการทำงานในส่วนที่ 7.....	23
3.13 ฟังก์ชันและการทำงานในส่วนที่ 8.....	24
3.14 เมล็ดข้าวสมบูรณ์.....	25
3.15 เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏทุกครั้งที่มีการแก้ไข

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.45 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1.....	59
ทั้งหมด 5 ครั้ง ทับกันแบบแยกกอง	
4.46 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1.....	60
ทั้งหมด 5 ครั้ง ทับกันแบบคละกัน	
4.47 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3	61
ซ้ำภาพเดิมทั้งหมด 5 ครั้ง ทับกันแบบแยกกอง	
4.48 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3.....	62
ซ้ำภาพเดิมทั้งหมด 5 ครั้ง ทับกันแบบคละกัน	
4.49 กราฟแสดงค่าความผิดพลาดในกรณีต่างๆ.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนั้นการประมวลผลภาพมีความนิยมแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับอย่างมาก เพราะให้ผลลัพธ์ที่แน่นอน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีความรวดเร็วและความแม่นยำในการทำงานสูง ซึ่งมีทฤษฎีและหลักการที่นำมาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลภาพที่หลากหลาย เช่น การใช้ FIR (Finite Impulse Response System) [1] , Geometric Matching Method [2], Geometric shape features [3], Python [4] โดยการวิเคราะห์ ในการทำโครงงานจะใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในเรื่อง OTSU Method [5], Grayscale Method[6], bounding box Method [7], Blob detection Method [8] เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยหลักการพีชคณิต [9] ในการหารูปลักษณะของเมล็ดข้าวให้ได้ตามที่ได้ทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างที่สมบูรณ์ไว้แล้วจากต้นแบบโดยใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Visual C# 2017 ที่ใช้เขียนในการประมวลผลด้วยภาพดิจิทัล [10]

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยกแล้วโดยใช้หลักการประมวลผลภาพ รวมถึงการนำทฤษฎีภาพมาใช้ร่วมในการประมวลผลภาพจากกล้อง Webcam ทั่วไปที่มีราคาต่ำ และการเขียนคำสั่งประมวลผลสำหรับวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual C# 2017 ในที่นี้การทดลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ การตรวจสอบเมล็ดข้าวแบบไม่ทับซ้อนกัน และการตรวจสอบเมล็ดข้าวแบบทับซ้อนกัน ในระบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงและให้ผลของความแม่นยำกับการตรวจสอบกรณีเมล็ดข้าวที่ไม่ทับซ้อนกันซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ การตรวจสอบเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์ การตรวจสอบเมล็ดข้าวที่ไม่สมบูรณ์ การตรวจสอบเมล็ดข้าวในอัตราส่วน 1:1 ระหว่างเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์และเมล็ดข้าวที่ไม่สมบูรณ์โดยมีผลรวมเมล็ดข้าวทั้งหมด 50 เมล็ด และ การตรวจสอบเมล็ดข้าวในอัตราส่วน 3:1, 1:1 และ 1:3 ระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ตามลำดับ โดยมีผลรวมของเมล็ดข้าวทั้งหมด 40 เมล็ด เนื่องจากต้องการแบ่งเมล็ดข้าวออกเป็น 4 ส่วนเท่ากันเราจึงใช้เมล็ดข้าวในการทดลองนี้ 40 เมล็ด แล้วนำผลไปวิเคราะห์เพื่อคำนวณออกมาเป็นค่าความแม่นยำเฉลี่ยที่ได้ของกระบวนการตามที่ระบุไว้ในผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบการตรวจสอบคุณลักษณะภายนอกของเมล็ดข้าวพร้อมวิเคราะห์จากการประมวลผลภาพได้
2. เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวหลังการคัดแยก
3. เพื่อศึกษาการออกแบบระบบตรวจสอบคุณลักษณะภายนอกของเมล็ดข้าวโดยการนำทฤษฎีและกระบวนการมาวิเคราะห์แล้วนำไปพัฒนาระบบประมวลผลภาพให้มีประสิทธิภาพที่มากขึ้น
4. เป็นการเก็บข้อมูลเชิงสถิติเพื่อนำไปตรวจสอบและพัฒนาประสิทธิภาพในกระบวนการคัดแยกให้มีคุณภาพมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาระบบการตรวจวัดคุณลักษณะภายนอกของเมล็ดข้าวเพื่อการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว โดยใช้ข้าวขาวหอมมะลิสุรินทร์ เป็นกรณีศึกษา โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีแล้วนำมาพัฒนาสร้างเป็นอัลกอริทึมเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยก พร้อมทั้งการวิเคราะห์ผลการทดลองบนพื้นฐานของการประมวลผลภาพ

1.4 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาการประยุกต์ใช้งานกล้องและตำแหน่งการติดตั้งที่เหมาะสม
2. ศึกษาหลักการเขียนอัลกอริทึมและการเลือกใช้ทฤษฎีหรือกระบวนการต่างๆที่เหมาะสมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ศึกษาการออกแบบและสร้างระบบการตรวจวัดความสมบูรณ์ของข้าวโดยใช้หลักการพื้นฐานทาง การประมวลผลภาพให้เหมาะสมกับการใช้งาน
4. ศึกษาและวิเคราะห์ผลจากทดลองพร้อมทั้งแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของระบบในการตรวจวัด คุณภาพข้าวในกรณีต่างๆ

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

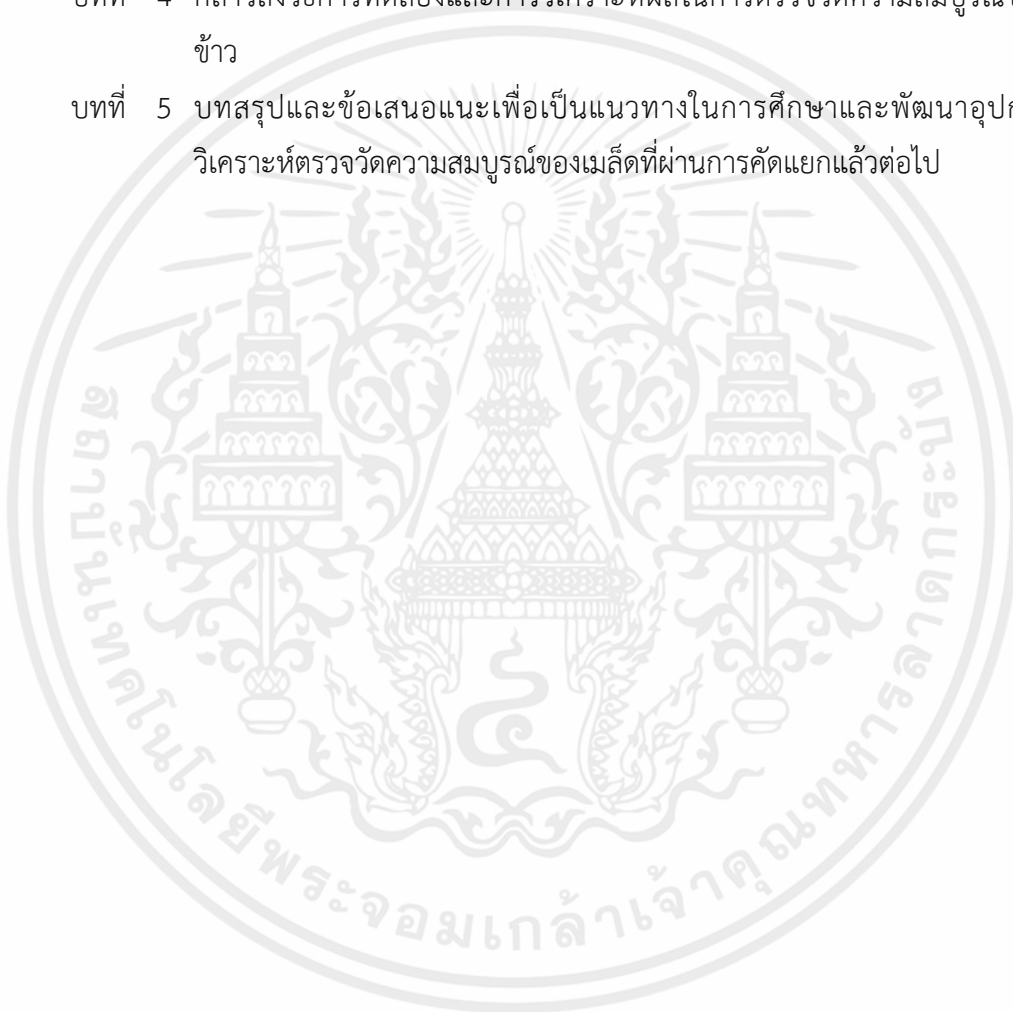
1. สามารถประยุกต์ใช้งานกล้องเว็บแคมในการตรวจวัดวัตถุที่มีขนาด หรือ สี ที่แตกต่างกันได้
2. สามารถประยุกต์ใช้งานกล้องเว็บแคมในการตรวจวัดคุณภาพความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวรวมทั้งสามารถลดต้นทุนการตรวจสอบคุณลักษณะเชิงคุณภาพตามมาตรฐานของสำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท โดยในแต่ละบทมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

- บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของการวัดคุณภาพเชิงกายภาพจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยก
- บทที่ 2 กล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎีการประมวลผลภาพ
- บทที่ 3 กล่าวถึงกระบวนการทำงานของระบบการประมวลผลภาพและอัลกอริทึมที่ใช้
- บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการทดลองและการวิเคราะห์ผลในการตรวจวัดความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว
- บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์การวิเคราะห์ตรวจวัดความสมบูรณ์ของเมล็ดที่ผ่านการคัดแยกแล้วต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีและหลักการต่างๆมาใช้ร่วมกับกล้องเวปแคมในการเขียนอัลกอริทึมเพื่อทำการวิเคราะห์ผลจากการประมวลผลภาพในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยกแล้ว

2.1 ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาค้นคว้าได้ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกันในหลายแขนง มีจุดประสงค์คือการศึกษาการประยุกต์ใช้กล้องเวปแคมในการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดข้าวโดยนำทฤษฎีและหลักการมาพัฒนาต่อยอดเป็นอัลกอริทึมที่เหมาะสม ซึ่งปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีและหลักการในการประมวลผลภาพที่หลากหลายเช่น FIR (finite impulse Response System), Giovanni Bertolini และ Stefano Ramat [11] ได้นำเสนอวิธีการ โดยใช้หลักการ background subtraction ซึ่งวิธีนี้จะมีการนำข้อมูลความลึกและขอบ (edge) ที่ผ่านการทำ watershed ซึ่งจะเป็นการ segment วัตถุที่สนใจมาพิจารณาในการทำ background subtraction ด้วยการแสดงภาพรวมของระบบในส่วนของการทำ background subtraction โดยกระบวนการจะเริ่มจากแปลงภาพให้เป็นภาพขาวเทา (grayscale) จากนั้นจะทำการหาขอบของวัตถุที่สนใจด้วยวิธี watershed และจะสามารถประมาณความลึกของภาพจากกระบวนการ stereo แล้วนำข้อมูลทั้งสองไปใช้ประมวลผลในกระบวนการ background subtraction เพื่อนำวัตถุที่สนใจออกมา จากนั้นได้ทำการศึกษางานวิจัยของ M. Bertozzi, E. Binelli, A. Broggi และ M. Del Rose [12] ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับวัตถุที่สนใจ โดยการใช้ อัลกอริทึมที่ประกอบไปด้วย 3 ความแตกต่าง ได้แก่ warm area detection, edge based detection and v-disparity computation งานวิจัยของเขาต้องการที่จะติดตามคนเดินบนถนน โดยมีการใช้หลักการและวิธีการดังนี้เริ่มจาก warm areas detection ซึ่งจะเป็นวิธีการอาศัยความร้อนของวัตถุเปรียบเทียบกับภาพพื้นหลังเพื่อตรวจจับวัตถุที่สนใจต่อมาคือวิธีการ edges detection จะเป็นการตรวจจับจากขอบของวัตถุโดยใช้ sobel operator และ v-disparity approach ซึ่งวิธี และหลักการเหล่านี้จะเป็นการใช้ระยะทางของวัตถุมาพิจารณา ในทั้งสามวิธีนี้จะมีการสร้าง rectangular bounding box มาทำการครอบบริเวณจุดที่สนใจทั้งหมด โดยจะทำการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าจากการประมาณ bounding box ด้วยระยะทางและตำแหน่งของวัตถุที่สัมพันธ์กัน เพื่อทำการครอบหรือโปกส์วัตถุที่สนใจ ซึ่ง v-disparity ประกอบไปด้วยค่าของระยะทางอยู่แล้วแต่ warm area detection, edge based detection จะต้องนำมาผ่าน Stereo Match ก่อน ผลลัพธ์ จากกระบวนการที่ผ่านมาจะได้ bounding box หลายๆ ส่วนในบริเวณที่สนใจ จึงต้องนำมาผ่านกระบวนการ resize, การ merge เพื่อทำการลดขนาดและรวม bounding box ย่อยๆ เข้าด้วยกัน และกระบวนการ filter เพื่อทำการลบ bounding box ที่เกิดความผิดพลาดจากการตรวจจับ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเป็นสงวนลิขสิทธิ์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำ

ขั้นตอนสุดท้ายจะผ่านกระบวนการ Head Match เพื่อทำการค้นหาส่วนหัวของบุคคลจากการใช้หลักการ bounding box ซึ่งการใช้หลักวิธีการ bounding box นั้นจะสามารถทำให้ตัวกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจจับคนที่เดินบนถนนมากขึ้น จากนั้นได้ทำการศึกษางานวิจัยของ Mihail P, Paul G, James K, Cerry K, Joe S และ Charles C. [13] ได้นำวิธีการ OTSU มาประมวลผลภาพเบื้องต้นโดยนำมาใช้พัฒนาวิธีการตัดแยกส่วนของโครโมโซมโดยใช้วิธี Kittler-Illingworth, และทำการตัดแยกภาพโครโมโซมด้วยวิธี Recursive Algorithm และ Cross Section Sequence Graph (CSSG) แต่ประสิทธิภาพของกระบวนการนี้ยังไม่ดีเท่าที่ควรอันสืบเนื่องมาจากคุณภาพของข้อมูลภาพโครโมโซมที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะข้อมูลโครโมโซมที่ขาดความคมชัดและมีสัญญาณรบกวนเป็นจำนวนมาก ในงานวิจัยของ Liang [14] ได้นำหลักการการประมวลผลภาพโดยใช้วิธีการ Threshold Algorithm, Recursive Algorithm และ Pale Path มาพัฒนาวิธีการตัดแยกภาพโครโมโซมชนิดจีแบนด์ แต่เนื่องจากภาพโครโมโซมที่ใช้ในการทดลองมีความสว่างของชุดข้อมูลภาพที่มากจนเกินไป จึงส่งผลทำให้ข้อมูลภาพของโครโมโซมที่ได้มานั้นเกิดการขาดหายไปบางส่วน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำให้ความถูกต้องในการตัดแยกของวิธีการไม่มีคุณภาพเท่าที่ควร จากนั้นได้ทำการศึกษางานวิจัยของ Pichet Wayalun, Natthariya Laopracha, และ Saiyan Saiyod [15] ได้ทำการนำเสนอหลักวิธีการตัดแยกภาพโครโมโซม G-band ซึ่งอยู่ในพื้นฐานของ Histogram Equalization, Adaptive Threshold, Flood-Fill, Canny Edge Detection และ Axis-Aligned Bounding Boxes โดยเทคนิค HAFCO ซึ่งจะสามารถเพิ่มคุณภาพภาพ และ ทำการเติมข้อมูลส่วนที่ขาดหายภายในภาพโครโมโซมได้ โดยผลการวิจัยพบว่าวิธีการตัดแยกโครโมโซม HAFCO ให้ความถูกต้องสูงสุดที่ 97.27% ซึ่งได้มีหลายๆทฤษฎีที่ใช้ร่วมกัน หลังจากนั้นเราได้ทำการศึกษาในงานวิจัยของ Deepika Sharma , Sharad D. Sawant [16] ซึ่งสามารถนำมาใช้วัดคุณภาพของเมล็ดธัญพืชในภาพรวมได้โดยสามารถแบ่งคุณภาพได้ 3 ระดับ คือ คุณภาพสูง ปานกลาง และต่ำ โดยวิเคราะห์จากพื้นที่ความยาว ความกว้าง และเส้นขอบของเมล็ดข้าวระบบตรวจสอบนี้มีจุดเด่นคือสามารถตรวจสอบเมล็ดธัญพืชแบบทับซ้อนกันได้ระบบนี้จะตรวจสอบได้ในเชิงคุณภาพอย่างเดียวซึ่งไม่สามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบเชิงปริมาณได้คือไม่สามารถเก็บข้อมูลเป็นตัวเลขเพื่อนำมาวิเคราะห์ในเชิงสถิติได้ ในงานวิจัยของ Chetna Vasudevabhai Maheshwari , Kavindra R. Jain , Chintan K. Modi [17] เป็นการเก็บข้อมูลเมล็ดข้าวโดยแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ ขนาด เล็ก กลาง และขนาดใหญ่ โดยวิเคราะห์จาก พื้นที่ ความยาว ความกว้าง และความผิดปกติของเมล็ดข้าว ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลของเมล็ดข้าวอย่างละเอียด แต่ไม่มีการระบุถึงการตรวจสอบเมล็ดข้าวในโทนสีต่างๆ หรือ เมล็ดข้าวชนิดอื่นๆ จากการศึกษาข้อมูลวิทยานิพนธ์ต่างๆเราได้ทำการประยุกต์ใช้หลักการความเข้ากันได้ของรูปทรงเรขาคณิต Geometric Matching Method, Geometric shape features, และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและออกแบบอัลกอริทึม Python, Microsoft Visual C# 2017 ที่ใช้เขียนในการประมวลผลด้วยภาพดิจิทัล จากการศึกษาทฤษฎีและหลักการในการประมวลผลภาพต่างๆได้พบว่า หลักการที่จำเป็นและเหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเพื่อเขียนเป็น

อัลกอริทึมได้อย่างตรงตามจุดประสงค์ที่เราได้ตั้งเอาไว้ ได้แก่ OTSU Method, Grayscale Method, bounding box Method , Blob detection Method และ หลักการพีชคณิต เมื่อนำทฤษฎีและ หลักการเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเราจึงสามารถกำหนดทิศทางการออกแบบระบบได้อย่างเหมาะสม

2.2 มาตรฐานที่ใช้ในการแบ่งชั้นคุณภาพข้าวไทย

เมื่อเมล็ดข้าวผ่านการคัดแยกแล้วเราจะนำเมล็ดข้าวนั้นมาเข้าสู่ระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของ เมล็ดข้าวเพื่อทำการตรวจสอบข้าว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยกมาแล้วนั้นมีมาตรฐานตรงตาม ที่ต้องการ โดยอ้างอิงมาตรฐานของข้าวไทยตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004 - 2560 จาก สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จะแบ่งตามความ ยาวของข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก เป็น 4 ชั้น ดังนี้

- (1) ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 (long grain class 1) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักที่มีขนาด ความยาวเกิน 7.0 mm
- (2) ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 2 (long grain class 2) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักที่มีขนาด ความยาวเกิน 6.6 mm ถึง 7.0 mm
- (3) ข้าวเมล็ดยาว ชั้น 3 (long grain class 3) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักที่มีขนาด ความยาวเกิน 6.2 mm ถึง 6.6 mm
- (4) ข้าวเมล็ดสั้น (short grain) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักที่มีขนาดความยาวไม่เกิน 6.2 mm

ในกรณีที่มีการคัดแยกข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 (long grain class 1) ซึ่งจะต้องมีข้าวเต็มเมล็ดไม่มีส่วน ใดหักที่มีขนาดความยาวเกิน 7.0 mm หลังจากการคัดแยกแล้วเราก็จะนำเมล็ดข้าวที่ผ่านการคัดแยก มาตรวจสอบในระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวเพื่อทำการยืนยันความสมบูรณ์ของเมล็ด ข้าวว่าได้ตามมาตรฐานตามกรณีข้าวเมล็ดยาว ชั้น 1 หรือไม่ พร้อมแสดงผลพีธีในรูปแบบจำนวน เมล็ดข้าวและเปอร์เซ็นต์ระหว่างเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์และเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ภาพเกรย์สเกล (Gray Image)

ภาพเกรย์สเกลหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ภาพระดับสีเทา คือ ภาพที่มีสีขาว-เทา-ดำ โดยจะมีระดับความเข้มของสีตั้งแต่ 0-255 (8 Bit) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างระดับสีเทา

ภาพระดับสีเทาจะมีการไล่ระดับความอ่อนแก่ของสีซึ่งอยู่ระหว่างสีขาวและสีดำ Halftone Image อย่างต่อเนื่อง โดยที่ค่าแต่ละพิกเซล ของภาพจะหมายถึงความเข้มแสงแต่ละตำแหน่งของพิกเซล ที่อยู่ในรูประดับสีเทา

ภาพเกรย์สเกลเกิดจากการแปลงสี RGB มาเป็นภาพ Gray scale โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$P = 0.299Z + 0.587X + 0.114C \quad (2.1)$$

เมื่อ P คือค่าระดับสีเทา ณ จุดพิกเซล ที่เราต้องการหา
 Z คือค่าสีแดง ณ จุด ที่ต้องการหา
 X คือค่าสีเขียว ณ จุด ที่ต้องการหา
 C คือค่าสีน้ำเงิน ณ จุด ที่ต้องการหา

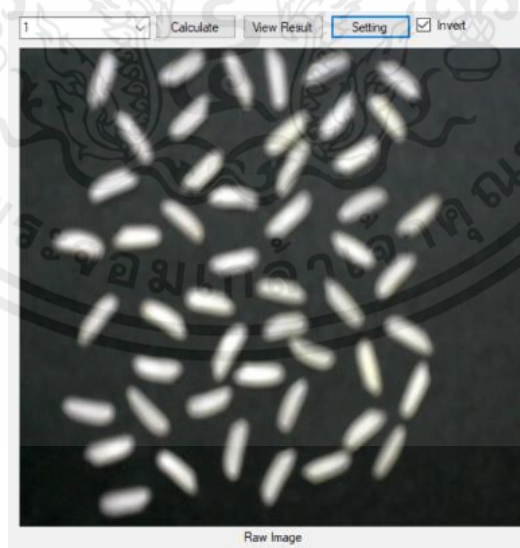
โดยขั้นตอนการคำนวณจะหาทีละพิกเซลไปเรื่อยๆจนครบทุกพิกเซล ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

146	148	132	140	160	122	70	57	64	66	68	129
147	144	127	136	156	116	57	58	65	65	67	107
144	139	123	134	153	111	50	64	65	60	64	72
140	136	123	137	152	104	47	65	61	59	76	70
140	136	125	138	146	89	46	59	54	63	94	92
141	135	124	135	136	71	56	57	53	62	83	83
139	130	120	134	134	66	62	55	59	63	57	58
134	124	116	135	138	70	55	48	65	70	49	54
135	125	121	144	131	71	47	65	59	52	79	64
139	127	112	123	117	75	60	66	72	78	78	54
149	138	116	112	114	99	70	69	76	78	69	81

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างระดับความเข้มสี ขาว-เทา-ดำ ของภาพเกรย์สเกล [18]

วิธีการแปลงภาพสี RGB เป็นภาพสีเทา ในขั้นตอนแรกภาพจะอยู่ในระบบปริภูมิสีแบบ RGB (ภาพสี) ดังนั้นแต่ละพิกัด ของภาพจะประกอบด้วยค่าของเซตที่แสดงถึง ค่าของ R ค่าของ G และค่าของ B ระบบ จะทำการ เปลี่ยนให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ภาพได้ ง่ายขึ้น เพราะเมื่อ แปลงภาพเป็นระดับสีเทาแล้วจะทำให้แต่ละจุดภาพของภาพจะเหลือเพียงค่าความเข้มของ สี มีค่า ตั้งแต่ 0 ถึง 255 ภาพเกรย์สเกลตัวอย่างที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 2.3

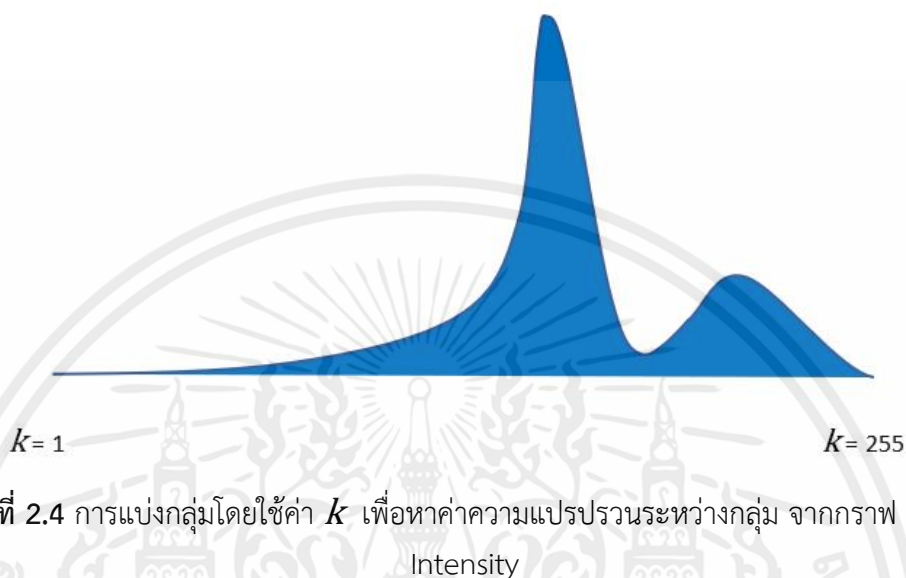


รูปที่ 2.3 ภาพเกรย์สเกลตัวอย่างจากการตรวจสอบเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเบื้องต้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การแปลงภาพโดยวิธี OTSU

เป็นวิธีการหาค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม โดยใช้ k เป็นค่าแบ่งกลุ่ม เริ่มจาก $k=1$ ถึง $k=255$ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เพื่อทำการแปลงภาพสีเทาให้เป็นสีทึบดำดังแสดงในสมการที่ 2.3



รูปที่ 2.4 การแบ่งกลุ่มโดยใช้ค่า k เพื่อหาค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม จากกราฟ Pixel

$$\sigma_B^2 = \omega_0 \omega_1 (\mu_0 - \mu_1)^2 \quad (2.3)$$

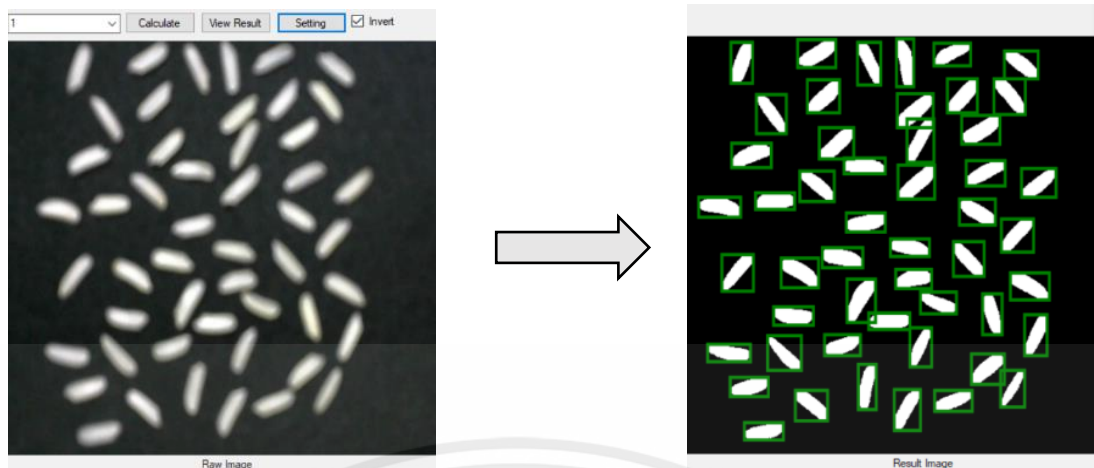
เมื่อ σ_B^2 คือค่าความแปรปรวนของกลุ่มตั้งแต่ 1-255 โดย $k=1-255$
 ω_0 คือค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มที่ 1
 ω_1 คือค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มที่ 2
 μ_0 คือค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1
 μ_1 คือค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2

จากนั้นทำการหา ณ จุดที่มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดโดยแทนค่าด้วย $k = 1-255$ ในสมการที่ 2.4

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq k < L} \sigma_B^2(k) \quad (2.4)$$

เมื่อ $\sigma_B^2(k^*)$ คือค่าความแปรปรวนสูงสุดของกลุ่ม

โดยค่า (k^*) ที่ได้จากสมการ 2.4 คือค่าเทรชโฮลด์ที่เอาไว้ใช้แบ่งในการแปลงภาพจากสีเทาเป็นภาพสี
 ดำ ตัวอย่างของการแปลงภาพจากสีเทาเป็นภาพสีดำที่ได้จากการทดลองแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างของการแปลงภาพจากสีขาว-เทา เป็นภาพสีขาว-ดำจากการตรวจสอบเมลิตซ์ข้าว

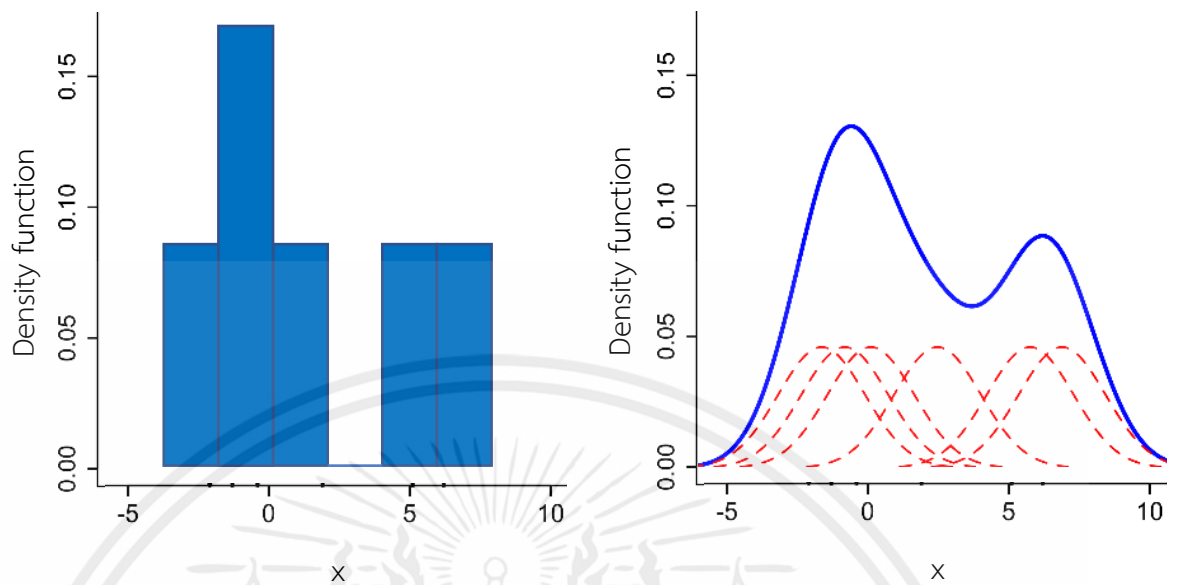
2.5 เทรชโฮลด์ (Threshold)

เทรชโฮลด์ เป็นการทำการ Segmentation ประเภทหนึ่งที่นิยมทำกันมาก เนื่องจากง่ายต่อการ Segmentation สามารถที่จะแยกบริเวณที่เราสนใจออกจากบริเวณที่เราไม่สนใจได้ง่าย เหตุผลที่เราต้องแยกบริเวณในภาพที่เราสนใจออกจากบริเวณที่เราไม่สนใจนั้น เพื่อให้การประมวลผลภาพนั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ประมวลผลได้เร็วขึ้น มีความถูกต้องมากขึ้น ลดความซับซ้อนของโปรแกรมลง เป็นต้น การทำ Threshold นั้นสามารถทำได้โดยการกำหนดค่า Threshold ซึ่งเป็นค่าความเข้มให้มีค่าที่สามารถแยกความแตกต่างของบริเวณที่เราสนใจและพื้นหลังได้ โดยปกติแล้วการเลือกค่า Threshold จะขึ้นอยู่กับ Pixel Histogram ของภาพ โดยจะเลือกค่า Histogram ที่อยู่จุดต่ำสุดที่อยู่ระหว่างจุดสูงสุดดังแสดงในรูปที่ 2.6

$$g(x,y) \begin{cases} 1 - \text{if } (x,y) > T \\ 0 - \text{otherwise...} \end{cases} \quad (2.2)$$

เมื่อ $g(x,y)$ เป็นข้อมูลภาพ ณ ตำแหน่งที่ x,y
 T คือค่า Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 Pixel Histogram ของภาพ

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพโดยใช้กรอบสี่เหลี่ยมปิดล้อมวัตถุ (Bounding box Method)

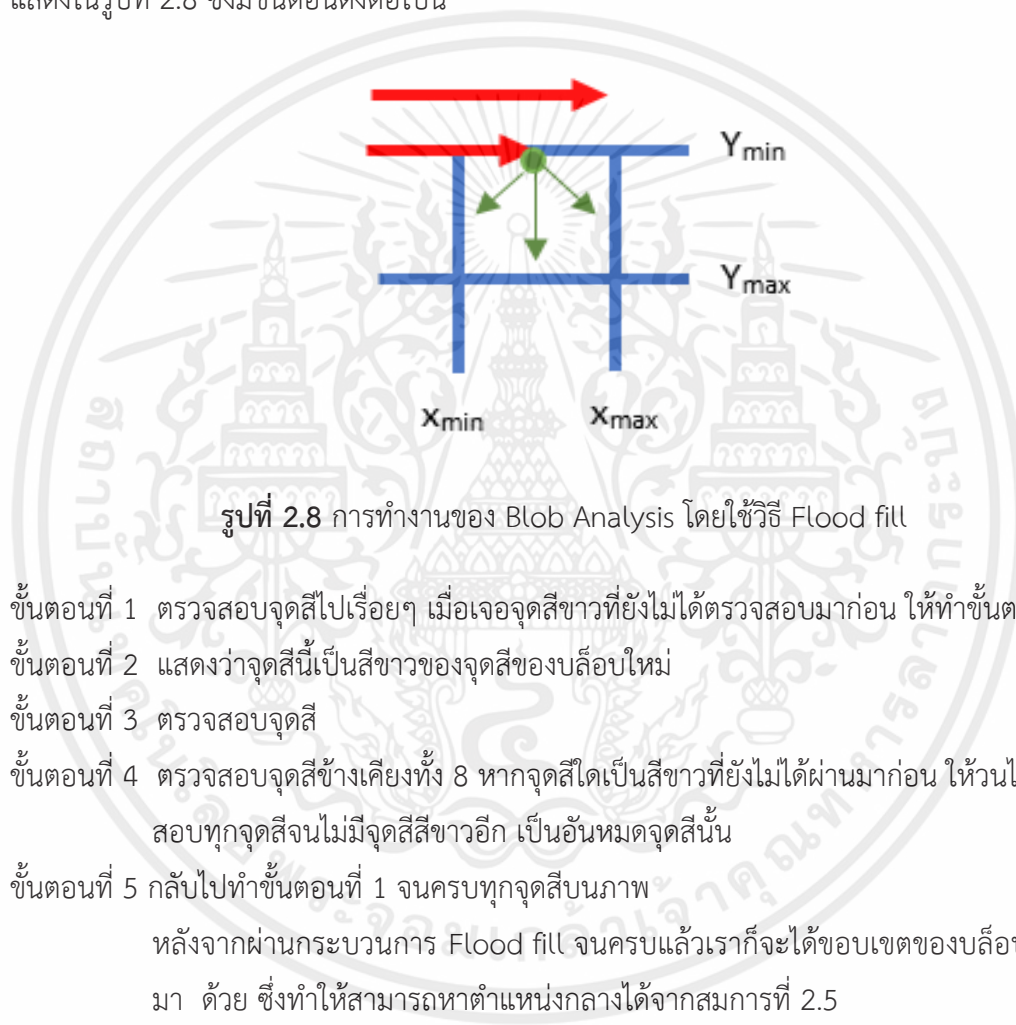
คือกล่องสี่เหลี่ยมสำหรับปิดล้อมรอบบริเวณนั้นๆ หรือบริเวณที่ถูกกำหนดหมายเลขซึ่งกล่องสี่เหลี่ยมนี้จะช่วยในการคำนวณจุดศูนย์กลาง พื้นที่ ความยาวแกนเอก-แกนโท จุดพิกัด ๆ ของบริเวณหรือวัตถุในภาพที่สนใจดังแสดงในรูปที่ 2.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.7 แสดงการทำงานของ Bounding Box

2.7 การวิเคราะห์กลุ่มจุดภาพขาวดำ (Blob detection Method)

คือการวิเคราะห์จุดสีของภาพในโหมดภาพขาวดำ (grayscale) เพื่อทำการเปรียบเทียบและแยกจุดสีของภาพที่ต่างกันโดยหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางวัตถุแล้วทำการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมในจุดเป้าหมาย เพื่อเพื่อนำข้อมูลมาคำนวณและวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากการทำ Blob detection คือ ขนาดของวัตถุ ความกว้าง ความยาว พิกัดของวัตถุ เป็นต้น กระบวนการวิเคราะห์บล็อบ (Blob Analysis) [19] เป็นการประมวลผลหาบล็อบซึ่งตำแหน่งของกลุ่มของจุดสี และข้อมูลอื่นๆ โดยใช้วิธีการ Flood fill ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



- ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบจุดสีไปเรื่อยๆ เมื่อเจอจุดสีขาวที่ยังไม่ได้ตรวจสอบมาก่อน ให้ทำขั้นตอนที่ 2
 - ขั้นตอนที่ 2 แสดงว่าจุดสีนี้เป็นสีขาวของจุดสีของบล็อบใหม่
 - ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบจุดสี
 - ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบจุดสีข้างเคียงทั้ง 8 หากจุดสีใดเป็นสีขาวที่ยังไม่ได้ผ่านมาก่อน ให้วนไปตรวจสอบทุกจุดสีจนไม่มีจุดสีสีขาวอีก เป็นอันหมดจุดสีนั้น
 - ขั้นตอนที่ 5 กลับไปทำขั้นตอนที่ 1 จนครบทุกจุดสีบนภาพ
- หลังจากผ่านกระบวนการ Flood fill จนครบแล้วเราก็จะได้ขอบเขตของบล็อบนั่นออกมา ด้วย ซึ่งทำให้สามารถหาตำแหน่งกลางได้จากสมการที่ 2.5

$$x = \frac{x_{\max} + x_{\min}}{2}, \quad y = \frac{y_{\max} + y_{\min}}{2} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ เมื่อ x_{\max} , x_{\min} , y_{\max} , y_{\min} คือ ค่าขอบเขตทั้ง 4 ด้านของบล็อบ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

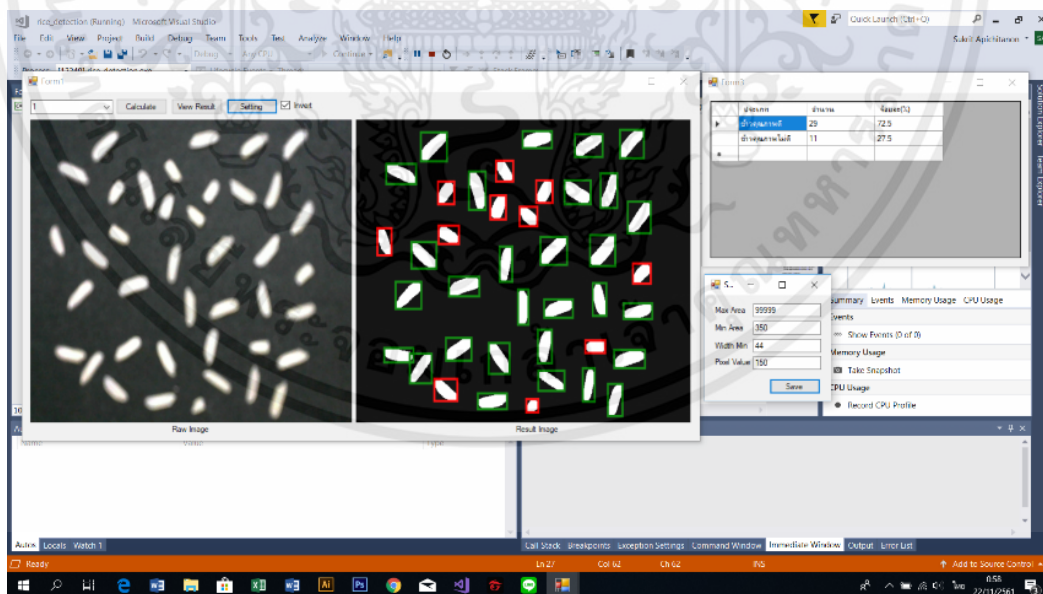
Z_1	Z_2	Z_3
Z_4	Z_5	Z_6
Z_7	Z_8	Z_9

รูปที่ 2.10 Moving window ที่ใช้ในการคำนวณ Flood Fill

$$z_5' = \frac{1}{9}(z_1 + z_2 + \dots + z_9) \quad (2.6)$$

เมื่อ z_5' คือตำแหน่งพิกเซลที่ต้องการแทนด้วยค่าของ Neighborhood pixel
 $z_1 \dots z_9$ คือตำแหน่งพิกเซลข้างเคียงที่ใช้ในการพิจารณาหาค่า Neighborhood pixel

2.9 การนับเมล็ดข้าว



รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างในการนับเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.11 จะเห็นว่าเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ดถูก blob ตรวจจับแล้วล้อมกรอบไว้ จากนั้นโปรแกรม จะทำการแสดงผลลำดับของเฟรมภาพ ของขนาดบล็ออบแต่ละตัว ซึ่งจำนวนของบล็ออบที่ตรวจจับได้นั้นก็คือ จำนวนเมล็ดข้าวที่นับได้ในแต่ละเฟรมภาพ ส่วนประเภทของข้าว นั้นขึ้นอยู่กับขนาดของ blob และค่า Threshold ที่ได้กำหนดไว้



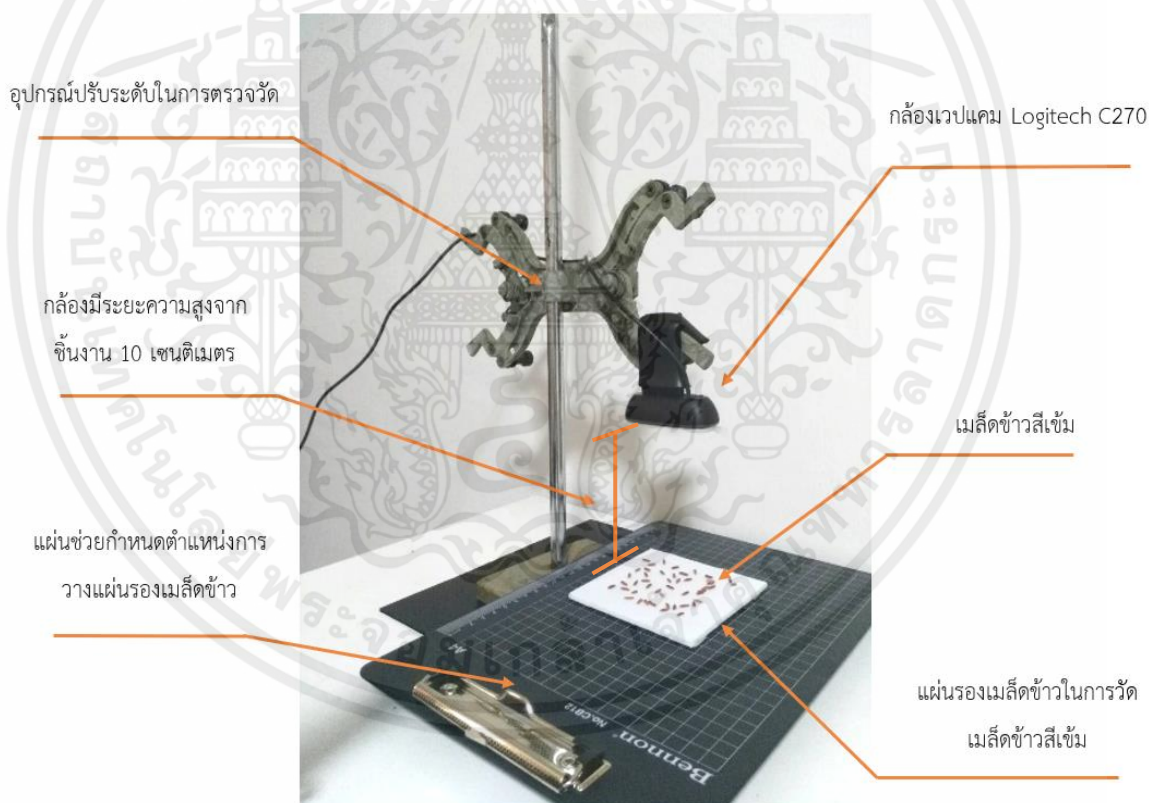
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบ และประมวลผล

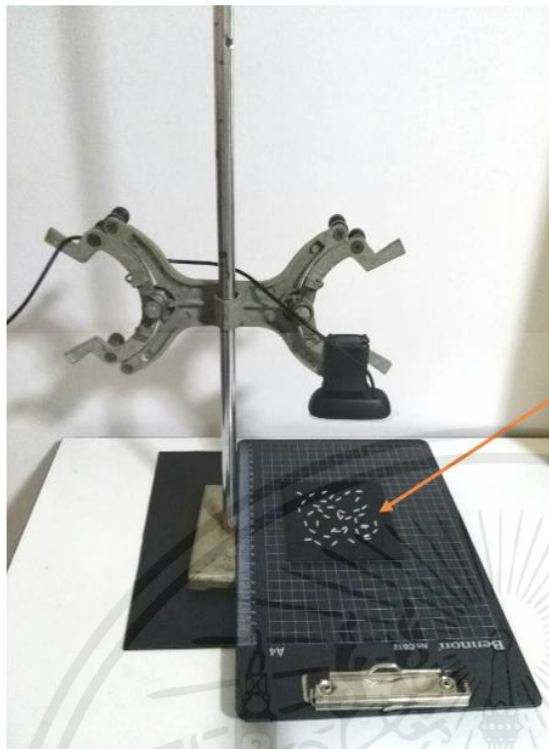
การดำเนินงานวิจัยในหัวข้อการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวได้ทำตามมาตรฐานโดยอ้างอิงตามบทที่ 2 ที่ได้กล่าวไปแล้วมาใช้ในการทดลอง ในการประมวลผลภาพด้วยอัลกอริทึม ได้ทำการออกแบบระบบด้วยประยุกต์ใช้กล้องเว็บแคม (C270) และโปรแกรมภาษา Microsoft Visual C# 2017 จากนั้นทำการทดลองการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวทั้งหมดรวม 24 ตัวอย่างการทดลอง และมีขั้นตอนในการทดลองทั้งหมด 18 ขั้นตอน โดยใช้ข้าวหอมมะลิสุรินทร์เป็นตัวอย่างทดลอง

3.1 ชุดเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว



รูปที่ 3.1 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สำหรับการวัดเมล็ดข้าวสีขาวจะใช้แผ่นรองเมล็ดข้าวสีดำ
เนื่องจากต้องการให้โทนสีระหว่างตัวเมล็ดข้าวกับพื้นหลัง
นั้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน

รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว (ตรวจข้าวขาว)

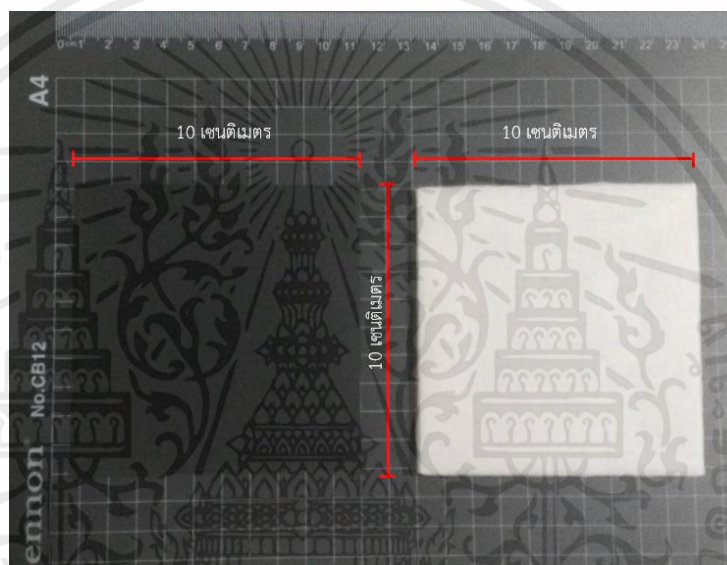


Laptop สำหรับการวิเคราะห์
ประมวลผล แล้วแสดงผลผลลัพ์ที่ได้

ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 3.3 ชุดเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว

ชุดเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าวประกอบด้วยกล้องเวปแคม (C270) แทนวางกล้อง แผ่นรองเมล็ดข้าวมีขนาด 10 x 10 เซนติเมตร และมีความหนา 1 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ในกรณีต้องการตรวจวัดข้าวขาวให้ใช้แผ่นรองเมล็ดสีดำดังรูป 3.3 และถ้าต้องการตรวจวัดคุณภาพเมล็ดข้าวที่มีโทนสีเข้มให้ใช้แผ่นรองสีขาว เนื่องจากการวิเคราะห์และประมวลผลของอัลกอริทึมจะเป็นที่จะต้องให้โทนสีของเมล็ดข้าวและพื้นหลังนั้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน แผ่นช่วยกำหนดตำแหน่งการวางที่รองเมล็ดข้าวเพื่อเพิ่มความรวดเร็วและแม่นยำในการส่องตรวจ และแลปทอปเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประมวลผลแล้วแสดงข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผ่นรองเมล็ดข้าว

3.2 Block diagram ของเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว

ในการทำงานจะเริ่มจากการนำตัวอย่างเมล็ดข้าวที่เตรียมไว้วางบนแผ่นรองเมล็ดข้าวที่มีโทนสีตรงกันข้ามกับกับสีของเมล็ดข้าว ถ้าเมล็ดข้าวสีโทนขาว ให้ใช้แผ่นรองสีดำ ถ้าเมล็ดข้าวสีโทนเข้มให้ใช้แผ่นรองสีขาว จากนั้นนำไปจัดเรียงบนแผ่นช่วยกำหนดตำแหน่งเพื่อทำการตรวจสอบเมล็ดยา เมื่อกล้องทำการจับภาพเรียบร้อยแล้วจะส่งข้อมูลภาพไปประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Visual C# 20017 บนแลปทอปแล้วแสดงข้อมูลขึ้นทางจอ LCD เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้นระบบก็จะแสดงผลออกมาว่ามีเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์กี่เมล็ดและไม่สมบูรณ์กี่เมล็ด ดังแสดงในรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

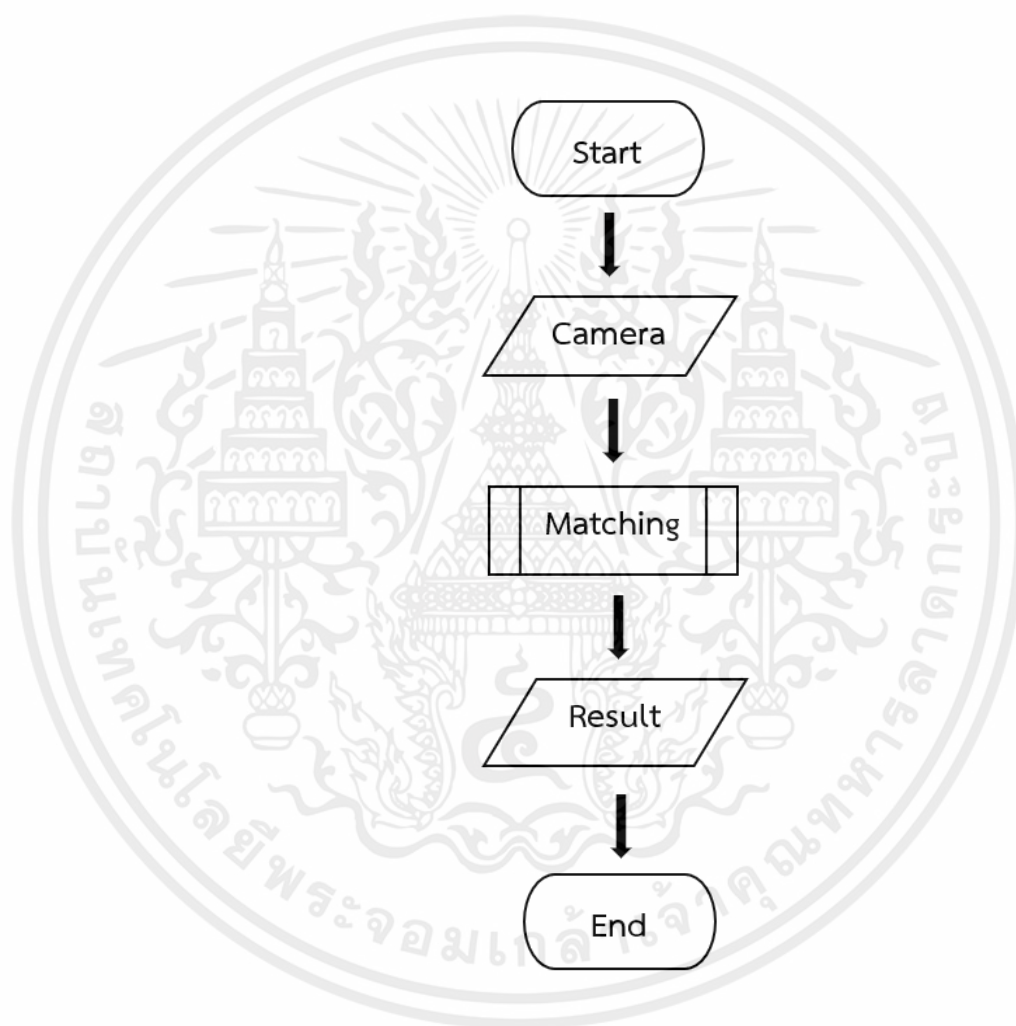


รูปที่ 3.5 Block diagram ของเครื่องตรวจวัดคุณภาพและแยกประเภทของเมล็ดข้าว

3.3 อัลกอริทึมและกระบวนการ

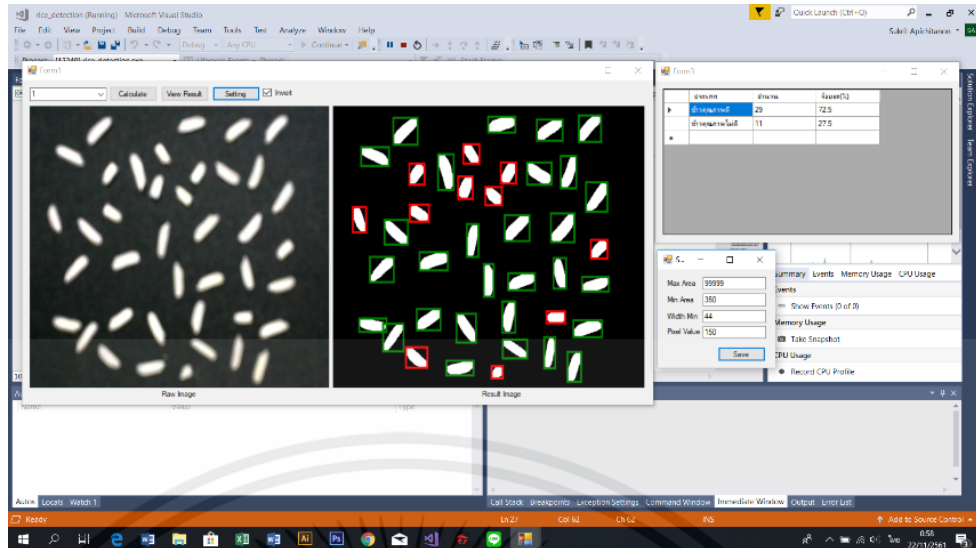
กระบวนการจะมีขั้นตอนการทำงานโดยเมื่อเริ่มการทำงานกล้องจะทำการจับภาพเมล็ดข้าว จากนั้นก็จะส่งข้อมูลภาพไปให้กระบวนการ Matching หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากระบวนการ Image processing เพื่อทำการตรวจสอบภาพเมล็ดข้าวว่ามีคุณลักษณะตรงกับข้อมูลที่เรทำได้ทำการตั้งค่าไว้หรือไม่ เมื่อกระบวนการ Matching ทำการตรวจสอบเรียบร้อยแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการแสดงผล ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ถ้าเมล็ดข้าวสมบูรณ์ระบบจะทำเครื่องหมายกรอบสี่เหลี่ยมสีเขียวล้อมรอบ ถ้าเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์จะทำเครื่องหมายกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงล้อมรอบแล้วระบบจะทำการนับเมล็ดข้าวทั้งสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์จากนั้นจะสรุปออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับเมล็ดข้าวทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ในส่วนของกระบวนการ Matching คือการเขียนคำสั่ง Algorithm ในการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual C# 20017 โดยการทำงานจะเริ่มเมื่อกำลังได้ทำการจับภาพแล้วส่งข้อมูลมายังส่วนของกระบวนการ Matching เมื่อกระบวนการ Matching ได้รับข้อมูลภาพ จะเริ่มทำการแปลงภาพเป็นภาพ Gray image ด้วย Grayscale Method จากนั้นจะทำการตรวจจับวัตถุในภาพด้วย Blob detection Method แล้วทำการตีกรอบสี่เหลี่ยมไปยังวัตถุที่สนใจเพื่อทำการ

คำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลาง, ความยาวของแกนตั้งแกนนอนและทำการคำนวณหาพื้นที่ด้วย Bounding box Method เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลภาพ ขั้นตอนต่อมาภาพจะถูกเปลี่ยนจาก Gray image เป็นภาพขาว-ดำ ด้วย กระบวนการ Binary Method เพื่อทำการแยกระหว่างส่วนของ เมล็ดข้าวและส่วนของพื้นหลังออกจากกันจากนั้นนำภาพที่ได้ไปทำการวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบ ข้อมูลที่ได้ทำการตั้งค่าไว้และทำการแสดงผล ดังแสดงในรูปที่ 3.8

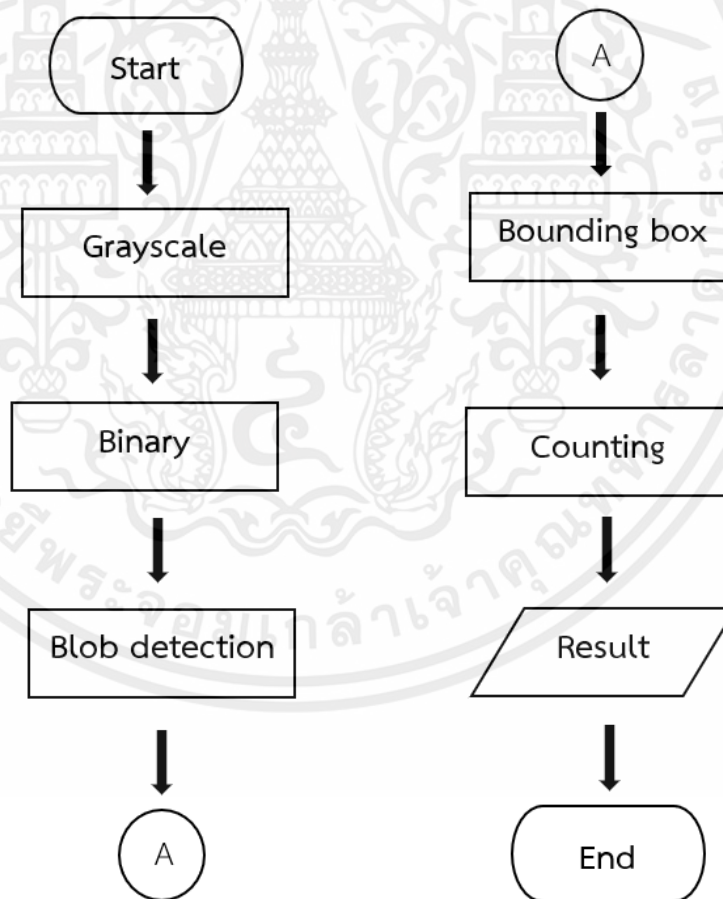


รูปที่ 3.6 แผนภูมิของกระบวนการตรวจสอบเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



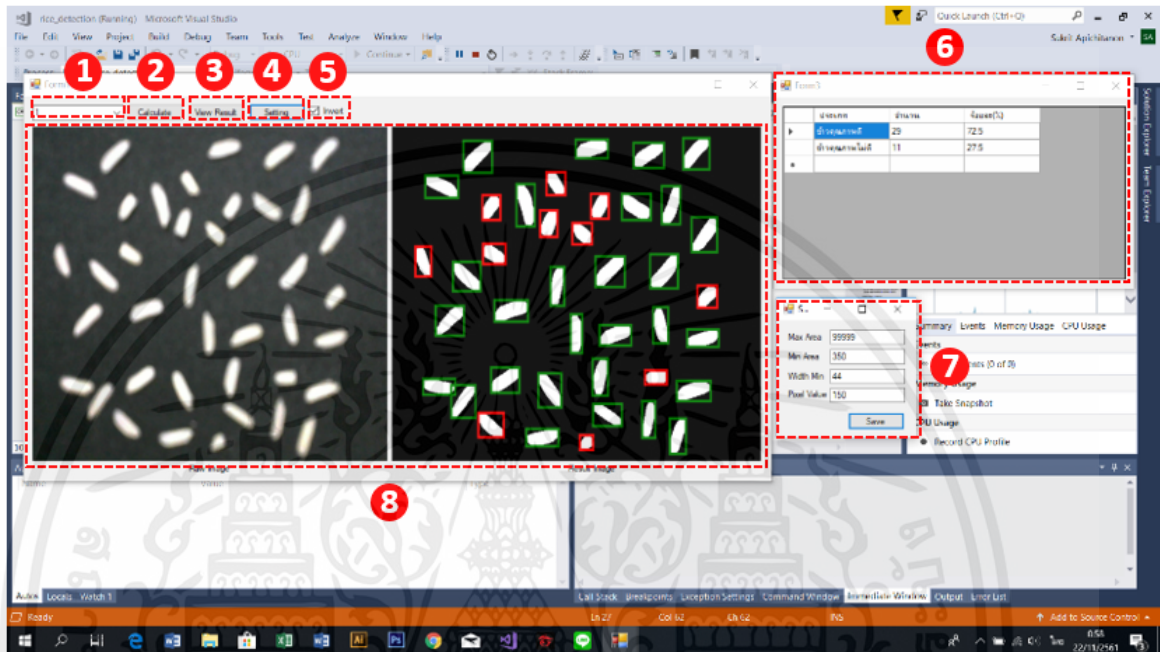
รูปที่ 3.7 การแสดงผลลัพธ์จากการประมวลผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบอกรับงานเพื่อศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่เอามาตีพิมพ์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.8 แผนภูมิอัลกอริทึมของการประมวลผลภาพ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ฟังก์ชันต่างๆของโปรแกรม

ในหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม Microsoft Visual C# 2017 จะสามารถแบ่งการทำงาน และฟังก์ชันเป็นทั้งหมด 8 ส่วน ดังรูปที่ 3.9 – 3.13 ตามลำดับ



รูปที่ 3.9 ฟังก์ชันและการทำงาน



รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันและการทำงานในส่วนที่ 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6

	ประเภท	จำนวน	ร้อยละ(%)
▶	ข้าวคุดเกาพดี	17	89.47369
	ข้าวคุดเกาพไม่ดี	2	10.52632
*			

รูปที่ 3.11 ฟังก์ชันและการทำงานในส่วนที่ 6

7

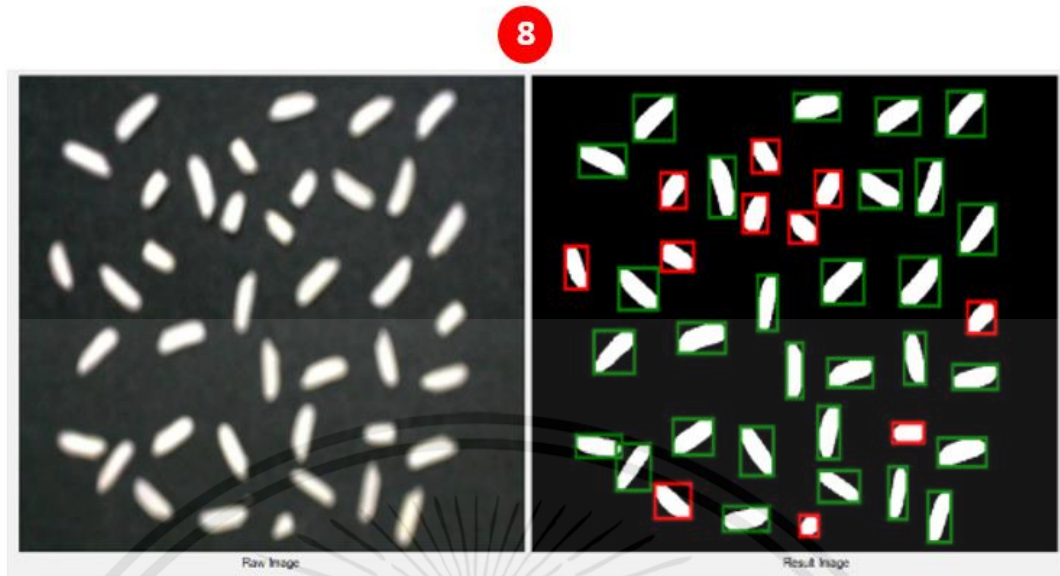
Setting

Max Area	99999
Min Area	350
Width Min	44
Pixel Value	150

Save

รูปที่ 3.12 ฟังก์ชันและการทำงานในส่วนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ฟังก์ชันและการทำงานในส่วนที่ 8

ในส่วนที่ 1-5 คือ แถบฟังก์ชันสำหรับ อินพุตข้อมูลที่เราต้องการในการตรวจสอบเมล็ดข้าว สามารถอธิบายได้ดังนี้

ส่วนที่ 1. คือฟังก์ชันสำหรับการเลือกกล่องในกรณี ถ้ามีกล่อง 1 ตัว ตัวเลขจะเริ่มที่เลข 0 ถ้ามีกล่องมากกว่า 1 ตัว ขึ้นไปกล่องตัวแรกจะแทนด้วยเลข 0 ตัวที่ 2 จะแทนด้วยเลข 1 ไปเรื่อยๆ

ส่วนที่ 2. คือฟังก์ชันสำหรับการถ่ายภาพเมล็ดข้าวที่ต้องการจะการตรวจสอบ พร้อมทำการประมวลผลที่ได้แล้วแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นรูปภาพทางด้านขวาของส่วนที่ 8

ส่วนที่ 3. คือฟังก์ชันในการแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเลขที่เราได้ทำการตั้งค่าไว้เมื่อเราได้ทำการถ่ายรูปเมล็ดข้าวเรียบร้อยแล้วดังแสดงในรูปที่ 3.11 ในกรณีถ้ายังไม่ทำการกดฟังก์ชันถ่ายภาพจะไม่สามารถกดฟังก์ชันแสดงผลได้โปรแกรมจะทำการออกจากการรันข้อมูลและจะจบการทำงาน

ส่วนที่ 4. คือฟังก์ชันในการตั้งค่าการทดลอง

ส่วนที่ 5. คือฟังก์ชันในการเลือกที่จะตรวจเมล็ดข้าวในโทนสีต่างๆ ถ้าต้องการจะตรวจสอบเมล็ดข้าวโทนสีอ่อน (สีขาว) ให้ทำการใส่เครื่องหมายถูกในช่องนี้ แต่ถ้าต้องการจะตรวจสอบเมล็ดข้าวโทนสีเข้มให้นำเครื่องหมายถูก ออกจากช่องนี้

ส่วนที่ 6. คือส่วนที่แสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเลขที่ได้ทำการตั้งค่าไว้

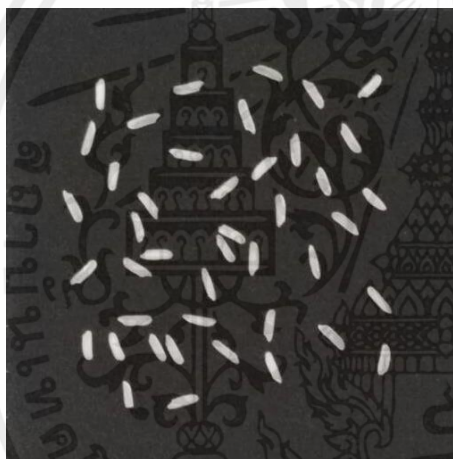
ส่วนที่ 7. คือส่วนที่เราได้ทำการตั้งค่าการทดลอง Max area คือขอบเขตของพื้นที่สูงสุดในการทำการทดลอง Min area คือขอบเขตของพื้นที่ต่ำสุดในการทำการทดลอง Width min คือขนาดของเมล็ดข้าวที่ต้องการ Pixel value คือค่าระดับสีของเมล็ดข้าวที่เราต้องการ

ส่วนที่ 8. คือส่วนการแสดงผลภาพขณะทำการทดลอง ในรูปด้านซ้ายของส่วนที่ 8 คือรูปที่ถูกแปลงให้เป็นรูปเกรย์สเกล ในรูปด้านขวามือของส่วนที่ 8 คือรูปที่ถูกแปลงให้เป็นภาพขาวดำและแสดงผลผลพีธีในการคัดแยกเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวที่ถูกล้อมด้วยกรอบสีแดงคือเมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ ส่วนเมล็ดข้าวที่ถูกล้อมด้วยกรอบสีเขียวคือเมล็ดข้าวที่ผ่านการตรวจสอบ

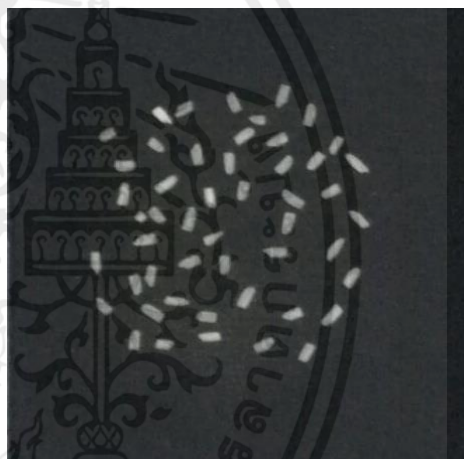
3.5 ชนิดของเมล็ดข้าวที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดลองเราได้นำข้าวหอมมะลิสุรินทร์มาใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ ซึ่งได้คัดแยกเป็น

2 ประเภทคือ เมล็ดข้าวสมบูรณ์ และ เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูป 3.14 และ 3.15 ตามลำดับ



รูปที่ 3.14 เมล็ดข้าวสมบูรณ์



รูปที่ 3.15 เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

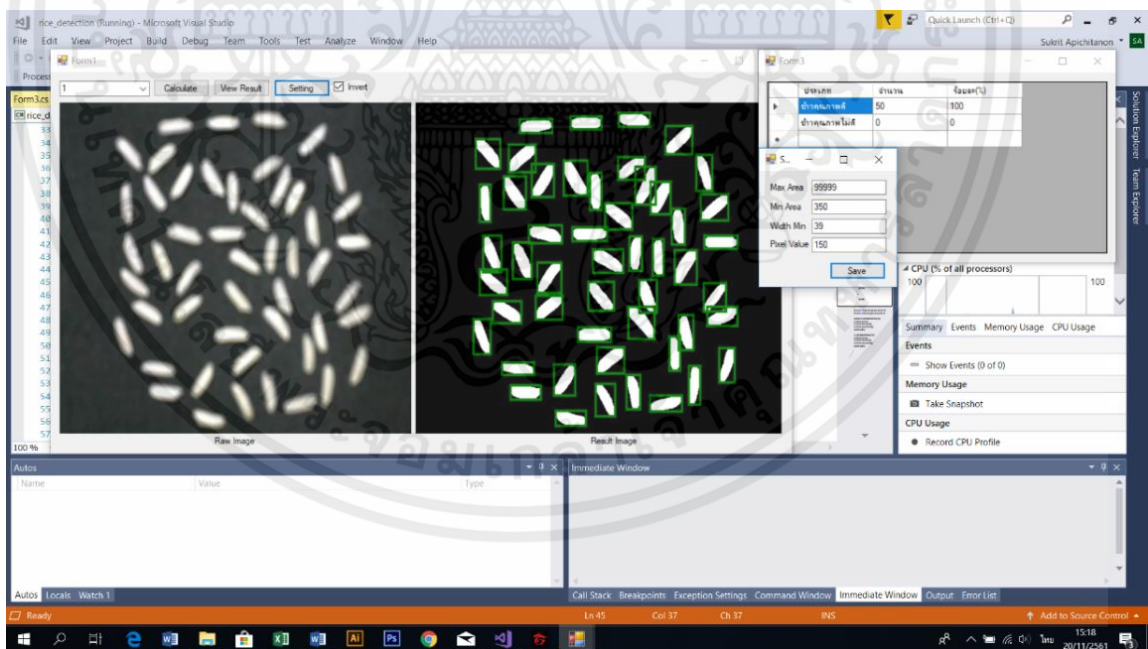
ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงผลการวัดความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวที่ประยุกต์ใช้งานกล้องเว็บแคม(C270) ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Visual C# 2017 โดยมีเงื่อนไขคือความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าว ซึ่งในการทดลองจะมีตัวอย่างการทดลองทั้งหมดรวม 24 ตัวอย่างการทดลอง และมีขั้นตอนในการทดลองทั้งหมด 18 ขั้นตอน โดยอ้างอิงมาตรฐานตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ใช้ข้าวหอมมะลิ สุรินทร์ เป็นตัวอย่างทดลอง

4.1 ผลการทดลองการตรวจวัดคุณภาพเมล็ดข้าวหอมมะลิสุรินทร์ทั้ง 18 ขั้นตอน

4.1.1 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม โดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 50 เมล็ด ในการทดลอง ดังแสดงในรูป 4.1

การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 39
Pixel value = 150



รูปที่ 4.1 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน โดยการจัดเรียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม

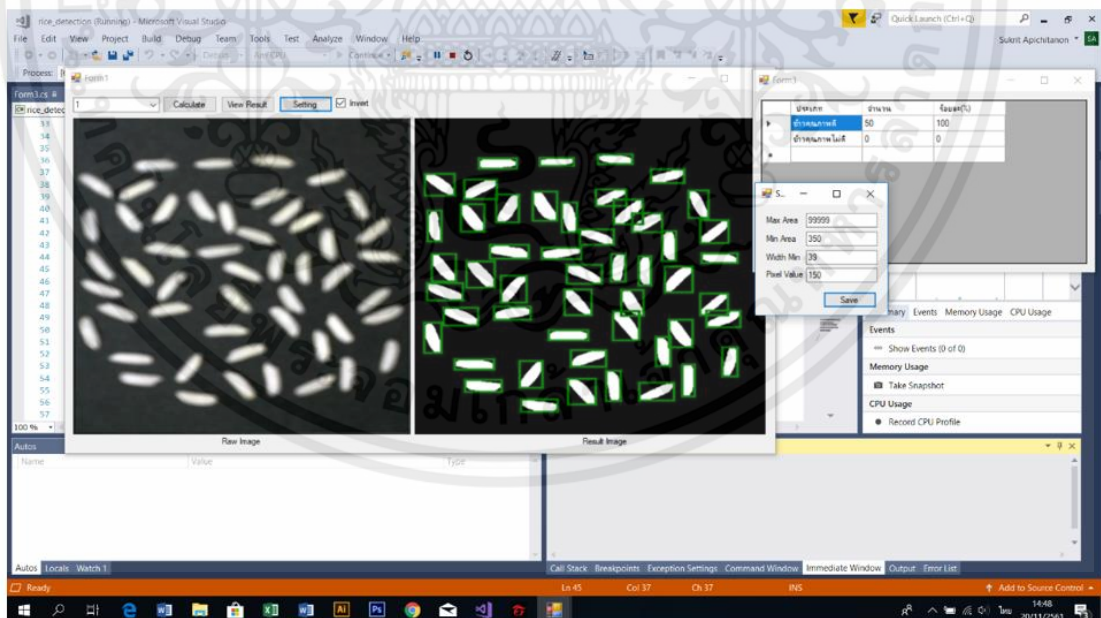
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน โดยการ
จัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม

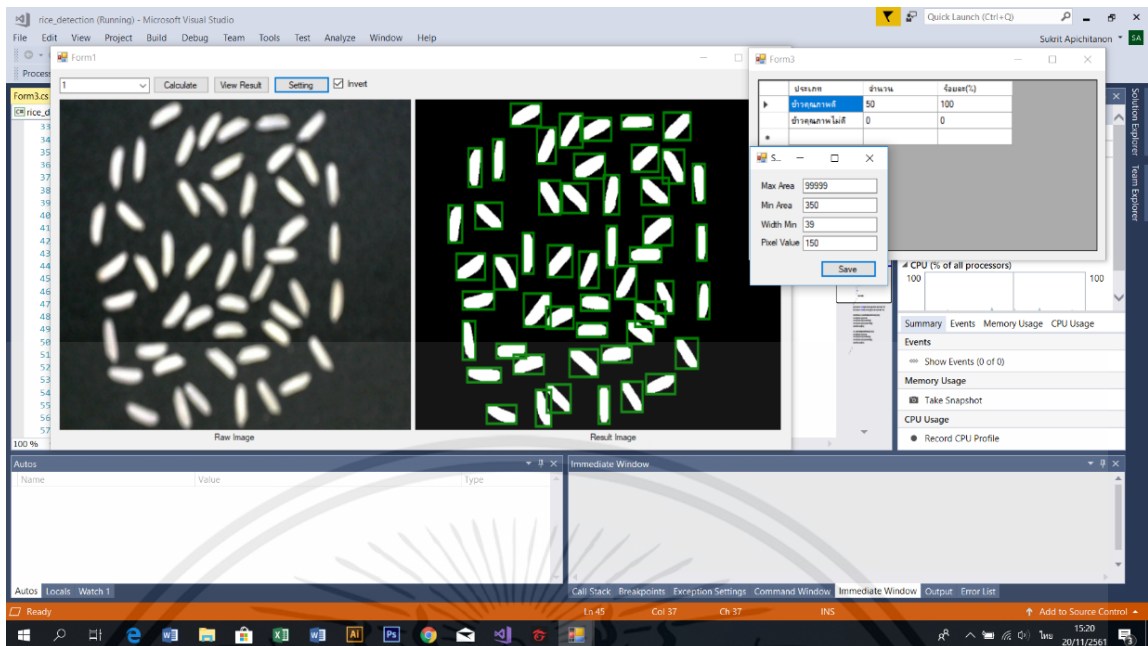
จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	50	0	0
2	50	0	0
3	50	0	0
4	50	0	0
5	50	0	0
รวม			0.00%

4.1.2 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน
โดยใช้เมล็ดข้าวสมบูรณ์ 50 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.2-4.6 ตามลำดับ

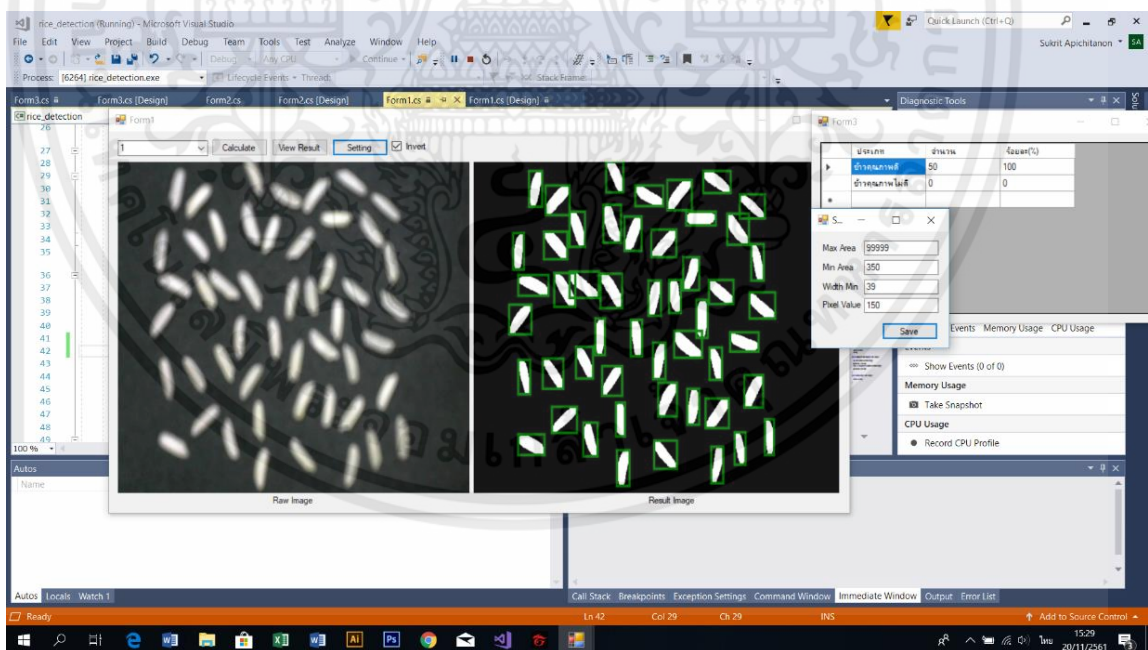
การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้:
Width min = 39
Pixel value = 150



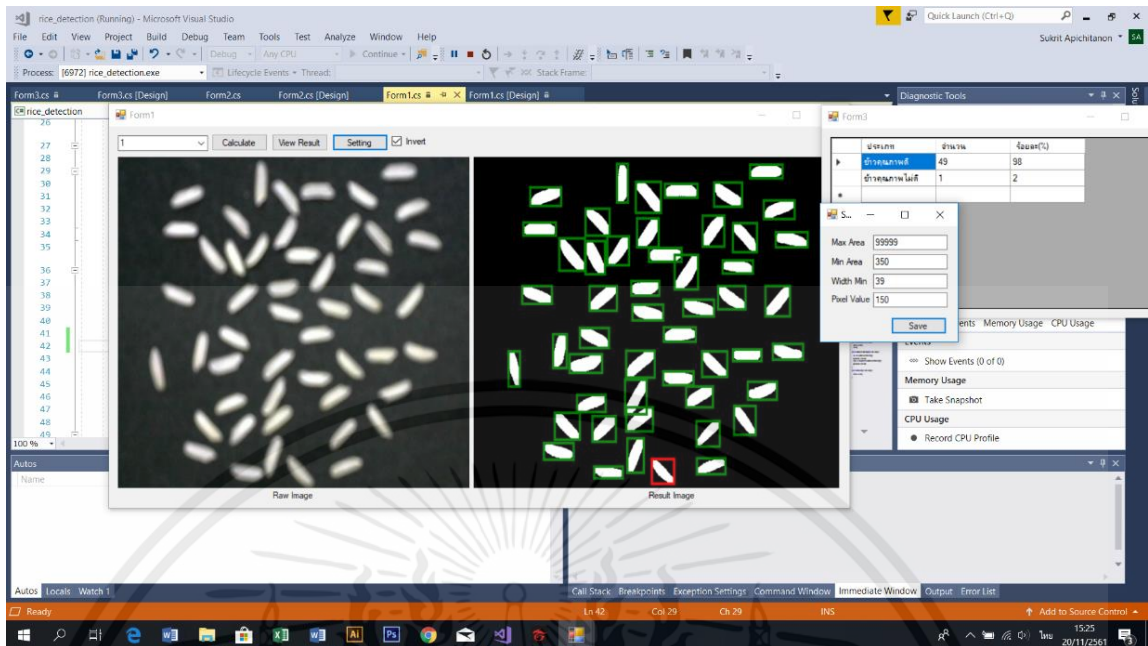
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.2 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันโดยถ้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น เปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 1 ข้างของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



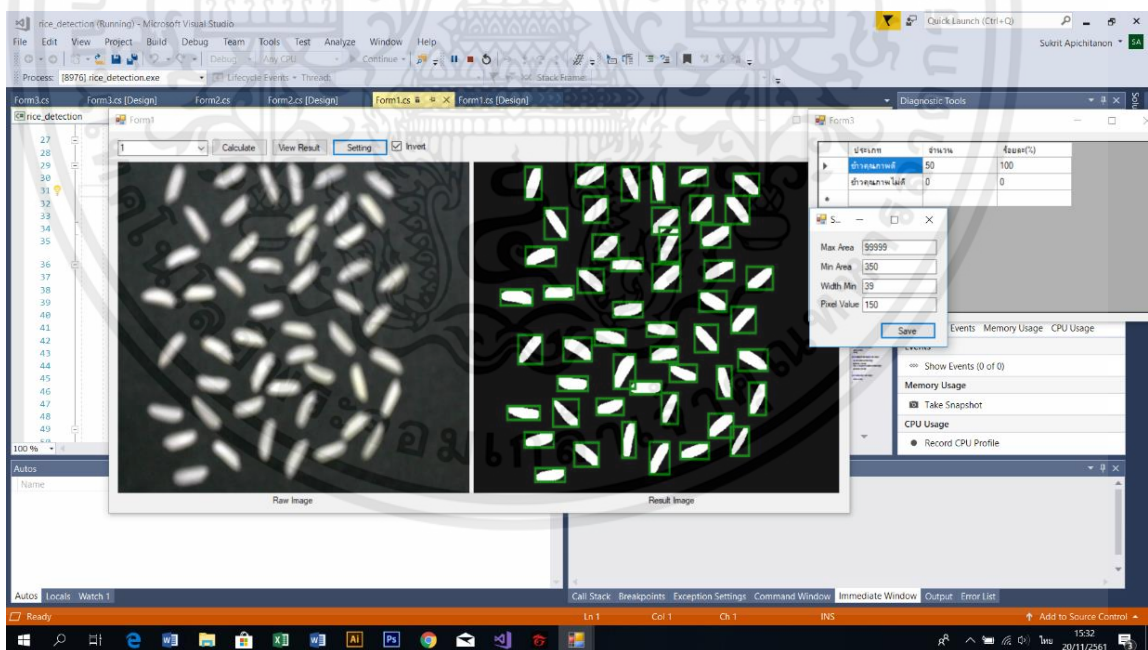
รูปที่ 4.3 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันโดย
เปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 2



รูปที่ 4.4 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันโดย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 3
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 4



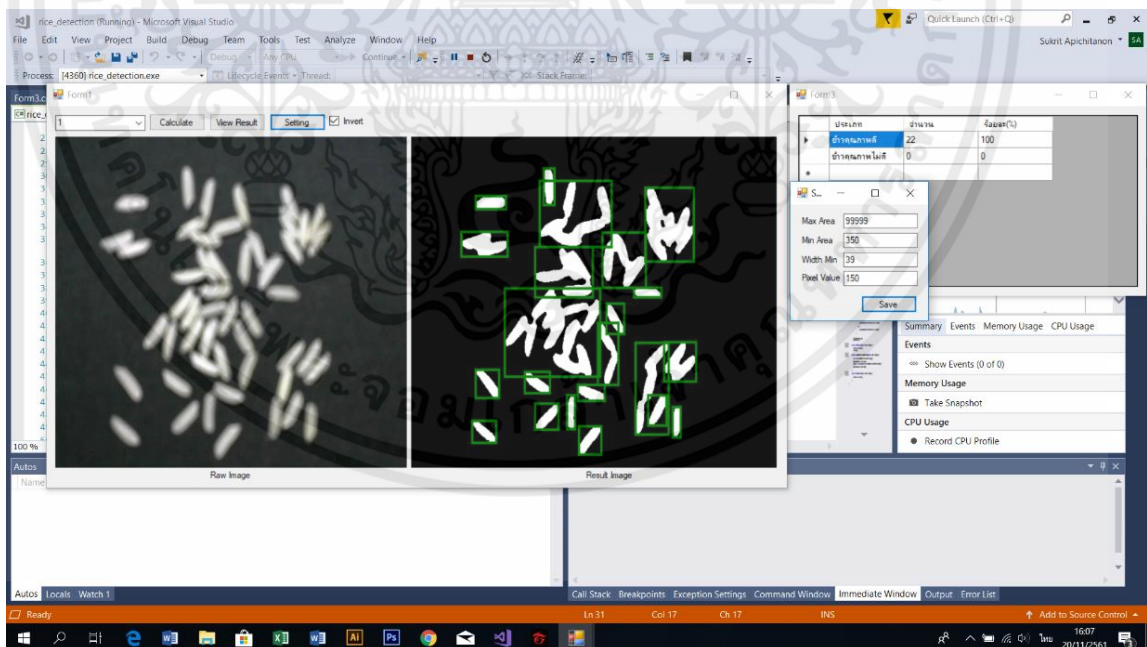
รูปที่ 4.6 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันโดย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 5
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการวัดภาพข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ แบบไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	50	0	0
2	50	0	0
3	50	0	0
4	49	1	2
5	50	0	0
รวม			0.40%

4.1.3 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบทับกันที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิมโดยใช้เมล็ดข้าวสมบูรณ์ 50 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.7

การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 39
Pixel value = 150



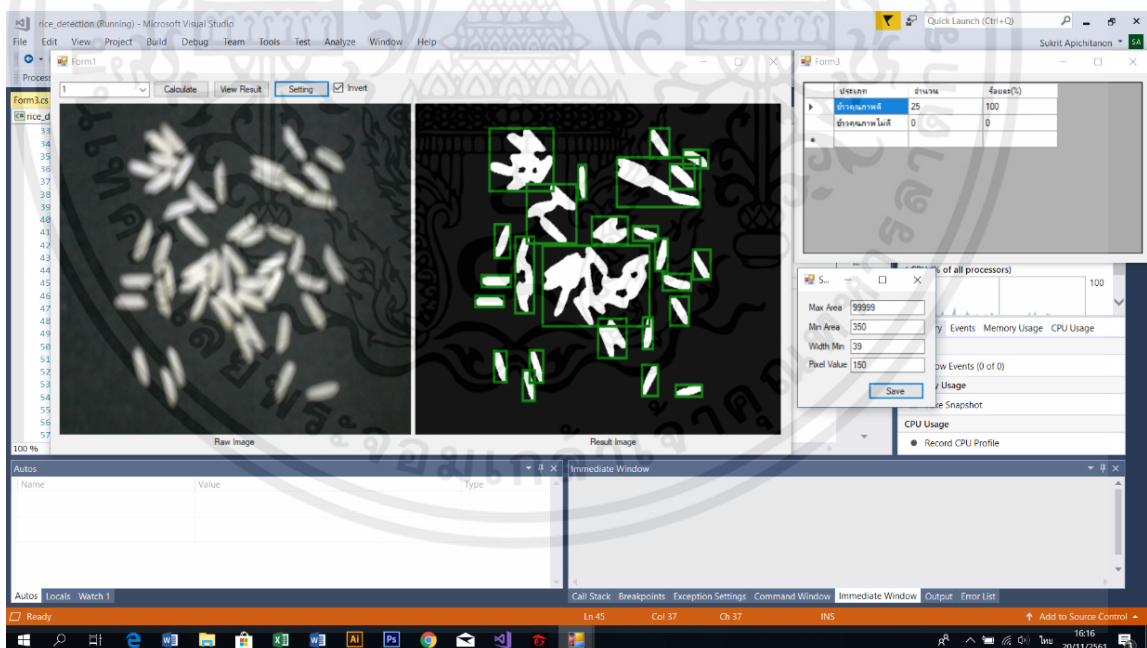
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.7 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบทับกันที่มีการจัดเรียงเมล็ด การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ข้าวในรูปแบบเดิม แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองของการวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ซ้ำภาพเดิม แบบทับกัน ทั้ง 5 ครั้งมีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิม

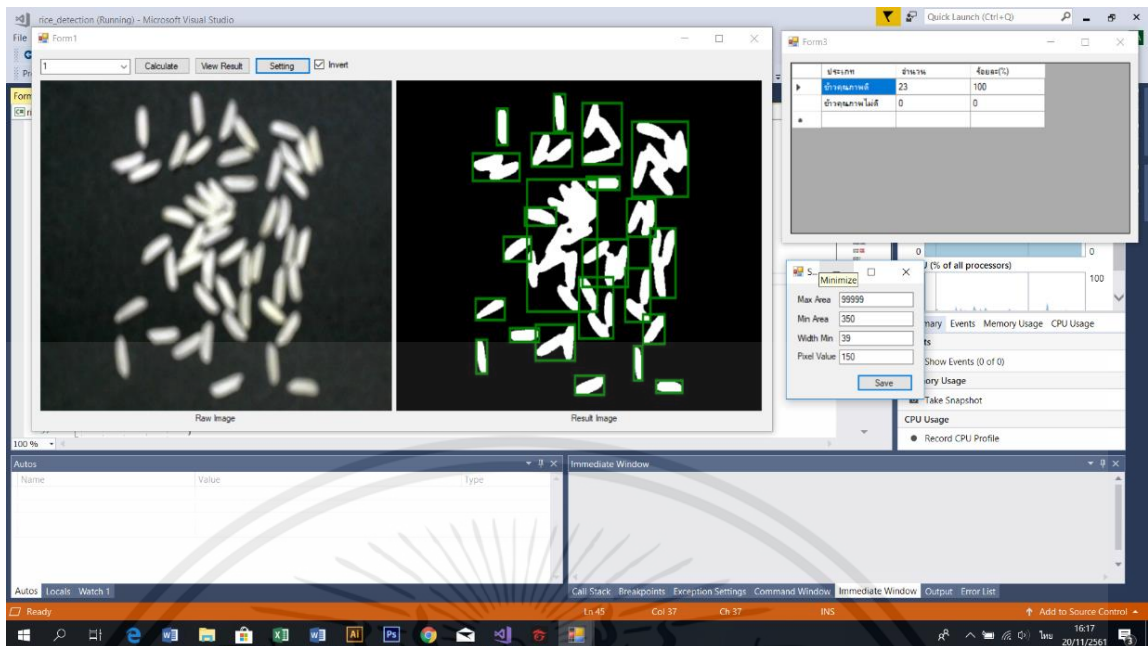
จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	22	0	56
2	22	0	56
3	22	0	56
4	22	0	56
5	22	0	56
			รวม 56.00%

4.1.4 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน โดยใช้เมล็ดข้าวสมบูรณ์ 50 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.8-4.12 ตามลำดับ

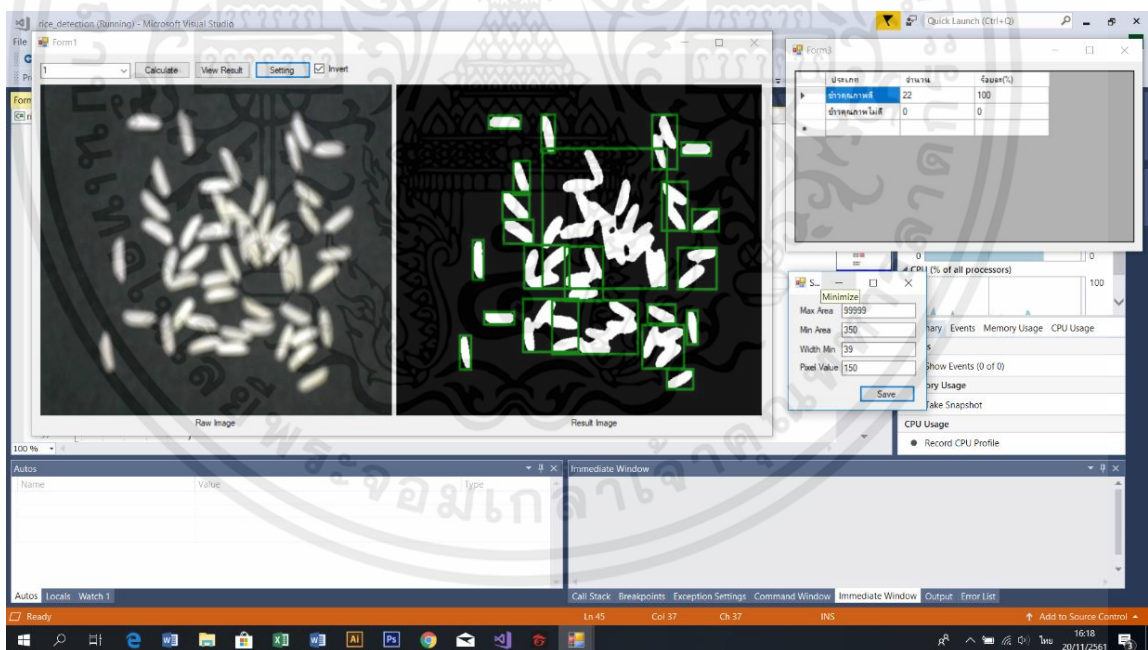
การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 39
Pixel value = 150



รูปที่ 4.8 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 1 ภาคให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

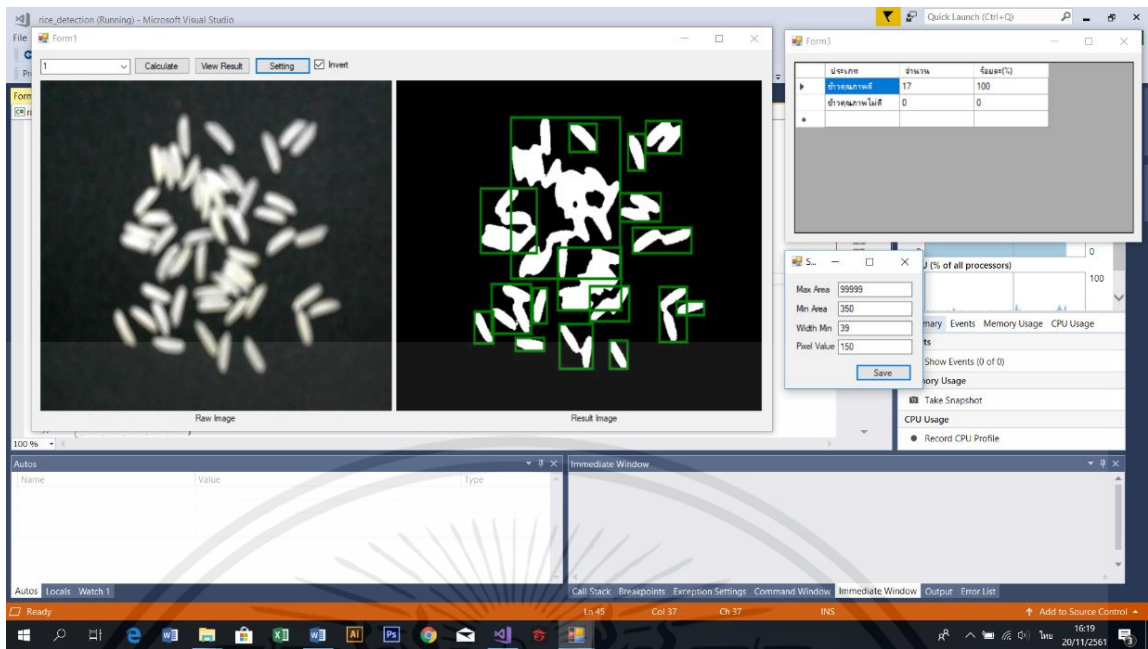


รูปที่ 4.9 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 2

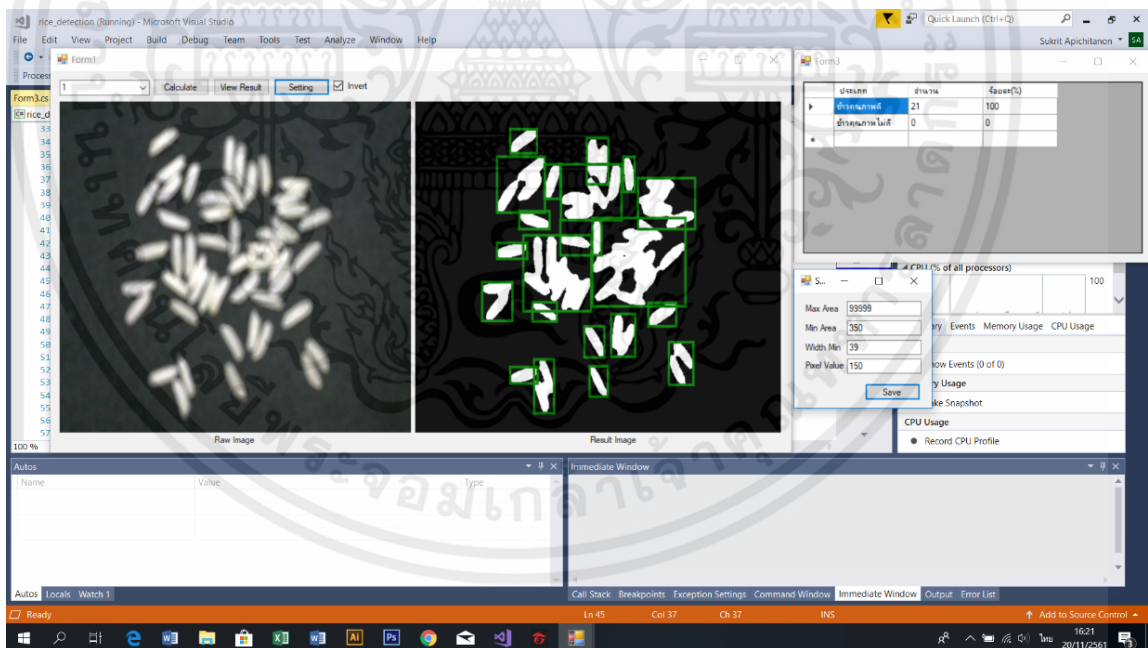


รูปที่ 4.10 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 4



รูปที่ 4.12 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 5

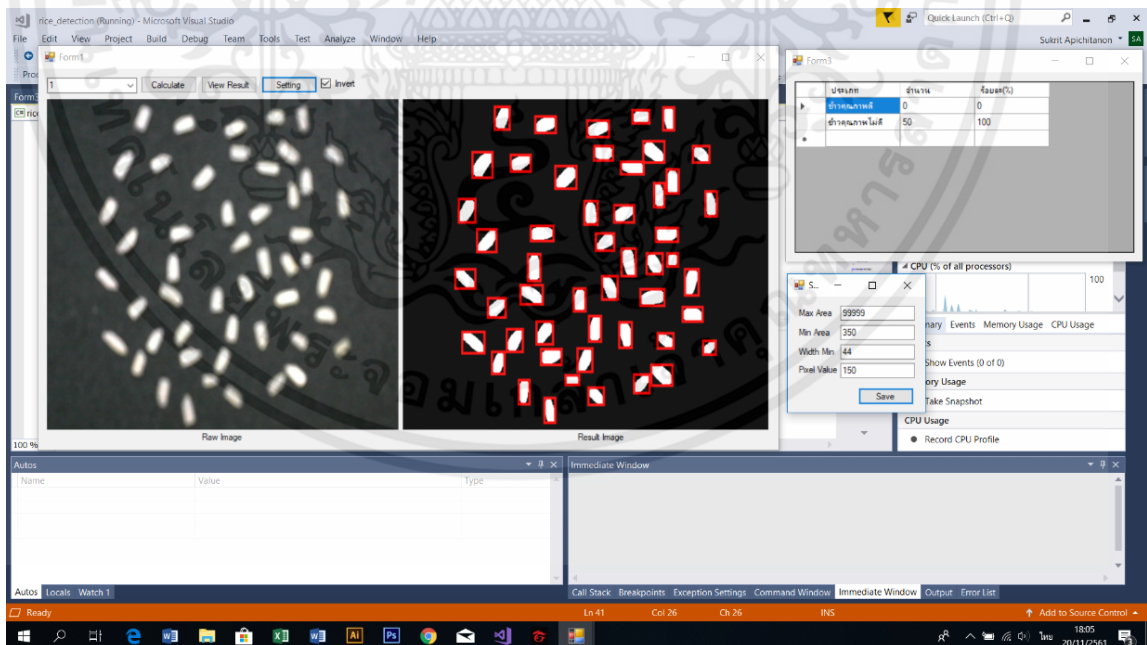
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการวัดภาพข้าวสมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ แบบทับกัน ทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	25	0	50
2	23	0	46
3	22	0	44
4	17	0	34
5	21	0	42
รวม			43.20%

4.1.5 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิมโดยใช้เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ 50 เมล็ด ในการทดลอง ดังแสดงในรูป ที่ 4.13

การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 150



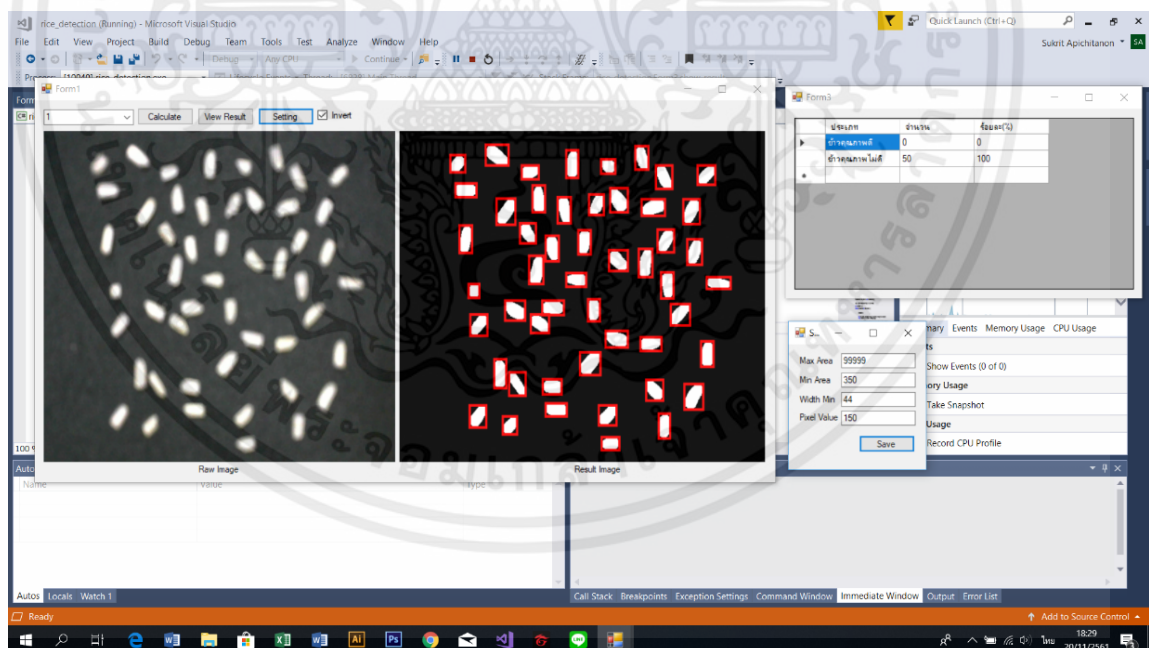
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์ไว้สำหรับอาจารย์งานเพื่อความรู้เท่านั้น ไม่ควรเอาไปใช้ไปไหนไปไหนด้านการค้า
รูปที่ 4.13 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน

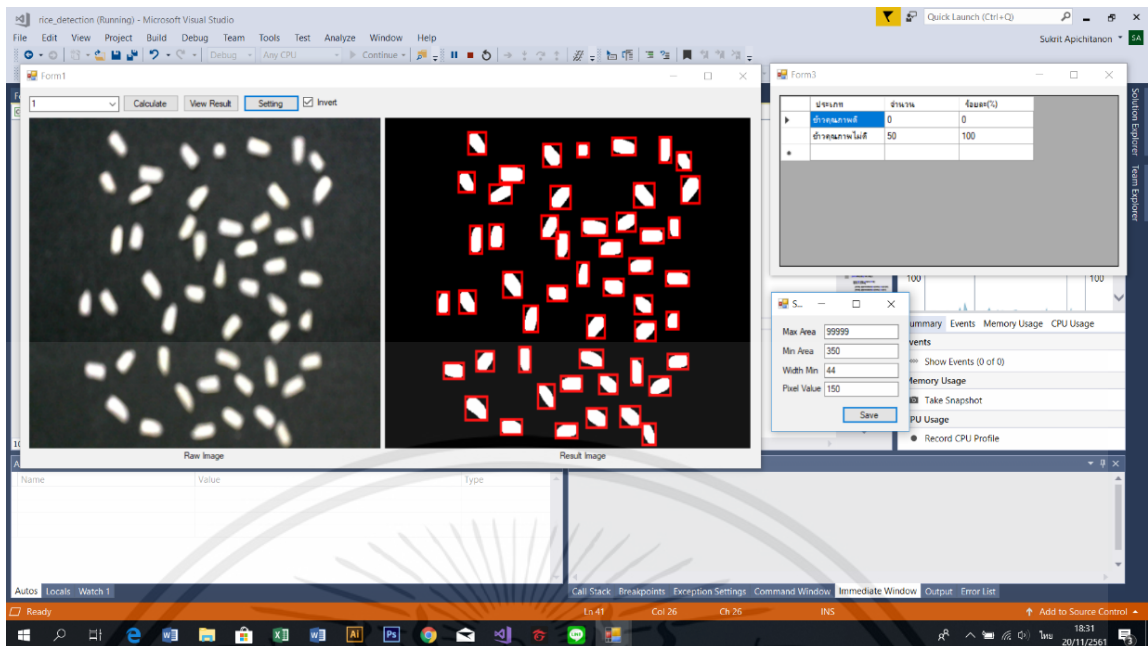
จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	0	50	0
2	0	50	0
3	0	50	0
4	0	50	0
5	0	50	0
รวม			0.00%

4.1.6 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันโดยใช้ข้าวไม่สมบูรณ์ 50 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูป 4.14 - 4.18 ตามลำดับ

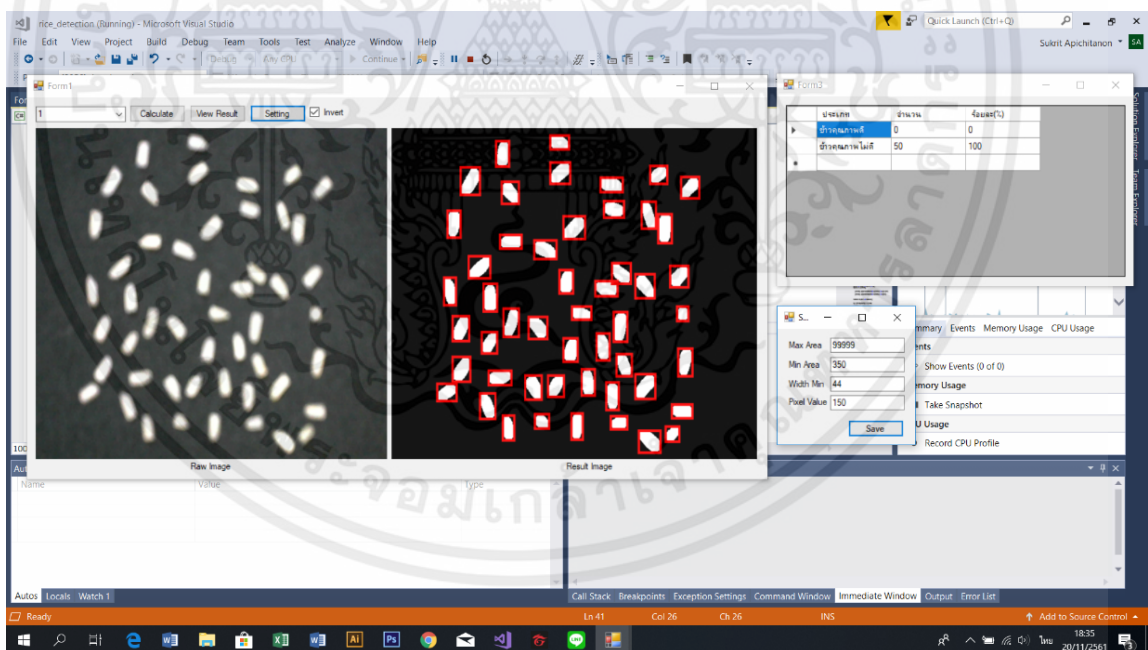
การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 150



รูปที่ 4.14 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 1 ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

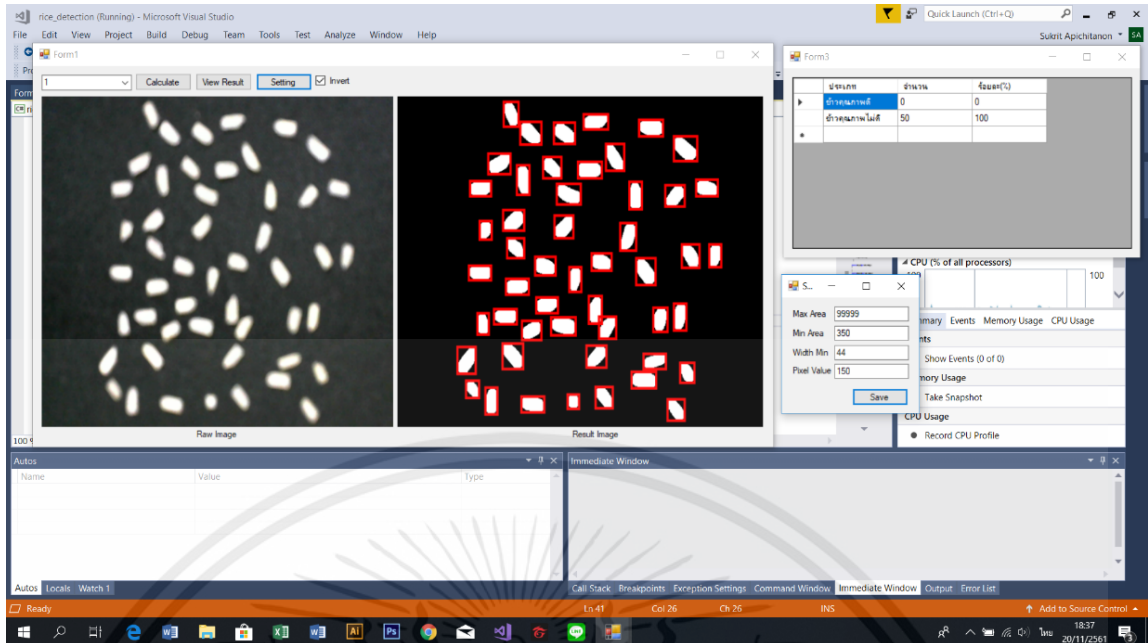


รูปที่ 4.15 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 2

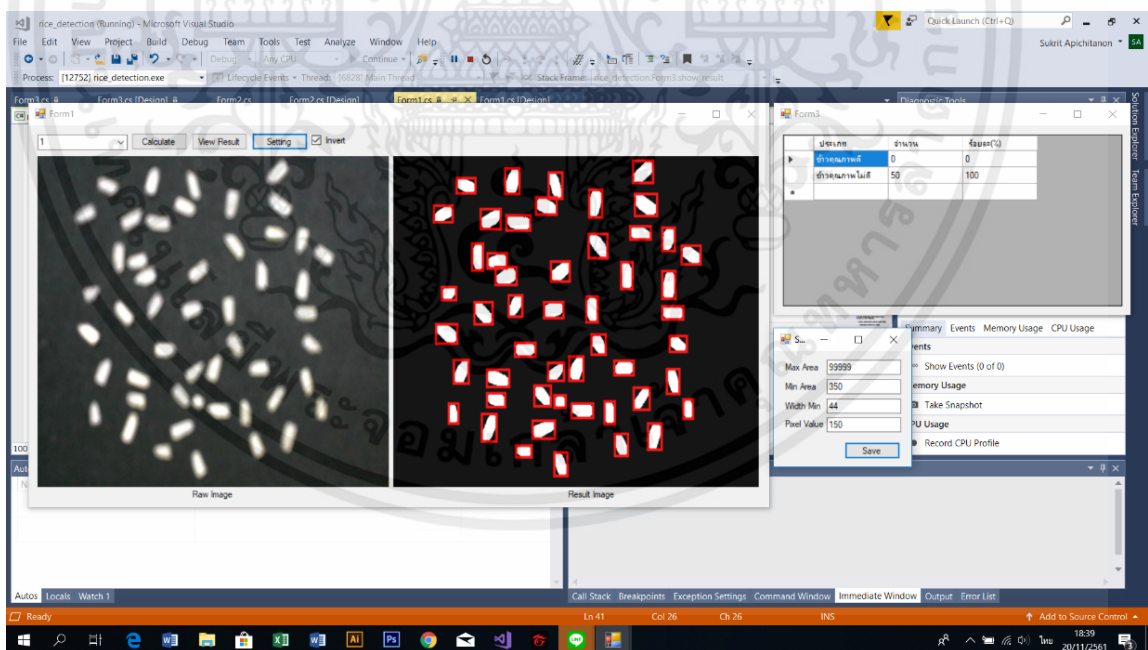


รูปที่ 4.16 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 4



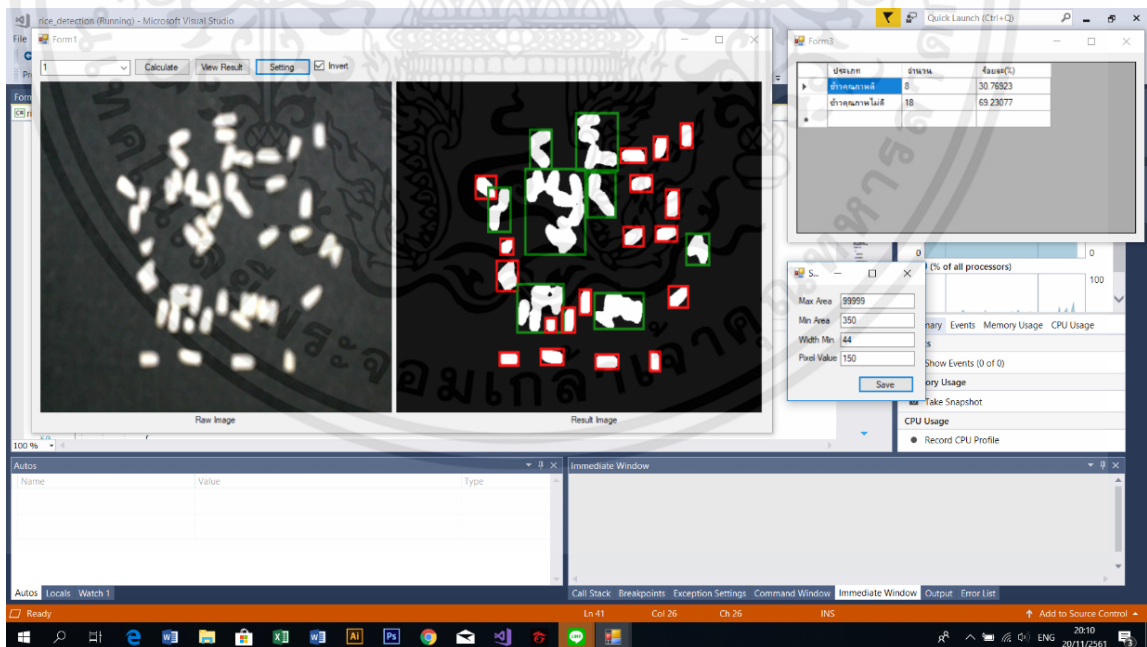
รูปที่ 4.18 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 5 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ แบบไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	0	50	0
2	0	50	0
3	0	50	0
4	0	50	0
5	0	50	0
รวม			0.00%

4.1.7 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบทับกันที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวในรูปแบบเดิมโดยใช้ข้าวไม่สมบูรณ์ 50 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.19

การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 150



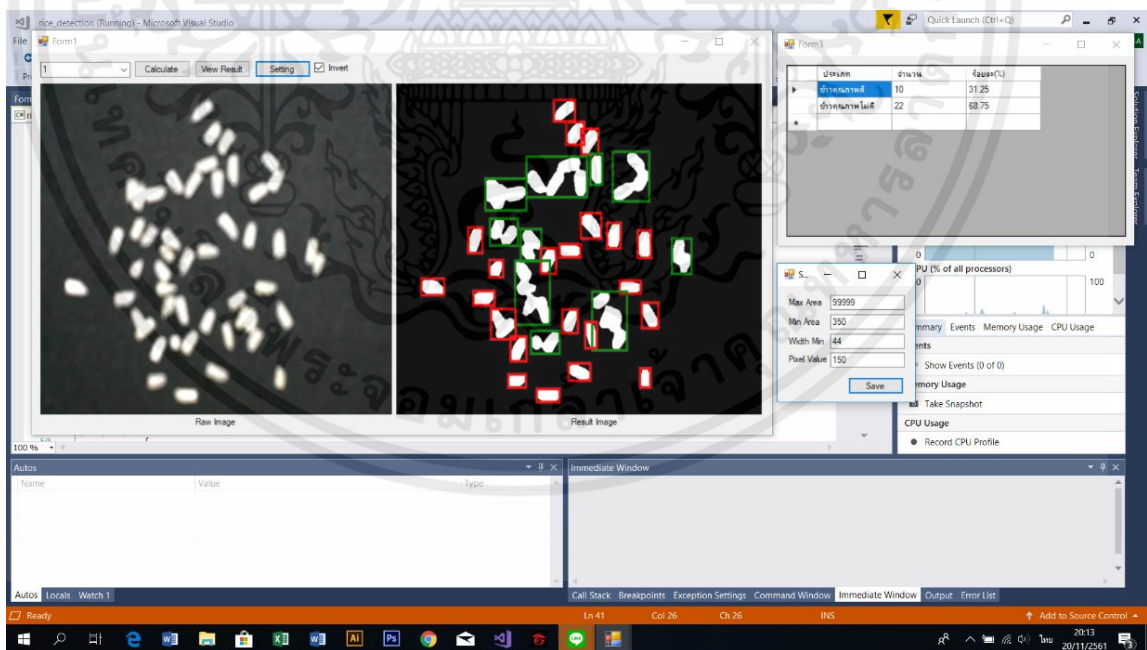
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.19 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบทับกัน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองของการวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ ภาพเดิม แบบทับกันทั้ง 5 ครั้ง

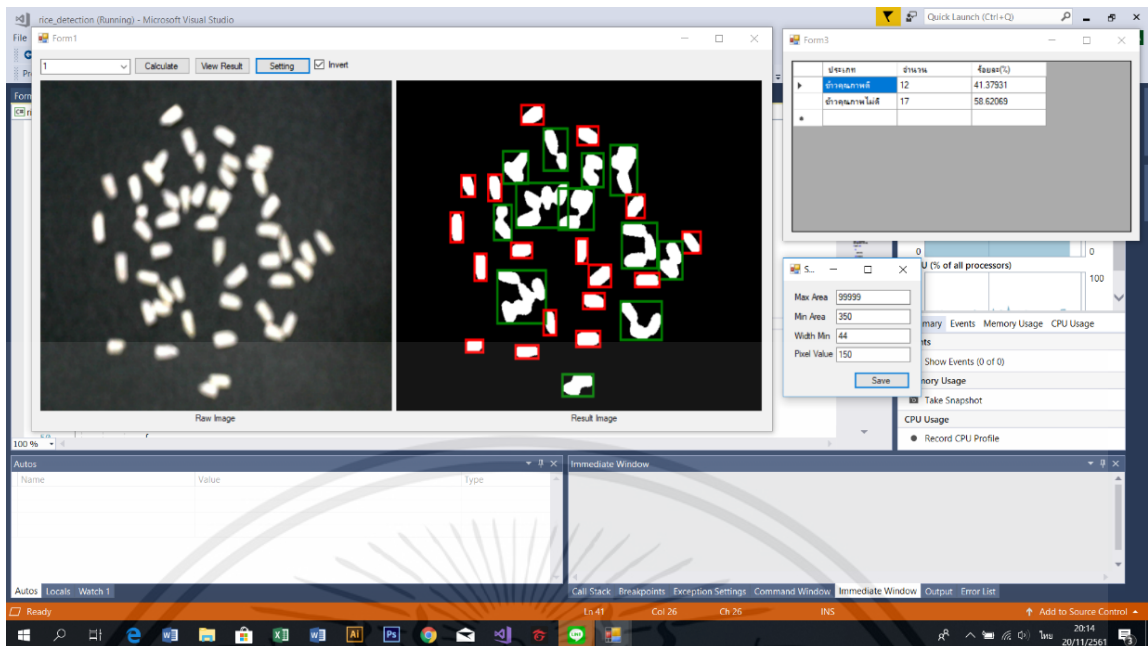
จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	8	18	64
2	8	18	64
3	8	18	64
4	8	18	64
5	8	18	64
รวม			64.00%

4.1.8 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกันโดยใช้ข้าวไม่สมบูรณ์ 50 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.20-4.24 ตามลำดับ

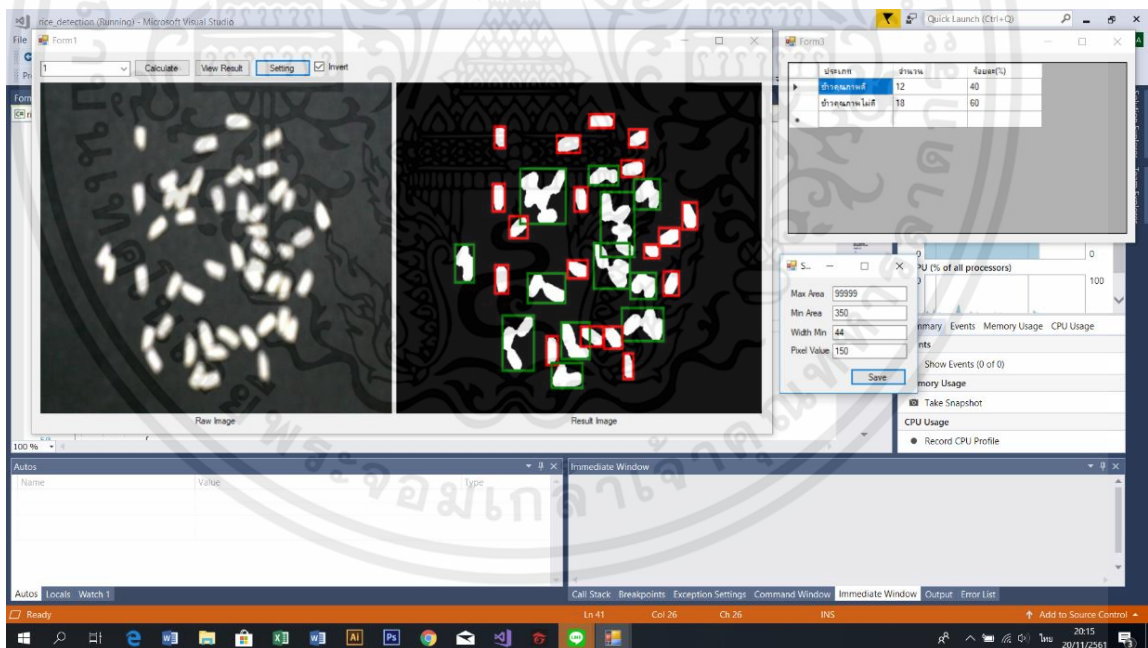
การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 150



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.20 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกันการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 1 ารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

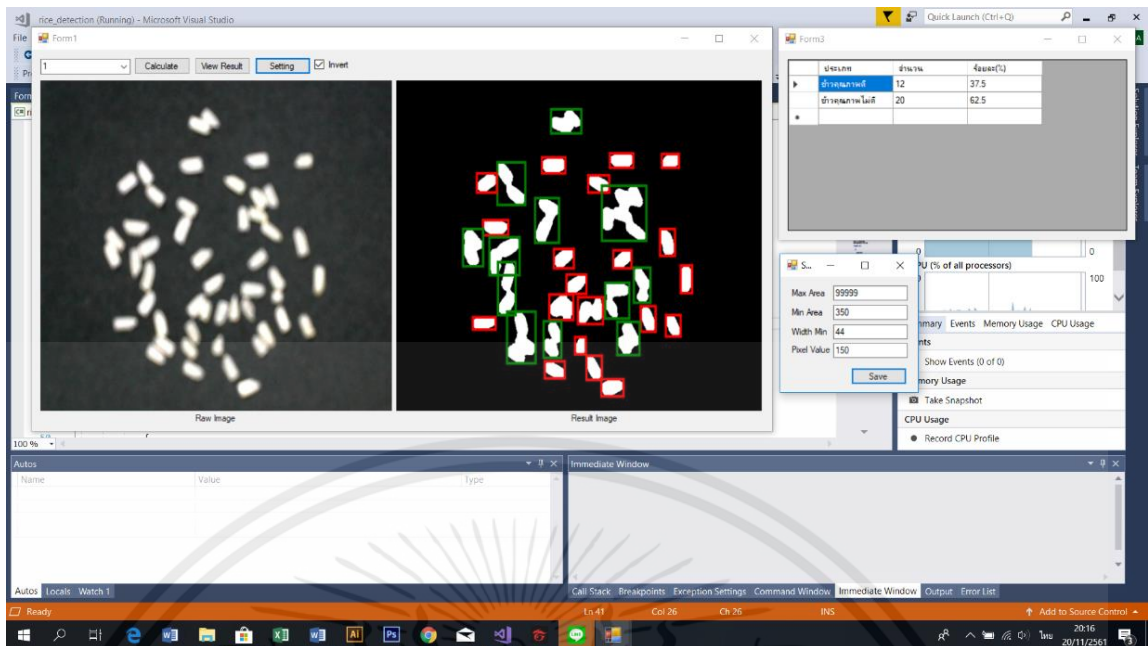


รูปที่ 4.21 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 2

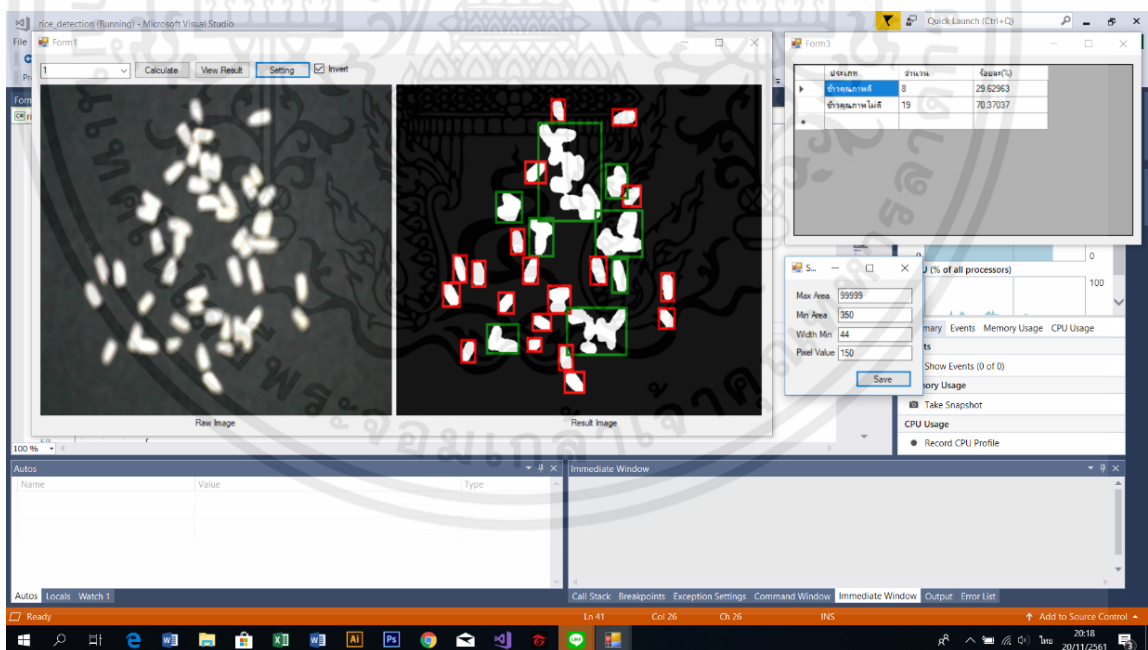


รูปที่ 4.22 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 4



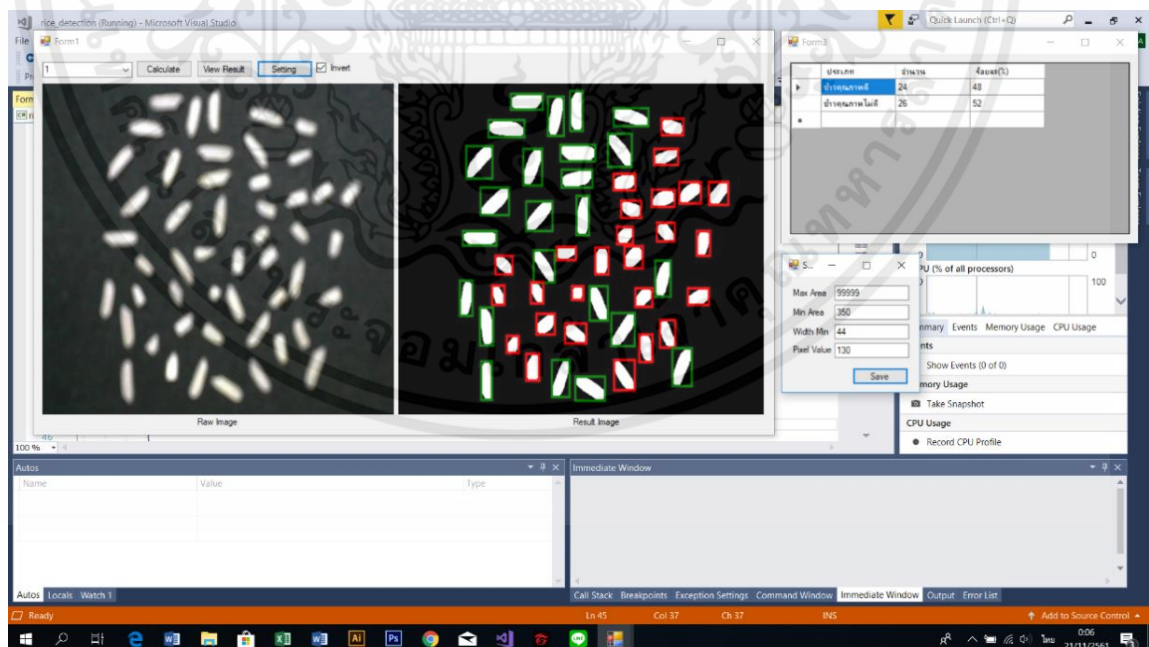
รูปที่ 4.24 การทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกัน โดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 5

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองวัดภาพเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่แบบทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	10	22	56
2	12	17	66
3	12	18	64
4	12	20	60
5	8	19	62
รวม			61.60%

4.1.9 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในอัตรา 1:1 ภาพเดิมซ้ำ 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน โดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 25 เมล็ด และ ข้าวไม่สมบูรณ์ 25 เมล็ด ในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 130



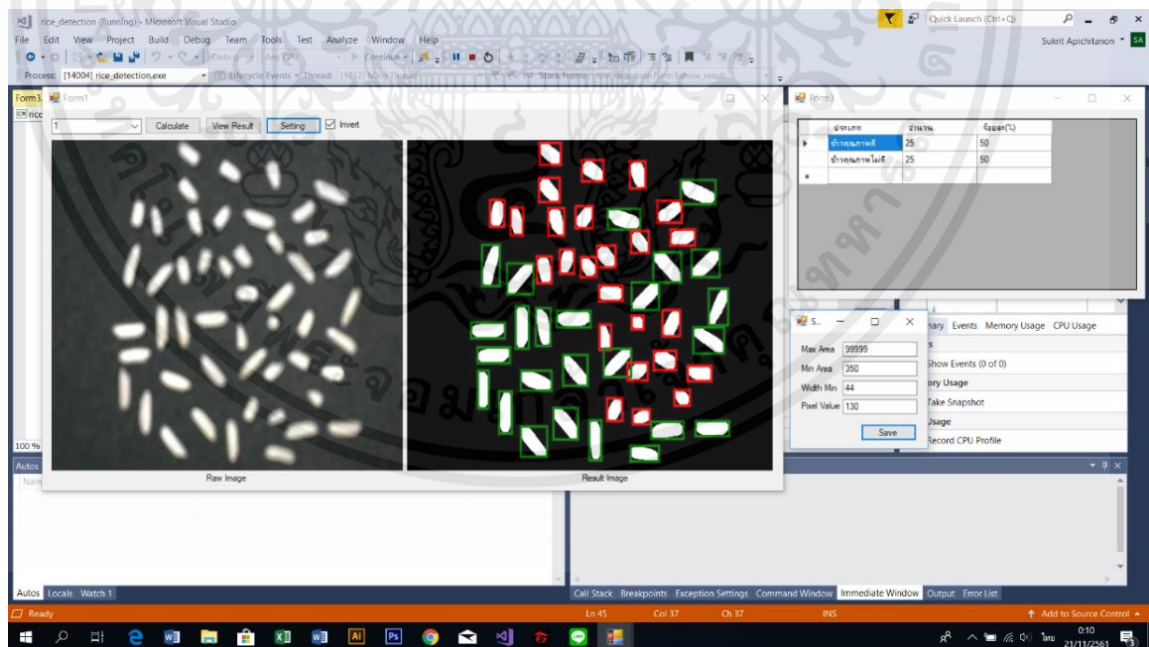
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ รูปที่ 4.25 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในอัตรา 1:1 ภาพเดิมซ้ำ 5
ครั้ง แบบไม่ทับกัน

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ภาพเดิม 5 ครั้ง แบบไม่ทับกัน

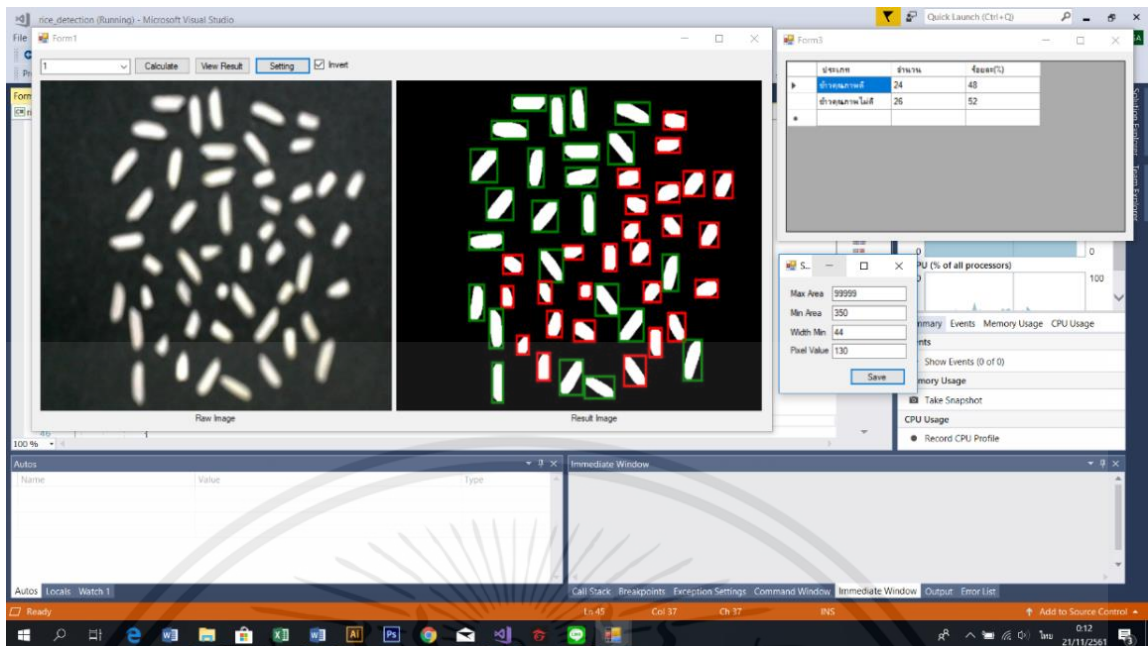
จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	24	26	2
2	24	26	2
3	24	26	2
4	24	26	2
5	24	26	2
รวม			2.00%

4.1.10 การทดลองวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียง เมล็ดข้าวใหม่แบบไม่ทับกัน โดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 25 เมล็ด และ ข้าวไม่สมบูรณ์ 25 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.26-4.30 ตามลำดับ

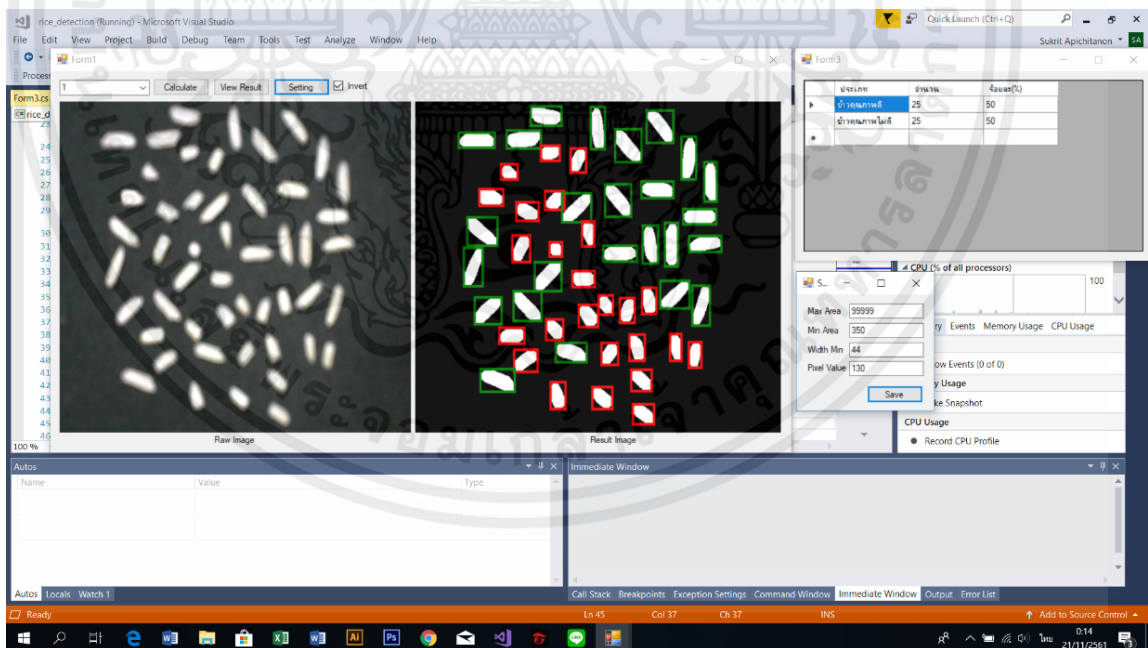
การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 130



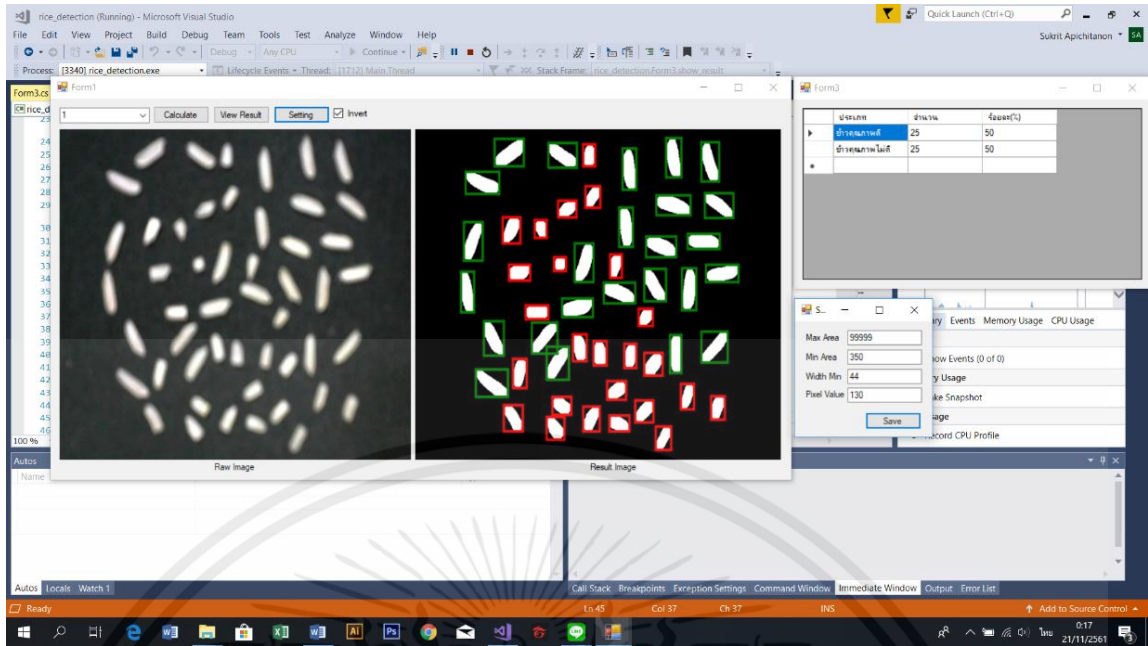
รูปที่ 4.26 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้งแบบไม่ทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 1



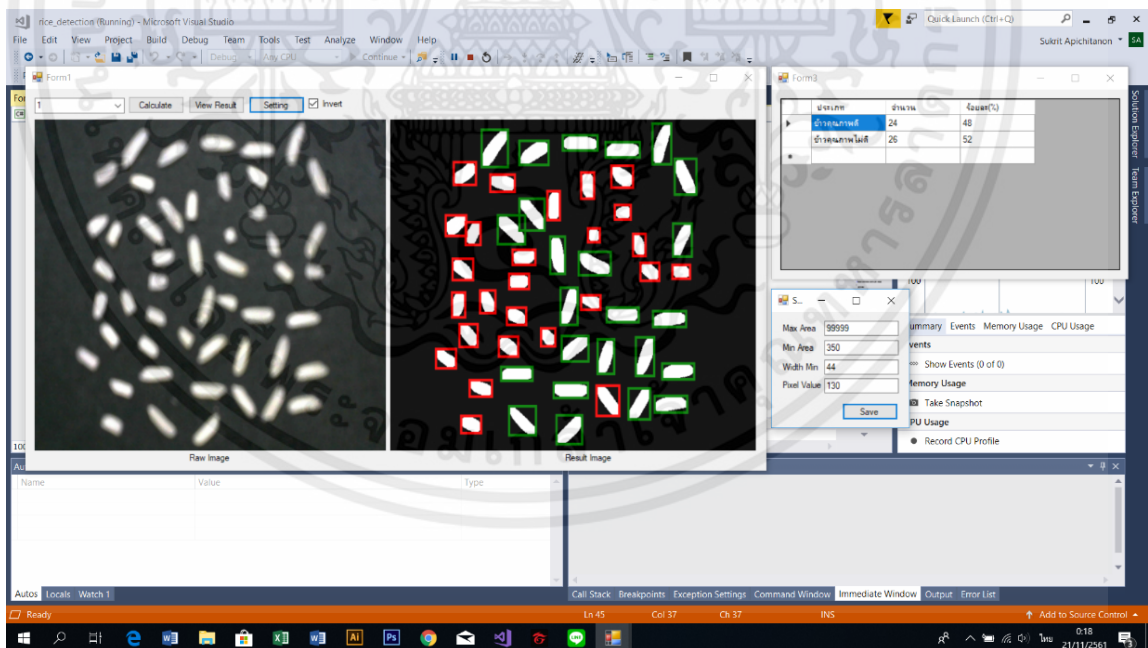
รูปที่ 4.27 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้งแบบไม่ทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 2



รูปที่ 4.28 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้งแบบไม่ทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 3



รูปที่ 4.29 การทดลองวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้งแบบไม่ทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 4



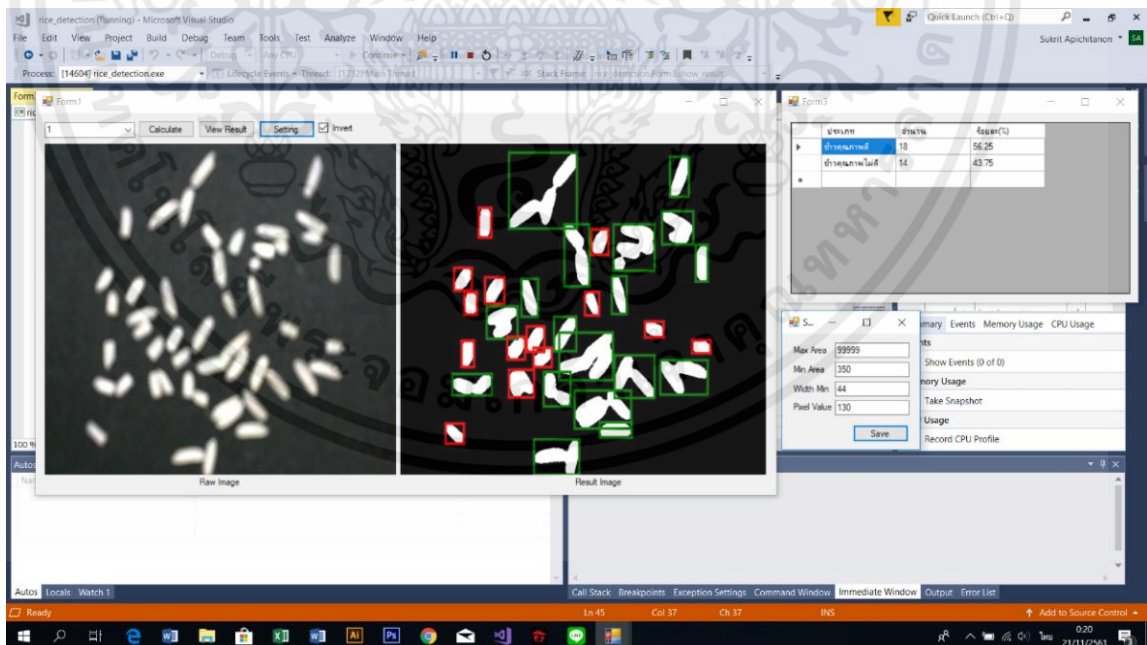
รูปที่ 4.30 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ 5 ครั้งแบบไม่ทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 5

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มี
การจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ แบบไม่ทับกัน

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	25	25	0
2	24	26	2
3	25	25	0
4	25	25	0
5	24	26	2
รวม			0.80%

4.1.11 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ภาพเดิมซ้ำ
5 ครั้ง แบบทับกันโดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 25 เมล็ดและข้าวไม่สมบูรณ์ 25 เมล็ด ในการ
ทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.31

การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 130



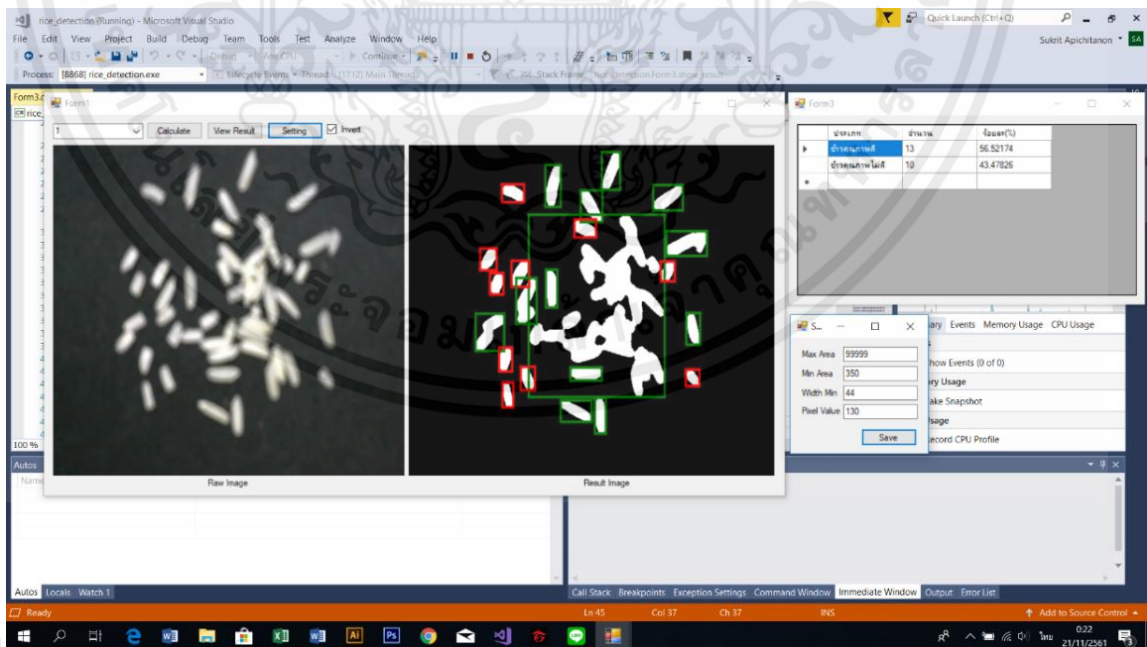
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษานำไปสอนและหาประโยชน์ด้านการศึกษา
รูปที่ 4.31 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ภาพเดิม
ซ้ำ 5 ครั้งแบบทับกัน

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองในการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ภาพเดิม แบบทับกันทั้ง 5 ครั้ง

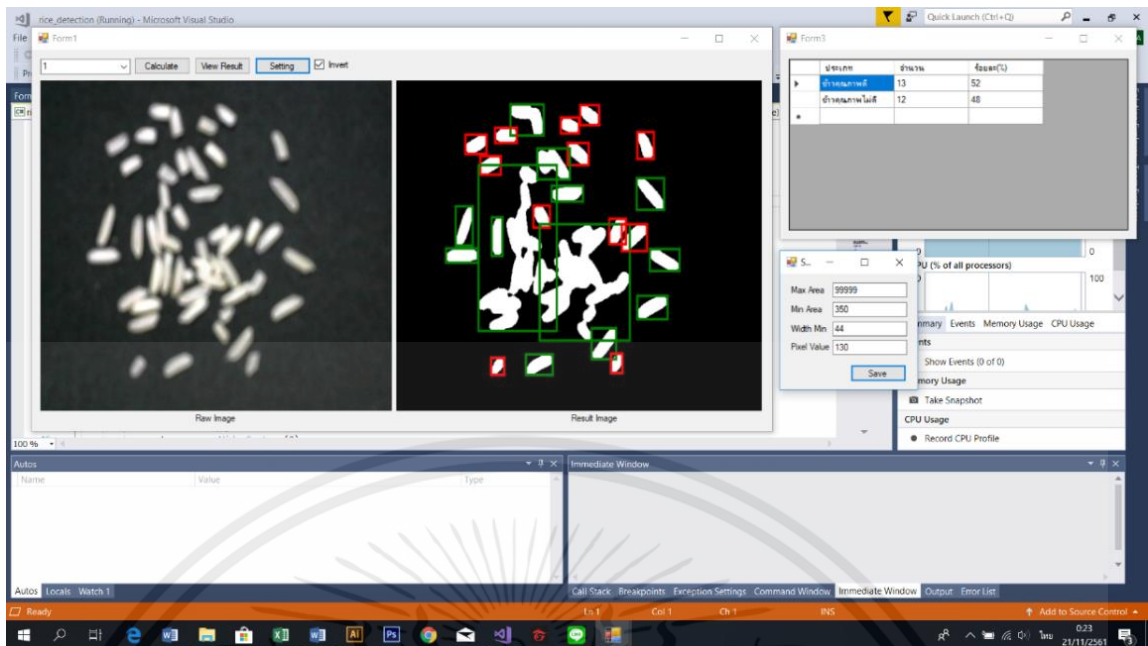
จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	18	14	36
2	18	14	36
3	18	14	36
4	18	14	36
5	18	14	36
รวม			36.00%

4.1.12 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดใหม่ 5 ครั้ง แบบทับกันโดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 25 เมล็ด และ ข้าวไม่สมบูรณ์ 25 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.32-4.36 ตามลำดับ

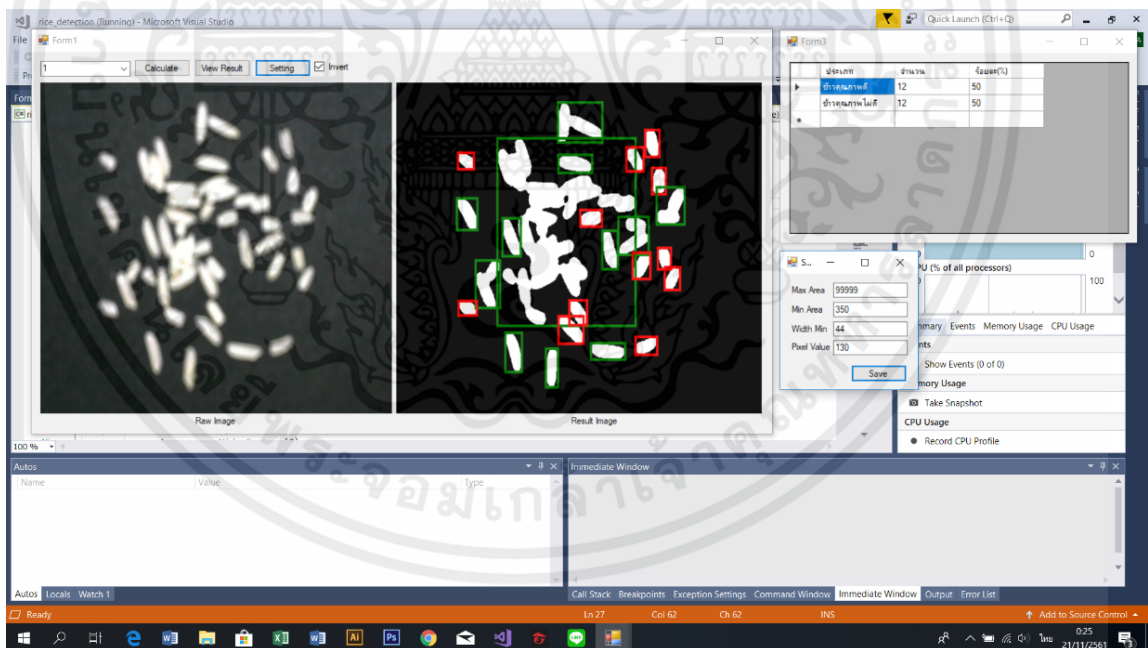
การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 130



รูปที่ 4.32 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดใหม่ 5 ครั้งแบบทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 1

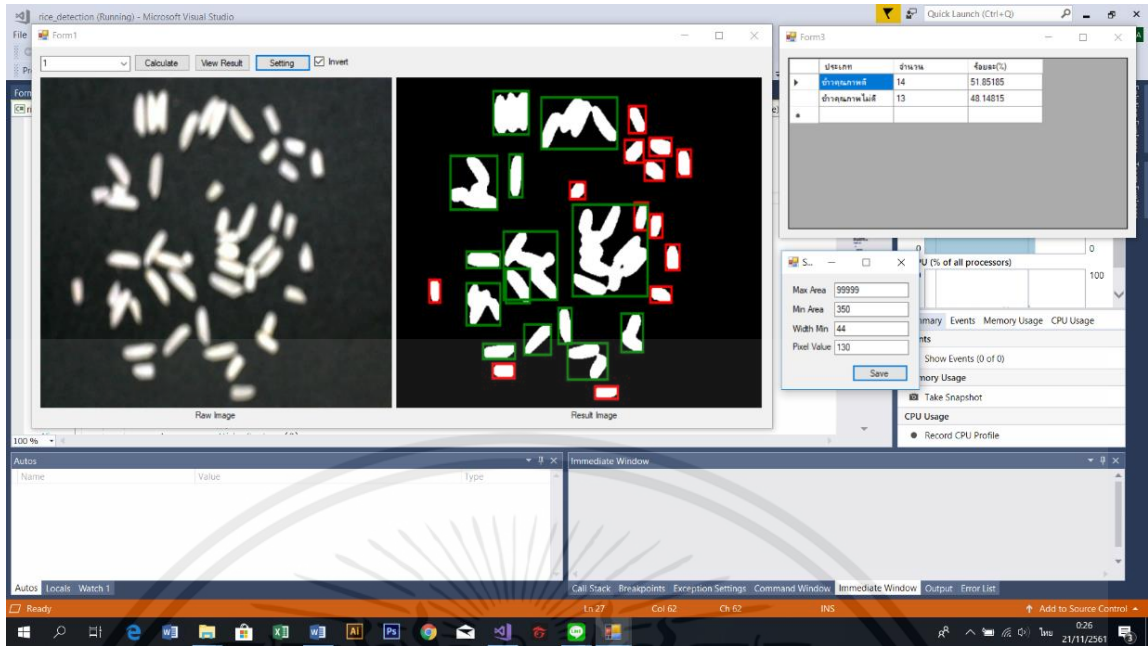


รูปที่ 4.33 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดใหม่ 5 ครั้งแบบทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 2

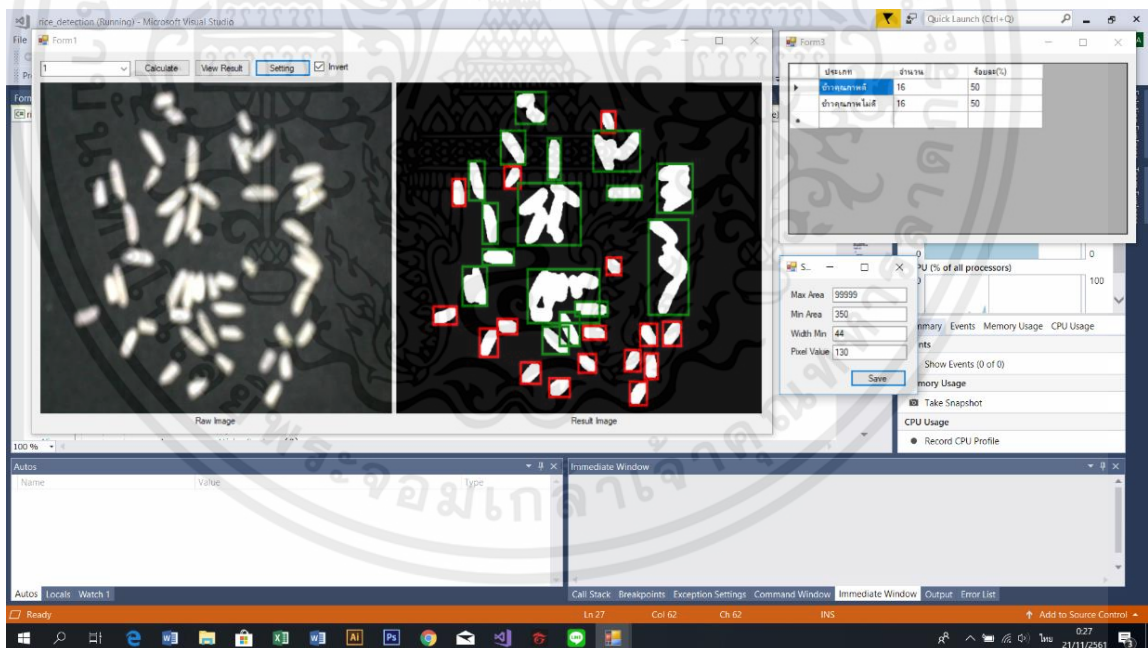


รูปที่ 4.34 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดใหม่ 5 ครั้งแบบทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



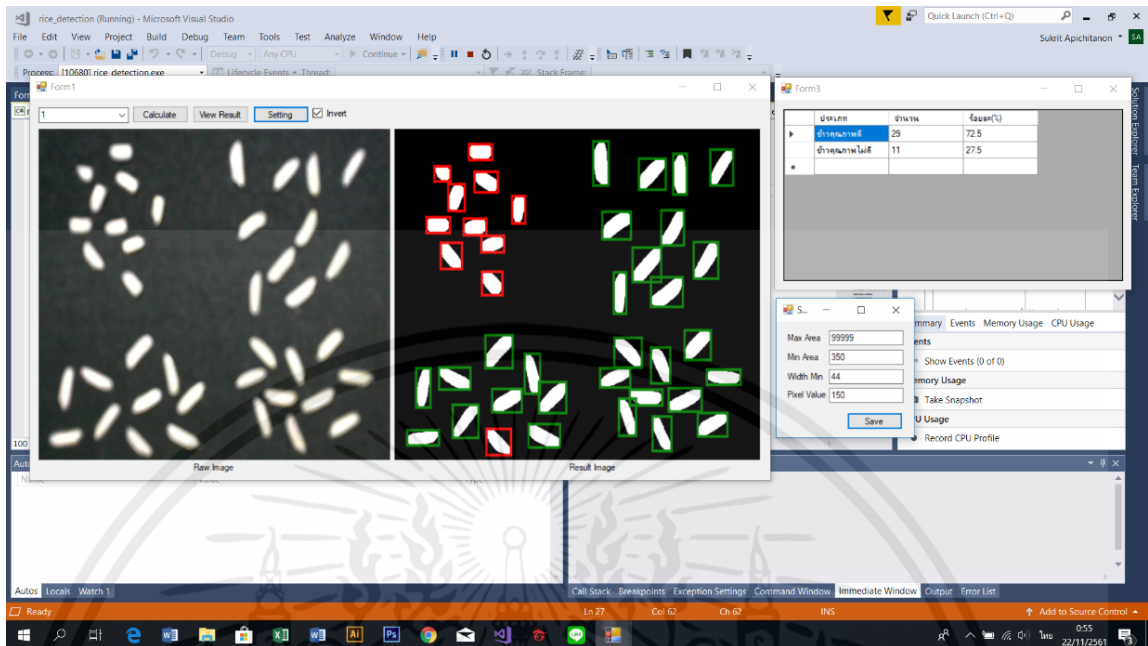
รูปที่ 4.35 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดใหม่ 5 ครั้งแบบทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 4



รูปที่ 4.36 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ที่มีการจัดเรียงเมล็ดใหม่ 5 ครั้งแบบทับกันโดยเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงรูปแบบข้าวในรูปแบบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแยกกอง



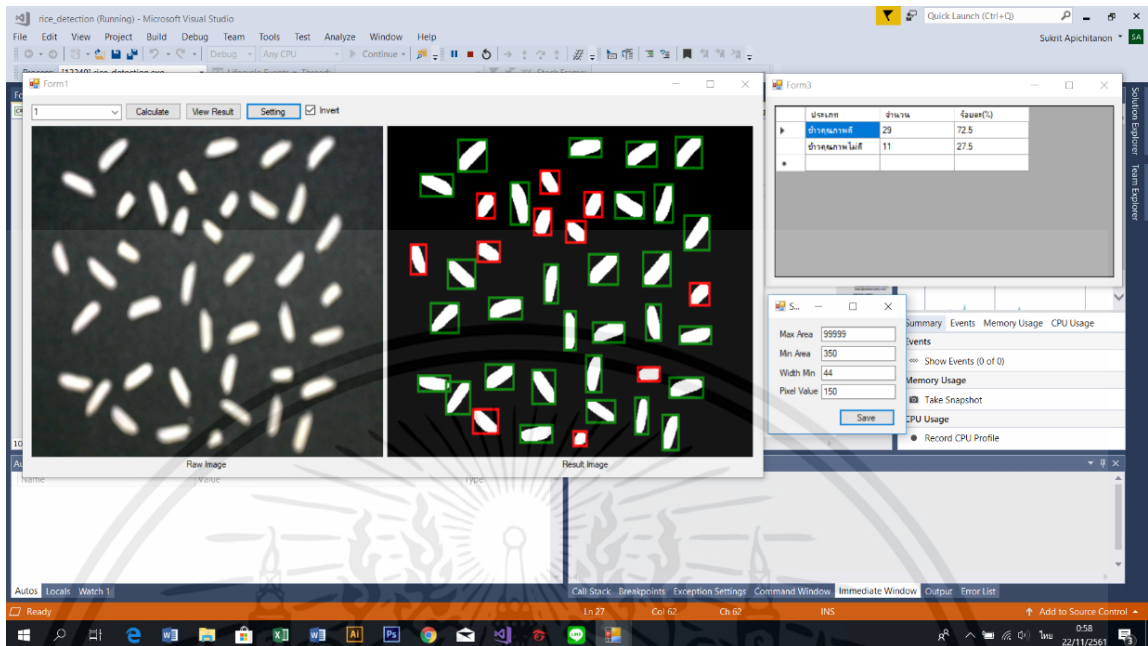
รูปที่ 4.37 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 ภาพเดิมซ้ำทั้งหมด 5 ครั้งไม่ทับกันแบบแยกกอง

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 แบบแยกกองที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	29	11	3.33
2	29	11	3.33
3	29	11	3.33
4	29	11	3.33
5	29	11	3.33
		รวม	3.33%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบคละกัน



รูปที่ 4.38 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 ภาพเดิมซ้ำทั้งหมด 5 ครั้งไม่ทับกันแบบคละกัน

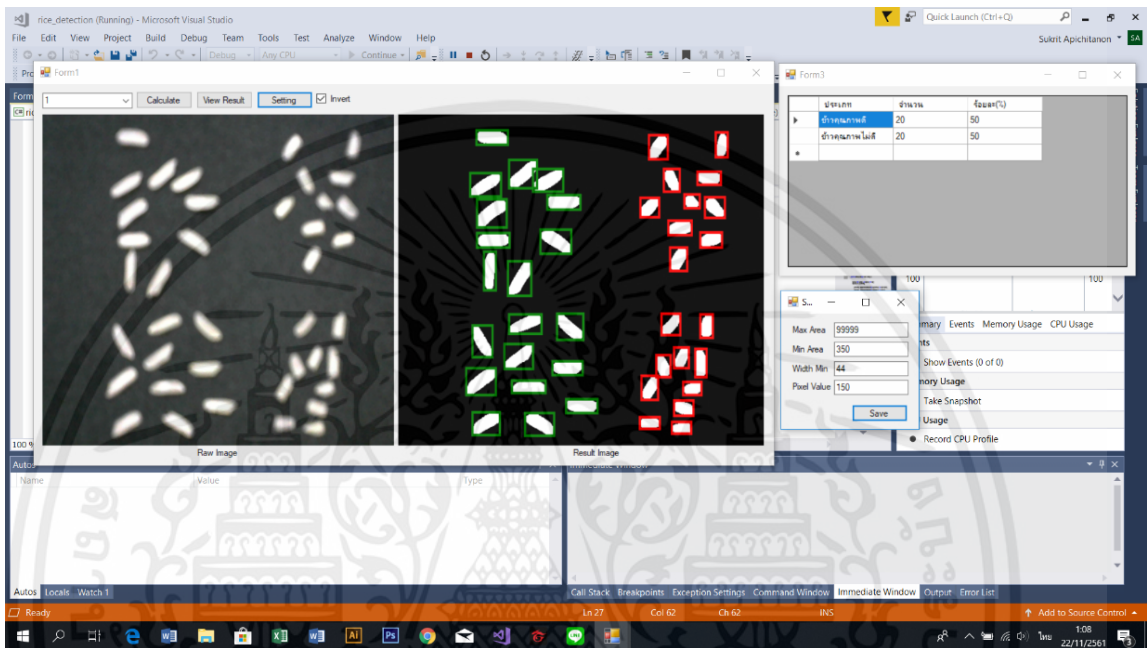
ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 แบบคละกันที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	29	11	3.33
2	29	11	3.33
3	29	11	3.33
4	29	11	3.33
5	29	11	3.33
			รวม 3.33%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.14 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ภาพเดิมซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันโดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 20 เมล็ด และ ข้าวไม่สมบูรณ์ 20 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.39-4.40 ตามลำดับ

แบบแยกกอง



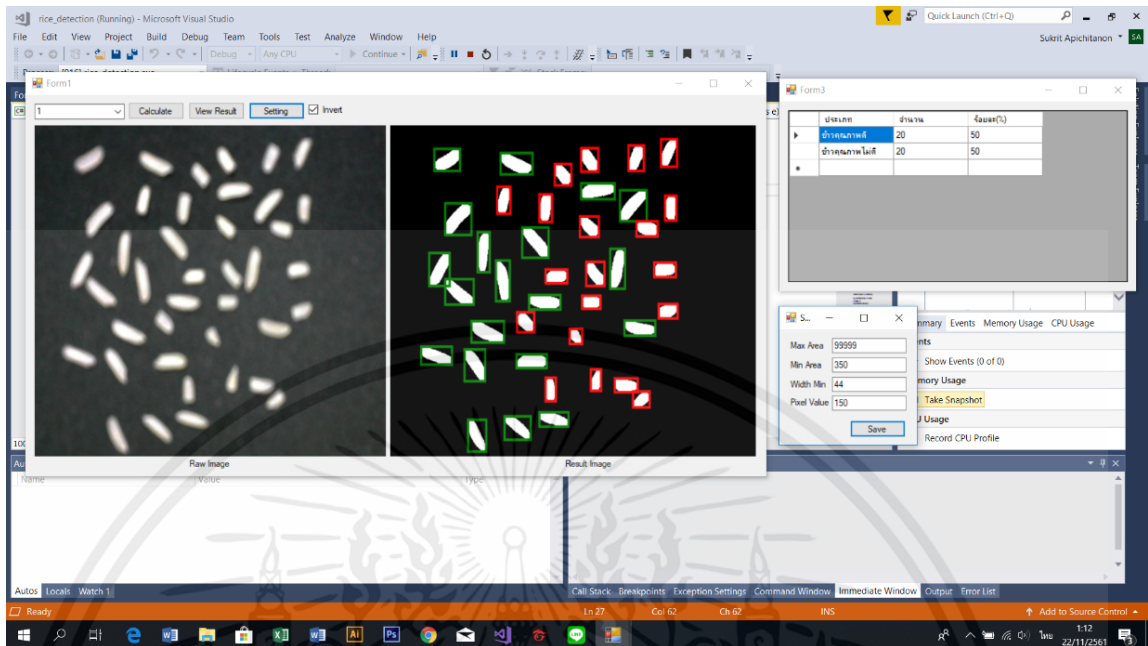
รูปที่ 4.39 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ซ้ำภาพเดิมทั้งหมด 5 ครั้ง ไม่ทับกันแบบแยกกอง

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 แบบแยกกองที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	20	20	0
2	20	20	0
3	20	20	0
4	20	20	0
5	20	20	0
รวม			0.00%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่เอาไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

แบบคละกัน



รูปที่ 4.40 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ข้ำภาพเดิม ทั้งหมด 5 ครั้ง ไม่ทับกันแบบคละกัน

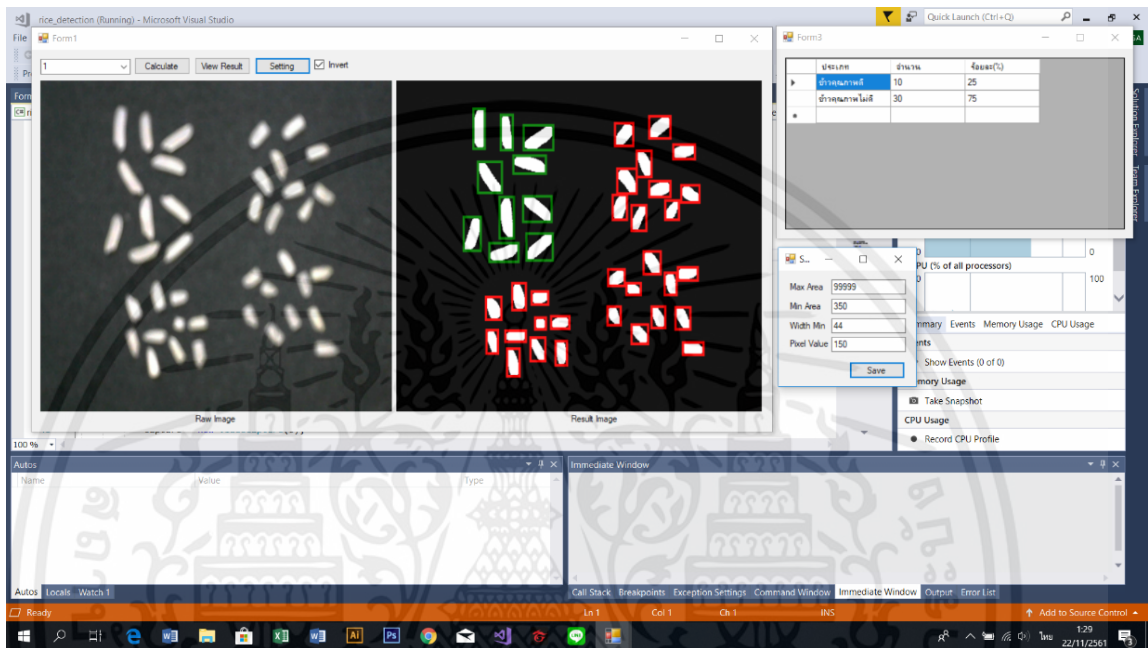
ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 แบบคละกันที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	20	20	0
2	20	20	0
3	20	20	0
4	20	20	0
5	20	20	0
			รวม 0.00%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.15 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ ในอัตรา 1:3 ทั้งหมด 5 ครั้ง แบบไม่ทับกันโดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 10 เมล็ด และ ข้าวไม่สมบูรณ์ 30 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.41-4.42 ตามลำดับ

แบบแยกกอง

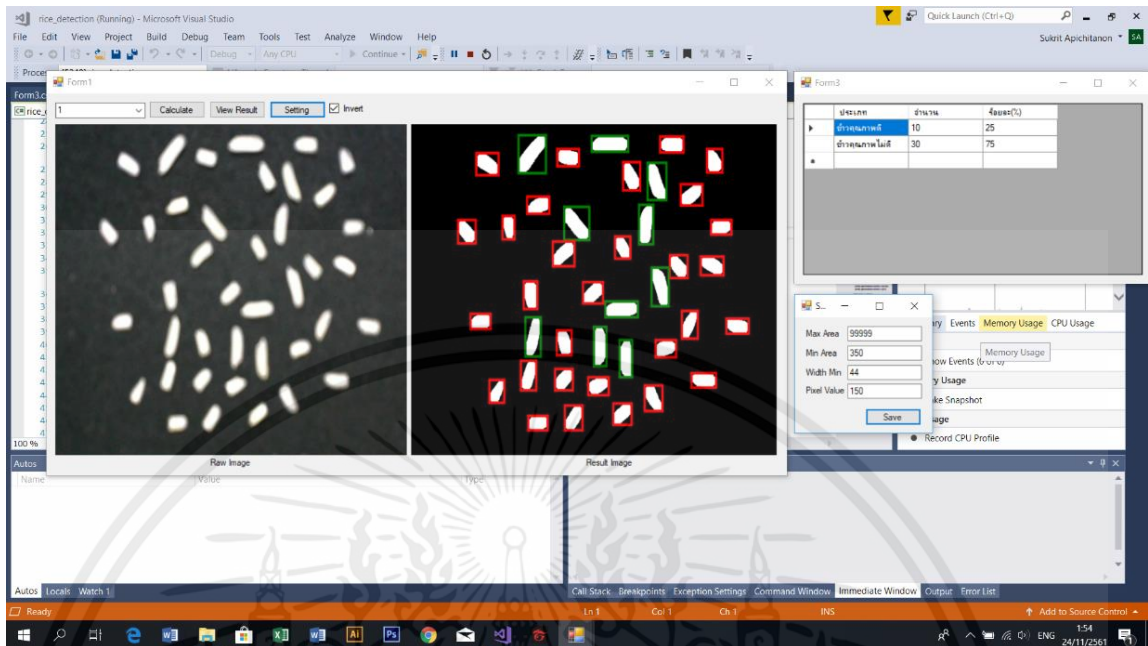


รูปที่ 4.41 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในอัตรา 1:3 ทั้งหมด 5 ครั้ง ไม่ทับกันแบบแยกกอง

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3 แบบแยกกองที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	10	30	0
2	10	30	0
3	10	30	0
4	10	30	0
5	10	30	0
รวม			0.00%

แบบคละกัน



รูปที่ 4.42 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในอัตรา 1:3 ทั้งหมด 5 ครั้ง ไม่ทับกันแบบคละกัน

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3 แบบคละกันที่ไม่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	10	30	0
2	10	30	0
3	10	30	0
4	10	30	0
5	10	30	0
รวม	50	150	0.00%

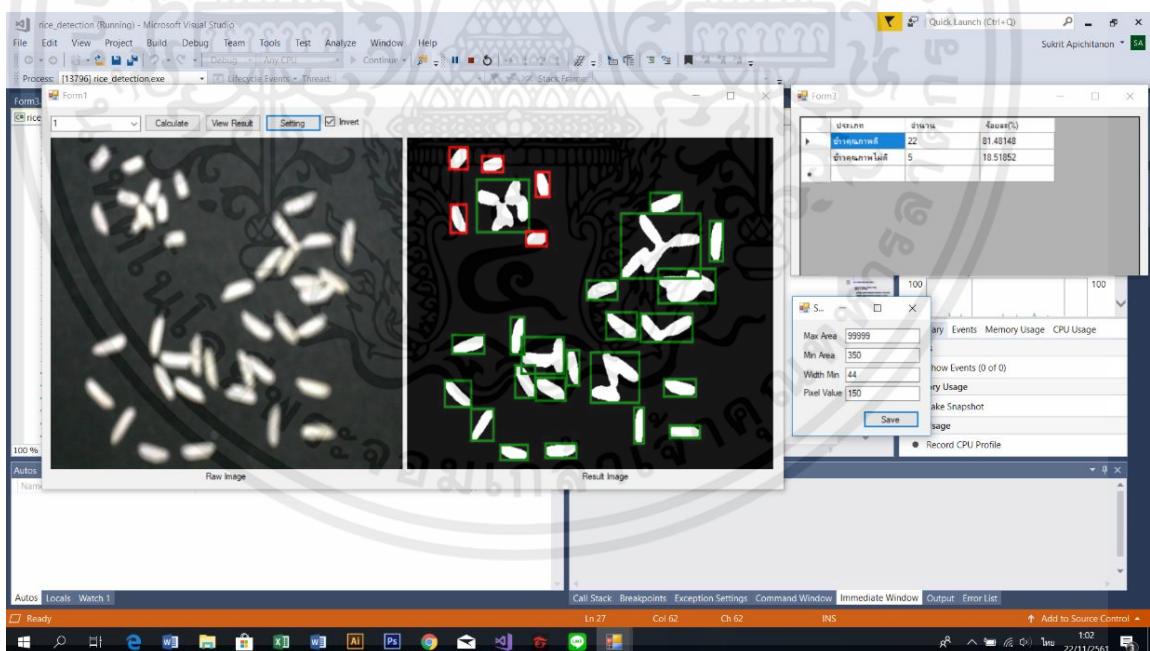
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองวัดเมล็ดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในอัตราส่วนที่ต่างกันแบบทับกัน

การตั้งค่าการทดลองมีดังนี้: Width min = 44
Pixel value = 150

4.1.16 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 ภาพเต็มซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แบบทับกันโดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 30 เมล็ด และ ข้าวไม่สมบูรณ์ 10 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.43-4.44 ตามลำดับ

แบบแยกกอง

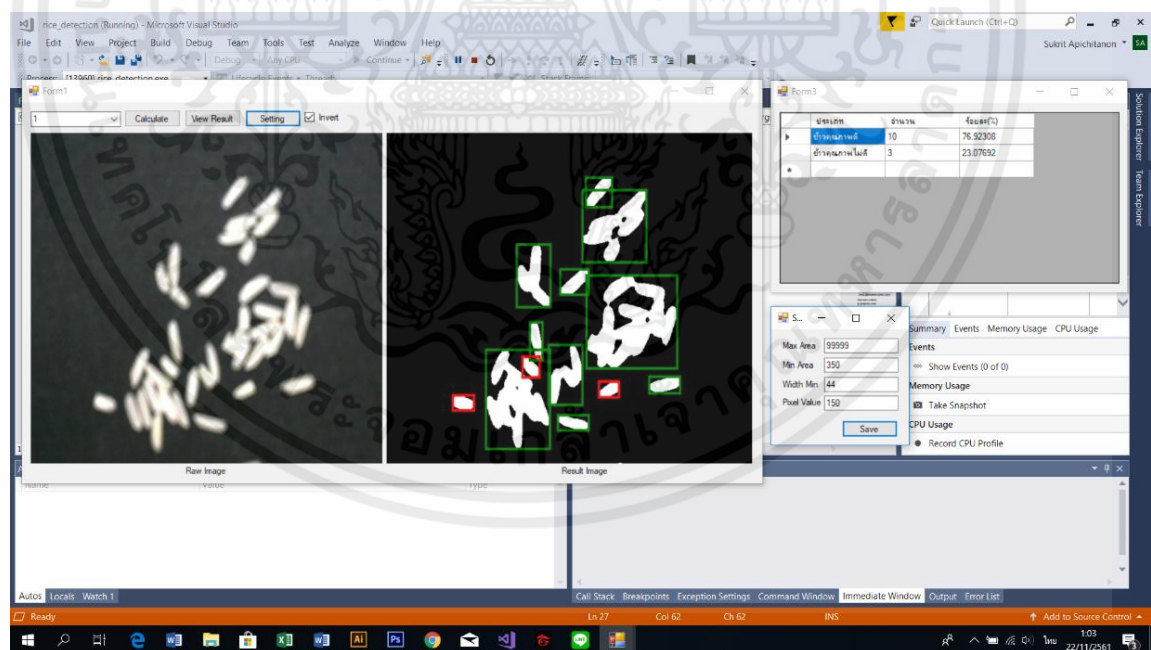


รูปที่ 4.43 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 ซ้ำภาพเต็มเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ทั้งหมด 5 ครั้ง ทับกันแบบแยกกอง ศึกษานั่น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 แบบ แยกกองที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	22	0	30.04
2	22	0	30.04
3	22	0	30.04
4	22	0	30.04
5	22	0	30.04
รวม			30.04%

แบบคละกัน



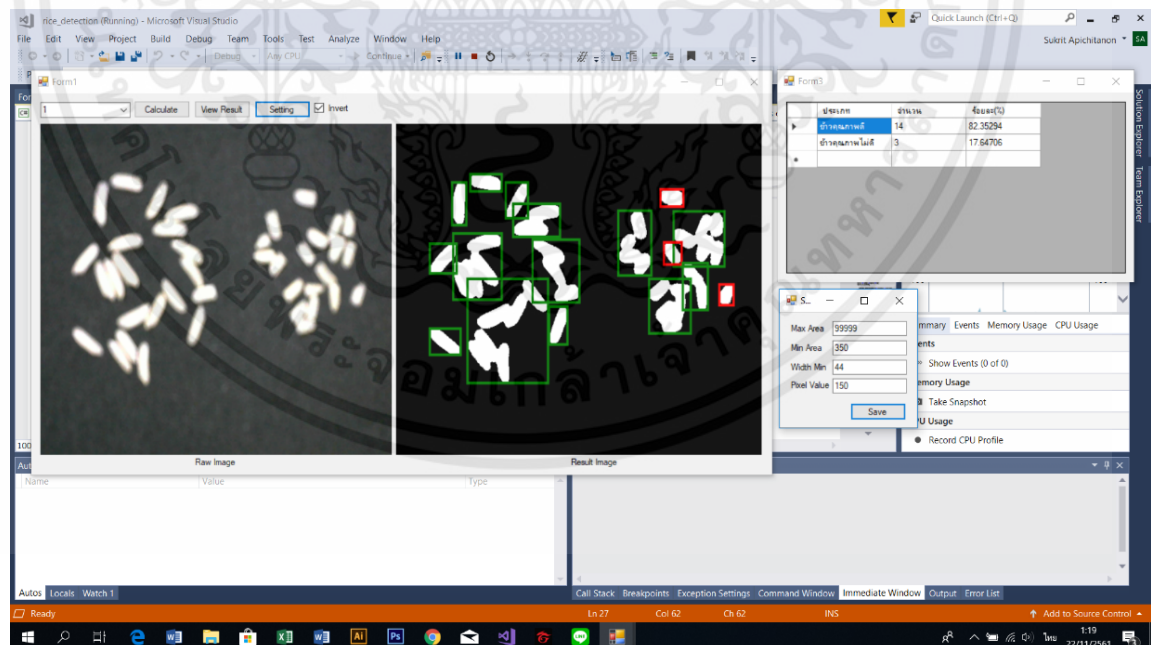
รูปที่ 4.44 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 ข้ำภาพเดิม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่วน วิศวกรรมการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทั้งหมด 5 ครั้ง ทับกันแบบคละกัน ไม่ว่าจะฉีดยาทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คิดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างข้าวสมบูรณ์และข้าวไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 3:1 แบบ
 คละกันที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	10	3	66.66
2	10	3	66.66
3	10	3	66.66
4	10	3	66.66
5	10	3	66.66
รวม			66.66%

4.1.17 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ภาพเดิมซ้ำ ในอัตรา 1:1
 ทั้งหมด 5 ครั้ง แบบทับกันโดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 20 เมล็ด และ ข้าวไม่สมบูรณ์ 20
 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.45-4.46 ตามลำดับ

แบบแยกกอง

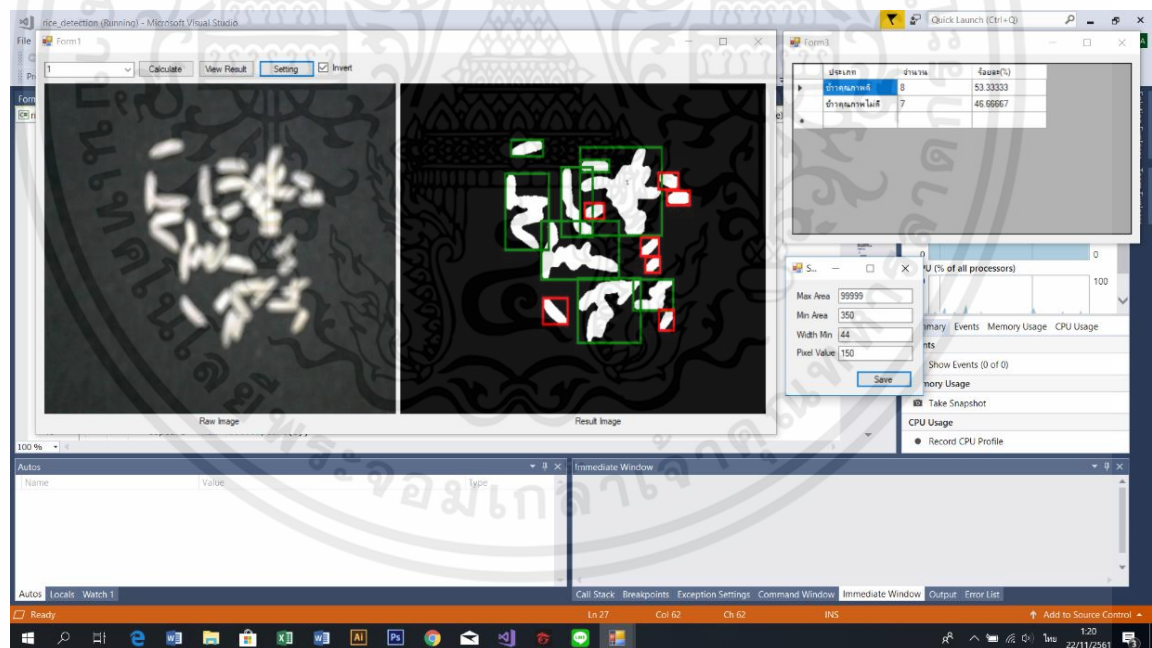


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.45 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ทั้งหมด 5 ครั้ง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเบื้องหน้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารเรทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 ทับกันแบบแยกกอง

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 แบบ แยกกองที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	14	3	57.5
2	14	3	57.5
3	14	3	57.5
4	14	3	57.5
5	14	3	57.5
รวม			57.50%

แบบคละกัน



รูปที่ 4.46 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 ทั้งหมด 5 ครั้ง

กันแบบคละกัน

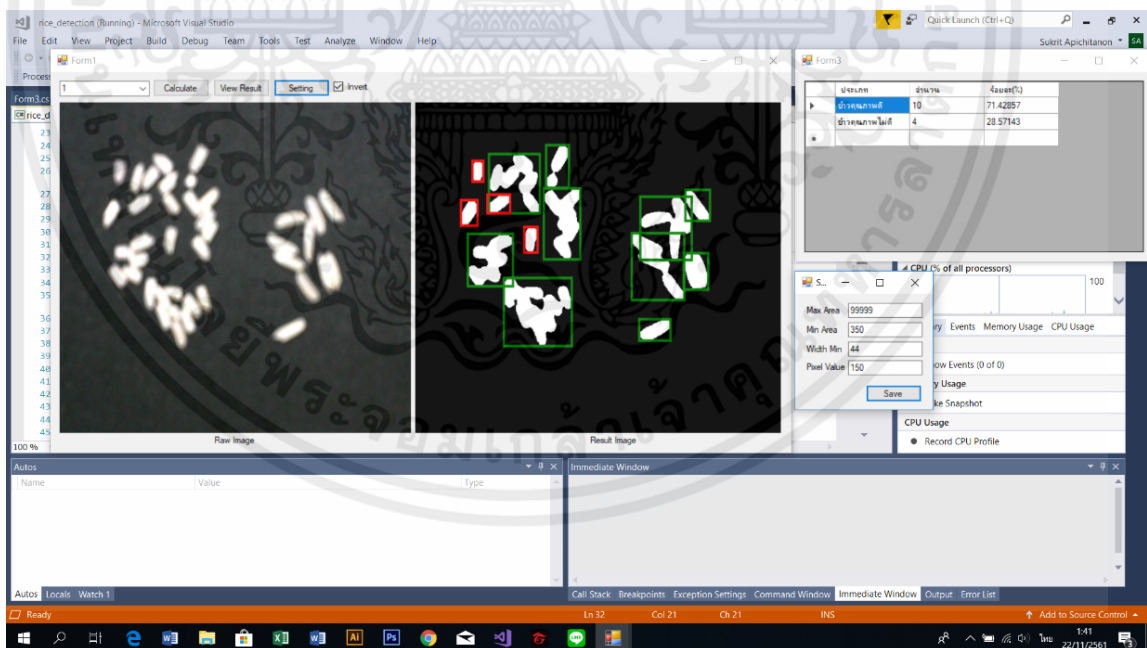
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:1 แบบ
 คละที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	8	7	62.5
2	8	7	62.5
3	8	7	62.5
4	8	7	62.5
5	8	7	62.5
		รวม	62.50%

4.1.18 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3 ภาพเต็มซ้ำ
 ทั้งหมด 5 ครั้ง แบบทับกันโดยใช้ข้าวสมบูรณ์ 10 เมล็ด และ ข้าวไม่สมบูรณ์ 30
 เมล็ด ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.47-4.48 ตามลำดับ

แบบแยกกอง

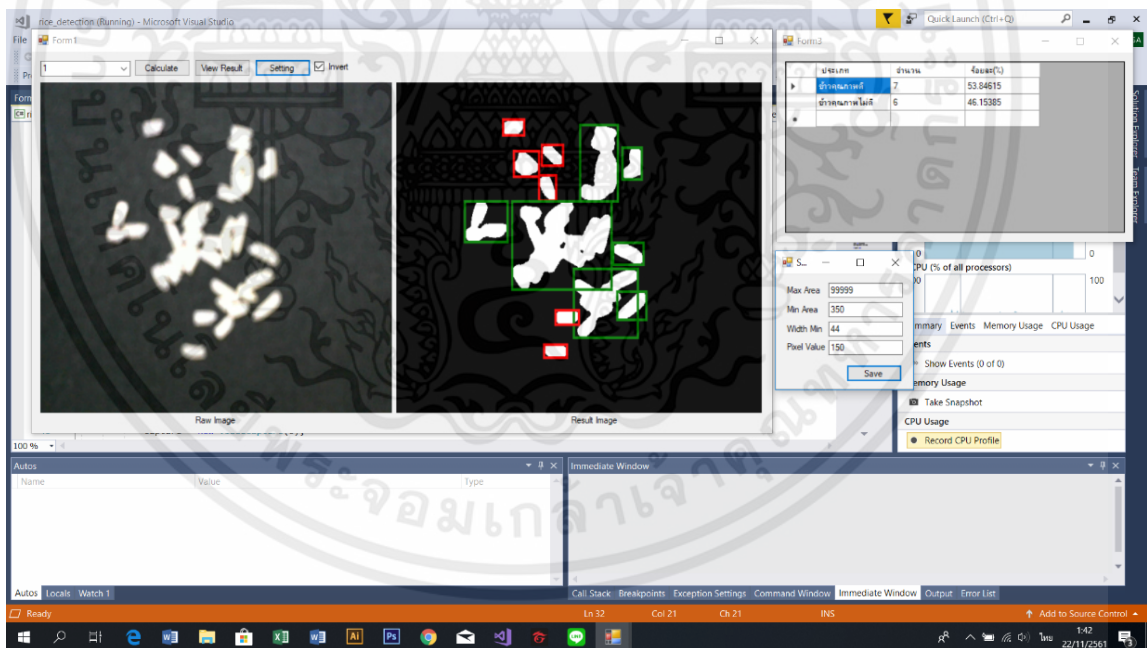


รูปที่ 4.47 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3 ซ้ำภาพเต็ม
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ทั้งหมด 5 ครั้ง ทับกันแบบแยกกอง
 ไม่ว่าจะผิดใจทุกสิ่งอื่น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3 แบบ แยกกองที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง (ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	10	4	60.01
2	10	4	60.01
3	10	4	60.01
4	10	4	60.01
5	10	4	60.01
รวม			60.01%

แบบคละกัน



รูปที่ 4.48 การทดลองวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3 ข้ำภาพเดิม ทั้งหมด 5 ครั้ง ทับกันแบบคละกัน

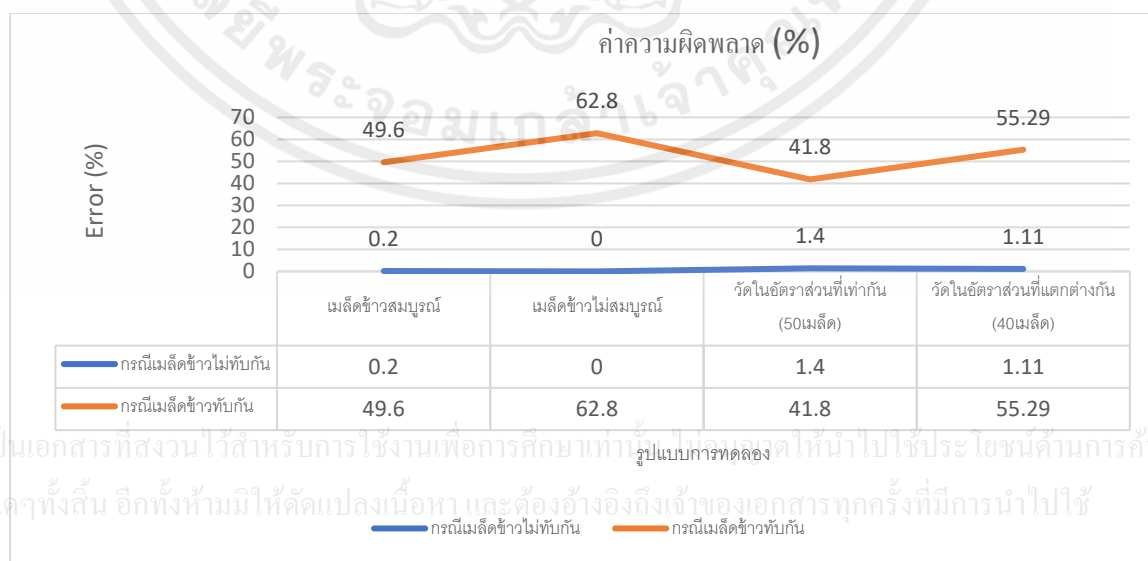
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ผลการทดลองการวัดภาพระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ในอัตรา 1:3 แบบ
 คละที่ทับกันทั้ง 5 ครั้ง

จำนวนการทดลอง(ครั้งที่)	เมล็ดข้าวสมบูรณ์	เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์	ความผิดพลาด (%)
1	7	6	55.01
2	7	6	55.01
3	7	6	55.01
4	7	6	55.01
5	7	6	55.01
รวม			55.01%

4.2 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองเมล็ดข้าวประเภทไม่ซ้อนทับกันมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย อยู่ที่ 0.82% จากทั้งหมด 12 การทดลองประเภทไม่ซ้อนทับกัน การทดลองเมล็ดข้าวประเภทซ้อนทับกันมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 53.34% จากทั้งหมด 12 การทดลองประเภทเมล็ดข้าวซ้อนทับกัน เรานำผลการทดลองที่ได้มาจัดเรียงประเภทโดยแบ่งแยกเป็นแต่ละรูปแบบแล้วจะได้ 2 รูปแบบ ในแต่ละรูปแบบจะแยกย่อยออกเป็น 4 ลักษณะ 2 รูปแบบ คือ กรณีเมล็ดข้าวไม่ซ้อนทับกัน และ กรณีเมล็ดข้าวซ้อนทับกัน ในส่วน 4 ลักษณะ คือ 1.) การตรวจวัดเมล็ดข้าวสมบูรณ์ 2.) การตรวจวัดเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ 3.) การตรวจวัดในอัตราส่วนที่เท่ากันโดยมีผลรวมเมล็ดข้าวทั้งหมด 50 เมล็ด และ 4.) การตรวจวัดในอัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยแบ่งเป็น 3:1 1:1 และ 1:3 ระหว่างเมล็ดข้าวสมบูรณ์และเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ตามลำดับมีผลรวมเมล็ดข้าวทั้งหมด 40 เมล็ด ดังแสดงในรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงค่าความผิดพลาดในกรณีต่างๆ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอหลักการประยุกต์ใช้งานกล้องเว็บแคมเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยทำการศึกษาหาข้อมูลและความเป็นไปได้จากการทำการทดลองซึ่งจะนำผลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความแม่นยำและความเร็วในการทำงานของกระบวนการโดยอุปกรณ์ในการทดลองนั้นสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาที่ไม่แพง การทดลองจะมีทั้งหมด 18 ขั้นตอนโดยจะแบ่งประเภทการทดลอง เป็น 2 รูปแบบคือ เมล็ดข้าวที่ทับซ้อนกันและเมล็ดข้าวที่ไม่ทับซ้อนหรือไม่ติดกัน แต่ละรูปแบบจะแบ่งเป็น 4 ลักษณะคือ การทดลองเมล็ดข้าวภาพเต็มซ้ำ 5 ครั้ง โดยใช้เมล็ดข้าว 50 เมล็ดในการทดลอง การทดลองที่มีการจัดเรียงเมล็ดข้าวใหม่ไม่ซ้ำกัน 5 ครั้ง โดยใช้เมล็ดข้าว 50 เมล็ดในการทดลอง การทดลองในอัตรา 1:1, ระหว่างเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์และเมล็ดข้าวสมบูรณ์ โดยใช้เมล็ดข้าว 50 เมล็ดในการทดลอง ในการทดลองรูปแบบสุดท้ายจะเป็นการทดลองที่มีการแยกกอง และ คละกัน ของเมล็ดข้าวในอัตรา 1:3, 1:1, 3:1 ระหว่างเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์และเมล็ดข้าวสมบูรณ์รวมโดยใช้เมล็ดข้าว 40 เมล็ดในการทดลอง เนื่องจากในการทดลองนี้ต้องการแบ่งเมล็ดข้าวให้เป็น 4 ส่วนเท่ากันจึงใช้เมล็ดข้าวในการทดลอง 40 เมล็ด จากการทดลองทั้งหมด 24 การทดลอง เราได้ผลลัพธ์ดังนี้ ผลการทดลองเมล็ดข้าวประเภทไม่ทับซ้อนกันมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย อยู่ที่ 0.82% จากทั้งหมด 12 การทดลองประเภทไม่ซ้อนทับกัน การทดลองเมล็ดข้าวประเภทซ้อนทับกันมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 53.34% จากทั้งหมด 12 การทดลองประเภทซ้อนทับกัน โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทดลองนั้นคือ ระดับความสว่างของแสงไฟในห้องทดลอง ตำแหน่งที่ทำให้เกิดแสงและเงาในการวางอุปกรณ์ ระยะห่างระหว่างกล้องกับเมล็ดข้าว

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบและความแม่นยำในการตรวจสอบ เราได้มีการคิดค้นเพื่อทำการพัฒนาอุปกรณ์เพิ่มเติมในอนาคต โดยจะมีการพัฒนาและปรับปรุงเพิ่มเติมในทั้ง 2 ด้าน คือ Hardware และ Software

ด้าน Hardware เราจะทำการเพิ่มจำนวนกล้องตามระยะทางของสายพานส่งเมล็ดข้าว 3-4 ตัว และเพิ่มระบบการสั่นสะเทือนในรางสายพานของเมล็ดข้าวเพื่อทำการกระจายข้าวออกจากกันและทำให้ข้าวนั้นเกิดการพลิกตัวเพื่อเพิ่มมุมมองหรือมิติในการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้าน Software เราจะทำการเพิ่ม Algorithm ที่สามารถปรับเปลี่ยนฟังก์ชันในการตรวจเมล็ดข้าวแบบซ้อนทับกันหรือติดกันได้โดยจะนำทฤษฎีการประมวลผลภาพที่เกี่ยวข้องต่างๆ มาร่วมพัฒนาปรับปรุง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Nattapat Teerabenjakul, and Kaset Sirisantisamrid, "Personal Identification System using Finger Contours", International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology August 21-24, 2013, The Sukosol, Bangkok, Thailand.
- [2] Alexander C. Berg, Jitendra Malik, "Geometric Blur for Template Matching", Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on 8-14 Dec. 2001".
- [3] Pouya Nazari, Hossein Pourghassem, "A novel retina-based human identification algorithm based on geometrical shape features using a hierarchical matching structure" Computer Methods and Programs in Biomedicine 141 (2017) 43-58.
- [4] Nazmul Hossain, Mohammad Tanzir Kabir, Tarif Riyad Rahman, Mohamed Sajjad Hossen, Fahim Salauddin, "A Real-time Surveillance Mini-rover Based on OpenCV-Python-JAVA Using Raspberry Pi 2", 2015 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, 27 - 29 November 2015, Penang, Malaysia.
- [5] Ahmed Mahgoub Ahmed Talab, Zhangcan Huang, Fan Xi, Liu HaiMing, "Detection crack in image using Otsu method and multiple filtering in image processing techniques", Optik 127 (2016) 1030-1033.
- [6] Charles Poynton, "The magnitude of nonconstant luminance errors" in Charles Poynton, A Technical Introduction to Digital Video. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- [7] Christophe Coniglio , Cyril Meurie , Olivier Lézoray , Marion Berbineau, "People silhouette extraction from people detection bounding boxes in images", Pattern Recognition Letters 93 (2017) 182-191.
- [8] T. Lindeberg (1993). "Detecting Salient Blob-Like Image Structures and Their Scales with a Scale-Space Primal Sketch: A Method for Focus-of-Attention" International Journal of Computer Vision. 11 (3): 283-318. ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- [9] Daniel Pedoe. 1963, A geometric introduction to linear algebra, New York : John Wiley&Sons.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [10] Gregor Podrekar, Dejan Tomažević, Boštjan Likar, Peter Usenik, “Model based visual inspection of pharmaceutical tablets with photometric stereo”, 2017 Fifteenth IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA) Nagoya University, Nagoya, Japan, May 8-12, 2017.
- [11] Giovanni Bertolini, Stefano Ramat, “ Identification and Recognition of Object in Color Stereo Image Using a HierachialSOM”, In Proceeding of the 2007 IEEE Fourth Canadian Conference on Computer and Robot Vision(CRV’07).
- [12] M. Bertozzi, E. Binelli, A. Broggi, M. Del Rose, “Stereo Vision-based approaches for Pedestrian Detection”, In Proceeding of the 2005 IEEE Computer Society Conference on CVPR’05, PP 1063-6919/05.
- [13] Mihail P, Paul G, James K, Cerry K, Joe S, Charles C. Automatic karyotyping of metaphase cells with overlapping chromosomes. Computers in Biology and Medicine. 1999: 61-81.
- [14] Liang J. Automatic Chromosome Segmentation. Cytometry. 1994 :196-208.
- [15] Pichet Wayalun, Natthariya Laopracha, and Saiyan Saiyod, KKU Res.j. 2014; 19(4) : 526-238
- [16] Deepika Sharma ; Sharad D. Sawant, “Grain quality detection by using image processing for public distribution”, International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS) Year: 2017 Page s: 1118 – 1122
- [17] Chetna Vasudevabhai Maheshwari ; Kavindra R. Jain ; Chintan K. Modi, “Non-destructive Quality Analysis of Indian Basmati Oryza Sativa SSP Indica (Rice) Using Image Processing”, International Conference on Communication Systems and Network Technologies Year: 2012 Page s: 189 - 193
- [18] <https://www.bloggang.com/viewblog.php?id=hin-kmitnb&date=24-04-2010&group=1&gblog=3>
- [19] Thou-Ho Chen, Yu-Feng Lin, & Tsong-Yi Chen. (2007). Intelligent Vehicle Counting Method Based on Blob Analysis in Traffic Surveillance. Proceedings of the Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 238.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่
 the Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 238.
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น and Control, 238. แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [20] Kaehler GBaA. Learning OpenCV. USA: O'Reilly; 2008.
- [21] Gonzalez RC, Woods RE. Digital Image Processing: Prentice Hall; 2002.
- [22] Canny J. A computational approach to edge detection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1986; PAMI-8: 679 - 698



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ข้อมูลอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1.1 กล้องเว็บแคม



รูปที่ ก.1 กล้องเว็บแคม Logitech c270 HD

ข้อมูลอุปกรณ์ กล้องเว็บแคม LOGITECH C270 HD		
ความต้องการของระบบ	คุณสมบัติทางเทคนิค	เนื้อหาแพ็คเกจ
<p>ใช้งานได้กับ: Windows® 10 หรือรุ่นใหม่กว่า, Windows 8, Windows 7</p> <p>ใช้งานได้ในโหมดชนิดอุปกรณ์วิดีโอ USB (UVC) ด้วยโคลเอ็นต์ที่สนับสนุนการสนทนาผ่านวิดีโอ: macOS 10.10 หรือรุ่นใหม่กว่า Chrome OS™ Android™ 5.0</p> <p>พอร์ต USB</p> <p>ทำงานร่วมกับ Skype™ - Google Hangouts™</p> <p>FaceTime for Mac</p>	<p>ความละเอียดสูงสุด: 720p/30fps</p> <p>ชนิดโฟกัส: โฟกัสคงที่</p> <p>เทคโนโลยีเลนส์: มาตรฐาน</p> <p>ไมโครโฟนในตัว: โมโน</p> <p>มุมมองภาพ: 60°</p> <p>คลิปเนกประสงค์สำหรับติดตั้งบนแล็ปท็อป จอภาพ LCD หรือจอมอนิเตอร์</p> <p>ความยาวของสายเชื่อมต่อ: 1.5 ม</p>	<p>เว็บแคมพร้อมสายเชื่อมต่อ 1.5 ม</p> <p>เอกสารคู่มือสำหรับผู้ใช้</p> <p>หมายเลขสินค้า: 960-000584</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ข้าวหอมมะลิ



รูปที่ ก.2 ข้าวหอมมะลิสุรินทร์

ข้าวที่ใช้ในการทดลอง: ข้าวหอมมะลิสุรินทร์ ตราช้างสุรินทร์

2.ข้อมูลภาษาC# ในการเขียนโปรแกรม VISUAL STUDIO 2017

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using Emgu.CV;
using Emgu.CV.Structure;
using Emgu.CV.Cvbe;
using System.Drawing.Drawing2D;
using Emgu.CV.Ocl;
using Emgu.CV.Util;
namespace rice_detection
{
    public partial class Form1 : Form
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        VideoCapture capture;
    public static CvBlobs blobs;
        Mat mat;
    int cam;
    public static int MaxArea, MinArea, WidthMin, PixelValue;

    private void ProcessFrame(object sender, EventArgs e)
    {
        if (capture != null && capture.Ptr != IntPtr.Zero)
        {
            if (capture.Retrieve(mat, cam) == true)
                pictureBox1.Image = mat.Bitmap;
        }
    }

    public Form1()
    {
        InitializeComponent();
        MaxArea = 99999;
        MinArea = 350;
        WidthMin = 44;
        PixelValue = 150;
        cam = 0;
        mat = new Mat();
        capture = new VideoCapture(0);
        comboBox1.Items.Add("0");
        comboBox1.SelectedItem = "0";
        int index = 0;
        while (capture.IsOpened == true)
        {
            index++;
            capture = new VideoCapture(index);
            if (capture.IsOpened == true)
            {
                comboBox1.Items.Add(index.ToString());
            }
        }
        capture = new VideoCapture(0);
        capture.ImageGrabbed += ProcessFrame;

        if (capture != null)
        {
            try
            {
                capture.Start();
            }
            catch (Exception ex)
            {
                MessageBox.Show(ex.Message);
            }
        }
    }

    private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
    {
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งนี้ ผู้จัดทำเอกสารขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Bitmap img = new Bitmap(pictureBox1.Image);
    Image<Gray, byte> imgInput = new Image<Gray, byte>(img);
    Image<Gray, Byte> greyThreshImg;
    if (checkBox1.Checked == true)
        greyThreshImg = imgInput.ThresholdBinaryInv(new
Gray(PixelValue), new Gray(255)).Not();
    else
        greyThreshImg = imgInput.ThresholdBinaryInv(new
Gray(PixelValue), new Gray(255));

    blobs = new CvBlobs();
    CvBlobDetector blob_detect = new CvBlobDetector();
    blob_detect.Detect(greyThreshImg, blobs);
    img = greyThreshImg.Convert<Bgr, Byte>.Bitmap;

    int blobNumber = 0;
    foreach (CvBlob blob in blobs.Values)
    {
        if (blob.Area > 30)
        {
            blobNumber++;
            Rectangle rectangle = blob.BoundingBox;
            int rice_width = Math.Max(rectangle.Size.Width, rectangle.Size.Height);
            using (Graphics gr = Graphics.FromImage(img))
            {
                if (blob.Area > MinArea && blob.Area < MaxArea && rice_width > WidthMin)
                {
                    gr.DrawRectangle(new Pen(Color.Green, 4),
rectangle);
                }
                else
                {
                    gr.DrawRectangle(new Pen(Color.Red, 4), rectangle);
                }
            }
        }
    }
    pictureBox2.Image = img;
    Console.WriteLine("");
}

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form3 frm = new Form3();
    frm.Show();
}

private void comboBox1_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
{
    cam = int.Parse(comboBox1.SelectedItem.ToString());
    capture.Stop();
    Application.Idle -= ProcessFrame;
    capture = new
VideoCapture(int.Parse(comboBox1.SelectedItem.ToString()));
    mat = new Mat();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการค้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำไปเผยแพร่หรือแจกจ่ายแก่ผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Application.Idle += ProcessFrame;
        capture.Start();
    }

    private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Form2 frm = new Form2();
        frm.Show();
    }
}

```

Form2

```

namespace rice_detection
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        public Form2()
        {
            InitializeComponent();
            textBox1.Text = Form1.MaxArea.ToString();
            textBox2.Text = Form1.MinArea.ToString();
            textBox3.Text = Form1.WidthMin.ToString();
            textBox4.Text = Form1.PixelValue.ToString();
        }

        private void Form2_Load(object sender, EventArgs e)
        {
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Form1.MaxArea = int.Parse(textBox1.Text);
            Form1.MinArea = int.Parse(textBox2.Text);
            Form1.WidthMin = int.Parse(textBox3.Text);
            Form1.PixelValue = int.Parse(textBox4.Text);

            this.Close();
        }

        private void label3_Click(object sender, EventArgs e)
        {
        }

        private void textBox3_TextChanged(object sender, EventArgs e)
        {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 "ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น" อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Form3

```

namespace rice_detection
{
    public partial class Form3: Form
    {
        public struct Result {
            public string name;
            public int num;
            public float percent;
        }

        public Form3()
        {
            InitializeComponent();
            show_result();
        }

        private void show_result() {
            CvBlobs blobs = Form1.blobs;
            int min = Form1.MinArea;
            int max = Form1.MaxArea;
            int width_min = Form1.WidthMin;

            Result good_rice = new Result();
            Result bad_rice = new Result();

            good_rice.name = "ข้าวคุณภาพดี";
            bad_rice.name = "ข้าวคุณภาพไม่ดี";

            good_rice.num = 0;
            bad_rice.num = 0;

            foreach(CvBlob blob in blobs.Values)
            {
                int rice_width = Math.Max(blob.BoundingBox.Size.Width,
                blob.BoundingBox.Size.Height);
                if(blob.Area > 30)
                {
                    if(blob.Area > min && blob.Area < max && rice_width > width_min)
                    {
                        good_rice.num++;
                    }
                }
                else
                {
                    bad_rice.num++;
                }
            }
            good_rice.percent = ((float)good_rice.num / (good_rice.num +
            bad_rice.num))*100;
            bad_rice.percent = ((float)bad_rice.num / (good_rice.num + bad_rice.num))*
            100;

            DataGridViewRow row = (DataGridViewRow)dataGridView1.Rows[0].Clone();
            row.Cells[0].Value = good_rice.name;
            row.Cells[1].Value = good_rice.num.ToString();
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

row.Cells[2].Value = good_rice.percent.ToString();
dataGridView1.Rows.Add(row);

row =(DataGridViewRow)dataGridView1.Rows[1].Clone();
row.Cells[0].Value = bad_rice.name;
row.Cells[1].Value = bad_rice.num.ToString();
row.Cells[2].Value = bad_rice.percent.ToString();
dataGridView1.Rows.Add(row);
    }
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] Witsarut Sriratana, **Ruangsit Apichitanon**, Narin Tammarugwattana, Songchai Weerathaweemas. “Application of Image Processing for Inspection of Pill Production Process” International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST) Year: 2018 Page s: 1 - 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conference Proceedings



iceast 2018

The 4th International Conference on Engineering,
Applied Sciences and Technology



"Exploring Innovative Solutions
for Smart Society"

Swissôtel Resort Phuket Patong Beach
Phuket, Thailand

July 4-7, 2018

iceast2018@kmitl.ac.th

www.iceast.org



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อตกลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงชื่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ ไปใช้



Application of Image Processing for Inspection of Pill Production Process

Witsarut Sriratana
Department of
Instrumentation and Control
Engineering
Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of
Technology Ladkrabang
(KMUTT)
Bangkok, Thailand
witsarut.sr@kmitl.ac.th

Ruangsit Apichitanon
Department of
Instrumentation and Control
Engineering
Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of
Technology Ladkrabang
(KMUTT)
Bangkok, Thailand
sukrit8220@hotmail.com

Narin Tamarugwattana
Department of
Instrumentation and Control
Engineering
Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of
Technology Ladkrabang
(KMUTT)
Bangkok, Thailand
narin.ta@kmitl.ac.th

Songchai Weerathaweemas
Department of
Instrumentation and Control
Engineering
Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of
Technology Ladkrabang
(KMUTT)
Bangkok, Thailand
songchai.we@kmitl.ac.th

Abstract— Inspection of the external appearance of the pill is one of the methods to check the basic quality according to the standard of Food and Drug Administration (FDA) such as chipped pills, inappropriate sizes, and unclear letter printed on pills. This paper proposes an application of image processing for inspection of pill production process. In this study, the Image Processing principal including the Grayscale Method, Threshold Method, OTSU Method, Bounding Box Method and Geometric Algorithm was adopted to process images from normal webcam camera. In addition, the Microsoft Visual C# 2008 was used for processing the signals by analyzing the output signals of webcam camera. In the experiment, the perfect pill was determined by a cross-sectional area not less than 98% of the standard pill in units of milligrams (mg) in FDA standard. The experiment was divided into three cases: inspection 100 perfect pills, 100 imperfect pills and 100 pills in 1:1 ratio between the perfect pills and the imperfect pills with the speed for inspecting and distinguishing of 70 pills per minute. From the experimental result of three cases, the error rates were 0.6%, 1.2% and 1.0%, respectively, while the average of process error was 0.93%.

Keywords—inspection, image processing, pill, perfect, imperfect, distinguish

I. INTRODUCTION

Nowadays, the image processing is one of the most method which is widely used in inspection application because it provides exact results, long service life, quick and highly accurate. There are theories and principles applied in the image processing such as the use of FIR (Finite Impulse Response System) [1], Geometric Matching Method [2], Geometric shape features [3], Python [4]; the analysis in doing the Project would use theories related to OTSU Method [5], Grayscale Method [6], bounding box Method [7], Geometric Matching algorithm [8] in order to be analyzed by algebra principle [9] in finding the feature of pill to be as the complete data were collected from the prototype by using Microsoft Visual C# 2008 [10] software and C++ language used to write in processing by digital image. When compared to the visual inspection by photometric stereo [11], our device is cheaper and proper to use for primary inspection, with a range of damaged parts not more than 2% of cross-sectional area of the standard pill. This Project is prepared to present the process in distinguishing the imperfection of the

pill. There would be the study to collect data and to study into the feasibility from the experiment; the analysis result would be used to find accuracy and speed of work of the process. The equipment used in the experiment is easily available and is affordable. The experiment was divided into three cases: inspection 100 perfect pills, 100 imperfect pills and 100 pills in 1:1 ratio between the perfect pills and the imperfect pills, then the result was used to analyze in order to calculate for the average accuracy of the process as specified in the experimental results.

II. PRINCIPLE OF IMAGE PROCESSING

In preparing for image processing, there would be various theories and methods to use in the processing as follows:

A. Grayscale Method

Grayscale Method is the collection of data by using the form of two-dimension array; the collected data is at particular level of the color depending on the size of bits used to collect color value. In this mode, there would be only 2 colors including black and white, but the intensity level of black 255 levels together with the white color, in this mode, the change of image from Red, Green, and Blue to be Grayscale is as shown in (1).

$$P = 0.3R - 0.59G + 0.11B \quad (1)$$

where P is the gray value at the pixel.
 R is the red value at the point.
 G is the green value at the point.
 B is the blue value at the point.

B. Geometric Matching Algorithm

Geometric Matching Algorithm is the limits of area in the destination of Grayscale image. This limited area has the same geometric characteristics as Template used in the comparison.

C. OTSU Method

OTSU is the method of finding variance between the groups by using k as dividing value, starting from $k = 1$, to $k = 255$ [12] as shown in (2).

$$\sigma_b^2 = \omega_0 \omega_1 (\mu_0 - \mu_1)^2 \tag{2}$$

where σ_b^2 is the variance of group ranging from 1-255 where $k=1-255$
 ω_0 is the probability of Group 1
 ω_1 is the probability of Group 2
 μ_0 is the means of Group 1
 μ_1 is the means of Group 2

D. Bounding Box Method

Bounding Box Method is the box for closing such area or the area which is specified by numbers; this box would help to calculate the center point, area, area, major-minor length, coordinated point etc. of the area or object in the interested image.

III. SYSTEM DESIGN

A. Inspection Device

This structure consists of the unit with length of 70 cm, width of 17 cm, and height of 7 cm., the conveyor is 14.50 cm wide and 70 cm. long. The alignment device was installed in the starting part of the system. The camera is 10 cm. higher from the conveyor, with motor as the driver of conveyor and motor control as the controller of speed of function of motor as shown in Figure 1.

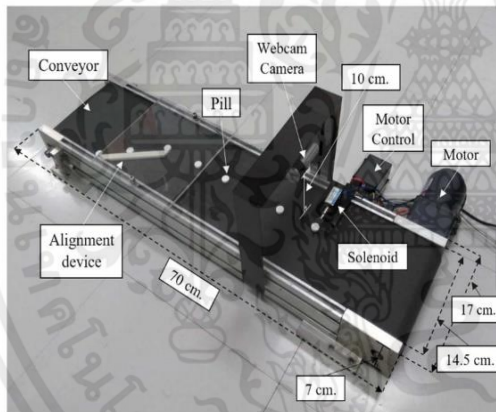


Fig. 1 Design of Inspection device.

B. Block diagram of Inspection Processing

In the operation, it would start from inputting pills into the process. The pills would be brought by conveyor to the alignment device. After that, the pills would be aligned in one line then move to the camera to be inspected. When the camera captures already, then it would be sent to be processed via Microsoft Visual C#2008 Program on laptop and display the data on LCD. After completing the processing, the system would order the process to distinguish the function in order to distinguish the perfect pills as shown in Figure 2.

C. Algorithm and Processing

There would be procedures of work that is: when starting the work the camera would capture pills moving along the conveyor, after that the image data would be sent to Matching process or is called as Image processing, in order to inspect the pills to see whether the pills has feature which is consistent with the standard pill or not. After matching process inspects already, then it would be into Check State process by bringing the result from the processing to distinguish the pills. If the pills are perfect, then it would end the process, if the pills are imperfect, then the pills would be distinguished out, as shown in Figure 3. On part of Matching Process, it is the writing of Algorithm in processing image by using Microsoft Visual C#2008. The operation would start when the camera captures image already then send data into the Matching process. After the Matching process receives image data, then it would change image into Gray image by Grayscale Method. After that, the image would be framed to find location of center point, vertical and horizontal length and area in order for analysis. Subsequently, the image would be changed from Gray image to be black and white by Binary Method to separate the pills and the backgrounds. After that, the picture obtained would be used to analyze, by comparing data of image received with typical image data as set as shown in Figure 4.

D. Distinguishing System

It is the system that distinguish the pills, when the data sent form Matching Algorithm is received, then the order to distinguish pill is found, it would make distinguishing equipment to have solenoid as component.

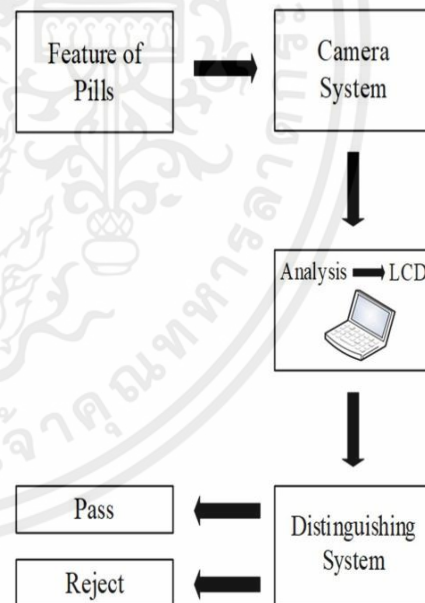


Fig. 2 Block Diagram of Inspection Processing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

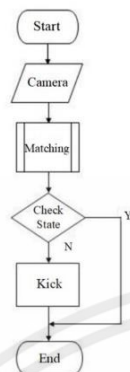


Fig. 3 Flowchart of Inspection Processing.

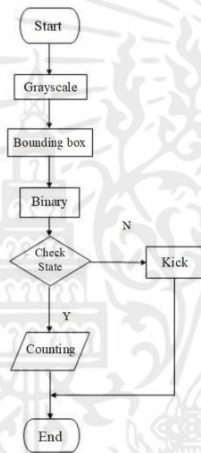


Fig. 4 Image Processing Algorithm.

IV. EXPERIMENT AND RESULT

A. Experiment

After putting pills into the process, the pills would be carried by conveyor into the picture capturing point. After the camera captures the image already, it would change the colored image to be gray image. However, since the pills are moved by the conveyor, therefore, there would be blurred image as shown in Figure 5. After that, the image would change to be white and black to erase the background out and inspect only the pills as shown in Figure 6. In the next process, the image which passes the data conversion would be inspected by Matching Algorithm via Microsoft Visual C# 2008. In Figure 5 and 6, they are prototype pills which are standard for analysis and comparison with other pills. In case of perfect pills, then there must be the cross-sectional area of pills not less than 98 % of the image of standard pill as set as shown in Figure 7. In case of imperfect pills, then there must be the cross-sectional area of pills less than 98 % of the image of standard pill as set as shown in Figure 8.

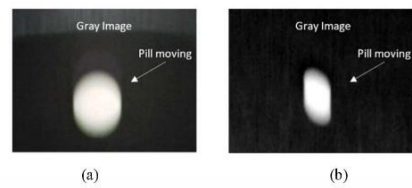


Fig. 5 Image of pill in circle type (a) and oval type (b) while moving on conveyor in form of Gray Image.

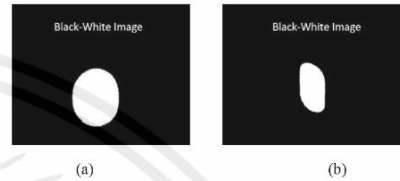


Fig. 6 Image of pill in circle type (a) and oval type (b) that are changed to be black-white by Binary Method.

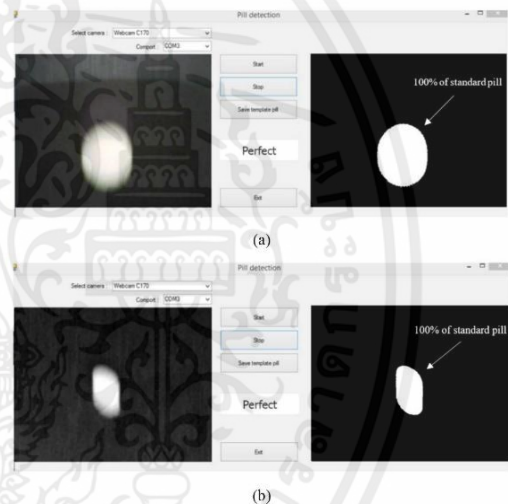
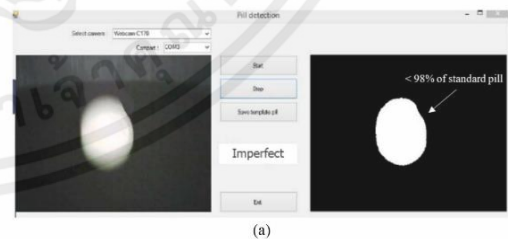


Fig. 7 In case of perfect pill (circle type (a) and oval type (b)), then there must be the cross-sectional area of pill not less than 98 % of the standard pill image.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา 584 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

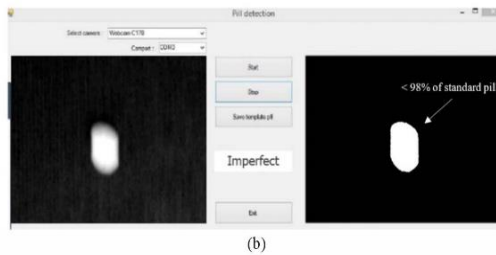


Fig. 8 In case of imperfect pill (circle type (a) and oval type (b)), then there must be the cross-sectional area of pill less than 98 % of the standard pill image.

B. Result

The experiment consists of 3 cases: first by using 100 perfect pills into the process then perform 5 experiments, the results obtained from the experiment in the first case is found that the process fails in distinguishing, which makes it unable to distinguish perfect pills for 3 pills from 5 experiments as shown in Table 1; in second case, experiment is done by using 100 imperfect pills to be into the process, there would be 5 experiments. The results obtained from the experiment in second case is found that there is mistakes in distinguishing which makes it unable to distinguish imperfect pills for 6 pills from 5 experiments as shown in Table 2. In third case, the experiment is done by using 100 pills in the ratio of 1:1 between the perfect pills and imperfect pills to be into the process for 5 experiments, the results obtained in the third case is found that there is mistake in distinguishing which makes it unable to distinguish the perfect and imperfect pills for 5 pills from 5 experiments as shown in Table 3.

TABLE I. CASE 1 INSPECTION 100 PERFECT PILLS

Time of experiments	Perfect pills	Imperfect pills
1	99	1
2	100	0
3	98	2
4	100	0
5	100	0

TABLE II. CASE 2 INSPECTION 100 IMPERFECT PILLS

Time of experiments	Perfect pills	Imperfect pills
1	2	98
2	0	100
3	1	99
4	2	98
5	1	99

TABLE III. CASE 3 INSPECTION 100 PILLS IN 1:1 RATIO BETWEEN PERFECT PILLS AND IMPERFECT PILLS

Time of experiments	Perfect pills	Imperfect pills
1	51	49
2	50	50
3	48	52
4	50	50
5	48	52

V. CONCLUSION

According to the experiment from 3 cases, the experiment of 100 perfect pills, the experiment of 100 imperfect pills, and the experiment in the ratio of 1:1 between the perfect pills and imperfect pills, it is found that the errors from the process are 0.6%, 1.2 %, and 1.0 %, respectively, which is equal to 0.93 % of the process. The least distance between the pills that can be inspected would be 2.5 cm, in case of the counting rate and pills distinguishing, since the camera used is webcam (Logitech C170) which is cheap and has moderate capacity in capturing images. So, it is necessary to adjust the speed of conveyor in low level so it would affect the maximum counting and distinguishing ratio to be 70 pills per minute. The factors that makes the pills to not display the accurate result are light, distance between pills, and the speed of conveyor.

REFERENCES

- [1] Nattapat Teerabanjakul, and Kasert Sirisantisamrid, "Personal Identification System using Finger Contours", International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology August 21-24, 2013, The Sukosol, Bangkok, Thailand.
- [2] Alexander C. Berg, Jitendra Malik, "Geometric Blur for Template Matching", Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on 8-14 Dec. 2001".
- [3] Pouya Nazari, Hossain Pourghassem, "A novel retina-based human identification algorithm based on geometrical shape features using a hierarchical matching structure" Computer Methods and Programs in Biomedicine 141 (2017) 43–58.
- [4] Nazmul Hossain, Mohammad Tanzir Kabir, Tarif Riyad Rahman, Mohamed Sajjad Hossain, Fahim Salauddin, "A Real-time Surveillance Mini-rover Based on OpenCV-Python-JAVA Using Raspberry Pi 2", 2015 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, 27 - 29 November 2015, Penang, Malaysia.
- [5] Ahmed Mahgoub Ahmed Talah, Zhangan Huang, Fan Xi, Liu HaiMing, "Detection crack in image using Otsu method and multiple filtering in image processing techniques", Optik 127 (2016) 1030–1033.
- [6] Charles Poynton, "The magnitude of nonconstant luminance errors" in Charles Poynton, A Technical Introduction to Digital Video. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- [7] Christophe Coniglio, Cyril Meurie, Olivier Lézoray, Marion Berbineau, "People silhouette extraction from people detection bounding boxes in images", Pattern Recognition Letters 93 (2017) 182–191.
- [8] Qi-Xing Huang, Simon Flöry, Natasha Gelfand, Michael Hofer, "Reassembling Fractured Objects by Geometric Matching", ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2006 Volume 25 Issue 3, July 2006 Pages 569-578.
- [9] Daniel Pedoe. 1963, A geometric introduction to linear algebra, New York : John Wiley&Sons.
- [10] P.J. Deitel, H.M. Deitel. 2009, Visual C#2008 : how to program , Upper Saddle River, NJ : Pearson Prentice Hall.
- [11] Gregor Podrekar, Dejan Tomažević, Boštjan Likar, Peter Usenik, "Model based visual inspection of pharmaceutical tablets with photometric stereo", 2017 Fifteenth IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA) Nagoya University, Nagoya, Japan, May 8-12, 2017.
- [12] Nobuyuki Otsu (1979). "A threshold selection method from gray-level histograms". IEEE Trans. Sys., Man., Cyber. 9 (1): 62-66.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายเรืองศิษฐ์ อภิขิตานนท์
วัน เดือน ปีเกิด	14 ตุลาคม 2536
ที่อยู่	88/55 ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540
ประวัติการศึกษา	2558 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความสนใจและความ ชำนาญเฉพาะด้าน	1.) เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ 2.) การประยุกต์ใช้หลักการและทฤษฎีการประมวลผลภาพ เพื่อพัฒนาให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการใช้ใน อุตสาหกรรม 3.) การเขียนโปรแกรม Visual Studio 2017 ด้วยภาษา C#
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้	

- [1] Witsarut Sriratana, **Ruangsit Apichitanon**, Narin Tammarugwattana, Songchai Weerathaweemas. “Application of Image Processing for Inspection of Pill Production Process” International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST) Year: 2018 Page s: 1 - 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้