

เครื่องคัดแยกมังคุดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

MANGOSTEEN CLASSIFIER USING IMAGE PROCESSING



เลขหมู่.....**61742**  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....**21 ก.ค. 2549**

b.....  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MANGOSTEEN CLASSIFIER USING IMAGE PROCESSING**



**BY**

**MS. KAVIZALAR WONGSAWAT**

**MR. LYPATA HENSAKUN**

**MR. WANLAPATCH PRATOOMMUANG**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2004**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

เครื่องคัดแยกมังคุดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

THESIS TITLE

MANGOSTEEN CLASSIFIER USING IMAGE  
PROCESSING

โดย

นางสาวกวิศรา วงษ์สวัสดิ์

รหัสประจำตัว 44010091

นายธิปต์ เห็นสกุล

รหัสประจำตัว 44010255

นายวัลลภ ประทุมเมือง

รหัสประจำตัว 44010438

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์บุญยชนะ ภูระหงษ์

รศ. ดร. ปิติเขต สุรักษา

ภาควิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา

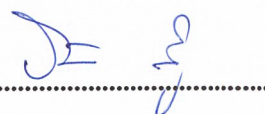
2547

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง



(อาจารย์บุญยชนะ ภูระหงษ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์



(รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา)

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องตัดแยกมังคุดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกวิษรา วงษ์สวัสดิ์	รหัสประจำตัว 44010091
	นายลิปต์ เห็นสกุล	รหัสประจำตัว 44010255
	นายวัลลภฯ ประทุมเมือง	รหัสประจำตัว 44010438
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์บุญชันนะ ภูระหงษ์ รศ. ดร. ปิติเขต สุรักษา	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2547	

### บทคัดย่อ

มังคุดเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีมูลค่าการส่งออกสูง เป็นที่ต้องการของต่างประเทศมาก แต่ผลผลิตที่ได้ยังไม่สามารถนำมาคัดขนาดได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากวิธีการคัดขนาดผลผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ การคัดขนาดผลผลิตด้วยวิธีการประมวลผลภาพจะเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยจะนำผลผลิตมาวางเรียงบนสายพานแล้วใช้กล้องรับภาพเพื่อนำไปประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ ผลที่จะได้คือสามารถคัดขนาดผลผลิตได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำกว่าวิธีการคัดขนาดด้วยมือ ซึ่งจะช่วยลดภาระให้กับเกษตรกรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Thesis Title** Mangosteen Classifier using Image Processing

**Student** Ms. Kavizalar wongsawat ID. 44010091  
Mr. Lypata Hensakun ID. 44010255  
Mr. Wanlapatch Pratoommuang ID. 44010438

**Advisor** Boonchana Purahong  
Assoc. Prof. Dr. Pitikhate Sooraksa

**Graduate Level** Bachelor Degree of Information Engineering

**Department** Information Engineering

**Academic Year** 2004

### Abstract

Mangosteen is one of Thailand's important export fruits. This economy fruit has been demanded in many countries and made high profit back to the country. Our product quality, however, is not good enough to compete with others in the world market, because our farmer lacks an efficient method to cultivate their goods. Image Processing is a solution that helps the growers get the better products. By using this method, mangosteen is placed on a pulley driven by an electrical motor. A camera is installed at the side of the moving way to take a product's photo. The photo is recorded and analyzed by a microprocessor. In doing so, the system can recognize fruits' simple characteristics quickly and accurately. When comparing this method with the manual one, hand-collecting, this proposed method can help the farmers reduce their cost and time. As a result, the export product is better in quality yet cost-effective.

## กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ ถ้าหากไม่ได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำจากผู้มีพระคุณทั้งหลาย ขอขอบคุณอาจารย์บุญชนะ ภูระหงษ์ และ รศ.ดร. ปิติเขต สุริรักษา ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการทำงาน คุณไกรมน มณีศิลป์ คุณมนตรี ชาติพจน์ และคุณอนุรักษ จันทร์ศรี ที่ให้คำแนะนำและช่วยแก้ปัญหาในส่วนของฮาร์ดแวร์ คุณนิริวัฒน์ เสนาะน้อย ที่ให้คำแนะนำในส่วนของซอฟต์แวร์ ขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือจุนเจือซึ่งกันและกันมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจให้มีความตั้งใจในการทำงานจนสำเร็จลุล่วง



นางสาวกวิษา วงษ์สวัสดิ์  
นายลิขิต เห็นสกุล  
นายวัลลภ ประทุมเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฉ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ	3
2.1.1 พื้นฐานการทำ Spatial Filtering	3
2.1.2 Smoothing Spatial Filters	4
2.1.2.1 Smoothing Linear Filters	4
2.1.3 การตรวจหาขอบ (Edge Detection)	5
2.1.3.1 Gradient Operator	5
2.1.3.2 Laplacian Operator	6
2.1.4 การหาขีดเริ่มเปลี่ยน (Thresholding)	7
2.2 การกำหนดมาตรฐานพีช	8
2.2.1 การแบ่งชั้นคุณภาพมิงคูด	9
2.2.2 ข้อกำหนดเรื่องขนาด	10
<b>บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการทำงาน</b>	<b>11</b>
3.1 โครงสร้างโดยรวมของระบบ	11
3.2 หลักการทำงานของระบบ	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 ส่วนสายพานลำเลียง	12
3.4 ส่วนรับภาพ	13
3.5 ส่วนคัดแยกมังคุด	14
3.6 ส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมการทำงานของเครื่องลำเลียงและคัดแยกมังคุด	14
3.7 ส่วนซอฟต์แวร์ควบคุม	16
3.8 ขั้นตอนการหาขีดเริ่มเปลี่ยนและการตรวจหาขอบ	16
3.9 ขั้นตอนการวัดขนาดมังคุด	19
3.10 ขั้นตอนการนับจำนวนกลีบมังคุด	20
3.10.1 การนับจำนวนกลีบมังคุดวิธีที่ 1	20
3.10.2 การนับจำนวนกลีบมังคุดวิธีที่ 2	22
บทที่ 4 ผลการจำลอง	27
4.1 เกณฑ์การวัดผล	27
4.2 ผลการหาขีดเริ่มเปลี่ยน	27
4.3 ผลการตรวจหาขอบ	28
4.3.1 ผลการใช้ Gradient Operator	28
4.3.2 ผลการใช้ Laplacian Operator	29
4.4 สรุปผลการจำลอง	29
บทที่ 5 ผลการวัดขนาดมังคุด	30
5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดขนาดผลมังคุด	30
5.2 ผลการวัดขนาดมังคุดด้วยวิธีการประมวลผลภาพเทียบกับการวัดขนาดจริง	31
5.3 ผลการวัดขนาดส้มสายน้ำผึ้งด้วยวิธีการประมวลผลภาพ เทียบกับการวัดขนาดจริง	31
5.4 ผลการวัดขนาดมะเขือเทศท้อด้วยวิธีการประมวลผลภาพ เทียบกับการวัดขนาดจริง	32
5.5 สรุปผลการวัดขนาดมังคุด	32
บทที่ 6 ผลการนับกลีบมังคุด	33
6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการนับกลีบมังคุด	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.2 ผลการนับกลีบมังคุดวิธีที่ 1	33
6.3 ผลการนับกลีบมังคุดวิธีที่ 2	34
6.4 สรุปผลการนับกลีบมังคุด	37
บทที่ 7 ผลการทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	38
7.1 ผลการทดสอบส่วนสายพานลำเลียง	38
7.2 ผลการทดสอบส่วนคัดแยกมังคุด	38
7.3 ผลการทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	38
บทที่ 8 บทสรุป	39
8.1 สรุปความคืบหน้าการพัฒนางานวิจัย	39
8.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการพัฒนางานวิจัยและข้อเสนอแนะ	39
8.2.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์	39
8.2.2 ส่วนของซอฟต์แวร์	39
8.3 แนวทางการพัฒนางานวิจัยขั้นต่อไป	40
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กลไกการทำ Spatial Filtering โดยใช้มาส์คขนาด 3×3	3
2.2 Averaging Filter ขนาด 3×3	4
2.3 Prewitt Operator	6
2.4 Sobel Operator	6
2.5 Laplacian Operator	7
2.6 Gray-level Histograms	8
3.1 โครงสร้างเครื่องคัดแยกมั้งคูด	11
3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบคัดแยกมั้งคูด	12
3.3 โครงสร้างส่วนสายพานลำเลียง	13
3.4 โครงสร้างส่วนรับภาพ	13
3.5 โครงสร้างส่วนคัดแยกมั้งคูด	14
3.6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรพาวเวอร์ซัพพลาย	15
3.7 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ	16
3.8 ขั้นตอนการหาขีดเริ่มเปลี่ยน	17
3.9 ขั้นตอนการตรวจหาขอบ	18
3.10 การหาขีดเริ่มเปลี่ยนของมั้งคูด	19
3.11 การหาขีดเริ่มเปลี่ยนของกลีบมั้งคูด	20
3.12 การกำหนดโครงร่างฟิสิกส์รอบจุดศูนย์กลาง	20
3.13 การเปรียบเทียบระดับความเข้มสีบนฟิสิกส์โครงร่างแต่ละฟิสิกส์เพื่อนับกลีบมั้งคูด	21
3.14 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการนับกลีบมั้งคูดวิธีที่ 2	22
3.15 การหาขีดเริ่มเปลี่ยนของกลีบมั้งคูด	23
3.16 การเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันเปลี่ยนตัวเลข	23
3.17 ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชันเปลี่ยนตัวเลข	24
3.18 การกำหนดขอบเขตเพื่อนับจำนวนกลีบ	25
3.19 ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชันหาขอบเขต	25
3.20 การนับจำนวนกลีบภายในขอบเขตที่กำหนด	26
4.1 ภาพที่ได้จากการหาขีดเริ่มเปลี่ยน	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 ภาพที่ได้จากการใช้ Gradient Operator	28
4.3 ภาพที่ได้จากการทำ Laplacian Operator	29
6.1 ผลการนับกลีบม้งคูดด้วยวิธีที่ 1	33-34
6.2 ผลการนับกลีบม้งคูดด้วยวิธีที่ 2	35-36



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เกณฑ์น้ำหนักและขนาดผลมั่งคุด	10
5.1 เปรียบเทียบขนาดมั่งคุดที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริง	31
5.2 เปรียบเทียบขนาดเส้นสายน้ำผึ้งที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริง	31
5.3 เปรียบเทียบขนาดมะเขือเทศท้อที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริง	32



## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มังคุดจัดได้ว่าเป็นผลไม้เมืองร้อนที่ได้รับความนิยมมากที่สุดชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีรสชาติหวานอร่อย จนได้ชื่อว่าเป็นราชินีแห่งผลไม้เมืองร้อน มังคุดไม่เพียงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคชาวไทยเท่านั้นแต่ยังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคชาวต่างชาติเป็นจำนวนมาก ทำให้มังคุดเป็นที่ต้องการของตลาด สามารถส่งออกได้ทั้งในรูปแบบผลสดและแช่แข็ง นำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี

แม้ว่ามังคุดจะเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศเป็นอย่างมาก แต่มูลค่าและปริมาณการส่งออกกลับไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้มากเท่าที่ควร เนื่องจากวิธีการตัดแยกมังคุดที่ไม่มีประสิทธิภาพทำให้คุณภาพของมังคุดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ค่อยดีนัก เช่น เกิดการปะปนกันระหว่างมังคุดผลดีและผลเสียเป็นจำนวนมาก มังคุดได้รับความเสียหายสูงหลังจากผ่านการคัดแยก เป็นต้น วิธีการตัดแยกมังคุดแบบดั้งเดิมคือ การใช้มีดมือกำรอบผลมังคุดเพื่อวัดขนาดและทำการตรวจดูรอยตำหนิบนพื้นผิวมังคุด ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความชำนาญสูงและเสียเวลาเป็นอย่างมาก การใช้คนจำนวนมากมาทำการคัดแยกมังคุด ทำให้มังคุดที่ได้มีคุณภาพแตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละคนก็มีเกณฑ์ในการคัดเลือกที่แตกต่างกัน หรือแม้แต่คนคนเดียวก็ยังไม่สามารถคัดแยกมังคุดได้อย่างสม่ำเสมอเนื่องจากความเมื่อยล้าในการทำงาน นอกจากนี้ยังเป็นการสิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายอีกด้วย

จากเหตุผลข้างต้น จึงได้มีการวิจัยเครื่องคัดแยกมังคุดขึ้นเพื่อช่วยลดภาระให้กับเกษตรกร โดยสรุปข้อมูลไว้โดยสังเขปดังนี้

ในปี พ.ศ. 2539 การวิจัยเครื่องคัดขนาดมังคุดแบบ Greefa Size โดยสุมาลี รุ่งเรือง และอำพล หอมปลื้ม ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สามารถคัดขนาดมังคุดได้ 3 เกรด มีประสิทธิภาพในการคัดขนาดร้อยละ 85

ในปี พ.ศ. 2541 การวิจัยเครื่องคัดขนาดมังคุดแบบรางขยาย โดยโกสิทธิ์ บุญทอง ชัชชัย นัทรบรรยง วีระพงษ์ กิตติรัตนกร และ อมร จิตต์พุกกุล ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สามารถคัดขนาดมังคุดได้ 3 เกรด มีประสิทธิภาพในการคัดขนาดร้อยละ 84

ในปี พ.ศ. 2542 การวิจัยเครื่องคัดขนาดมังคุดแบบลูกกลิ้งคัดขนาด โดยกาญจนาน ชัช ชำรงชัย ขวัญชัย เกตุทอง คันทรส ด่านคอนสกุล และ วรวิทย์ พงษ์ชัยศรีกุล ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีประสิทธิภาพในการคัดร้อยละ 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันนี้ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้รับการพัฒนาไปอย่างมาก ในขณะที่เดียวกัน เทคโนโลยีก็มีราคาตกลง สามารถหาซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ได้สะดวกขึ้น ทำให้วิธีการประมวลผลภาพ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำประยุกต์ใช้ในการคัดแยกผลผลิตทางการเกษตรได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดขนาดผลมังคุดและผลไม้ชนิดอื่นด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทดลองคัดขนาดผลมังคุดและผลไม้ชนิดอื่นด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถคัดขนาดผลมังคุดและผลไม้ชนิดอื่นได้

วิธีการประมวลผลภาพเป็นวิธีที่มีความรวดเร็วและแม่นยำ มังคุดที่ผ่านการคัดจะมีขนาดใกล้เคียงกัน สามารถสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลผลิตและเป็นการช่วยลดภาระให้กับเกษตรกรได้ในบทรต่อไปจะกล่าวเกี่ยวกับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

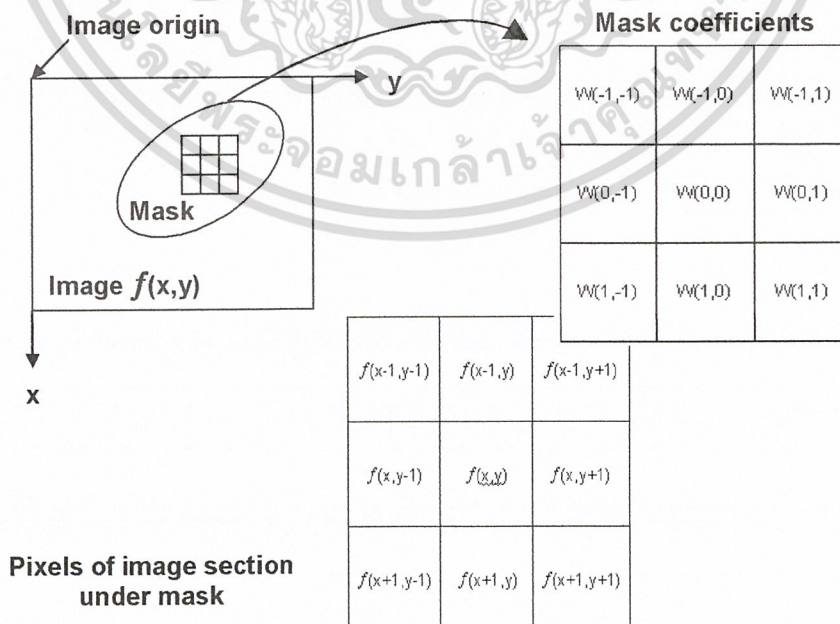
### 2.1 ทฤษฎีการประมวลผลภาพ (Image Processing)

#### 2.1.1 พื้นฐานการทำ Spatial Filtering

Spatial Filtering เป็นการกระทำต่อจุดพิกเซลในภาพโดยอาศัยพิกเซลที่อยู่รอบๆ (Neighbor Pixels) มาใช้ในการพิจารณาค่าระดับความเข้มสีของพิกเซลนั้น กลุ่มของพิกเซลเหล่านี้จะเรียกว่าฟิลเตอร์ (filter) 마스크 (mask) เคอร์เนล (kernel) หรือวินโดว์ (window) สำหรับในที่นี้จะใช้คำว่ามาสก์โดยค่าที่อยู่ในมาสก์จะเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์

กลไกการทำงานของ Spatial Filtering ในรูปที่ 2.1 เป็นมาสก์ขนาด 3×3 ซึ่งจะทำการเลื่อนฟิลเตอร์แบบจุดต่อจุด และทำการคำนวณค่าระดับความเข้มสีในแต่ละพิกเซลโดยคำนวณหา Sum of Products ของค่าสัมประสิทธิ์ในมาสก์กับค่าระดับความเข้มสีของพิกเซลที่อยู่รอบๆพิกเซลที่ต้องการ ถ้า R เป็นค่าระดับความเข้มสีที่ได้จากการทำ Spatial Filtering ด้วยฟิลเตอร์ที่มีขนาด 3×3 บนจุด (x,y) จะได้

$$R = W(-1,-1)f(x-1,y-1) + W(-1,0)f(x-1,y) + W(-1,1)f(x-1,y+1) + \\ W(0,-1)f(x,y-1) + W(0,0)f(x,y) + W(0,1)f(x,y+1) + \\ W(1,-1)f(x+1,y-1) + W(1,0)f(x+1,y) + W(1,1)f(x+1,y+1)$$



รูปที่ 2.1 กลไกการทำ Spatial Filtering โดยใช้มาสก์ขนาด 3×3 [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $w(0,0)$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ปรับมาตรฐาน  $f(x,y)$  เป็นค่าระดับความเข้มสีบนภาพซึ่งจุด  $(x,y)$  อยู่ตรงกับจุดศูนย์กลางของมาสก์ จะเห็นว่า spatial filter ก็เหมือนกับการนำมาสก์ไปทาบบนภาพ โดยให้พิกเซลที่จะทำการคำนวณอยู่ตรงกับพิกเซลที่อยู่ตรงกลางมาสก์ แล้วคำนวณหาค่าระดับความเข้มสีของพิกเซลบนภาพนั้นใหม่โดยใช้ค่าระดับความเข้มสีของพิกเซลที่อยู่รอบๆ มาแทนค่าลงในฟังก์ชันตามที่ได้กำหนดไว้นั่นเอง

## 2.1.2 Smoothing Spatial Filters

Smoothing Filter นำมาใช้ในการลดนอยส์ (noise) ของภาพโดยการทำให้ภาพมีความเรียบมากขึ้น Smoothing Filter มีแบบทั้งที่เป็น Linear Filters และ Non-linear Filters แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแบบ Linear Filters เท่านั้น

### 2.1.2.1 Smoothing Linear Filters

หลักการของ Smoothing Linear Filter คือ การหาค่าระดับความเข้มสีของพิกเซลหนึ่งโดยเฉลี่ยค่าระดับความเข้มสีของพิกเซลรอบๆพิกเซล นั้นซึ่งจะถูกกำหนดขอบเขตโดยขนาดของมาสก์ ในบางครั้งฟิลเตอร์แบบนี้จะเรียกว่า Averaging Filter ผลที่ได้จากการใช้ Averaging Filter คือค่าระดับความเข้มสีในบริเวณเดียวกันถูกทำให้เรียบมากขึ้น เนื่องจากนอยส์มักทำให้ระดับความเข้มสีในบริเวณเดียวกันมีค่าต่างกันมาก

	1	1	1
$\frac{1}{9} \times$	1	1	1
	1	1	1

รูปที่ 2.2 Averaging Filter ขนาด 3×3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าเมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมดมารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 1 โดยที่  $\frac{1}{9}$  เป็นค่า normalized constant ของมาสค์ขนาด  $3 \times 3$  ถ้าหากว่ามาสค์มีขนาด  $m \times n$  ค่า normalized constant จะมีค่าเท่ากับ  $\frac{1}{mn}$  ดังนั้นค่าระดับความเข้ม R จะเท่ากับ

$$R = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^{mn} w_i z_i$$

โดยที่  $w$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของมาสค์และ  $z$  เป็นค่าระดับความเข้มสีของภาพ

แม้ว่า Average Filter จะสามารถลดรอยสีได้ แต่เนื่องจากฟิลเตอร์ชนิดนี้การเฉลี่ยค่าระดับความเข้มสีจากพิกเซลรอบๆ จึงทำให้ภาพเบลอ ถ้าหากว่ามาสค์มีขนาดใหญ่มากขึ้น ภาพก็จะเบลอมากยิ่งขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการเลือกขนาดของมาสค์

### 2.1.3 การตรวจหาขอบ (Edge Detection)

ขอบ (edge) คือ ส่วนที่เป็นรอยต่อระหว่างบริเวณ 2 แห่ง ที่มีค่าระดับความเข้มสีต่างกัน อย่างชัดเจน การตรวจหาขอบจึงเป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการดึงรายละเอียดส่วนที่เป็นขอบออกมาจากภาพ ซึ่งจะพิจารณาจากความไม่ต่อเนื่องของค่าระดับความเข้มสี โดยใช้ออนุพันธ์อันดับที่หนึ่งและอนุพันธ์อันดับที่สอง

#### 2.1.3.1 Gradient Operator

Gradient Operator นำมาใช้ในการหาขอบโดยใช้ออนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง การหาความชัน (gradient) ของภาพ  $f(x,y)$  ที่จุด  $(x,y)$  ในรูปของเวกเตอร์ได้ดังนี้คือ

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

โดยที่ขนาดของเวกเตอร์เป็น

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีทิศทางของเวกเตอร์เป็น

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1}\left(\frac{Gy}{Gx}\right)$$

Gradient Operator ที่ใช้ในที่นี่คือ Prewitt Operator และ Sobel Operator ดังรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 ตามลำดับ โดยที่ Sobel Operator มีค่านำหนักของสัมประสิทธิ์ตัวกลางเป็น 2

-1	-1	-1	-1	0	1
0	0	0	-1	0	1
1	1	1	-1	0	1

รูปที่ 2.3 Prewitt Operator

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

รูปที่ 2.4 Sobel Operator

### 2.1.3.2 Laplacian Operator

Laplacian Operator นำมาใช้ในการหาขอบโดยใช้ออนุพันธ์อันดับที่สอง ดังรูปที่ 2.5 สามารถเขียนอยู่ในรูปของฟังก์ชัน 2 มิติได้ดังนี้

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า Laplacian Operator มีขนาด  $3 \times 3$  จะได้ค่าอนุพันธ์อันดับที่สองที่จุด  $(x,y)$  เป็น

$$\nabla^2 f = 4f(x,y) - f(x-1,y) - f(x+1,y) - f(x,y+1) - f(x,y-1)$$

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

รูปที่ 2.5 Laplacian Operator

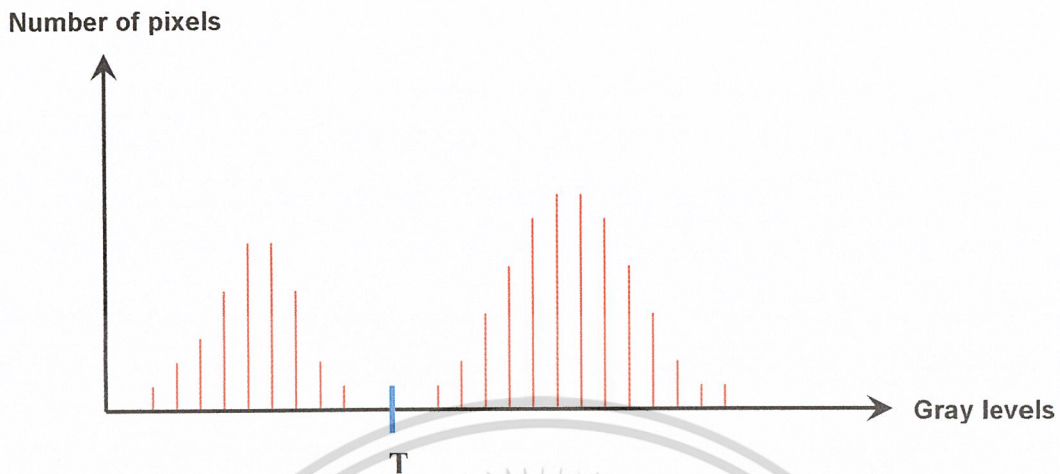
ข้อเสียของ Laplacian Operator คือมีความไวต่อรอยต่อสูง จึงควรทำการลดรอยต่อของภาพก่อนแล้วจึงค่อยหาขอบ

#### 2.1.4 การหาขีดเริ่มเปลี่ยน (Thresholding)

การหาขีดเริ่มเปลี่ยนเป็นวิธีในการแยกภาพวัตถุ (object) ออกจากภาพพื้นหลัง (background) โดยพิจารณาจากความแตกต่างของค่าระดับความเข้มสีของทั้งสองส่วนดังรูปที่ 2.6 หลักการของการหาขีดเริ่มเปลี่ยนจะทำการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold)  $T$  ขึ้นมา โดยสมมติให้ภาพวัตถุมีค่าระดับความเข้มสีมากกว่าภาพพื้นหลัง ถ้าหากว่าจุด  $(x,y)$  ใดมีค่าระดับความเข้มสีมากกว่าค่า  $T$  จะกำหนดให้จุดนั้นเป็นภาพวัตถุ และถ้าจุด  $(x,y)$  ใดมีค่าระดับความเข้มสีน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า  $T$  จะกำหนดให้จุดนั้นเป็นภาพพื้นหลัง สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \end{cases}$$

และถ้าหากว่าภาพพื้นหลังมีค่าระดับความเข้มสีมากกว่าภาพวัตถุ ก็จะพิจารณาในทางกลับกัน



รูปที่ 2.6 Gray-level Histograms

การหาค่า  $T$  ที่เหมาะสมทำได้ดังนี้

1. กำหนดค่า  $T$  เริ่มต้น โดยการประมาณขึ้นมาก่อน
2. แบ่งกลุ่มของพิกเซลออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่ม ( $G_1$ ) ที่มีค่าระดับความเข้มสีน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $T$  และกลุ่ม ( $G_2$ ) ที่มีค่าระดับความเข้มสีมากกว่า  $T$
3. หาค่าระดับความเข้มสีเฉลี่ย ( $\mu_1$ ) ของกลุ่ม  $G_1$  และหาค่าระดับความเข้มสีเฉลี่ย ( $\mu_2$ ) ของกลุ่ม  $G_2$
4. คำนวณหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนใหม่โดย

$$T = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2)$$

5. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 ไปเรื่อยๆจนกว่า  $T$  มีค่าคงที่

## 2.2 การกำหนดมาตรฐานพืช

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ทำการกำหนดคุณภาพมังคุดชั้นต่ำไว้ดังนี้ [1] คือ

- เป็นผลมังคุดสดทั้งผลมีกลิ่นฉุน
- มีก้านผลครบและสมบูรณ์
- มีรูปทรง สี และรสชาติปกติ
- ไม่มีรอยช้ำหรือตำหนิที่เห็นเด่นชัด ไม่แตกร้าว ไม่มีน้ำยาที่ผิวผลและไม่เน่าเสีย
- สามารถผ่าเปิดเปลือกผลได้ในสภาพปกติ
- สะอาด และปราศจากสิ่งแปลกปลอม สามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปกติจากศัตรูพืชและความเสียหายที่เกิดจากศัตรูพืช ยกเว้นรอยผิวลายที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพภายใน ตรวจสอบได้ด้วยสายตา
- ปกติจากความชื้นที่ผิดปกติ ไม่รวมถึงหยดน้ำที่เกาะอยู่บนผิวมังคุดหลังจากนำออกมาจากห้องเย็น
- ปกติจากความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ
- ไม่มีกลิ่น และรสชาติผิดปกติจากสิ่งแปลกปลอมภายนอก

นอกจากนี้มังคุดต้องผ่านการเก็บเกี่ยวตามกระบวนการและได้รับการดูแลภายหลังเก็บเกี่ยวอย่างถูกต้อง มังคุดต้องแก่ระยะสายเปลือก (ผิวเปลือกมีจุดแต้มหรือประสีม่วงแดง) เป็นอย่างน้อย และอยู่ในสภาพที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง

### 2.2.1 การแบ่งชั้นคุณภาพมังคุด

การแบ่งชั้นคุณภาพมังคุด แบ่งได้เป็น 3 ชั้นคุณภาพ [1] ดังนี้

1. ชั้นพิเศษ มังคุดต้องมีคุณภาพดีที่สุด ไม่มีตำหนิยกเว้นตำหนิเล็กน้อย โดยไม่มีผลกระทบต่อรูปลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ คุณภาพและคุณภาพการเก็บรักษา รวมทั้งการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ
2. ชั้นหนึ่ง มังคุดต้องมีคุณภาพดี รูปทรงอาจผิดปกติได้เล็กน้อย มีตำหนิได้เล็กน้อย เช่น ตำหนิที่เปลือก กลิบเลี้ยง รอยขีดข่วน หรือตำหนิอื่นๆ โดยไม่มีผลต่อเนื้อมังคุด รูปลักษณะ คุณภาพและคุณภาพการเก็บรักษา รวมทั้งการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ ตำหนิโดยรวมต่อผลต้องมีพื้นที่ไม่เกินร้อยละ 10 ของพื้นที่ผิว
3. ชั้นสอง ผลผลิตมังคุดในชั้นนี้รวมถึงผลมังคุดที่ไม่เข้าขั้นที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพชั้นต่ำ รูปทรงอาจผิดปกติหรือมีตำหนิได้เล็กน้อย โดยไม่มีผลต่อเนื้อมังคุด รูปลักษณะ คุณภาพ และคุณภาพการเก็บรักษา รวมทั้งการจัดเรียงเสนอภาชนะบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 ข้อกำหนดเรื่องขนาด

ขนาดของผลจะพิจารณาจากน้ำหนัก หรือเส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดตามแนวขวาง แสดงดังตารางที่ 2.2

ขนาด	น้ำหนัก (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)
1	> 125	> 62
2	101 – 125	59 – 62
3	76 – 100	53 – 58
4	51 – 75	46 – 52
5	30 - 50	38 - 45

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์น้ำหนักและขนาดผลมังคุด [1]

ในบทต่อไปจะกล่าวถึงการออกแบบและขั้นตอนการทำงานของระบบการคัดแยกมังคุด ซึ่งมีส่วนประกอบหลายส่วนทำงานร่วมกัน

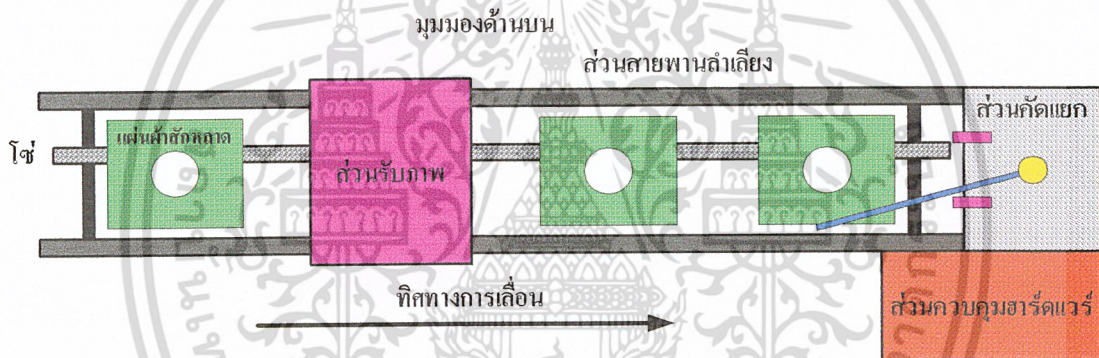
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการทำงาน

### 3.1 โครงสร้างโดยรวมของระบบ

เครื่องตัดแยกมังคุดมีลักษณะดังรูปที่ 3.1 ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้คือ

1. ส่วนสายพานลำเลียง
2. ส่วนรับภาพ
3. ส่วนตัดแยกมังคุด
4. ส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมการทำงานของสายพานลำเลียงและตัดแยกมังคุด
5. ส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมการรับภาพและการทำงานของระบบ

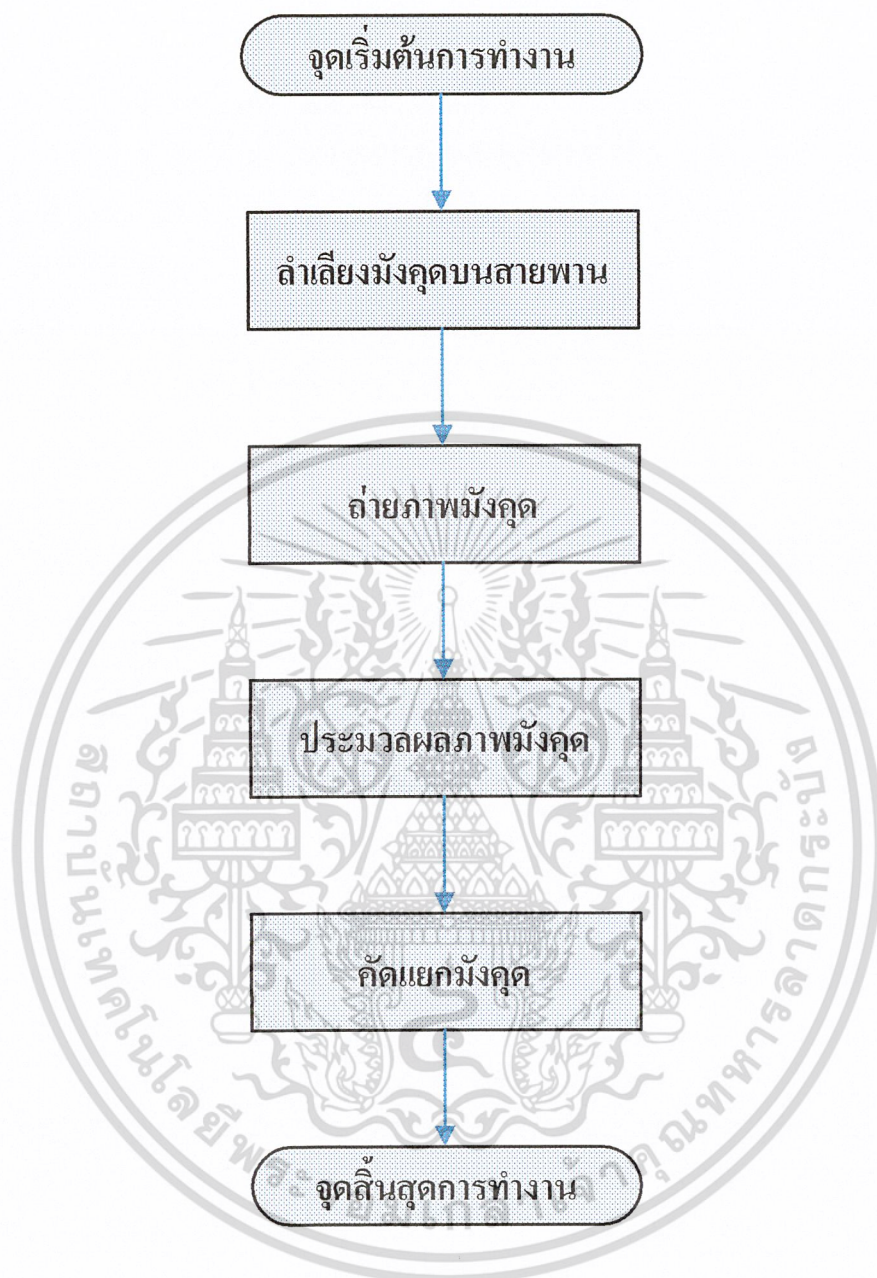


รูปที่ 3.1 โครงสร้างเครื่องตัดแยกมังคุด

### 3.2 หลักการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบจะเริ่มต้นด้วยการลำเลียงมังคุดที่ละลูก โดยใช้สายพาน โดยสายพาน จะทำการเคลื่อนมังคุดเข้าสู่กล้องรับภาพ เมื่อมังคุดเคลื่อนเข้ามาถึงกล้องรับภาพ ส่วนฮาร์ดแวร์ ควบคุมจะทำการหยุดสายพานเพื่อถ่ายภาพมังคุดและส่งข้อมูลไปยังส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมเพื่อทำ การประมวลผล เมื่อประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมก็จะส่งข้อมูลกลับมาที่ ส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมและสั่งให้ทำการเคลื่อนสายพานต่อ เมื่อมังคุดเคลื่อนมาถึงส่วนตัดแยกมังคุด ส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมจะทำการหยุดสายพานอีกครั้ง และตัดแยกมังคุดโดยใช้แขนบีด ในระหว่างนี้ ส่วนรับภาพก็จะทำการถ่ายภาพมังคุดถูกกัดไป การทำงานของระบบจะเวียนซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ จน ครบทุกลูก หลักการทำงานของระบบแสดงไว้ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

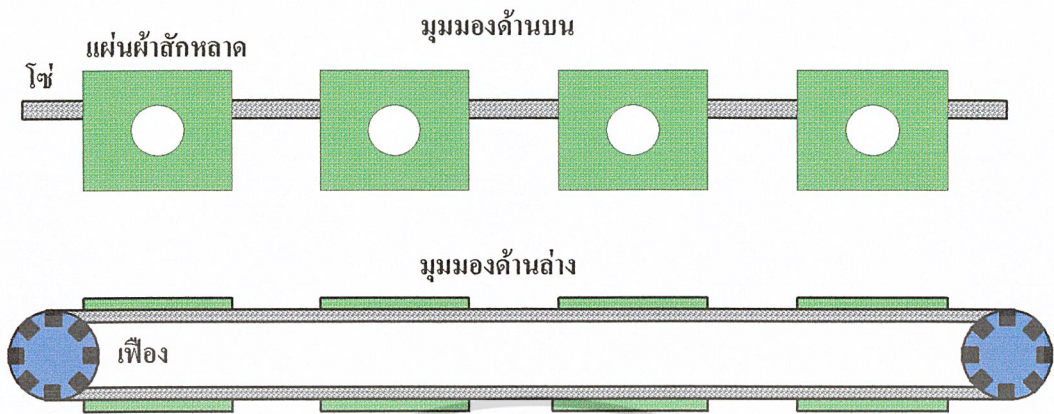


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบตัดแยกม้วนกระดาษ

### 3.3 ส่วนสายพานลำเลียง

ส่วนสายพานลำเลียงจะทำหน้าที่ลำเลียงม้วนกระดาษทีละลูกไปยังส่วนรับภาพและส่วนตัดแยกม้วนกระดาษตามลำดับ ลักษณะของสายพานจะใช้แผ่นผ้าสักหลาดเจาะรูวงกลมตรงกลางแผ่นสำหรับวางลูกม้วนกระดาษในลักษณะคว่ำก้านม้วนกระดาษลง แผ่นผ้าสักหลาดแต่ละแผ่นจะถูกนำมาร้อยกับโซ่โดยเว้นระยะห่างระหว่างกันเล็กน้อย โซ่จะนำมาร้อยเข้ากับเฟืองซึ่งขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์กระแสตรง ส่วนสายพานลำเลียงแสดงดังรูปที่ 3.3

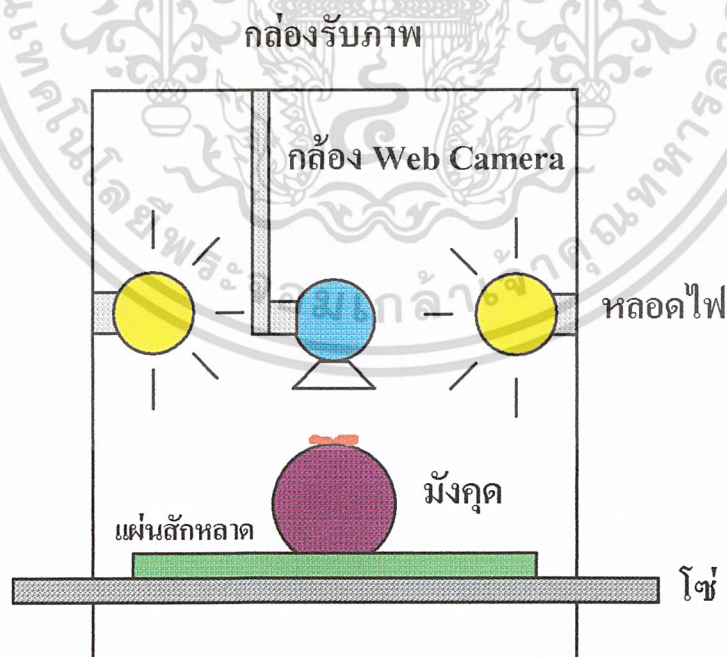
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 โครงสร้างส่วนสายพานลำเลียง

### 3.4 ส่วนรับภาพ

เมื่อสายพานทำการเคลื่อนมัลติคูดเข้ามาถึงส่วนรับภาพ สายพานจะหยุดเคลื่อนโดยใช้เซนเซอร์แสงตรวจจับ ส่วนรับภาพจะทำหน้าที่ในการถ่ายภาพมัลติคูดซึ่งควบคุมโดยซอฟต์แวร์ควบคุม ส่วนรับภาพแสดงดังรูปที่ 3.4

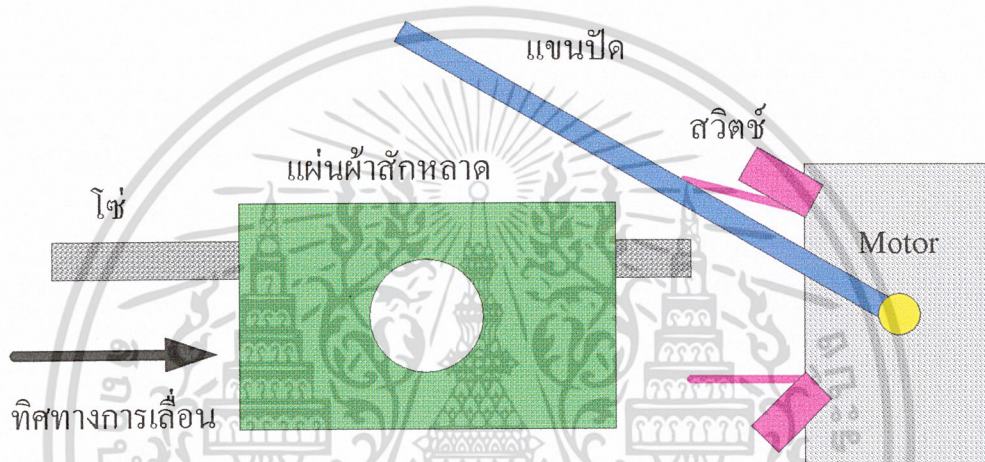


รูปที่ 3.4 โครงสร้างส่วนรับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ส่วนคัตแยกมึงคุด

การทำงานของส่วนคัตแยกมึงคุดจะถูกควบคุมโดยส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุม การคัตแยกมึงคุดสามารถทำได้โดยใช้แขนปิดซึ่งต่อกับมอเตอร์ เมื่อส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมส่งคำสั่งให้ทำการปิด มอเตอร์จะทำการหมุนไปเรื่อยๆจนกว่าแขนปิดจะหมุนไปโดนสวิทช์ที่ติดตั้งด้านข้าง ทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน สวิทช์จะทำหน้าที่คอยตรวจสอบว่าแขนปิดได้ทำการปิดแล้วหรือยัง ส่วนคัตแยกมึงคุดแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 โครงสร้างส่วนคัตแยกมึงคุด

### 3.6 ส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมการทำงานของกลลำเลียงและคัตแยกมึงคุด

ส่วนควบคุมฮาร์ดแวร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ในการควบคุมการทำงานของส่วนสายพานลำเลียงและส่วนคัตแยกมึงคุด โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับคำสั่งจากส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมอีกต่อหนึ่ง การทำงานของส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมมีดังนี้ คือ

1. ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง 12V ของส่วนสายพานลำเลียง
2. ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง 12V ของส่วนคัตแยกมึงคุด
3. ใช้เซ็นเซอร์แสงตรวจจับลูกมึงคุดเพื่อหยุดเลื่อนสายพาน
4. ใช้สวิทช์ตรวจจับแขนปิดของส่วนคัตแยกมึงคุด

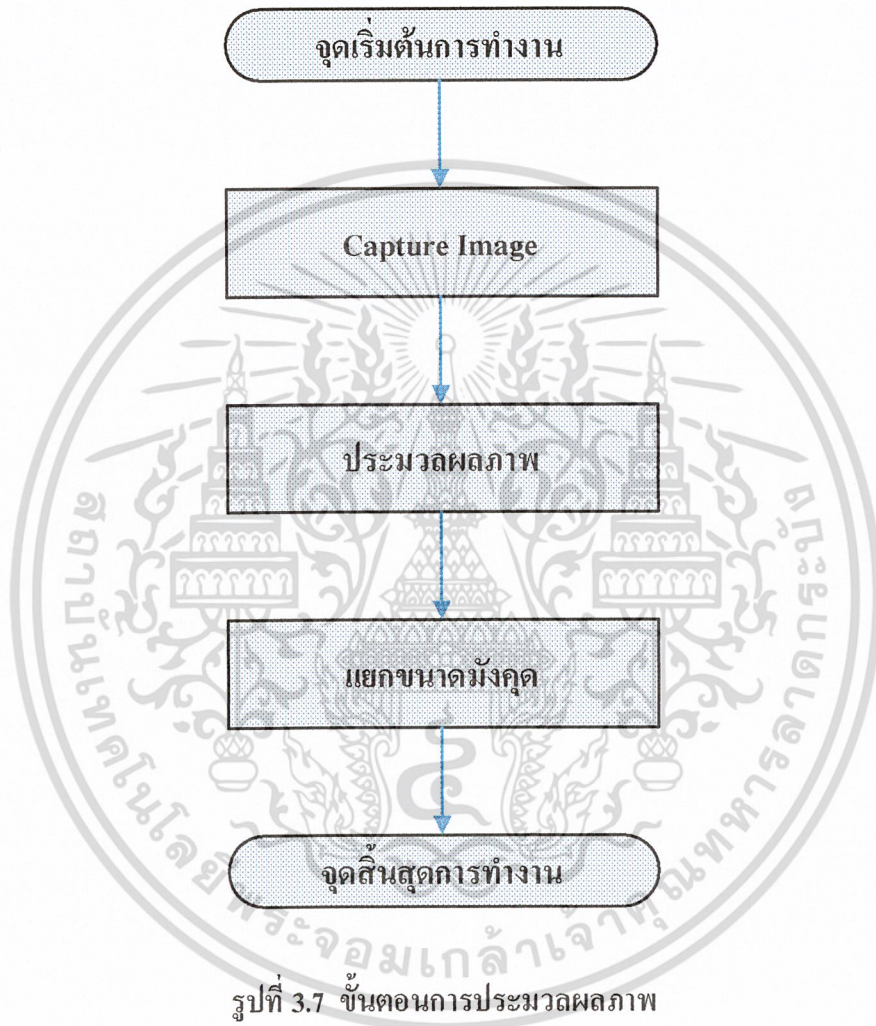
โครงสร้างวงจรส่วนควบคุมฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรพาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) แสดงดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 3.7 ส่วนซอฟต์แวร์ควบคุม

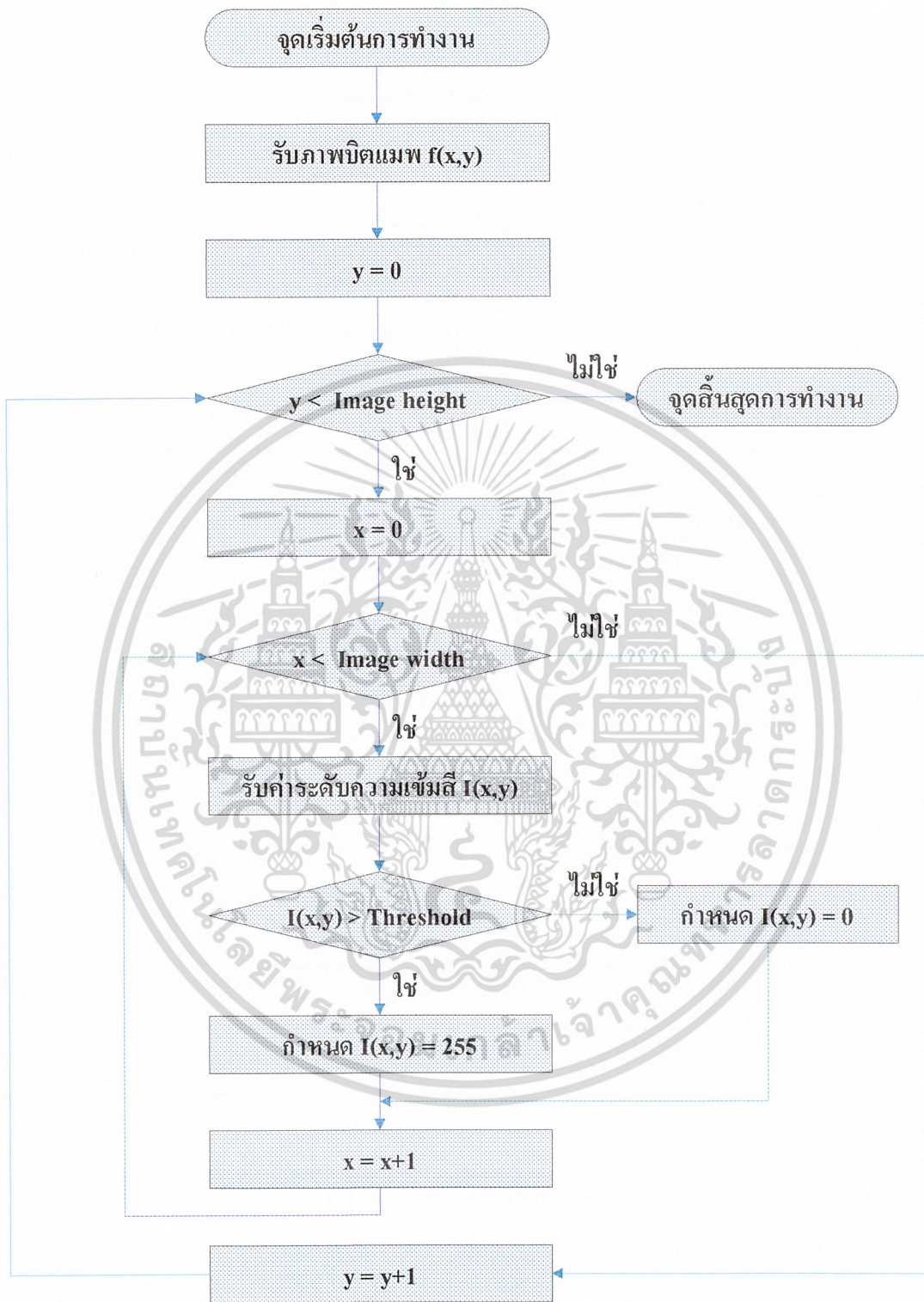
ส่วนควบคุมฮาร์ดแวร์จะทำหน้าที่รับภาพจากส่วนรับภาพไปประมวลผลและส่งคำสั่งไปยังส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุมต่อไป ขั้นตอนการรับภาพมาประมวลผลแสดงดังรูปที่ 3.7



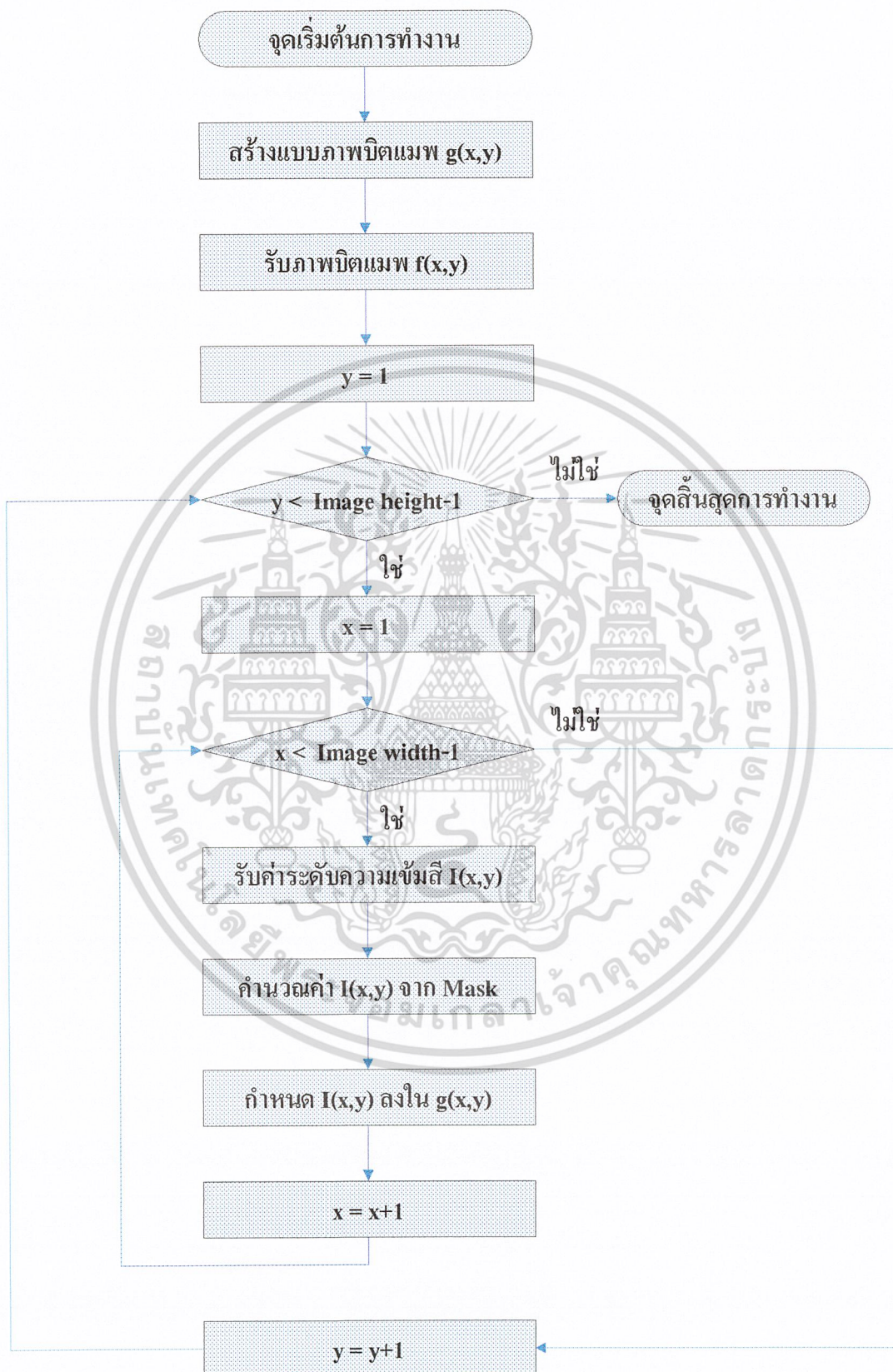
### 3.8 ขั้นตอนการหาขีดเริ่มเปลี่ยนและการตรวจหาขอบ

ขั้นตอนการหาขีดเริ่มเปลี่ยนและการตรวจหาขอบทั้งอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งและอนุพันธ์อันดับที่สอง ได้ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการหาขีดเริ่มเปลี่ยน

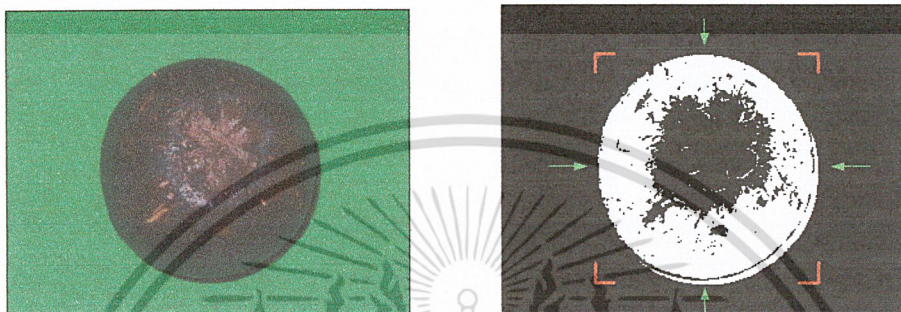


รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการตรวจหาขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.9 ขั้นตอนการวัดขนาดมิ่งคุด

การวัดขนาดมิ่งคุดจะใช้การหาขีดเริ่มเปลี่ยน เพื่อแยกภาพผลมิ่งคุดออกจากภาพส่วนอื่น โดยค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมจะได้มาจากการทดลองเปรียบเทียบระดับความเข้มสีของมิ่งคุดกับภาพพื้นหลัง ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การหาขีดเริ่มเปลี่ยนของมิ่งคุด

ภาพที่ผ่านการหาขีดเริ่มเปลี่ยนแล้วจะนำมาพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มสีในสี่ทิศทางดังนี้ คือ

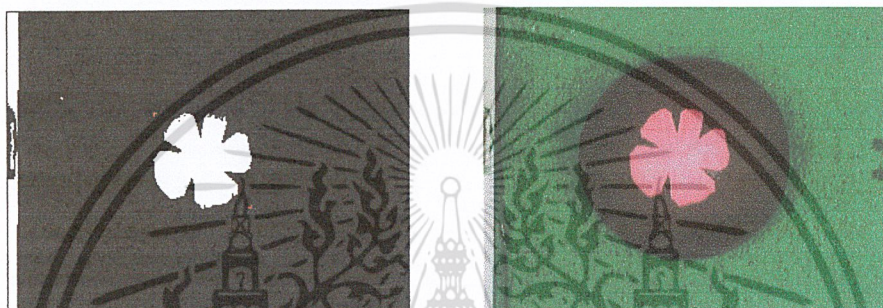
1. จากขอบด้านบนลงมายังจุดกึ่งกลางภาพ
2. จากขอบด้านล่างขึ้นมาถึงจุดกึ่งกลางภาพ
3. จากขอบด้านซ้ายไปยังจุดกึ่งกลางภาพ
4. จากขอบด้านขวาไปยังจุดกึ่งกลางภาพ

ถ้าพบการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มสีจากสีดำเป็นสีขาว และพบว่าจุดสีขาวมีความต่อเนื่องกันมากกว่า 5 จุดขึ้นไปจะถือว่าเป็นผลมิ่งคุด แล้วทำการบันทึกตำแหน่งของจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงไว้ สาเหตุที่ต้องทำการตรวจสอบความต่อเนื่องของจุดสีขาวคือ เพื่อป้องกันการวัดขนาดผลมิ่งคุดผิดพลาดเนื่องจากการเกิดนอยส์บนพื้นหลัง เมื่อทำการบันทึกตำแหน่งของจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับความเข้มสีครบทั้ง 4 จุดแล้ว จะสามารถคำนวณหาขนาดผลมิ่งคุดในแนวตั้งและแนวนอนได้

### 3.10 ขั้นตอนการนับจำนวนกลีบมังคุด

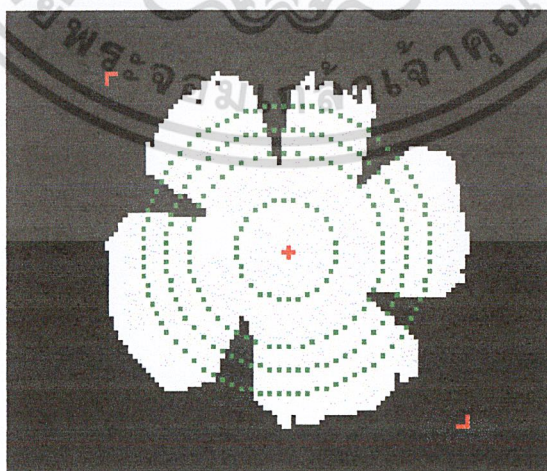
#### 3.10.1 การนับจำนวนกลีบมังคุดวิธีที่ 1

ในการนับจำนวนกลีบมังคุด จะใช้การหาขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อแยกภาพหัวมังคุดออกมา เนื่องจากกลีบมังคุดจะมีระดับความเข้มสีต่างจากส่วนอื่นๆ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม โดยค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจะได้อมาจากการทดลองเปรียบเทียบระดับความเข้มสีของกลีบมังคุดกับภาพส่วนอื่นๆ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การหาขีดเริ่มเปลี่ยนของกลีบมังคุด

จากนั้นจะทำการหาจุดศูนย์กลางของกลีบมังคุด โดยพิจารณาจากขอบเขตของกลีบมังคุดที่ได้จากการหาขีดเริ่มเปลี่ยน แล้วกำหนดโครงร่างพิกเซลรอบๆจุดศูนย์กลางเป็นรูปวงกลม โดยมีรัศมีต่างๆกันจำนวน 4 วง ว่าเป็นโครงร่างต้นแบบเพื่อใช้ในการนับกลีบมังคุด ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การกำหนดโครงร่างพิกเซลรอบจุดศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนต่อมาจะทำการเปรียบเทียบค่าระดับความเข้มสี ณ พิกเซลที่กำหนด โดยทำการเปรียบเทียบทีละพิกเซลและเปรียบเทียบทีละวงโครงร่าง ถ้าพบการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มสีจากสีขาวไปเป็นสีดำหรือจากสีดำไปเป็นสีขาว จะทำให้สามารถนับจำนวนกลีบมัจจุได้ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การเปรียบเทียบระดับความเข้มสีบนพิกเซลโครงร่างแต่ละพิกเซลเพื่อนับกลีบมัจจุ

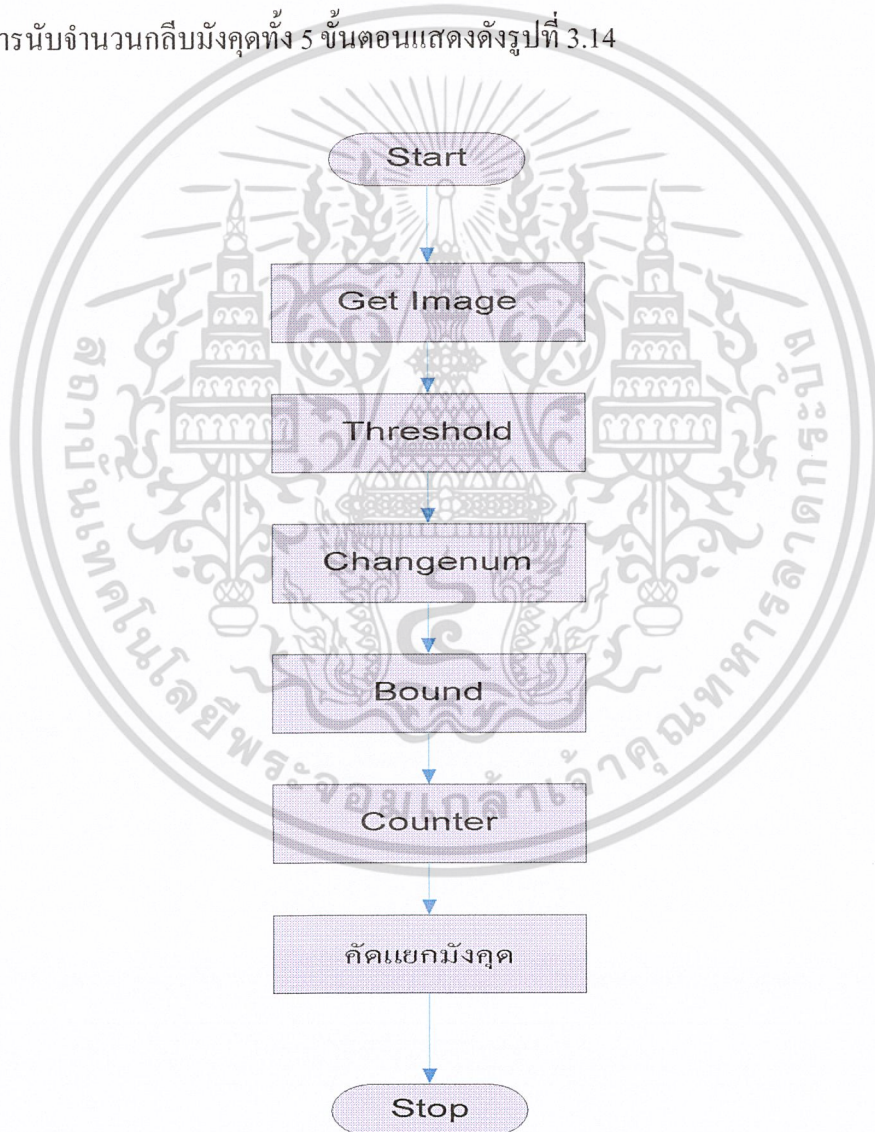
การเปรียบเทียบระดับความเข้มสีของพิกเซลในแต่ละวงอาจให้ผลไม่เหมือนกัน เนื่องจากรัศมีของวงโครงร่างมีค่าต่างกัน ขึ้นอยู่กับว่าพิกเซลของวงโครงร่างนั้นจะวาดผ่านรอยแยกของกลีบมัจจุหรือไม่ ดังนั้น ถ้าหารัศมีของวงโครงร่างมีค่าน้อยเกินไป จะทำให้ไม่สามารถนับจำนวนกลีบได้ ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ การนับกลีบมัจจุจะขึ้นอยู่กับการหาจุดศูนย์กลางของกลีบมัจจุ ซึ่งใช้ได้ดีในกรณีที่กลีบมัจจุมีการเรียงตัวสมมาตรเป็นรูปวงกลม หรือมีการบิดเพียงเล็กน้อย ถ้าหากว่ากลีบมีลักษณะเบี่ยงเป็นรูปแบบอื่น เช่น รูปวงรีหรือกลีบมัจจุเอียงไปทางใดทางหนึ่งมากเกินไป จะทำให้จุดศูนย์กลางมีความคลาดเคลื่อนและไม่สามารถนับจำนวนกลีบได้อย่างถูกต้อง ข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งคือ การหาขีดเริ่มเปลี่ยนของกลีบมัจจุจะต้องพยายามลดนอยส์ให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อลดโอกาสที่จะนับกลีบมัจจุผิดพลาดลง

### 3.10.2 การนับจำนวนกลีบมัจจุวิธีที่ 2

ในการนับจำนวนกลีบมัจจุวิธีที่ 2 จะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้คือ

1. การรับภาพ (Get Image)
2. ฟังก์ชันหาขีดเริ่มเปลี่ยน (Function Threshold)
3. ฟังก์ชันเปลี่ยนตัวเลข (Function Changenum)
4. ฟังก์ชันการหาขอบเขต (Function Bound)
5. ฟังก์ชันการนับจำนวนกลีบมัจจุ (Function Counter)

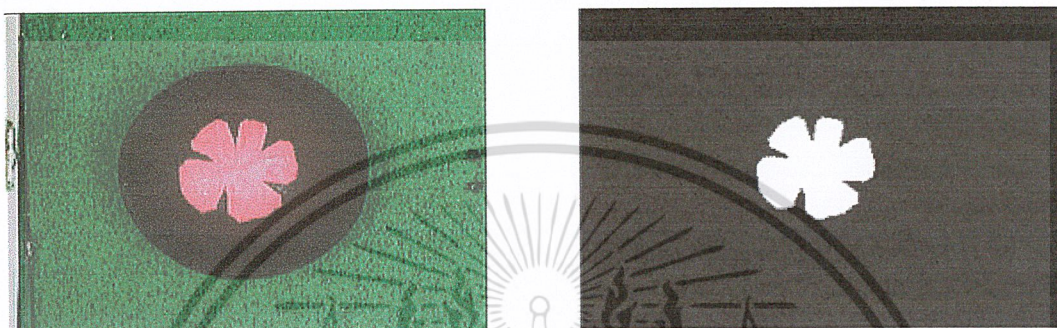
การนับจำนวนกลีบมัจจุทั้ง 5 ขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการนับกลีบมัจจุวิธีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการนับจำนวนกลีบมัจจุคแบบวิธีที่ 2 นี้ อันดับแรกจะใช้การหาขีดเริ่มเปลี่ยนเพื่อทำการแยกภาพส่วนหัวของมัจจุคออกมา โดยวิธีการหาขีดเริ่มเปลี่ยนจะเป็นแบบสี คือ ต้องเลือกค่าที่เหมาะสมทั้ง 3 สี ได้แก่ แดง เขียวและน้ำเงิน (R,G,B) โดยค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจะได้มาจากการทดลองเปรียบเทียบระดับความเข้มสีของกลีบมัจจุคกับภาพส่วนอื่นๆ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การหาขีดเริ่มเปลี่ยนของกลีบมัจจุค

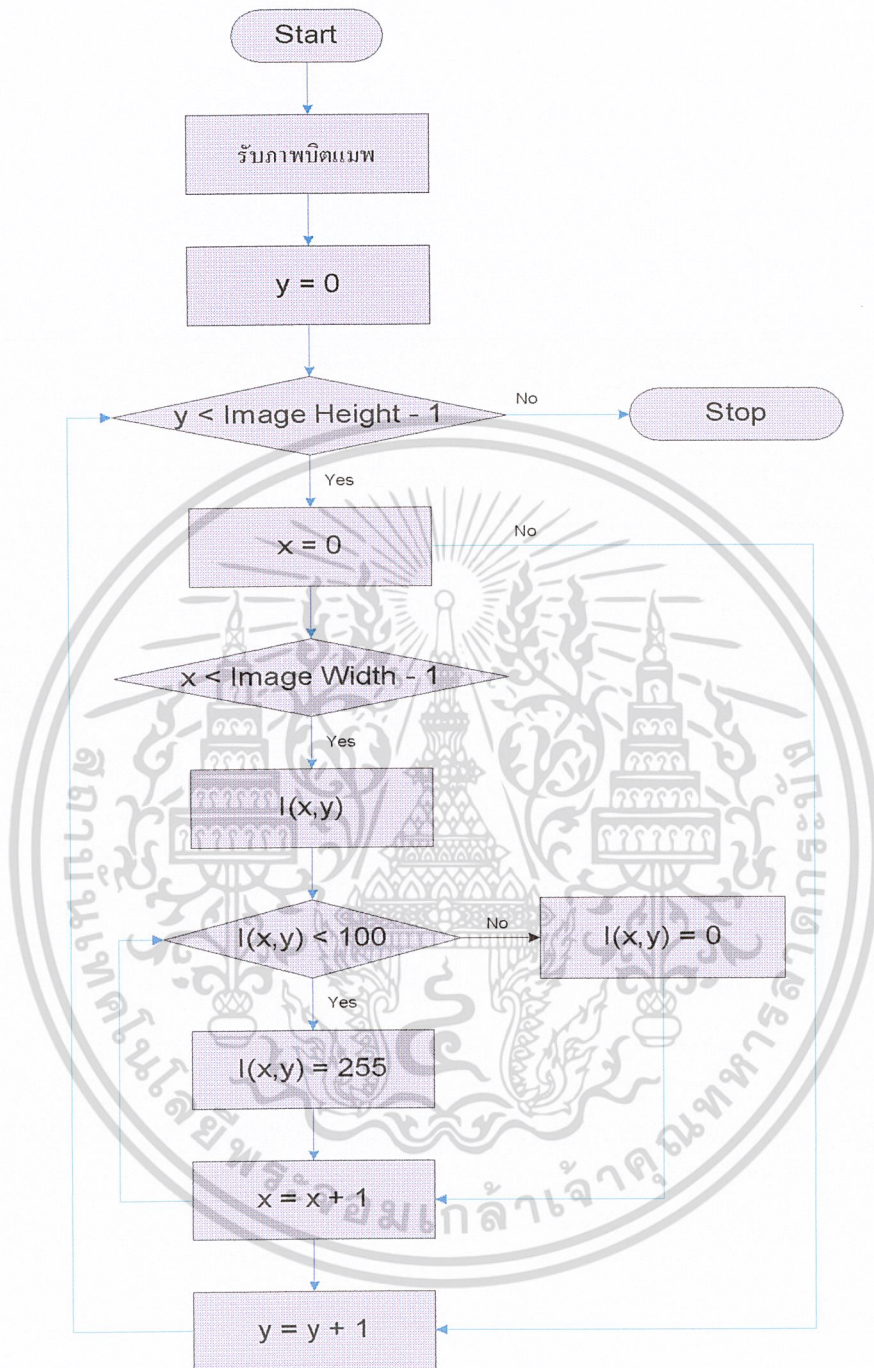
จากนั้นจะทำการส่งรูปที่ได้เข้าไปประมวลผลในฟังก์ชันเปลี่ยนตัวเลขเพื่อเปลี่ยนค่าระดับความเข้มสีในทุกๆพิกเซลให้มีค่าเป็น 0 กับ 255 เท่านั้น วิธีการเปลี่ยนค่าคือ ถ้า  $I(x,y) < 100$  ให้เปลี่ยนค่าระดับความเข้มสีที่จุดพิกเซลนั้นให้เป็น 0 แต่ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 100 ให้เปลี่ยนเป็น 255 ดังรูปที่ 3.16

14	0	4	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	4	7	0	0	0	0
237	255	255	254	255	255	255	255
255	255	237	249	255	255	255	255
255	241	255	255	255	255	255	255

รูปที่ 3.16 การเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันเปลี่ยนตัวเลข

ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชันเปลี่ยนตัวเลขแสดงดังรูปที่ 3.17

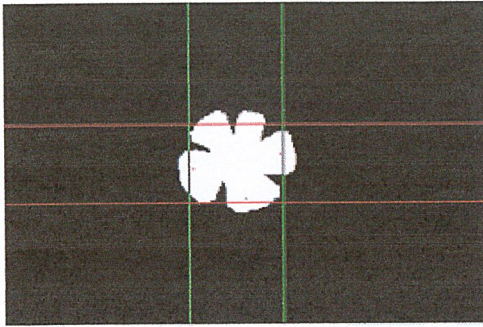
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชันเปลี่ยนตัวเลข

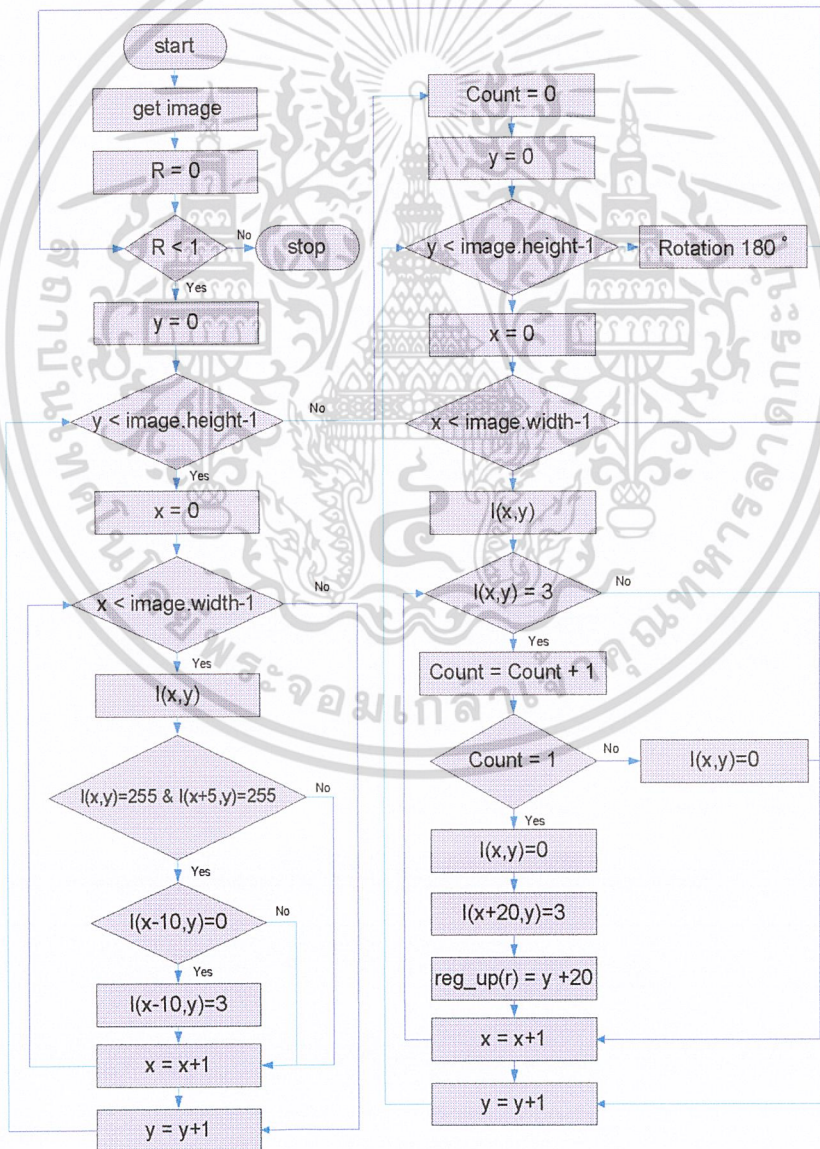
ในส่วนต่อมาจะเป็นการหาขอบเขตที่ใช้เพื่อหาจำนวนกลีบมัจจุค โดยจะทำการสร้างขอบเขตขึ้นมาทั้ง 4 ด้าน เพื่อนำไปเปรียบเทียบหาค่าของจำนวนกลีบมัจจุคต่อไป ซึ่งการกำหนดขอบเขตจะต้องกำหนดให้เหมาะสม มิเช่นนั้นจะเกิดความผิดพลาดในกระบวนการนับจำนวนกลีบมัจจุคต่อไปได้ ดังรูปที่ 3.18 และขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชันหาขอบเขตแสดงดังรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TopLine = 90  
 BottomLine = 148  
 RightLine = 184  
 LeftLine = 122

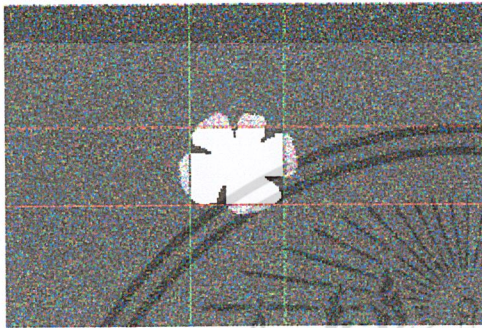
รูปที่ 3.18 การกำหนดขอบเขตเพื่อนับจำนวนกลีบ



รูปที่ 3.19 ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชันหาขอบเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่สุดท้ายจะทำการประมวลผลเพื่อนับจำนวนกลีบมังคุด โดยเปรียบเทียบค่าระดับ การเปลี่ยนแปลงความเข้มสีภายในขอบเขตที่กำหนดเอาไว้ โดยเปรียบเทียบทีละพิกเซลและ เปรียบเทียบทีละด้าน ถ้าพบการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มสีจากสีขาวไปเป็นสีดำหรือจากสีดำไป เป็นสีขาว จะทำให้สามารถนับจำนวนกลีบมังคุดได้ ดังรูปที่ 3.20



<u>CountObject 4 sides</u>	
CountUp	= 1
CountBottom	= 1
CountRight	= 1
CountLeft	= 2
-----	
Total	= 5

รูปที่ 3.20 การนับจำนวนกลีบภายในขอบเขตที่กำหนด

การเปรียบเทียบในการนับจำนวนกลีบมังคุดอาจมีความผิดพลาดขึ้นได้ เนื่องจากการ กำหนดขอบเขตและการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ความผิดพลาดจะขึ้นอยู่กับว่าระยะของกลีบนั้นจะ ผ่านเส้นขอบเขตที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังนั้น ถ้าหากขอบเขตมีค่าน้อยเกินไปหรือมากเกินไป จะทำ ให้ไม่สามารถนับจำนวนกลีบที่ถูกต้องได้ ดังนั้น การกำหนดขอบเขตในการนับกลีบมังคุดจึงเป็น ส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด

ในบทต่อไปจะกล่าวถึงผลการจำลองภาพถ่าย เพื่อเปรียบเทียบวิธีการต่างๆที่จะนำมาใช้ในการ คัดขนาดผลมังคุดได้

## บทที่ 4 ผลการจำลอง

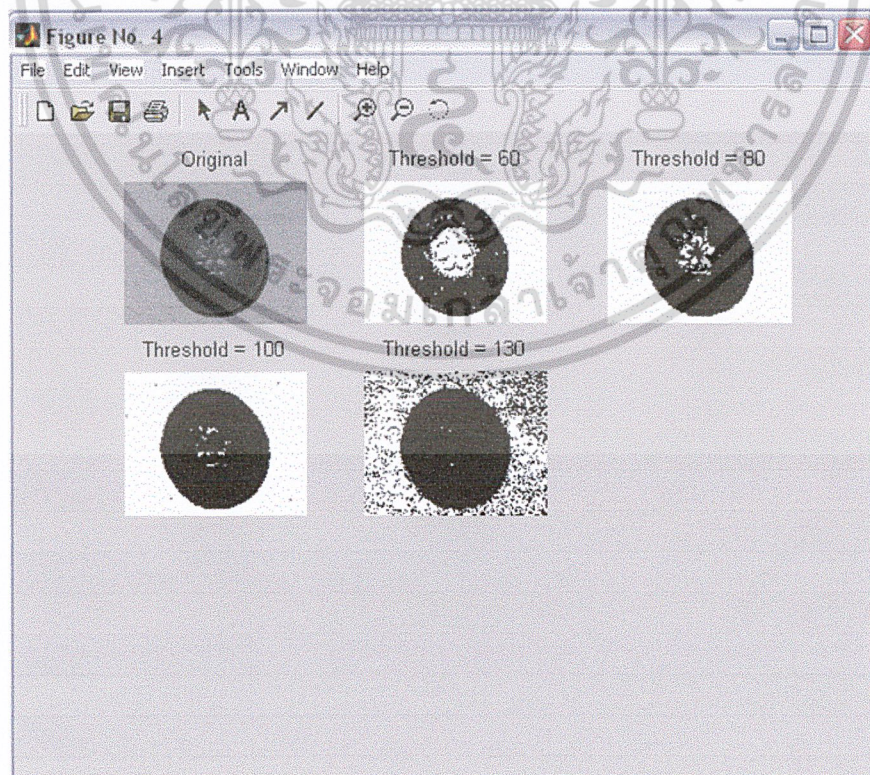
ในบทนี้จะใช้โปรแกรม Matlab จำลองการหาขีดเริ่มเปลี่ยนและการตรวจหาขอบทั้งอนุพันธ์อันดับที่ 1 และอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของภาพตัวอย่างมั่งคุดที่ถ่ายบนสายพาน เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง

### 4.1 เกณฑ์การวัดผล

ภาพที่ได้จากการจำลองจะต้องสามารถแยกผลมั่งคุดออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจน เพื่อที่จะนำไปประมวลผลขนาดของผลมั่งคุดได้

### 4.2 ผลการหาขีดเริ่มเปลี่ยน

เมื่อทำการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนอยู่ระหว่าง 60-90 จะสามารถแยกผลมั่งคุดออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจน แต่เมื่อค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดการปะปนกันระหว่างผลมั่งคุดกับพื้นหลังดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพที่ได้จากการหาขีดเริ่มเปลี่ยน

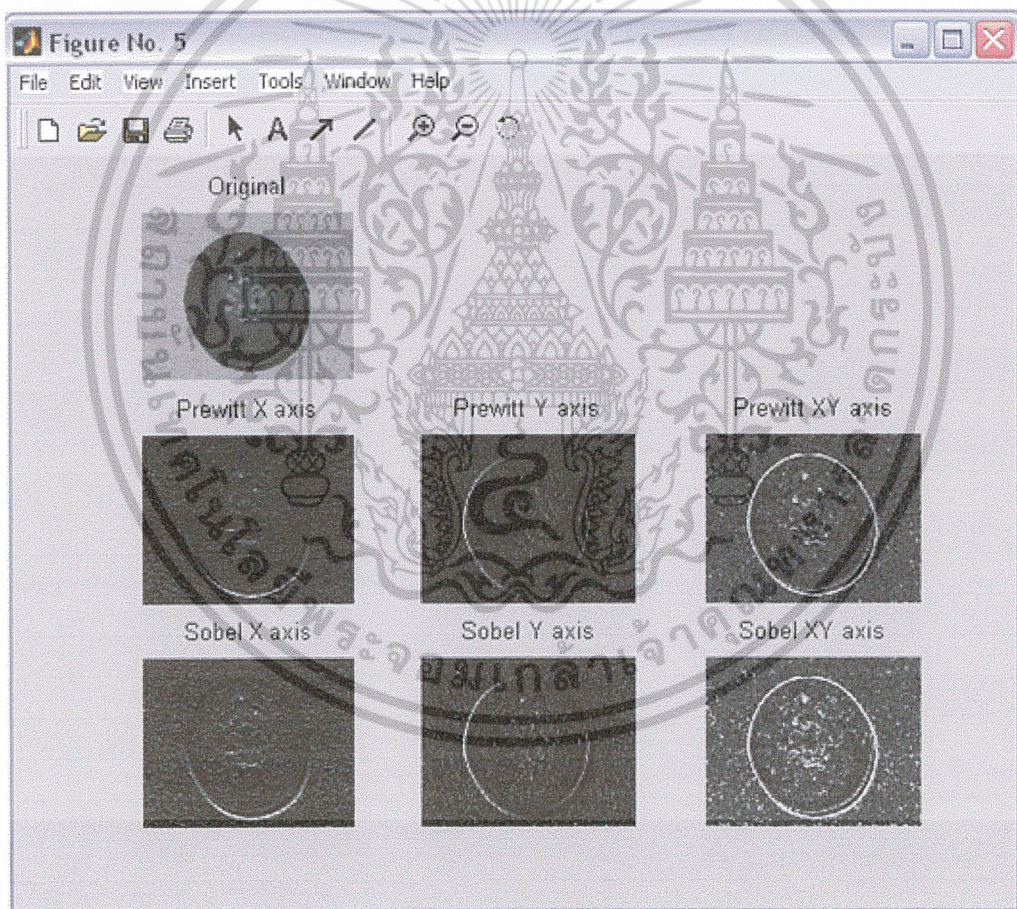
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการตรวจหาขอบ

แบ่งออกเป็นการใช้ Gradient Operator หรือการใช้อนุพันธ์อันดับที่ 1 และ Laplacian Operator หรือการใช้อนุพันธ์อันดับที่ 2

#### 4.3.1 ผลการใช้ Gradient Operator

ภาพที่ได้จากการใช้ Gradient Operator ทั้งแบบ Prewitt และ Sobel มีลักษณะดังรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าขอบมีเส้นหนา แต่ทั่วทั้งภาพมีนอยส์มาก ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้แยกผลมั่งคุดออกจากพื้นหลัง

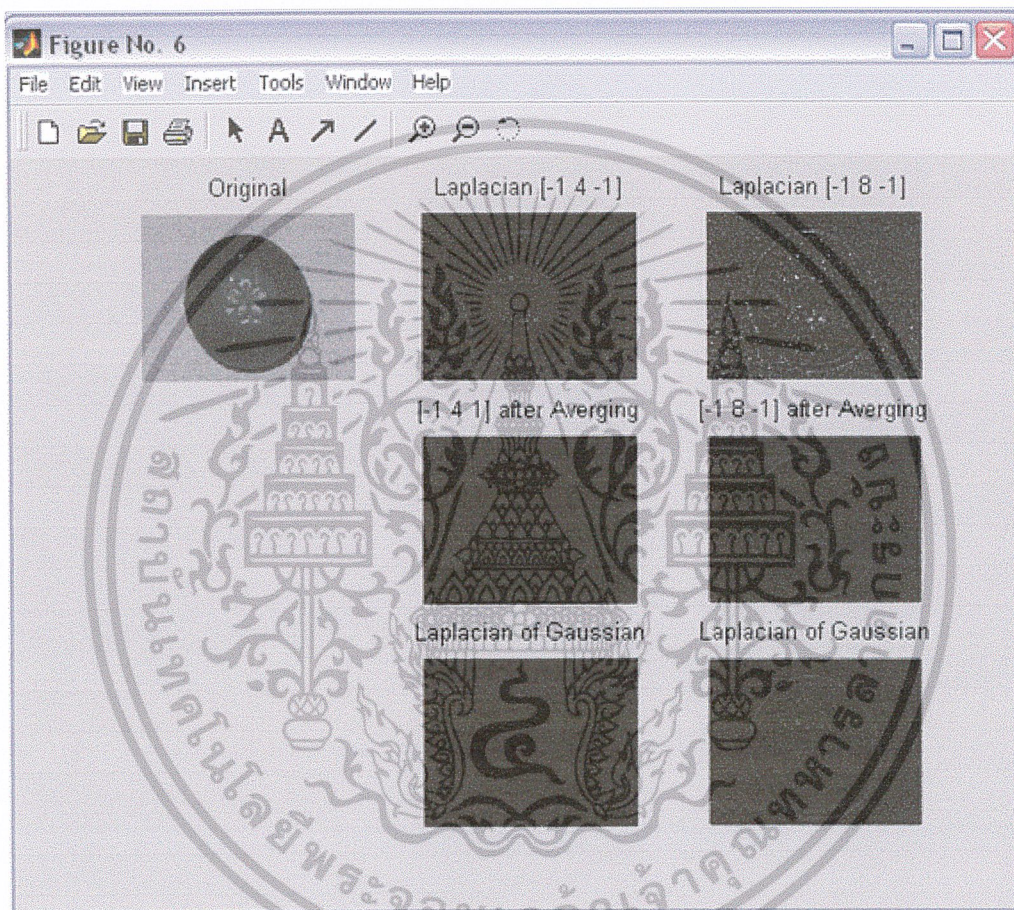


รูปที่ 4.2 ภาพที่ได้จากการใช้ Gradient Operator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 ผลการใช้ Laplacian Operator

ภาพที่ได้จากการใช้ Laplacian Operator มีขอบบางกว่าการใช้ Gradient Operator และยังคงมีนอยส์มากทั่วบริเวณภาพดังรูปที่ 4.3 แม้ว่า จะทำการลดนอยส์ก่อนโดยใช้ Averaging Filter และ Gaussian Filter แล้ว ก็ยังไม่สามารถแยกผลมั่งคุดออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 4.3 ภาพที่ได้จากการใช้ Laplacian Operator

### 4.4 สรุปผลการจำลอง

จากการจำลองภาพข้างต้น การหาขีดเริ่มเปลี่ยนสามารถแยกผลมั่งคุดออกจากพื้นหลังได้ชัดเจนที่สุด ทำให้ภาพที่ได้สามารถนำไปประมวลผลหาขนาดมั่งคุดต่อไปได้

ในบทต่อไปจะกล่าวเกี่ยวกับผลการวัดขนาดผลมั่งคุด ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบขนาดของผลมั่งคุดที่ได้จากการวัดกับที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5 ผลการวัดขนาดมังกุค

การวัดขนาดของมังกุคจะทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งในแนวตั้งและแนวนอน และคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากทั้งสองด้าน เนื่องจากการวัดขนาดมังกุคจะทำการวัดในหน่วยฟิกเซลจึงต้องมีการแปลงหน่วยฟิกเซลให้เป็นเซนติเมตรเพื่อเทียบกับขนาดของมังกุคจริง โดยอัตราส่วนของฟิกเซลต่อเซนติเมตรเป็น 22.86 ฟิกเซล : 1 เซนติเมตร และภาพถ่ายมีขนาด  $320 \times 240$  ฟิกเซล

ในการทดลองนี้ นอกจากจะทำการวัดขนาดมังกุคแล้ว ยังได้ทำการวัดขนาดผลไม้ชนิดอื่นด้วย ได้แก่ ส้มสายน้ำผึ้งและมะเขือเทศท้อ ซึ่งผลมีสีตัดกับพื้นหลังค่อนข้างชัดเจน โดยจะต้องกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่แตกต่างออกไปตามชนิดของผลไม้ ซึ่งจะได้มาจากการทดลอง

### 5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดขนาดมังกุค

1. ความเข้มและทิศทางของแสง เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นตัวกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมในการแยกผลมังกุคออกจากพื้นหลัง ถ้าความเข้มแสงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อาจมีผลทำให้ภาพที่ได้จากการหาขีดเริ่มเปลี่ยนเกิดความผิดพลาดไปได้ จึงต้องมีการควบคุมปริมาณแสงให้คงที่ นอกจากนั้นการให้แสงด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะทำให้เกิดเงา ซึ่งทำให้การวัดขนาดผลมังกุคเกิดความคลาดเคลื่อนได้
2. ความละเอียดของภาพถ่าย ถ้าภาพถ่ายมีความละเอียดมากจะทำให้การวัดขนาดผลมังกุคมีความแม่นยำมากขึ้น
3. สายพานลำเลียง ต้องพยายามเลื่อนมังกุคให้มาหยุดภายในขอบเขตของภาพถ่าย ถ้าตำแหน่งที่มังกุคหยุดเลื่อนอยู่นอกขอบเขตของภาพถ่ายจะทำให้ไม่สามารถวัดขนาดมังกุคได้
4. ความไม่เท่ากันของระดับความเข้มสีผิวมังกุค ทำให้ภาพที่ได้จากการหาขีดเริ่มเปลี่ยนเกิดความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ผลการวัดขนาดมังกุดด้วยวิธีการประมวลผลภาพเทียบกับการวัดขนาดจริง

การเปรียบเทียบขนาดมังกุดที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริงแสดงดังตารางที่ 5.1

ขนาดมังกุดที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพ (เซนติเมตร)	ขนาดมังกุดที่ได้จากการวัดจริง (เซนติเมตร)	ความแตกต่างของขนาดมังกุด (%)
5.91	6.12	3.43
6.01	6.33	5.06
5.80	6.10	4.92
6.42	6.72	4.46
6.56	6.83	3.95
ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของขนาดมังกุดจำนวน 100 ลูก		7.86 %

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบขนาดมังกุดที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริง

## 5.3 การวัดขนาดสัมน้ำผึ้งด้วยวิธีการประมวลผลภาพเทียบกับการวัดขนาดจริง

การเปรียบเทียบขนาดสัมน้ำผึ้งที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริงแสดงดังตารางที่ 5.2

ขนาดสัมน้ำผึ้งที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพ (เซนติเมตร)	ขนาดสัมน้ำผึ้งที่ได้จากการวัดจริง (เซนติเมตร)	ความแตกต่างของขนาดสัมน้ำผึ้ง (%)
5.90	6.53	9.65
6.03	6.37	5.34
6.34	6.49	2.31
6.47	6.81	4.99
6.16	6.49	5.08
ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของขนาดสัมน้ำผึ้งจำนวน 100 ลูก		8.23 %

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบขนาดสัมน้ำผึ้งที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.4 การวัดขนาดมะเขือเทศที่ด้วยวิธีการประมวลผลภาพเทียบกับการวัดขนาดจริง

การเปรียบเทียบขนาดมะเขือเทศที่ที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริง แสดงดังตารางที่ 5.3

ขนาดมะเขือเทศที่ที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพ (เซนติเมตร)	ขนาดมะเขือเทศที่ที่ได้จากการวัดจริง (เซนติเมตร)	ความแตกต่างของขนาดมะเขือเทศ (%)
4.76	4.87	2.25
5.73	5.57	2.87
5.81	5.54	4.87
6.03	7.73	21.99
5.55	5.15	7.76
ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของขนาดมะเขือเทศจำนวน 100 ลูก		7.30 %

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบขนาดมะเขือเทศที่ที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพกับการวัดขนาดจริง

## 5.5 สรุปผลการวัดขนาดม้งคุด

จากการเปรียบเทียบขนาดม้งคุด พบว่าม้งคุดที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพมีขนาดเล็กกว่าการวัดจริงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากปัญหาความไม่เท่ากันของระดับความเข้มสีบนผิวม้งคุด ทำให้ภาพที่ได้จากการหาขีดเริ่มเปลี่ยนเกิดความผิดเพี้ยนไป ในส่วนของการเปรียบเทียบขนาดมะเขือเทศที่และส้มสายน้ำผึ้งที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพและการวัดจริง ก็ให้ผลในการทำงานเดียวกัน

ในบทต่อไปจะกล่าวถึงผลการนับกลีบม้งคุดที่ได้จากวิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งจะทำการทราบจำนวนเมล็ดในผลม้งคุดได้

## บทที่ 6 ผลการนับกลีบม้งคุด

ผลการนับกลีบม้งคุดจะแยกตามวิธีที่ใช้ในการตรวจนับจำนวนกลีบทั้ง 2 วิธี ซึ่งในขณะที่ทำการทดลองนี้เป็นช่วงเวลานอกฤดูกาลของม้งคุด ทำให้ไม่สามารถหาม้งคุดจริงมาทดลองได้ จึงใช้ม้งคุดประดิษฐ์มาทำการทดลองแทน

### 6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการนับกลีบม้งคุด

ปัจจัยที่มีผลต่อการนับกลีบม้งคุดได้แก่ ความเข้มของแสงและการวางผลม้งคุดบนสายพาน โดยความเข้มแสงจะมีผลต่อการหาขีดเริ่มเปลี่ยน จึงต้องมีการควบคุมปริมาณแสงให้คงที่ ส่วนการวางผลม้งคุดบนสายพานต้องพยายามวางให้กลีบม้งคุดอยู่ตรงกึ่งกลางผลม้งคุด ซึ่งในความเป็นจริงทำได้ยากมาก การที่กลีบม้งคุดเอียงไปทางด้านใดด้านหนึ่งเพียงเล็กน้อย อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการนับกลีบม้งคุดได้

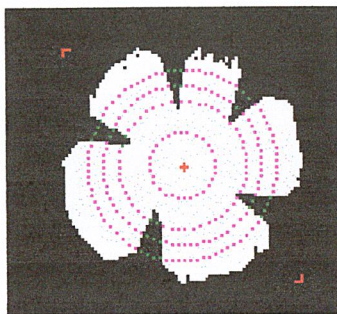
### 6.2 ผลการนับกลีบม้งคุดด้วยวิธีที่ 1

ผลการนับกลีบม้งคุดในแต่ละวง โครงร่างจะได้ผลที่แตกต่างกัน โดยวงโครงร่างที่มีรัศมีแคบจะไม่วาดผ่านรอยแยกของกลีบม้งคุด ทำให้ไม่สามารถนับจำนวนกลีบได้ ส่วนวงโครงร่างที่มีรัศมีกว้างจะวาดผ่านรอยแยกของกลีบม้งคุด ทำให้สามารถวัดจำนวนกลีบม้งคุดได้ ดังรูปที่ 6.1

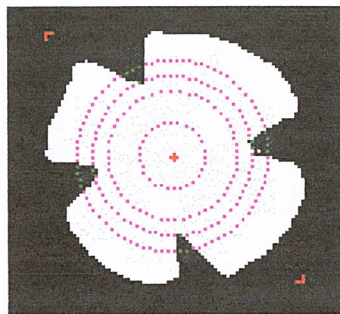


รูปที่ 6.1 ผลการนับกลีบม้งคุดด้วยวิธีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)



(ง)

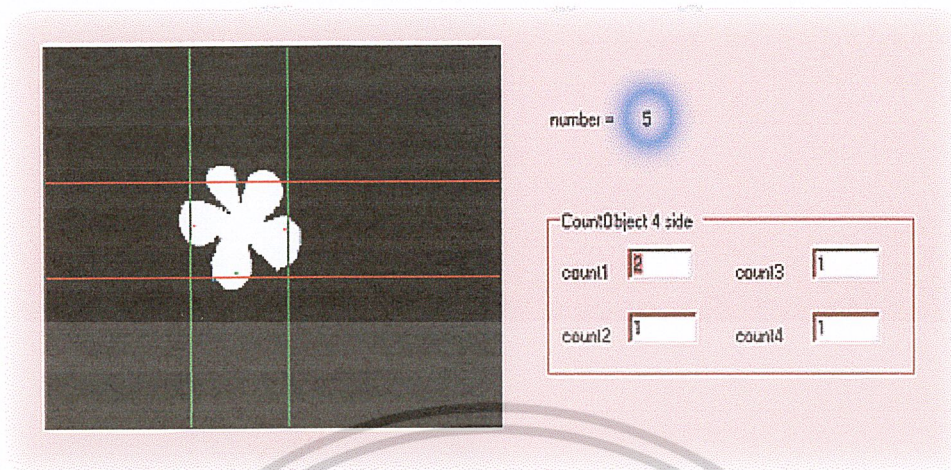
### รูปที่ 6.1 ผลการนับกลีบมังคุดด้วยวิธีที่ 1 (ต่อ)

จากรูปที่ 6.1(ค) จะเห็นว่าวงโครงร่างที่ 2 ถึง 4 สามารถนับจำนวนกลีบมังคุดได้ 5 กลีบพอดี ในขณะที่วงโครงร่างที่ 1 จะไม่สามารถนับจำนวนกลีบมังคุดได้ จากรูปที่ 6.1(ง) จะเห็นว่าวงโครงร่างที่ 1 และ 2 ไม่สามารถนับจำนวนกลีบมังคุดได้ ส่วนวงโครงร่างที่ 3 สามารถนับจำนวนกลีบมังคุดได้เพียงบางส่วน ในขณะที่วงโครงร่างที่ 5 สามารถนับจำนวนกลีบมังคุดได้

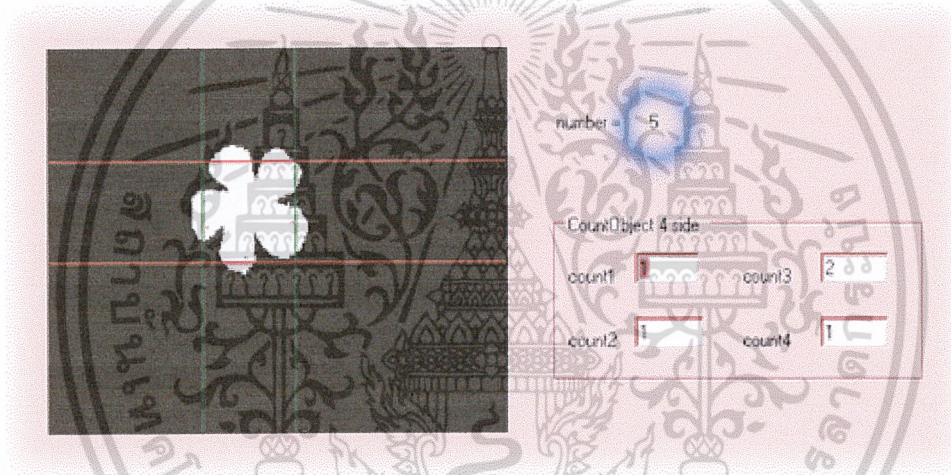
จากการทดลองนับกลีบมังคุดจำนวน 100 ลูก สามารถนับจำนวนกลีบได้ถูกต้อง 64 ลูก เนื่องจากความไม่เท่ากันของระดับความเข้มสีทั้งในส่วนกลีบและผิวมังคุด ทำให้ภาพที่ได้จากการหาขีดเริ่มเปลี่ยนอาจมีน้อยสัปดาห์อยู่เล็กน้อย ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวนกลีบมังคุด หรือแม้แต่มังคุดผลเดียวกัน ถ้าเกิดวางมังคุดเรียงมากเกินไปก็จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้เช่นกัน

### 6.3 ผลการนับกลีบมังคุดด้วยวิธีที่ 2

เมื่อทำการกำหนดขอบเขตที่มีค่าแตกต่างกัน จะทำให้ผลที่ได้ในการนับจำนวนกลีบมังคุดมีค่าแตกต่างกันด้วย เนื่องจากการที่กลีบมังคุดมีความเหลื่อมล้ำกันระหว่างขอบเขต จึงทำให้เกิดความผิดพลาดของโปรแกรมในการนับจำนวนกลีบที่ซ้ำซ้อนกัน ทำให้ผลที่ได้มีค่ามากกว่าความเป็นจริง ส่วนการที่กลีบมังคุดไม่มีการเหลื่อมล้ำระหว่างขอบเขต จะทำให้สามารถวัดจำนวนกลีบมังคุดที่แน่นอนได้ ดังรูปที่ 6.2



(ก)



(ข)

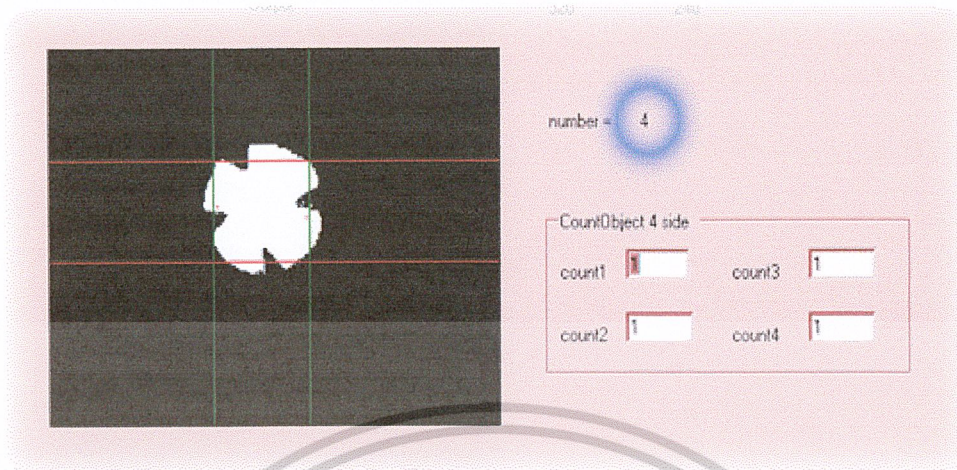
รูปที่ 6.2 ผลการนับกลีบมังคุดด้วยวิธีที่ 2

จากรูปที่ 6.2(ก) และ 6.2(ข) จะเห็นว่ากลีบของมังคุดแต่ละกลีบไม่มีการเหลื่อมล้ำขอบเขตซึ่งกันและกัน จึงทำให้สามารถนับจำนวนกลีบมังคุดได้ 5 กลีบพอดี ซึ่งจะสังเกตได้ว่าจะไม่เกิดความผิดพลาดขึ้น

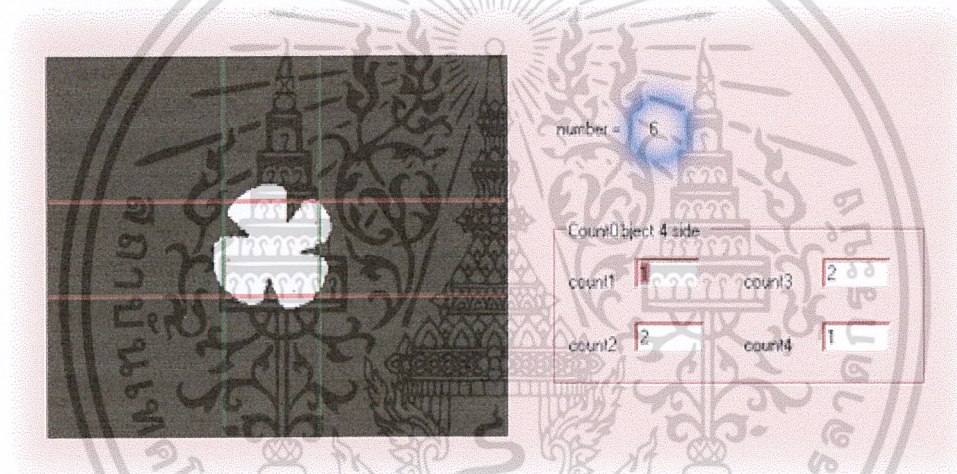
ในขณะที่รูปที่ 6.2(ค) ถึงแม้ว่าจะสามารถนับจำนวนกลีบมังคุดได้ 4 กลีบ แต่จะต้องมีการประมวลผลข้อมูลถึง 2 ครั้งจึงจะทำให้สามารถนับได้ โดยในครั้งที่ 2 จะมีการกำหนดขอบเขตขึ้นมาใหม่เพื่อให้การประมวลผลครั้งที่ 2 ไม่เกิดการเหลื่อมล้ำระหว่างขอบเขตซึ่งกันและกัน

จากรูปที่ 6.2(ง) จะเห็นว่าไม่สามารถนับจำนวนกลีบมังคุดที่ถูกต้องได้ เนื่องจากเกิดการเหลื่อมล้ำระหว่างขอบเขตอย่างเห็นได้ชัด จึงทำให้ผลที่ได้มีค่ามากกว่าความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)



(ง)

รูปที่ 6.2 ผลการนับกลีบมังคุดด้วยวิธีที่ 2 (ต่อ)

จากการทดลองนับกลีบมังคุดประดิษฐ์จำนวน 100 ลูก สามารถนับจำนวนกลีบได้ถูกต้อง 71 ลูก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การกำหนดขอบเขตในการนับภาพ ต้องกำหนดขอบเขตที่มีขนาดไม่ใหญ่เกินไปหรือเล็กเกินไป และการหาขีดเริ่มเปลี่ยนซึ่งอาจมีน้อยสัปะปนอยู่เล็กน้อยทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวนกลีบมังคุด หรือแม้แต่มังคุดลูกเดียวกัน ถ้ามีลักษณะในการวางมังคุดที่แตกต่างกัน ผลที่ได้จะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 6.4 สรุปผลการนับถือนับมั่งคุด

การนับถือนับมั่งคุดยังมีข้อจำกัดอยู่พอสมควร เนื่องจากความไม่เท่ากันของระดับความเข้มแข็งในส่วนถือนับและถือนับมั่งคุด ทำให้การนับถือนับมั่งคุดยังมีความผิดพลาดอยู่บ้าง อย่างไรก็ตาม ไรท์ดีวิธีการนับถือนับมั่งคุดทั้งสองวิธีจะเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการนับถือนับมั่งคุดต่อไป

ในบทต่อไปจะกล่าวถึงผลการทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ซึ่งมีการทำงานที่ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 7 ผลการทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

การทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ส่วนสายพานลำเลียง ส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุม ส่วนคัดแยก มังคุด ซึ่งต้องทำงานเกี่ยวเนื่องกัน โดยการทำงานของส่วนสายพานลำเลียงและส่วนคัดแยกมังคุด จะถูกควบคุมโดยส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุม ซึ่งจะถูกควบคุมโดยส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมอีกทีหนึ่ง

### 7.1 ผลการทดสอบส่วนสายพานลำเลียง

เมื่อส่งคำสั่งจากซอฟต์แวร์ควบคุมไปยังส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุม สายพานลำเลียงจะทำการ เลื่อน และเมื่อนำวัตถุมายังเซ็นเซอร์แสงที่ติดตั้งอยู่ในส่วนรับภาพ สายพานลำเลียงจะหยุดเลื่อน แต่ในบางกรณีเซ็นเซอร์มีความไวต่อแสงมาก จึงทำให้สายพานหยุดเลื่อนเนื่องจากมีแสงจาก ภายนอกไปตกกระทบเซ็นเซอร์ สามารถแก้ไขได้โดยทำการปรับเซ็นเซอร์และควบคุมแสง

### 7.2 ผลการทดสอบส่วนคัดแยกมังคุด

เมื่อส่งคำสั่งจากซอฟต์แวร์ควบคุมไปยังส่วนฮาร์ดแวร์ควบคุม แขนบีดจะทำการปิดไป ตามทิศทางตามที่ต้องการ เมื่อแขนบีดเลื่อนไปจนถึงสวิทช์ตรวจสอบ แขนบีดจะหยุดเลื่อนและเมื่อ ส่งคำสั่งให้เลื่อนไปในทิศทางตรงกันข้าม แขนบีดก็จะให้ผลการทำงานเช่นเดียวกัน แต่การทำงานของ แขนบีดจะทำงานได้เฉพาะเมื่อสายพานลำเลียงหยุดนิ่งเท่านั้น เนื่องจากการเขียนคำสั่งในส่วน ของซอฟต์แวร์ควบคุม เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ นอกจากนี้ ในบางครั้งผลไม่มีน้ำหนักมาก ทำให้แขนบีดเกิดการติดขัดได้

### 7.3 สรุปผลการทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ต่างๆสามารถทำงานร่วมกันได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยสามารถคัดขนาดมังคุดและส้ม สายน้ำผึ้งได้ 8 ผลต่อ 1 นาที อย่างไรก็ตาม ต้องระวังปัญหาเรื่องการติดขัดของแขนบีด เพราะอาจ ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้ ซึ่งต้องทำการปรับปรุงและแก้ไขต่อไป

ในบทต่อไปจะกล่าวสรุปความคืบหน้าของงานวิจัย และปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 8 บทสรุป

### 8.1 สรุปผลการพัฒนางานวิจัย

จากการจำลองและการทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดขนาดมัจจุด้วยวิธีการประมวลผลภาพนี้ เราได้ทำการสร้างเครื่องคัดแยกมัจจุเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบกลไกการทำงาน ในขณะที่เดียวกันก็ได้ศึกษาและเลือกใช้วิธีการประมวลผลภาพ เพื่อนำมาใช้ในการคัดขนาดมัจจุ และยังได้ทดสอบคัดขนาดผลไม้ชนิดอื่น ได้แก่ ส้มสายน้ำผึ้งและมะเขือเทศท้อ ซึ่งให้ผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และจะเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

### 8.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการพัฒนางานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในระหว่างการค้าเนมีการจะมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งทำให้ระบบทำงานได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพตามที่คาดหวังไว้ ซึ่งได้แบ่งปัจจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

#### 8.2.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์

- การใช้พาวเวอร์ซัพพลายเพียงตัวเดียวแต่อุปกรณ์ต่างๆต้องการระดับแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันไป ทำให้เกิดความยุ่งยากในการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์
- อุปกรณ์บางตัวทนกระแสไฟฟ้าได้ไม่มาก จึงเป็นเหตุให้เกิดการไหม้และเสียหายบ่อยครั้ง
- การกระชากของไฟฟ้าทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหายบ่อยครั้ง
- ในส่วนของรางนั้นมีโซ่เป็นองค์ประกอบหลัก การใช้โซ่เส้นคู่หนึ่ง หากวางตำแหน่งของเฟืองไม่ตรงกัน จะเป็นผลให้โซ่เกิดการขัดกันเอง เป็นการเพิ่มภาระให้มอเตอร์ จนในบางครั้งอาจทำให้มอเตอร์ช้ำลงจนถึงหยุดนิ่ง และทำให้มอเตอร์ไหม้ได้
- การควบคุมแสงสว่าง ต้องติดตั้งหลอดไฟให้เหมาะสมโดยปรับทิศทางของแสงให้เกิดเงา น้อยที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเมื่อนำภาพถ่ายไปประมวลผล
- การเขียนชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีข้อผิดพลาด

#### 8.2.2 ส่วนของซอฟต์แวร์

- การเลือกกล้องเพื่อถ่ายภาพแล้วนำไปประมวลผลนั้น ต้องใช้กล้องที่มีความละเอียดเพียงพอ และให้ภาพไม่มีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไป ถ้าภาพมีขนาดใหญ่จะทำให้ใช้เวลาในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมวลผลภาพนาน หรือถ้าภาพมีขนาดเล็กเกินไปทำให้เกิดความผิดพลาด (error) ในการประมวลผลสูง

- ปัญหาในการกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลภาพ เนื่องจากว่ามีจุดแต่ละจุดมีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้ในการประมวลผลภาพแต่ละครั้ง เช่น การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ต้องใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่แตกต่างกัน
- โปรแกรมในการรับภาพและโปรแกรมควบคุมมีความซับซ้อนและทำงานแยกจากกัน ทำให้มีปัญหาเมื่อนำโปรแกรมทั้งสองมารวมกัน โดยการควบคุมมีความซับซ้อนมากขึ้น และการทำงานช้าจะลง

### 8.3 แนวทางการพัฒนางานวิจัยขั้นต่อไป

1. แก้ไขอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ให้มีความทนทานต่อการกระชากของไฟฟ้ามากขึ้น
2. ปรับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างๆให้ทำงานร่วมกันได้อย่างราบรื่น
3. แก้ไขชุดคำสั่งที่ใช้ในการประมวลผลภาพให้ทำงานเร็วขึ้น
4. คิดค้นวิธีการใหม่ๆในการคัดขนาดมิงจุดและผลไม่ชนิดอื่นๆ

## บรรณานุกรม

- [1] การกำหนดมาตรฐานพีช , กรมวิชาการเกษตร , กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.  
<http://www.doa.go.th/data-agri/MANSTEEN/7stand/stand01.html>.
- [2] ความรู้เบื้องต้นและหลักการ Step Motor ตอนที่1 ,  
<http://www.thaiio.com/Hardware-cgi/hardware.cgi?0008>.
- [3] สุมาลี รุ่งเรือง, อ่ำพล หอมปลี้ม, เครื่องคัดมั่งคุดแบบ Greefa Size , ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2539.
- [4] โกสิทธิ์ บุญทอง, ชัชชัย ฉัตรบรรยง , ชีระพงษ์ กิตติรัตนกร , อมร จิตต์พลุกุศล , เครื่องคัดขนาดมั่งคุดแบบรางขยาย , ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2541.
- [5] กาญจนาน ชัชธำรงชัย , ขวัญชัย เกตุทอง , คันธรส ตำนคอนสกุล , วรวิทย์ พงศ์ชัยศรีกุล , เครื่องคัดขนาดมั่งคุดแบบดุกกถึงคัดขนาด , ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.
- [6] Rafael C. Gonzalez , Richard E. Woods , Digital Image Processing , Prentice-Hall Inc. 2002.

## ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรม Matlab

```
%=== Clear ===  
close all;  
clear all;  
clc;  
  
%=== Open Files ====  
fid = fopen('mangosteen1.raw');  
img = fread(fid,[320,240]);  
fclose(fid);  
img = img';  
  
%=== Averaging Filter ===  
M_size = 3;  
A_mask = ones(M_size);  
A_mask = A_mask * 1/(M_size^2); % Averaging mask  
A_result = conv2(img,A_mask,'same');  
  
%=== Laplacian Filter ===  
L_mask2 = [-1 -1 -1;-1 8 -1;-1 -1 -1]; % Laplacian mask -1 8 -1  
L_mask1 = [0 -1 0;-1 4 -1;0 -1 0]; % Laplacian mask -1 4 -1  
L_result1 = conv2(img,L_mask1,'same');  
L_result2 = conv2(img,L_mask2,'same');  
  
%=== Laplacian after Averaging =====  
L_result3 = conv2(A_result,L_mask1,'same');  
L_result4 = conv2(A_result,L_mask2,'same');  
  
%=== Gaussian Filter ===  
sigma = 2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

min = -((M_size-1)/2);
max = -min;
row = [min:max];
column = row;
for i=1:M_size
    for j=1:M_size
        G_mask(i,j) = exp( -(row(i)^2 + column(j)^2)/(2*sigma^2));
    end
end
nor_const = sum(sum(G_mask));
G_mask = G_mask/nor_const; % Gaussian mask
G_result = conv2(img,G_mask,'same');

%=== Laplacian of Gaussian ===
LOG_result1 = conv2(G_result,L_mask1,'same');
LOG_result2 = conv2(G_result,L_mask2,'same');

%=== Thresholding ===
T = 40; % Threshold value
Im_size = size(img); % Find Size of image
for i = 1:Im_size(1) % For Loop
    for j = 1:Im_size(2)
        if(img(i,j)> T)
            T_result(i,j) = 255; % Compare Gray-level with Threshold value
        else
            T_result(i,j) = 0;
        end
    end

    if(img(i,j)> 80) % Threshold = 80
        T_result2(i,j) = 255;
    end
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
    T_result2(i,j) = 0;
end
if(img(i,j)> 100) % Threshold = 100
    T_result3(i,j) = 255;
else
    T_result3(i,j) = 0;
end
if(img(i,j)> 130) % Threshold = 130
    T_result4(i,j) = 255;
else
    T_result4(i,j) = 0;
end
end
end

%=== Gradient Operator ===
Pgx_mask = [1 1 1;0 0 0;-1 -1 -1]; % Prewitt Gx mask
Pgy_mask = [-1 0 1;-1 0 1;-1 0 1]; % Prewitt Gy mask
Sgx_mask = [1 2 1;0 0 0;-1 -2 -1]; % Sobel Gx mask
Sgy_mask = [-1 0 1;-2 0 2;-1 0 1]; % Sobel Gy mask
Px_result = conv2(img,Pgx_mask,'same');
Py_result = conv2(img,Pgy_mask,'same');
P_result = abs(Px_result) + abs(Py_result); % Prewitt |Gx| + |Gy|
Sx_result = conv2(img,Sgx_mask,'same');
Sy_result = conv2(img,Sgy_mask,'same');
S_result = abs(Sx_result) + abs(Sy_result); % Sobel |Gx| + |Gy|

%=== Display all results ===
%=== Display Threshold results ===

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

figure;
subplot 331, colormap(gray(256)), image(img),axis off, title(['Original']);
subplot 332,image(T_result),axis off, title(['Threshold = ' int2str(T)]);
subplot 333,image(T_result2),axis off, title(['Threshold = ' int2str(80)]);
subplot 334,image(T_result3),axis off, title(['Threshold = ' int2str(100)]);
subplot 335,image(T_result4),axis off, title(['Threshold = ' int2str(130)]);

```

```
%=== Display Gradient Results ===
```

```

figure;
subplot 331,colormap(gray(256)),image(img),axis off, title('Original');
subplot 334,image(Px_result),axis off,title('Prewitt X axis');
subplot 335,image(Py_result),axis off,title('Prewitt Y axis');
subplot 336,image(P_result),axis off,title('Prewitt XY axis');
subplot 337,image(Sx_result),axis off,title('Sobel X axis');
subplot 338,image(Sy_result),axis off,title('Sobel Y axis');
subplot 339,image(S_result),axis off,title('Sobel XY axis');

```

```
%=== Display Laplacian Results ===
```

```

figure;
subplot 331,colormap(gray(256)),image(img),axis off, title('Original');
subplot 332,image(L_result1),axis off, title('Laplacian [-1 4 -1]');
subplot 333,image(L_result2),axis off, title('Laplacian [-1 8 -1]');
subplot 335,image(L_result3),axis off, title('[-1 4 1] after Averging');
subplot 336,image(L_result4),axis off, title('[-1 8 -1] after Averging');
subplot 338,image(LOG_result1),axis off, title('Laplacian of Gaussian');
subplot 339,image(LOG_result2),axis off, title('Laplacian of Gaussian');

```

```
%=== Test =====
```

```
%=== Gradient of Gaussian ===
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Px_result2 = conv2(G_result,Pgx_mask,'same');  
Py_result2 = conv2(G_result,Pgy_mask,'same');  
P_result2 = abs(Px_result2) + abs(Py_result2);  
Sx_result2 = conv2(G_result,Sgx_mask,'same');  
Sy_result2 = conv2(G_result,Sgy_mask,'same');  
S_result2 = abs(Sx_result2) + abs(Sy_result2);
```

figure;

```
subplot 331,colormap(gray(256)),image(P_result2),axis off, title('Original');  
subplot 332,image(S_result2),axis off, title('Original');
```

% Gradient of Gaussian gives the similar results with LOG.

% We are still unable to separate mangosteen from background.

