



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตรวจสอบคุณภาพของกุ้งด้วยทัศนจักร  
Machine Vision for Detect Quality of Shrimps

นายปิติเขต สุรักษา

นางพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

นางสาวปัทมณิการ์ เรณูพิพัฒน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ฯ ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH  
๖15๓  
2555

b. 12619085  
i. ....

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 137292  
วันที่..... 22 ต.ค. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การตรวจสอบคุณภาพกึ่งด้วยทัศนจักร

แหล่งเงิน เงินรายได้สถาบัน

ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๕

ระยะเวลาทำการวิจัย ๑ ปี

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน ๗๒,๐๐๐ บาท

ตั้งแต่ ๓๑ สิงหาคม ๒๕๕๕ ถึง ๓๐ กันยายน ๒๕๕๕ /

หัวหน้าโครงการ

1. นายปิติเชต สุรักษา (หัวหน้าโครงการ) สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
2. นางพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ (ผู้ร่วมโครงการ) สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
3. นางสาวปณิการ์ เรณูพิพัฒน์ (ผู้ร่วมโครงการ) สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอวิธีการตรวจจับกึ่งดิบขาที่มีขาชนิดแปลกเปลือกและไว้หาง โดยการหาคุณลักษณะเด่นทางโครงสร้างด้วยวิธี Fourier Descriptor เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับ จึงได้ทำการหาคุณลักษณะเด่น เฉพาะบริเวณลำตัวด้านในของกึ่งซึ่งเป็นส่วนที่บ่งชี้ชัดเจนระหว่างกึ่งที่มีขา กับไม่มีขา ได้ใช้สัมประสิทธิ์จำนวน 11 ค่า ซึ่งเป็นการอธิบายเส้นรอบขอบ (Boundary) ของลำตัวด้านในกึ่ง จากนั้นนำเวกเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากกึ่งไม่มีขามาหาค่า vector norm เพื่อนำมาวิเคราะห์ในการหาค่าขีดแบ่ง (Thresholding) ซึ่งวิธีการนี้ให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับ (DSR: Detection Success Rate) สูงกว่า 97% จากจำนวนภาพทั้งหมด 130 ภาพทดสอบ

คำสำคัญ : ทัศนจักร, การประมวลผลภาพ, การคัดแยก, กึ่งขา

**Research Title:** Machine Vision for Detect Quality of Shrimps

**Researcher:** Pitikhate Sooraksa (Team Leader), Pimpen Pornchaloempong, and Pannikar Renupipat

**Faculty:** Engineering

**Department:** Computer Engineering and Food Engineering

### ABSTRACT

This research proposes the method of detection Raw White Shrimp's leg (*Penaeus vannamei*) by finding distinctive structural characteristic (Contour) using Fourier Descriptor in order to increase the effectiveness of detection. As a result, the distinctive characteristic is sought at the area of shimp's inside feature that can classify shimp with legs and with no leg clearly. Eleven values of coefficient was used to explain the boundary of shrimp's inside feature. Subsequently, coefficient of vector obtained from shrimp with no leg was calculated to find vector norm for analysis and thresholding. This method provides DSR (Detection Success Rate) higher than 97% from all 130 images used for testing.

**Keywords:** Classify, Shrimp, Fourier Descriptor

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกท่านดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาผู้ให้กำเนิด เลี้ยงดู และคอยเป็นกำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่ให้ความรู้ ข้อคิด ตลอดจนคำแนะนำดีๆ แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน), CPF ที่เอื้อเฟื้อตัวอย่างกึ่งที่มีความผิดปกติและข้อมูลเพื่อทำการวิจัย

ขอขอบคุณ นายพิเชฐ คุณากรวงศ์, นายปพน พจี, นางสาวสุวีรา วอนวงษ์ และนางสาวสุดธิดา โปธิน้อย และทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา ตลอดจนกำลังใจ และการสนับสนุนในการทดลองงานวิจัยนี้ จนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

รศ.ดร. ปิติเขต สุรักษา

ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

นางสาว ปัทมณีกาญ์ เรณูพิพัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
3.1 การภาพระดับสีเทา (Gray Scale).....	19
3.2 การปรับความคมชัดของภาพ (Contrast).....	19
3.3 การแปลงระบบสีจาก RGB เป็น HSV.....	20
3.4 การประมวลผลภาพเชิงสัณฐาน (Morphological Image Processing).....	20
3.5 การตัดขอบภาพเพื่อเอาเฉพาะตัวกึ่ง.....	21
3.6 การออกแบบระบบที่ศนจักร.....	23
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	25
4.1 การตรวจสอบขาของกึ่ง (Legs).....	25
4.2 การตรวจสอบเส้นกลางหลัง (Vein).....	29
4.3 การตรวจสอบเปลือกที่ยังลอกไม่หมด.....	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	36
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	36
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	36
บรรณานุกรม.....	37
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	39
ภาคผนวก.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ทั้ง 10 ค่า เปรียบเทียบระหว่างกึ่งไม่มีขา กับกึ่งที่มีขา.....	28
4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า Texture Measurement ที่คำนวณได้จากภาพกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการตัดแยกภาพ.....	30
4.3 แสดงค่าความถูกต้องที่ได้จากการคำนวณค่าเทรซโฮลด์ที่ค่าต่างๆ.....	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงภาพของการที่แสงขาวส่องผ่านแท่งปริซึม	3
2.2 แสดงภาพของแม่สีที่มีการทับซ้อนกัน	4
2.3 แสดงขั้นตอนของ Canny edge detection	5
2.4 ตัวอย่างการหาขอบภาพแบบ Canny	7
2.5 ตัวอย่างการหาขอบภาพแบบ Canny	8
2.6 ตัวอย่างภาพในการกร่อน	9
2.7 ตัวอย่างภาพที่ทำการเปิด (Opening)	9
2.8 แสดงการหาขนาดของเวกเตอร์ 2 มิติ	11
2.9 ภาพที่มีระดับสีเทา 3 ค่า	12
2.10 จุดภาพข้างเคียงในมุม $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ และ $135^\circ$ ในระยะห่างต่างๆ	13
2.11 ทิศทางของแกน x และแกน y	13
2.12 ตัวอย่างการคำนวณ GLCMs ที่มีค่าระยะห่างมีค่า $d=1$ และมุม $\theta$ เท่ากับ $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ และ $135^\circ$	14
3.1 ตัวอย่างของกึ่งที่ใช้ทดสอบการประมวลผลภาพ กึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งไม่มีขา (ขวา)	19
3.2 แถว (ROW) ที่จะใช้เป็นแกนอ้างอิงในการตัดขอบเขตด้านบนสุด และขอบเขตด้านล่างสุด (แสดงด้วยเส้นทึบสีขาว) ของภาพที่ต้องการตัดเฉพาะตัวกึ่ง	21
3.3 ภาพที่ได้หลังจากการตัดขอบเขตด้านบนสุดและขอบเขตด้านล่างสุดแล้ว	22
3.4 ขอบเขตด้านซ้ายสุดและขอบเขตด้านขวาสุด (แสดงด้วยเส้นทึบสีขาว)	22
3.5 แสดงภาพของตัวกึ่งที่ได้หลังจากทำการครอบตัดแล้ว	22
3.6 แสดงภาพส่วนของตัวเครื่องที่คนจักรและอุปกรณ์	23
3.7 แสดงภาพจอส่วนติดต่อผู้ใช้งาน	24
4.1 แสดงภาพต้นฉบับของกึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีขา (ขวา)	25
4.2 ภาพที่ได้จากการเป็นเกรสเกลของภาพกึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีขา (ขวา)	25
4.3 แสดงภาพที่ได้จากการเบลอภาพกึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีขา (ขวา)	25
4.4 แสดงภาพที่ได้จากการหาขอบของภาพกึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีขา (ขวา)	26
4.5 แสดงภาพที่ได้จากการขยายเส้นขอบของภาพกึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีขา (ขวา)	26
4.6 แสดงภาพที่ได้หลังจากทำ Segmentation ของภาพกึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีขา (ขวา)	26
4.7 แสดงภาพของกึ่งที่ได้จากการครอบตัดเฉพาะส่วนของตัวกึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีขา (ขวา)	26
4.8 แสดงภาพของกึ่งที่เลือกตัดเฉพาะส่วนตัวด้านในของกึ่งมีขา (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีขา (ขวา)	27
4.9 กราฟแสดงค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ 10 ค่า (กึ่งไม่มีขา)	27
4.10 กราฟแสดงค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ 10 ค่า (กึ่งที่มีขา)	27
4.11 แสดงกราฟรวมที่ได้จากการหาค่าคุณลักษณะเวกเตอร์นอร์ม	28
4.12 แสดงภาพตัวอย่างกึ่งที่มีเส้นกลางหลัง (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง (ขวา)	29

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.13 แสดงภาพตัวอย่างกึ่งที่มีเส้นกลางหลัง (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง (ขวา) หลังจากทำแบ่งส่วนของภาพแล้ว (Segmentation).....	29
4.14 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Cluster Prominence ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง.....	30
4.15 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Cluster Shade ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง.....	31
4.16 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Dissimilarity ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง.....	31
4.17 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Entropy ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง.....	32
4.18 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Homogeneity ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง.....	32
4.19 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Difference Entropy ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง.....	33
4.20 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Information measure of correlation ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง.....	33
4.21 ตัวอย่างของภาพที่มีเปลือกติด.....	35
4.22 แสดงตัวอย่างของภาพที่มีได้แปลงค่าสีให้อยู่ในแกน HSV.....	35
4.23 แสดงตัวอย่างของภาพที่มีได้แปลงค่าสีให้อยู่ในแกน HSV ทั้ง 3 แกน Hue (ซ้าย) Lightness (กลาง) Saturation (ขวา).....	35

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมกุ้ง ถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากสามารถนำรายได้เข้าประเทศในแต่ละปีเป็นมูลค่าหลายหมื่นล้านบาท และยังเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมยุทธศาสตร์ของประเทศที่ถือว่ามีความสำคัญในการส่งออกของไทย โดยผลผลิตกุ้งประมาณ 87% ของผลผลิตทั้งหมด จะถูกส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศในรูปของกุ้งสดแช่เย็นแช่แข็ง กุ้งแปรรูป [5]

และเนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพของอุตสาหกรรมกุ้งแช่แข็ง โดยในขั้นตอนการตรวจเช็ค (Inspection) จะใช้การตรวจเช็คด้วยตา โดยผู้เชี่ยวชาญที่ผ่านการอบรม (ดังนั้นต้องใช้ผู้ทดสอบที่มีคุณภาพ มีความชำนาญเฉพาะ และในการตรวจสอบมีหัวข้อในการตรวจสอบอยู่หลายหัวข้อด้วยกัน เช่น การตรวจสอบการสูญเสีย น้ำของพื้นที่ผิวของกุ้งเนื่องจากการแช่แข็ง (Dehydration) , ความผิดปกติของสีกุ้ง (Color change) , มีจุดดำที่ตัวกุ้ง (Black spot) , การนับจำนวนกุ้งต่อกล่องบรรจุภัณฑ์ ซึ่งการตรวจสอบดังกล่าวนี้ เพื่อคัดแยกตัวกุ้งที่ตีออกจากตัวกุ้งที่มีความผิดปกติ (Defected) เพื่อใช้ในการระบุเกรดของรอบการผลิตครั้งนั้นๆ ดังนั้น โอกาสที่จะมีตัวกุ้งหรือสินค้าซึ่งมีคุณภาพไม่ผ่านการตรวจเช็คหลุดออกไป และจุดอ่อนที่สำคัญที่สุดในการควบคุมคุณภาพลักษณะนี้ ก็คือ การตรวจเช็คจะทำก็ต่อเมื่อตรวจสอบตัวกุ้งเสร็จแล้ว ดังนั้นหากตรวจพบความผิดพลาดที่มีระดับต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ที่จะยอมรับได้ รอบการผลิตครั้งนั้นๆ ก็จะถูกตีกลับ ซึ่งจะส่งผลเสียให้แก่อุตสาหกรรมการส่งออก

สาเหตุหลักเนื่องจากผู้ทดสอบไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัส ในการประเมินผลิตภัณฑ์ได้ต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากเกิดอาการล้าและเนื่องจากอิทธิพลของความเคยชินและจำเจต่องานในการทำหน้าที่วิเคราะห์ ก็อาจทำให้ผลวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้ แม้ว่าการทดสอบซ้ำๆ อาจจะสร้างประสบการณ์ให้กับผู้ทดสอบ แต่เห็นได้ชัดเจกว่าอิทธิพลของความเคยชิน จะลดความไวในการวิเคราะห์ลง

ดังนั้น จากเหตุผลข้างต้นนี้ทำให้การตรวจสอบคุณภาพของกุ้งและรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง หนึ่งในขั้นตอนของการตรวจสอบคุณภาพคือการตรวจสอบความเรียบร้อยของสภาพรอบนอกโดยรูปแบบการตรวจสอบในขั้นตอนนี้ โดยทั่วๆ ไปแล้วใช้การตรวจสอบโดยการมองด้วยตา ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผู้เชี่ยวชาญจำนวนมากในขั้นตอนการตรวจสอบนี้ อย่างไรก็ตามถึงแม้จะเป็นการตรวจสอบโดย ผู้เชี่ยวชาญก็ยังมีผลผิดพลาดได้เนื่องจากข้อจำกัดของการทำงานโดยมนุษย์ ซึ่งก็คือการเหนื่อยล้า เนื่องจากการตรวจสอบด้วยตา เพื่อตรวจสอบตำหนิบนตัวกุ้ง ย่อมก่อให้เกิด ความเบื่อหน่ายในการทำงานที่ซ้ำๆ ดังนั้นระบบการควบคุมคุณภาพแบบอัตโนมัติจึงเป็นหนทางหนึ่งที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังลดต้นทุนในการว่าจ้างบุคคลเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของกุ้งอีกด้วย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อการพัฒนาการใช้งานของทัศนจักร (Machine vision) ในการตรวจสอบคุณภาพของกุ้งเพื่อการส่งออกของไทย

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการตรวจสอบคุณภาพของกังชาว-ดิบ เพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้การตรวจสอบของมนุษย์

### 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ค้นคว้าเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาเอกสารและข้อมูลที่รวบรวมได้
3. ออกแบบระบบที่คนจักร และเตรียมอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง
4. ทดสอบวิธีคิด (Algorithm) และสร้างโปรแกรมประยุกต์
5. ออกแบบเครื่องต้นแบบ(รูปแบบการทำงานเป็นรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ)
6. สร้างเครื่องต้นแบบ
7. ทดสอบระบบที่ได้ออกแบบด้วยการทดลองใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม
8. ปรับปรุงแก้ไขระบบเพื่อให้ผลที่ดียิ่งขึ้น
9. สรุปผล เขียนรายงาน

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อการประยุกต์ใช้ระบบการมองเห็นหรือที่คนจักร ในการตรวจสอบคุณภาพกัง
2. เพื่อลดต้นทุนจากการว่าจ้างแรงงานคน ที่ใช้ในการตรวจสอบ
3. เพื่อเผยแพร่ผลงานเชิงประยุกต์โดยแนวทางใหม่
4. เพื่อศึกษาอัลกอริทึมในการตรวจจับความผิดปกติของกังด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

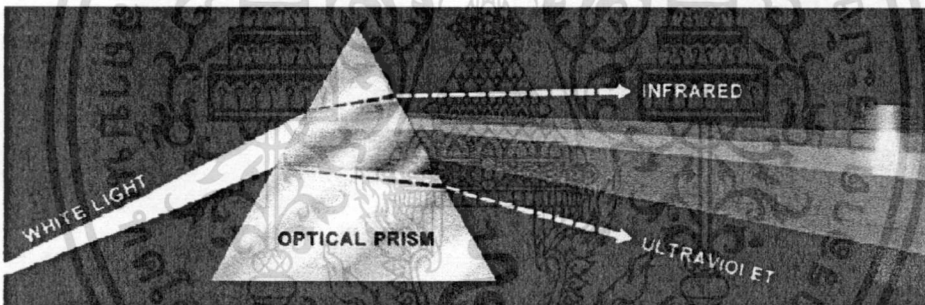
## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 ทฤษฎีสี (Color Model)

สิ่งต่างๆที่มนุษย์มองเห็นได้เป็นสีต่างๆเกิดจากการที่แสงจากแหล่งกำเนิดวิ่งไปตกกระทบแล้วสะท้อนกลับเข้าตาผู้สังเกตจึงสามารถมองเห็นวัตถุต่างๆมีสีได้ เมื่อมีการทำงานที่เกี่ยวข้องกับความซับซ้อนจึงเกิดขึ้น เพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับสีจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดระบบ และรูปแบบให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อการสื่อสารระหว่างกันได้ โดยรูปแบบที่กำหนดขึ้นมานี้เรียกว่า รูปแบบของสี (Color Model) ซึ่งมีการใช้และยอมรับกันแพร่หลายอยู่ 4 แบบด้วยกัน ได้แก่

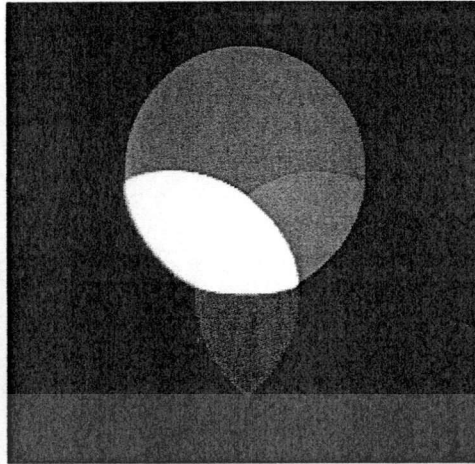
- ทฤษฎีแบบ HSI
- ทฤษฎีแบบ RGB
- ทฤษฎีแบบ CMYK
- ทฤษฎีแบบ LAB
- แต่ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้มีแค่ 1 รูปแบบ คือ ทฤษฎีแบบ RGB



ภาพที่ 2.1 แสดงภาพของการที่แสงขาวส่องผ่านแท่งปริซึม

ที่มา : Digital Image Processing (2<sup>nd</sup> Edition), Rafael C. Gonzalez and Richard E. Wood, 2002

รูปแบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง ที่เกิดจากการหักเหของแสงสีขาวผ่านแท่งแก้วปริซึม ดังที่แสดงในภาพที่ 1 ซึ่งทำให้เกิดแถบสีรุ้ง (Spectrum) ซึ่งมี 7 สี ได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง โดยสามารถจัดเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งอยู่ในช่วงที่ตาคนเราสามารถมองเห็นได้ และเมื่อศึกษาลึกลงไปจะพบว่าสีทั้งหมดเกิดจากการผสมของสี 3 สี คือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว จึงถือได้ว่าทั้งสามสีนี้เป็นแม่สีของแสง ซึ่งคนเรานำเอาคุณสมบัติเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ทั่วไป เช่น ในภาพวิดีโอ โทรศัพท์จอคอมพิวเตอร์ ฯลฯ



ภาพที่ 2.2 แสดงภาพของแม่สีที่มีการทับซ้อนกัน

ที่มา : Color Theory for Digital Displays: A Quick Reference: Part II, Pabini Gabriel-Petit, 2006

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อแม่สีมีการทับซ้อนกัน (Color Overlap) จะเกิดสีใหม่ขึ้น เรียกสีแบบนี้ว่า แม่สีแบบบวก (Additive Color) การแปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพสีแบบอื่น (RGB Conversion) การแปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพระดับสีเทา การแปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพระดับเทานั้น สามารถทำได้โดยใช้ สมการที่ 1 ดังนี้

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมาย ดังนี้

I คือ จุดภาพหนึ่งๆ ของรูปภาพระดับเทา

R คือ จุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีแดง ของรูปภาพสีแบบ RGB

G คือ จุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีเขียว ของรูปภาพสีแบบ RGB

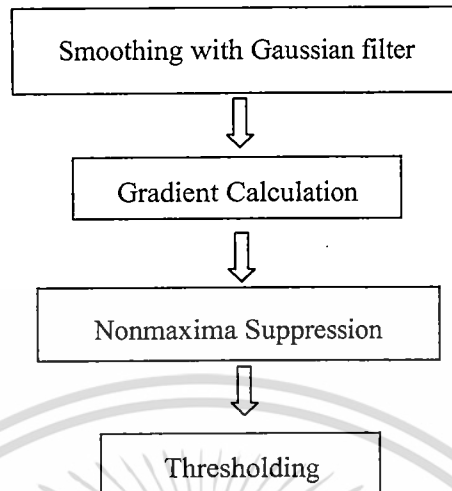
B คือ จุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีน้ำเงิน ของรูปภาพสีแบบ RGB

### 2.1.2 การหาขอบ (Edge Detection)

การหาขอบภาพ คือการหาเส้นรอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ ซึ่งเมื่อทราบเส้นรอบวัตถุ เราสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมากมายเช่น การหาของวัตถุ หรือรู้จำชนิดของวัตถุ อย่างไรก็ตามการหาขอบของภาพที่สมบูรณ์เป็นเรื่องที่จำเป็น โดยเฉพาะการหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำ ภาพที่มีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังน้อย หรือภาพที่มีความสม่ำเสมอทั้งภาพ

ขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จากค่าความต่างนี้มีค่ามาก ขอบภาพก็จะเห็นได้ชัด แต่ถ้ามีความแตกต่างน้อยขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน

ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2.3 แสดงขั้นตอนของ Canny edge detection

ที่มา : การจำแนกชนิดยาเม็ดจากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคเครือข่ายประสาท, จารวี ฉันทสิทธิ์พร, 2548

การทำงานของ Canny edge detection นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้น คำนวณค่าขนาด (magnitude) และทิศทาง (orientation) ของ gradient โดยใช้การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ในถัดมา จึงใช้ nonmaxima suppression กับ gradient magnitude เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้ double thresholding algorithm เพื่อระบุพิกเซลที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบ (Green, Bill 2002 ; ION528 – Image processing algorithms 2005 ; Canny Operator Links 2005 ; Rubino, Matthew 2005) โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.1.3 Smoothing

ในขั้นตอนแรกของการหาขอบโดยอัลกอริทึมนี้จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อน โดยใช้ Gaussian filter ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้กรอบ (mask) ขนาดเล็ก ขนาดของ Gaussian mask นี้หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย้อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ Gaussian filter เป็นดังสมการที่ 2

$$S[i, j] = G[i, j, \sigma] * I[i, j] \quad (2)$$

กำหนดให้

$I[i, j]$  เป็นภาพที่ต้องการหาขอบ

$G[i, j, \sigma]$  เป็น Gaussian smoothing filter

$\sigma$  เป็น spread of the Gaussian (ควบคุมระดับของการ smoothing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3.1 Gradient Calculation

ในขั้นแรกนำ smoothing image  $S[i, j]$  มาสร้าง  $x, y$  partial derivatives  $P[i, j]$  และ  $Q[i, j]$  ตามลำดับ ดังสมการที่ 3 และ 4

$$P[i, j] \approx (S[i, j+1] - S[i, j] + S[i+1, j+1] - S[i+1, j]) / 2 \quad (3)$$

$$Q[i, j] \approx (S[i, j] - S[i+1, j] + S[i, j+1] - S[i+1, j+1]) / 2 \quad (4)$$

หลังจากนั้นนำค่า  $x, y$  partial derivatives มาคำนวณด้วยสูตรมาตรฐาน สำหรับการแปลงรูปแบบจาก rectangular ไปเป็น polar (rectangular-to-polar conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของ gradient ตามสมการที่ 5

$$M[i, j] = \sqrt{P[i, j]^2 + Q[i, j]^2}$$

$$\theta[i, j] = \arctan(Q[i, j], P[i, j]) \quad (5)$$

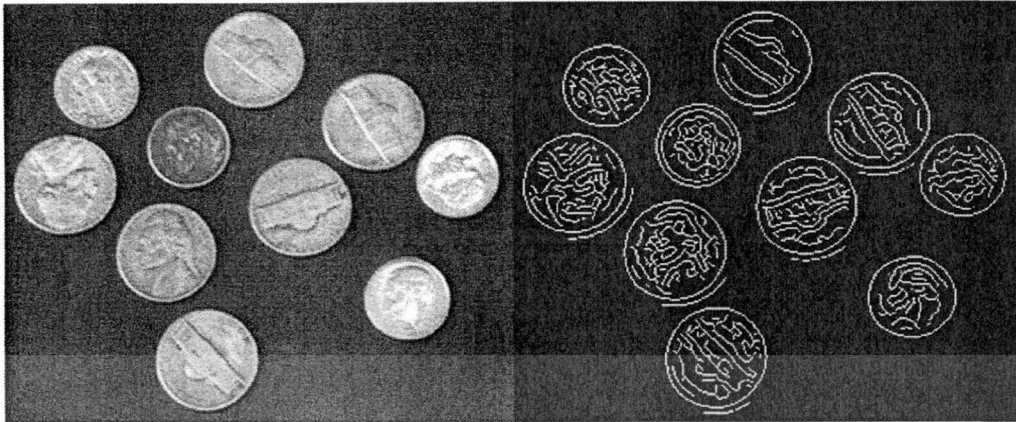
จากสมการข้างต้นจะสามารถหาค่ามุม  $\theta$  ออกมาได้เมื่อแทนค่าตัวแปรในฟังก์ชัน  $\arctan(x, y)$

### 2.1.3.2 Nonmaxima Suppression

สำหรับการหาขอบโดย Canny method จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับ gradient ด้วย ซึ่งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 พิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำ Nonmaxima Suppression จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็น local maxima points ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

### 2.1.3.3 Thresholding

แม้ว่าภาพจะผ่านการ smoothing ในขั้นตอนแรกแล้วก็ตาม ภาพที่ได้อาจยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่อันเนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่า threshold ขึ้นมา 2 ค่า คือ high threshold ( $T1$ ) และ low threshold ( $T2$ ) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า  $T1$  จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า  $T2$  จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า threshold ทั้งสอง การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ค่า  $>T1$ ) มีค่ามากกว่า  $T2$  แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างการหาขอบภาพแบบ Canny

ที่มา : Learning MATLAB Version 6, The Math Works Inc., 2001

#### 2.1.4 การประมวลผลภาพเชิงสัมพันธ์ (Morphological Image Processing)

การประมวลผลภาพเชิงสัมพันธ์เป็นวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลพื้นฐานที่สำคัญ ซึ่งช่วยในการแสดงและอธิบายส่วนประกอบต่างๆของวัตถุในภาพเช่น พื้นที่ โครงร่าง(Skelton) ส่วนเว้าและส่วนโค้ง ในการประมวลผลภาพเชิงสัมพันธ์จะใช้ทฤษฎีของเซต (Set theory) ซึ่งเป็นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการประมวลผล ในการวิจัยนี้จะใช้การประมวลผลภาพเชิงสัมพันธ์กับภาพลักษณะฐานสองเท่านั้น ตัวดำเนินการ (Operator) ที่ใช้ในการประมวลผลภาพเชิงสัมพันธ์มีดังนี้

##### 1) การขยายขนาด (Dilation)

การขยายขนาดเป็นตัวดำเนินการพื้นฐานของการประมวลผลภาพเชิงสัมพันธ์ ซึ่งใช้ในการเชื่อมวัตถุสองวัตถุที่อยู่ใกล้กัน หรือขาดออกจากกันและใช้ในการปิดรูหรือกำจัดสัญญาณรบกวน ที่เป็นจุดเล็กน้อยในภาพซึ่งเกิดจากการหาค่าขีดแบ่งในการแปลงภาพให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง การขยายขนาดจะแสดงดังสมการที่ 6

$$A \oplus B = \{z | (B)_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (6)$$

โดยที่ A เป็นภาพต้นฉบับ

B เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ดำเนินการกับภาพ

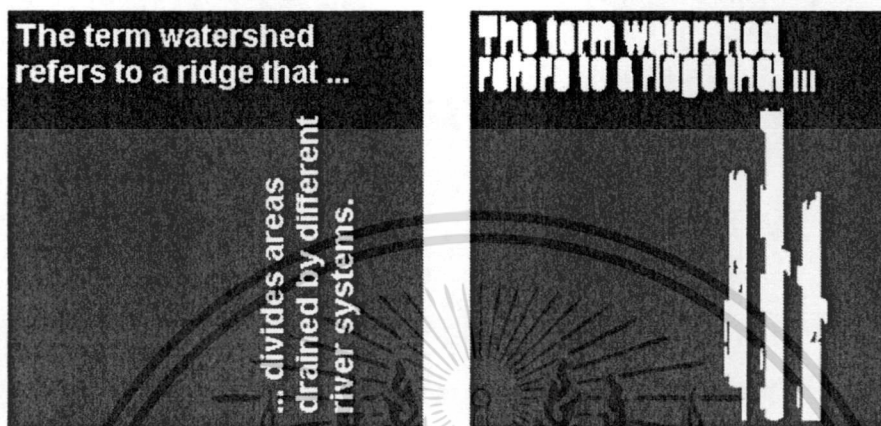
Z เป็นตำแหน่งที่ใช้ในการเลื่อนสมาชิกโครงสร้าง

B' เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ถูกพลิกกลับหัว

จากสมการที่ 8 พบว่าในการขยายขนาดจะมีสมาชิกโครงสร้าง (Structure element) มาดำเนินการกับภาพ ซึ่งจะทำการเลื่อน (Translation) สมาชิกโครงสร้างไปบนภาพโดยใช้จุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างเป็นจุดหลักแล้วทำการขยายขนาดตามสมการที่ 6 กระบวนการขยายขนาดมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) เมื่อจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างอยู่ส่วนใดๆในภาพ ซึ่งไม่อยู่ตรงบริเวณของวัตถุจะไม่ดำเนินการใดๆ และทำการเลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป
- 2) เมื่อจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับบริเวณของวัตถุจะดำเนินการด้วยตัวดำเนินการทางตรรกะ OR ระหว่างวัตถุกับสมาชิกโครงสร้าง ณ ตำแหน่งที่ตรงกับบริเวณของวัตถุ



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างภาพในการขยาย

ที่มา : Learning MATLAB Version 6, The Math Works Inc., 2001

ตัวอย่างของการขยายขนาดแสดงดังภาพที่ 5 โดยภาพที่ 5(ก) เป็นภาพต้นฉบับ ภาพที่ 5(ข) เป็นภาพที่ทำการขยายขนาดแล้ว

## 2) การกร่อน (Erosion)

การกร่อนเป็นตัวดำเนินการพื้นฐานของการประมวลผลภาพเชิงสัญญาณ เช่นเดียวกับการขยายขนาด ซึ่งใช้ในการลดขนาดวัตถุให้เล็กลง หรือใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดเล็กน้อยในภาพ การกร่อนจะแสดงดังสมการที่ 7

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \quad (7)$$

โดยที่ A เป็นภาพต้นฉบับ

B เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ดำเนินการกับภาพ

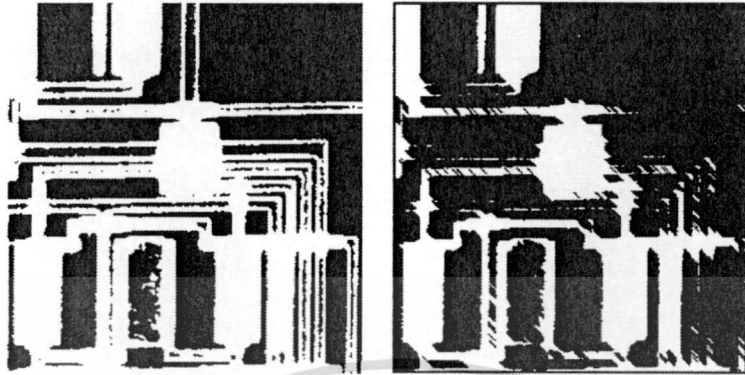
Z เป็นตำแหน่งที่ใช้เลื่อนสมาชิกโครงสร้าง

ขั้นตอนการกร่อนมีลักษณะเช่นเดียวกับการขยายขนาด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เมื่อจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างอยู่จุดใดๆ ในภาพซึ่งไม่อยู่ตรงบริเวณของวัตถุจะไม่ดำเนินการใดๆ และทำการเลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป
- 2) เมื่อจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับบริเวณของวัตถุ จะทำการพิจารณาว่าจุดภาพของวัตถุเป็นสับเซต (Subset) ของวัตถุหรือไม่ ถ้าจุดภาพตรงกันทุกจุดจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้จุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างเป็นบริเวณของวัตถุ แต่ถ้าจุดภาพไม่ตรงกันทุกจุด จะให้เป็นบริเวณพื้นหลังของวัตถุ



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างภาพในการกร่อน

ที่มา : Learning MATLAB Version 6, The Math Works Inc., 2001

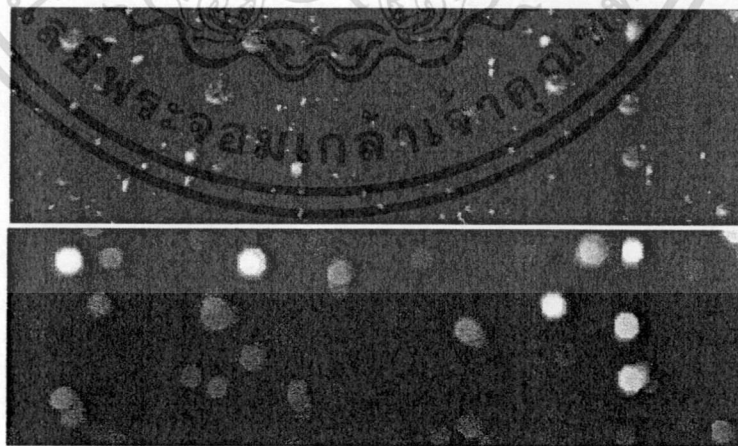
ตัวอย่างการกร่อนแสดงดังรูปที่ 6 โดยรูปที่ 6(ก) เป็นภาพต้นฉบับรูปที่ 6(ข) เป็นภาพที่ทำการกร่อนแล้ว

### 3) การเปิด (Opening)

การเปิดเป็นการนำตัวดำเนินการพื้นฐานทางการประมวลผลภาพเชิงสัมพันธ์มา รวมกัน ซึ่งใช้ในการปรับเรียบขอบที่มีลักษณะเป็นหลุมการเปิด แสดงดังสมการที่ 8

$$A \circ B = (A \oplus B) \ominus B \quad (8)$$

โดยที่ A เป็นภาพต้นฉบับ  
B เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ดำเนินการกับภาพ



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างภาพที่ทำการเปิด (Opening)

ที่มา : Learning MATLAB Version 6, The Math Works Inc., 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4) การปิด (Closing)

การปิดเป็นการนำตัวดำเนินการพื้นฐานทางการประมวลผลภาพเชิงสัมพันธ์มา รวมกันเช่นเดียวกับการเปิด ซึ่งใช้ในการปรับเรียบขอบที่มีลักษณะเป็นเนิน การปิดแสดงดังสมการที่ 9

$$A \circ B = (A \oplus B) \ominus B \quad (9)$$

โดยที่ A เป็นภาพต้นฉบับ

B เป็นสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ดำเนินการกับภาพ

## 2.1.5 การดึงลักษณะเด่น (Feature Extraction)

คือการวิเคราะห์เพื่อดึงข้อมูลภาพเฉพาะส่วนที่สนใจออกมาเป็นเวกเตอร์เพื่อนำไปเป็น ภาพอินพุตให้กับตัวคัดแยก (Classifier) ซึ่งในงานวิจัยนี้เราจะใช้ตัวอธิบายรูปร่างด้วยฟูเรียร์ (Fourier Descriptor) เนื่องจากงานวิจัยนี้ ภาพลำตัวด้านในของกิ้งมีโครงร่างเป็นเส้นโค้ง แต่ลักษณะความโค้งนั้นมี ลักษณะที่แตกต่างกันเล็กน้อยในโดเมนพื้นที่ (Spatial Domain) พอทำให้แยกกลุ่มภาพออกมาได้จึงทำให้ สนใจที่จะนำข้อมูลขอบภาพ (Contour) มาวิเคราะห์ในโดเมนความถี่ (Spectral Domain) โดยใช้ทฤษฎี การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transformation) ในการสร้างค่าการอธิบายรูปร่างด้วยฟูเรียร์

การหาค่าการอธิบายรูปร่างด้วยฟูเรียร์ เริ่มจากการหาขอบภาพของวัตถุก่อน แล้วจึง ทำการเรียงลำดับจุดภาพบนขอบภาพ ซึ่งหาได้ในลักษณะ  $x(n) = (x(n)_1, x(n)_2)$  ให้อยู่ในรูปแบบ ตัวเลขเชิงซ้อน (Complex Number) หาได้จากสมการที่ 8

$$u(n) = x_1(n) + jx_2(n) \quad (10)$$

เนื่องจากขอบภาพที่หามาได้เป็นข้อมูลแบบดิสครีต โดยกำหนดให้จุดภาพที่ต้องการ ซักตัวอย่าง (Sampling) เป็น N แล้ว สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ในโดเมนความถี่  $a(k)$  ของ  $u(n)$  ทั้ง N ค่า ด้วยทฤษฎีการแปลงฟูเรียร์แบบดิสครีต (Discrete Fourier Transform, DFT) หาได้จากสมการที่ 9

$$a(k) = \sum_{n=0}^{N-1} u(n)e^{-2\pi jkn/N} \quad (11)$$

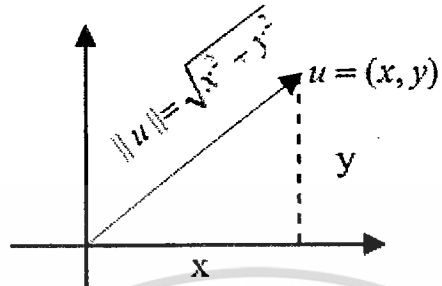
โดย  $k = 0, 1, \dots, N-1$  เรียกค่าสัมประสิทธิ์  $a(k)$  ว่าเป็นการหาตัวอธิบายรูปร่าง ด้วยฟูเรียร์ (Fourier Descriptor) การหาขนาดของ  $a(k)$  หรือการหาขนาดของจำนวนเชิงซ้อน (Complex norm) ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นค่า Magnitude หาได้จากสมการที่ 10

$$|z| = |x + jy| = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (12)$$

## 2.1.6 ยูคลิเดียนเวกเตอร์นอร์ม (Euclidean Vector Norm)

เวกเตอร์จะถูกใช้เพื่อแสดงขนาด หรือทิศทางของสิ่งต่างๆ โดยจะเขียนเป็นสัญลักษณ์

ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงการหาขนาดของเวกเตอร์ 2 มิติ

และหาค่าขนาดโดยใช้สมการที่ 13

$$\|u\| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

(13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.7 การคำนวณเนื้อภาพ (Texture Analysis)

การวัดค่าความเป็นพื้นผิว นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญในงานด้านการประมวลผลภาพ ยกตัวอย่างเช่น การตรวจสอบวัตถุด้วยลักษณะพื้นผิวถูกใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์กึ่งตัวนำ (Semiconductor) และการวัดค่าความเป็นพื้นผิวจะถูกกำหนดด้วยค่าการกระจายตัวของค่าระดับสีเทาที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน วิธีการวัดค่าความเป็นพื้นผิวถูกแยกเป็น 2 แบบคือ วิธีการทางสถิติ (Statistic methods) และวิธีการเชิงโครงสร้าง (Structural methods) โดยงานวิจัยนี้ จะอธิบายวิธีการทางสถิติเพื่อใช้ในการคัดแยกกึ่งที่มีเส้นเลือดกลางหลังจากกึ่งที่ไม่มีเส้นเลือดกลางหลัง วิธีการทางสถิติเป็นการนำค่าความเป็นพื้นผิวด้วยการกระจายของค่าระดับสีเทามาทำการพิจารณาความเป็นพื้นผิว โดยจะนำมาสร้างเป็นเมตริกซ์การเกิดร่วมกันของค่าระดับสีเทา (Gray-level co-occurrence matrix) เมตริกซ์ดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณและใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นพื้นผิวต่อไป เมตริกซ์การเกิดร่วมกันของค่าระดับสีเทา แทนด้วยเมตริกซ์  $p[i, j]$  และการกำหนดทิศทางในการนับคู่ของค่าระดับสีเทาด้วยเวกเตอร์  $d = (d_x, d_y)$  โดย  $p_d(i, j)$  เป็นจำนวนการเกิดค่าระดับสีเทาที่เกิดระหว่างพิกัด  $(x, y)$  และพิกัด  $(x + d_x, y + d_y)$  โดยที่ค่าระดับสีเทาที่พิกัด  $(x, y)$  แทนด้วยสัญลักษณ์  $I(x, y) = i$  และค่าระดับสีเทาที่พิกัด  $(x + d_x, y + d_y)$  แทนด้วยสัญลักษณ์  $I(x + d_x, y + d_y) = j$  ในเมตริกซ์  $p[i, j]$  ดังสมการที่ 16

$$p_d(i, j) = \text{number of } \{(x, y), (x + dx, y + dy)\} \in R_d \quad (16)$$

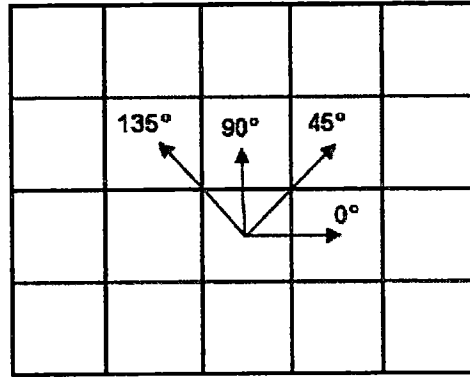
โดยสามารถยกตัวอย่างการหาเมตริกซ์การเกิดร่วมกันของค่าระดับสีเทาจากรูปที่มีค่าระดับสีเทา 3 ค่าคือ 0, 1 และ 2 ดังรูปที่ 1

0	1	2	3
2	0	1	1
3	2	0	2
1	0	3	0

ภาพที่ 2.9 ภาพที่มีระดับสีเทา 3 ค่า

กระบวนการ GLCM สามารถสร้างได้โดยการนับจำนวนคู่จุดภาพ  $(k, l)$  และ  $(m, n)$  ที่อยู่ใกล้กัน (Neighboring Cells) ที่มีระยะห่าง (Distance) ระหว่างกันเท่ากับ  $d$  และทำมุมกันเท่ากับ  $\theta$  โดยในที่นี้ เราสนใจมุมที่มีค่าเท่ากับ  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  และ  $135^\circ$  ดังภาพที่ 2.10 และ GLCMs นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (17) ถึง สมการที่ (20) ตามลำดับ โดยเครื่องหมาย # ในสมการหมายถึงค่าจำนวนหรือค่าความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 จุดภาพข้างเคียงในมุม  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  และ  $135^\circ$  ในระยะห่างต่างๆ

ในการคำนวณ GLCMs นั้นกำหนดให้

$(m, n)$  แทนจุดภาพ (pixel) บนภาพ 2 มิติใดๆ ของภาพดิจิทัล  $I$  ทิศทางของแกน  $x$  และ  $y$  แสดงดังรูปที่ 2.3



ภาพที่ 2.11 ทิศทางของแกน  $x$  และแกน  $y$

- $L_x = \{1, 2, \dots, N_x\}$  และ  $L_y = \{1, 2, \dots, N_y\}$  คือโดเมนเชิงพื้นที่ (Spatial Domain) ของ  $x$  และ  $y$  ตามลำดับโดย  $N_x$  คือ จำนวนจุดภาพในแนวแกน  $x$  และ  $N_y$  คือจำนวนจุดภาพในแนวแกน  $y$
- $L_x \times L_y$  คือ เซตของจุดภาพของภาพที่เรียงลำดับในลักษณะหลักและแถว
- $G = \{1, 2, \dots, N_g\}$  คือ เซตค่าโทนสีเทา โดยที่  $N_g$  คือ ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ในภาพ ซึ่งก็คือค่าสีที่แตกต่างกันในภาพ

ในที่นี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจโดยง่าย จะขอยกตัวอย่างภาพ  $I$  ที่มีขนาด  $4 \times 4$  จุดภาพ ที่มี  $L_x = \{1, 2, 3, 4\}$  และ  $L_y = \{1, 2, 3, 4\}$  ดังรูปที่ 2.4(ก) ตัวอย่าง GLCM เขียนได้ดังรูปที่ 2.4 (ข) และสำหรับ GLCM ที่มีค่า  $d=1$  และมุม  $\theta$  เท่ากับ  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  และ  $135^\circ$  ดังรูปที่ 2.4 (ค) – 2.4(ฉ) ตามลำดับ

0	1	2	3
2	0	1	1
3	2	0	2
1	0	3	0

(ก) ตัวอย่างภาพขนาด 4x4

ระดับค่าสีเทา (j)

ระดับ	#(0,0)	#(0,1)	#(0,2)	#(0,3)
ค่า	#(1,0)	#(1,1)	#(1,2)	#(1,3)
สีเทา	#(2,0)	#(2,1)	#(2,2)	#(2,3)
(i)	#(3,0)	#(3,1)	#(3,2)	#(3,3)

(ข) รูปแบบมาตรฐานของเมตริกซ์ร่วมสีเทาระดับสี่สำหรับ

ค่าระดับสีเทาที่ 0-3

$$\begin{pmatrix} 0 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

(ค) ค่า GLCM ที่มุม 0

$$\begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 2 \\ 4 & 2 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

(ง) ค่า GLCM ที่มุม 45

$$\begin{pmatrix} 6 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

(จ) ค่า GLCM ที่มุม 90

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 3 & 1 \\ 1 & 3 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

(ฉ) ค่า GLCM ที่มุม 135

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการคำนวณ GLCMs ที่มีค่าระยะห่างมีค่า  $d=1$  และมุม  $\theta$  เท่ากับ  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  และ  $135^\circ$

$$P(i, j, d, 0^\circ) = \# \left\{ \begin{array}{l} ((k, l), (m, n)) \in (L_y \times L_x) \times (L_y \times L_x) \\ |k - m| = 0, |l - n| = d, I(k, l) = i, I(m, n) = j \end{array} \right\} \quad (17)$$

$$P(i, j, d, 45^\circ) = \# \left\{ \begin{array}{l} ((k, l), (m, n)) \in (L_y \times L_x) \times (L_y \times L_x) \\ (k - m = d, l - n = -d) \text{ or } (k - m = -d, l - n = d), \\ I(k, l) = i, I(m, n) = j \end{array} \right\} \quad (18)$$

$$P(i, j, d, 90^\circ) = \# \left\{ \begin{array}{l} ((k, l), (m, n)) \in (L_y \times L_x) \times (L_y \times L_x) \\ |k - m| = d, |l - n| = 0, I(k, l) = i, I(m, n) = j \end{array} \right\} \quad (19)$$

$$P(i, j, d, 135^\circ) = \# \left\{ \begin{array}{l} ((k, l), (m, n)) \in (L_y \times L_x) \times (L_y \times L_x) \\ (k - m = d, l - n = -d) \text{ or } (k - m = -d, l - n = d), \\ I(k, l) = i, I(m, n) = j \end{array} \right\} \quad (20)$$

หากเปรียบเทียบกับฮิสโตแกรมของภาพ (Image Histogram) ซึ่งบ่งบอกถึงการกระจายความน่าจะเป็นของค่าโทนสีเทาของภาพแล้ว ค่า GLCM นั้นก็จะแสดงถึงความน่าจะเป็นร่วมกันระหว่างค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Joint Probability) ของคูโทนสี ณ ตำแหน่งเชิงสัมพัทธ์ (Relative Position) ที่กำหนดหนึ่งในภาพ โดยทั่วไปแล้วจะมีการสร้าง GLCMs ขึ้นมาหลายเมตริกซ์ แต่ละเมตริกซ์สำหรับค่าเชิงสัมพัทธ์ต่างๆซึ่งในที่นี้ได้กระยะห่าง  $d$  และมุม  $\theta$  ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นผิวในทิศทางต่างๆ รวมทั้งมีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นผิวในลักษณะเดียวกันแต่ต่างขนาด (Scale) โดยค่าลักษณะเด่นเชิงพื้นผิวต่างๆที่สามารถคำนวณได้จาก GLCMs นั้น เรามักจะนำเอาค่าเฉลี่ยของทุกๆ เมตริกซ์ที่หามาได้เพื่อนำมาเป็นตัวแทนของภาพ เพื่อให้เกิดความครอบคลุมข้อมูลลักษณะพื้นผิวในทุกทิศทางและกำจัดปัญหาการขึ้นต่อการหมุนของภาพ (Rotation Variant)

GLCMs นั้นมีคุณสมบัติในการบอกลักษณะการกระจายเชิงพื้นที่ของค่าโทนสีในภาพ ยกตัวอย่างเช่น หากในเมตริกซ์นั้นมีค่าจำนวนมากอยู่ในช่องแนวทแยงมุมแสดงว่าภาพมีลักษณะหยาบตามค่าระยะห่าง  $d$  ที่ใช้ในการคำนวณ เป็นต้น ข้อมูลเชิงพื้นผิวที่นำเสนอขึ้นแสดงดังสมการที่ (21) ถึง (34)

เมื่อทำการคำนวณหาค่าของเมตริกซ์การเกิดร่วมกันของค่าระดับสีเทาแล้ว การนำมาใช้ประโยชน์ในการวัดค่าความเป็นพื้นผิวโดยการใช้เครื่องมือในการวัดต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น เอนโทรปี (Entropy), พลังงาน, การวัดค่าสีที่ตัดกัน (Contrast), การวัดค่าความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) และออโตคอร์เรลชัน (Autocorrelation)

- เอนโทรปี (Entropy) เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล โดยข้อมูลที่มีการกระจุกตัวจะมีค่า เอนโทรปีที่เพิ่มมากขึ้น โดยสมการในการคำนวณเอนโทรปีจะใช้ค่าของเมตริกซ์การเกิดร่วมกันของค่าระดับสีเทา ดังสมการที่ 21

$$Entropy = -\sum_{i,j} p(i,j) \log p(i,j) \quad (21)$$

- พลังงาน (Energy) เป็นการวัดค่าของการกระจายของข้อมูล โดยบริเวณที่มีการกระจายของค่าระดับสีเทาจะมีค่าพลังงานน้อยกว่าบริเวณที่มีการกระจุกของข้อมูลคำนวณได้จากสมการที่ 22

$$Energy = \sum_{i,j} p(i,j)^2 \quad (22)$$

- การวัดค่าสีที่ตัดกัน (Contrast) เป็นการวัดค่าความแตกต่างของค่าระดับสีเทาในบริเวณที่สนใจ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 23

$$Contrast = \sum_{i,j} (i-j)^2 p(i,j) \quad (23)$$

- การวัดค่าความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) เป็นการวัดค่าของการกระจายตัวของค่าระดับสีเทาบนภาพ ว่ามีการกระจายเป็นเนื้อเดียวกันมากน้อยเพียงใด สามารถคำนวณได้จาก

สมการที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Homogeneity = \sum_{i,j} \frac{p(i,j)}{i+|i-j|} \quad (24)$$

- ออโตคอร์เรเลชัน (Autocorrelation) เป็นการวัดค่าพื้นผิวของภาพ หากค่าของออโตคอร์เรเลชันค่อยๆ ลดลง แสดงว่า ภาพมีความหยาบของพื้นผิวมาก แต่ถ้าค่าของออโตคอร์เรเลชันลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงว่าพื้นผิวของภาพเรียบและสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 25

$$p[k,l] = \frac{\frac{1}{(N-k)(N-1)} \sum_{i=1}^{(N-k)} \sum_{j=1}^{N-1} f[i,j](i+k,j+1)}{\frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f^2[i,j]}, 0 \leq k, 1 \leq N-1 \quad (25)$$

- ค่าโมเมนต์อันดับที่สองของมุม (Angular Second Moment, ASM) จุดภาพใกล้เคียงกันมีการเปลี่ยนแปลงค่าโทนสีไปในแนวทางเดียวกันซ้ำๆ ทำให้ค่าโมเมนต์อันดับที่สองของมุมของกลุ่มภาพกึ่งที่ปกติมีค่ามาก แต่ในขณะที่ข้อมูลกลุ่มภาพกึ่งที่การเปลี่ยนแปลงค่าโทนสีไปในแนวเดียวกันที่น้อยกว่า จึงทำให้ค่าโมเมนต์อันดับที่สองของมุมของกลุ่มภาพกึ่งที่มีความผิดปกติมีค่าน้อยกว่า

$$ASM = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} \{p(i,j)\}^2 \quad (26)$$

- ผลรวมกำลังสองของค่าความแปรปรวน (Sum of Squares: Variance) เป็นการหาลักษณะการกระจายของความเป็น ข้อมูลภาพกลุ่มกึ่งที่ปกติมีโทนสีที่กลมกลืนทำให้มีจำนวนของโทนสีของจุดภาพใกล้เคียงที่เหมือนกันมีจำนวนมากและมีการกระจายน้อย จึงทำให้ผลรวมกำลังสองของค่าความแปรปรวนมีค่ามาก

$$Variance = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i-\mu)^2 p(i,j) \quad (27)$$

- ค่าผกผันของผลต่างโมเมนต์ (Inverse Difference Moment) เป็นค่าที่แสดงถึงความเหมือนกันของโทนสีของจุดภาพใกล้เคียง ซึ่งข้อมูลภาพกึ่งที่มีความปกติมีความเหมือนกันของโทนสีของจุดภาพใกล้เคียงมาก ทำให้ค่าผกผันของผลต่างโมเมนต์มากด้วย

$$IDM = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} \frac{1}{1+(i-\mu)^2} p(i,j) \quad (28)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลรวมของค่าเฉลี่ย (Sum Average) หากมีจำนวนของจุดภาพใกล้เคียงที่มีค่าสีเทาแตกต่างกันอยู่จำนวนมากก็จะทำให้ค่าความต่างมีค่ามาก แต่ข้อมูลภาพกลุ่มกึ่งที่มีความปกติ และกึ่งที่มีความผิดปกติมีความต่างของโทนสีน้อย ทำให้ค่าผลรวมค่าเฉลี่ยผลต่างน้อย

$$SumAverage = \sum_{i=2}^{2N_g} ip_{x+y}(i, j) \quad (29)$$

- ผลรวมของค่าความแปรปรวน (Sum Variance) ข้อมูลภาพกลุ่มภาพกึ่งที่มีความปกติมีโทนสีที่กลมกลืนทำให้มีจำนวนโทนสีของจุดภาพใกล้เคียงที่เหมือนกันมีมาก จึงทำให้ผลรวมของค่าความแปรปรวนมีค่าน้อย

$$SumVariance = \sum_{i=2}^{2N_g} (i - f_g)^2 p_{x+y}(i) \quad (30)$$

- ผลต่างของความแปรปรวน (Difference Variance) แสดงความแปรปรวนของเมตริกซ์ร่วมสัมพันธ์

$$Difference\ Variance = \text{variance of } p_{x=y} \quad (31)$$

- ผลต่างของเอนโทรปี (Difference Entropy) เป็นการแสดงการแจกแจงองค์ประกอบของเมตริกซ์ร่วมสัมพันธ์โดยการรวมค่าความเป็นไปได้เมื่อ  $|i, j|$  เป็นค่าคงที่

$$DifferenceEntropy = - \sum_{i=0}^{N_g-1} p_{x=y}(i) \log \{ p_{x=y}(i) \} \quad (32)$$

- การวัดสหสัมพันธ์แบบที่ 1 (Information Measures of Correlation) เป็นการพิจารณาว่ามีข้อมูลของความสัมพันธ์โทนสีค่าหนึ่งแล้วเกิดการลดลงของการเปลี่ยนแปลงค่าของความสัมพันธ์โทนสีอีกค่าหนึ่งอย่างไร ซึ่งข้อมูลภาพรูปกึ่งที่มีความปกติมีจำนวนโทนสีของจุดภาพใกล้เคียงที่เหมือนกันมาก จึงทำให้ค่าการวัดสหสัมพันธ์มีค่ามากด้วย

$$f_1 = \frac{HXY - HXY1}{\max \{HX, HY\}} \quad (33)$$

- การวัดสหสัมพันธ์แบบที่ 2 (Information Measures of Correlation)

$$f_2 = (1 - \exp[-2.0(HXY2 - HXY)])^{\frac{1}{2}} \quad (34)$$

โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $p(i, j)$  คือ ค่า  $p(i, j)$  ที่ผ่านการนอร์มัลไลเซชัน (Normalization) โดยคำนวณได้จาก  $p(i, j) = \frac{p(i, j)}{R}$  โดยที่  $R$  คือจำนวนคู่ของภาพทั้งหมดในภาพ
- $p_x(i)$  คือ ค่าในช่องที่  $i$  ของ Marginal Probability Vector ที่คำนวณได้จากผลรวมของ  $p(i, j)$  ในทุกหลักของแถว  $i$  หรือ  $p_x(i) = \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j)$
- $p_y(j)$  คือ ค่าในช่องที่  $j$  ของ Marginal Probability Vector ที่คำนวณได้จากผลรวมของ  $p(i, j)$  ในทุกหลักของแถว  $j$  หรือ  $p_y(j) = \sum_{i=1}^{N_g} p(i, j)$
- $p_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \quad k = 2, 3, \dots, 2N_g$
- $p_{x-y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \quad k = 0, 1, \dots, N_g - 1$

ในงานวิจัยนี้ เรากำหนดระยะห่าง  $d$  เป็น 1 และค่าลักษณะเด่นเชิงพื้นผิวของทั้ง 13 ลักษณะ เป็นการคำนวณจาก  $p(i, j)$  ในแต่ละทิศทาง แล้วนำไปใช้ค่าเฉลี่ย เพื่อให้เกิดความครอบคลุมข้อมูลลักษณะพื้นผิวในทุกทิศทาง และกำจัดปัญหาการขึ้นต่อการหมุนของภาพ

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

LCdr. Nikorn Chaichuay. [1] ได้นำเสนอวิธีจดจำเรือเดินทะเลต่างชนิดกันโดยใช้ลักษณะตัวอธิบายฟูเรียร์ด้วย 36 ค่าสัมประสิทธิ์ แทนลักษณะของเส้นรอบขอบรูปทั้งหมดของรูปเรือ Tyler Karrels [4] ได้เสนอวิธีการดึงลักษณะเฉพาะและกำหนดข้อมูลที่อยู่ในภาพโดยใช้ตัวอธิบายฟูเรียร์ในการจดจำภาพของใบไม้ L. Xu. [7] ได้นำเสนอการแยกส่วนของภาพ (Segmentation) ของมะเร็งผิวหนัง โดยการหาค่าขีดแบ่งความเข้มแสง Øivind Due Trier. [9] ได้นำเสนอและอธิบายอย่างคร่าวๆของวิธีการดึงลักษณะเฉพาะสำหรับการจดจำลักษณะเฉพาะของการดึงลักษณะเฉพาะ วิธีการดึงลักษณะ 8 เฉพาะที่แตกต่างกันและออกแบบการแทนที่แตกต่างของลักษณะเฉพาะ เช่น ลักษณะเฉพาะของเส้นรอบโครงร่าง (Contour)

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

เมื่อภาพที่มีองค์ประกอบเหมาะสมในการนำไปประมวลผลภาพแล้ว จึงนำไปประมวลผลโดยในหัวข้อนี้ จะประกอบไปด้วยการทดลองประมวลผลภาพด้วยวิธีต่างๆ เพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด ที่สามารถจะนำภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้วไปทำการแบ่งแยกสถานะของกุ้งได้ และภาพที่จะนำไปประมวลผลคือ ภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ภาพตัวอย่างของกุ้งที่ใช้ทดสอบการประมวลผลภาพ กุ้งมีขา (ซ้าย) และกุ้งไม่มีขา (ขวา)

#### 3.1 การภาพระดับสีเทา (Gray Scale)

การปรับภาพระดับสีเทาเป็นกระบวนการที่ทำให้ความเข้มของแม่สีในภาพมีระดับเดียวกัน ด้วยวิธีการปรับความสว่างของแม่สี วิธีการนี้การประมวลผลภาพเบื้องต้นที่ทดลองเพื่อดูลักษณะความแตกต่างของสีตัวกุ้งกับพื้นหลัง เมื่อดูผลจากภาพที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าสีของตัวกุ้งมีลักษณะความเข้มของสีไม่แตกต่างกันนักจากภาพพื้นหลัง ซึ่งเป็นสีที่ไม่สามารถแบ่งแยกตัวกุ้งซึ่งเป็นวัตถุออกจากพื้นหลังได้ จึงสามารถสรุปได้ว่าการประมวลผลด้วยการปรับภาพสีเทาไม่สามารถทำให้สีของตัวกุ้งเด่นชัดกว่าภาพพื้นหลัง และไม่สามารถนำไปคัดแยกกุ้งที่มีความปกติกับไม่มีความผิดปกติได้

#### 3.2 การปรับความคมชัดของภาพ (Contrast)

การประมวลผลด้วยวิธีการปรับความคมชัดของภาพนี้ เป็นวิธีการที่สามารถปรับภาพให้มีความเข้มและคมชัดมากขึ้น เนื่องจากการประมวลผลด้วยวิธีนี้จะทำการปรับค่าของแม่สีให้สูงขึ้นกว่าค่ากลางของแม่สี ผลจากการประมวลผลภาพด้วยวิธีปรับความคมชัดของภาพ ผลคือ ภาพที่ได้ผ่านการประมวลผลแล้ว จะมีสีที่เข้มขึ้นและมีความคมชัดเป็นอย่างมาก สีของตัวกุ้งมีความชัดเจนมากขึ้น สามารถที่จะนำภาพไปประมวลผลเพื่อการแบ่งแยกสถานะต่อไปได้ แต่ต้องนำภาพไปประมวลผลต่ออีกหลายขั้นตอนเพื่อที่จะสามารถนำภาพเข้าสู่กระบวนการการคัดแยกกุ้งที่มีความผิดปกติออกจากกุ้งที่ผิดปกติได้

### 3.3 การแปลงระบบสีจาก RGB เป็น HSV

เนื่องจากมาตรฐานสีแบบ RGB จะมีแสงและความสว่างผสมอยู่ด้วย ดังนั้น จึงได้ทำการแปลงมาตรฐานแบบ RGB ให้เป็นแบบ HSV (hue, saturation, value) ซึ่งค่า hue หมายถึง โทนสี ค่า saturation หมายถึง ค่าความสดที่เกิดจากแสงขาว และค่า value แสดงถึง ค่าความสว่างของภาพ เพื่อช่วยในการแยกสีของตัวกึ่งออกจากภาพ เมื่อทำการประมวลผลแล้ว จากภาพจะเห็นได้ว่าสีของขาгүйมีความเด่นชัดขึ้นมา อย่างชัดเจนและส่วนที่ไม่ใช่ตัวกึ่ง ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำไปคัดแยกгүйที่มีขาออกจากгүйที่ไม่มีขาได้

### 3.4 การประมวลผลภาพเชิงสัณฐาน (Morphological Image Processing)

#### 3.4.1 การขยายขนาดข้อมูลภาพ (Dilation)

การขยายขนาดเป็นการขยายขนาดของวัตถุในภาพ เพื่อจุดประสงค์บางประการเช่น เพื่อปิดรูเล็กๆ ในวัตถุ หรือใช้เพื่อช่วยให้วัตถุ 2 วัตถุที่ไม่มีสมาชิกร่วมกัน แต่อยู่ใกล้กันสามารถเชื่อมต่อกันได้ เป็นต้น การขยายขนาดทำได้โดยวางสมาชิกโครงสร้าง (Structure element) ลงบนภาพแล้วเลื่อนสมาชิกโครงสร้าง มีขั้นตอนดังนี้

- ถ้าจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับค่า '0' ในภาพ ไม่ต้องดำเนินการใดๆ และให้เลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป
- ถ้าจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับค่า '1' ในภาพให้ดำเนินการด้วยตัวดำเนินการทางตรรกะออร์ (Or) ระหว่างภาพกับสมาชิกโครงสร้าง

#### 3.4.2 การกัดกร่อนข้อมูลภาพ (Erosion)

การกัดกร่อนเป็นการดำเนินการเช่นเดียวกับการขยายขนาด แต่ให้ลักษณะตรงกันข้าม นั่นคือการกร่อนจะลดขนาดของวัตถุให้เล็กลง

- ถ้าจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับค่า '0' ในภาพ ไม่ต้องดำเนินการใดๆ และให้เลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป
- ถ้าจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับค่า '1' ในภาพ ให้พิจารณาว่า ถ้ามีจุดภาพค่า '1' ในสมาชิกโครงสร้างเลยออกมาจากวัตถุซึ่งมีค่า '1' ในภาพ ให้เปลี่ยนค่า '1' ณ ตำแหน่งที่เป็นจุดศูนย์กลางในภาพเป็นค่า '0'

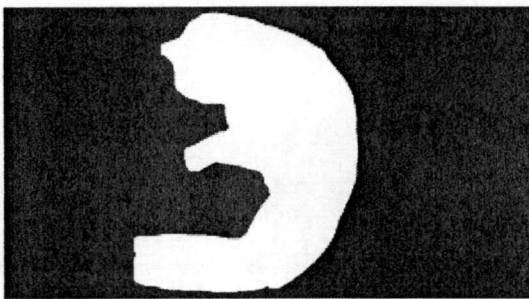
### 3.5 การตัดขอบภาพเพื่อเอาเฉพาะตัวกึ่ง

ทำการแทนภาพตัววัดรูปกึ่งด้วย Histogram โดยแยกเป็นแกน x และแกน y และนำ histogram ที่ได้ เพื่อดูจำนวน pixel สีดำ นั่นคือ ดูค่าความแตกต่างในคอลัมน์ หรือแถว นั้น ที่มีค่าความแตกต่างมากๆ โดยเราจะหาค่าขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาจากค่า histogram ในแนวแกน x ของภาพกึ่ง และหาค่าขอบเขตด้านบนและขอบเขตด้านล่างจากค่า histogram ในแนวแกน y และเมื่อทำการตัดขอบภาพแล้ว จึงนำมาปรับขนาดของภาพ (resize) ให้มีขนาดที่ต้องการ

**ขั้นตอนที่ 1** หาแถว (ROW) อ้างอิงเพื่อที่จะทำการตัดขอบเขตด้านบนสุด และขอบเขตด้านล่างสุดของภาพเฉพาะตัวกึ่งออกมา โดยมีหลักการที่ว่าถ้าแถวที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นมีจำนวนพิกเซลทุกพิกเซลเป็นสีดำ (พิกเซลที่มีค่าเป็น 0 ทั้งหมด) และแถวถัดไปมีพิกเซลที่เป็นพิกเซลสีขาวทั้งหมด ถ้าเข้าเงื่อนไขนี้ให้บันทึกแถวที่มีพิกเซลสีดำทั้งหมดที่ทำการสำรวจไว้เป็นขอบเขตด้านบนสุด หรือแกนอ้างอิงในการตัดขอบเขตด้านบนสุดของภาพตัวกึ่งจากภาพถ่ายนั้น ส่วนขอบเขตด้านล่างจะพิจารณาไปทางตรงกันข้ามกับขอบเขตด้านบน กล่าวคือ ถ้าแถวที่กำลังพิจารณาอยู่ มีจำนวนพิกเซลทุกพิกเซลที่เป็นสีขาว และแถวถัดไปมีจำนวนพิกเซลที่เป็นพิกเซลสีดำ ถ้าเข้าเงื่อนไขนี้ก็ให้บันทึกแถวที่มีพิกเซลสีดำทั้งหมด ที่ทำการสำรวจไว้ให้เป็นขอบเขตด้านล่างสุด หรือแกนอ้างอิงในการตัดขอบเขตด้านล่างสุดของภาพตัวกึ่งเพื่อแยกออกจากภาพพื้นหลัง ดังรูปที่ 1 (เส้นทึบสีขาวแสดงแกนอ้างอิงในการตัดขอบเขตด้านบนและขอบเขตด้านล่าง) เมื่อได้แกนอ้างอิงในการตัดขอบเขตด้านบนสุดและขอบเขตด้านล่างสุด จะได้ผลลัพธ์ ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แถว (ROW) ที่จะใช้เป็นแกนอ้างอิงในการตัดขอบเขตด้านบนสุดและขอบเขตด้านล่างสุด (แสดงด้วยเส้นทึบสีขาว) ของภาพที่ต้องการตัดเฉพาะตัวกึ่ง



ภาพที่ 3.3 ภาพที่ได้หลังจากการตัดขอบเขตด้านบนสุดและขอบเขตด้านล่างสุดแล้ว

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อทำการหาแกนอ้างอิงในการตัดขอบเขตด้านบนสุด และขอบเขตด้านล่างสุดจากขั้นตอนที่ 1 จากนั้นหาขอบเขตด้านซ้ายสุดและขวาสุดของตัวภาพกึ่ง เพื่อที่ตัดพิกเซลที่เป็นพื้นหลังด้านซ้ายและด้านขวาของภาพตัวกึ่ง จากภาพที่ 3.4 จะเห็นขอบเขตด้านขวาสุดและซ้ายสุด (แสดงด้วยเส้นทึบสีขาว) ของภาพตัวกึ่ง



ภาพที่ 3.4 ขอบเขตด้านซ้ายสุดและขอบเขตด้านขวาสุด (แสดงด้วยเส้นทึบสีขาว)



ภาพที่ 3.5 แสดงภาพของตัวกึ่งที่ได้หลังจากทำการครอบตัดแล้ว

และเมื่อทำการตัดขอบภาพแล้ว จึงนำมาปรับขนาดของภาพ (Resize) ให้มีขนาดภาพที่ต้องการ หลังจากนั้นนำภาพกึ่งเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพเพื่อหาค่าลักษณะเฉพาะเพื่อทำการคัดแยกกึ่งที่มีขาออกจากกึ่งที่ไม่มีขา และค่าเชิงสถิติเพื่อคัดแยกกึ่งที่มีเส้นกลางหลังออกจากกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 การออกแบบระบบทัศนจักร

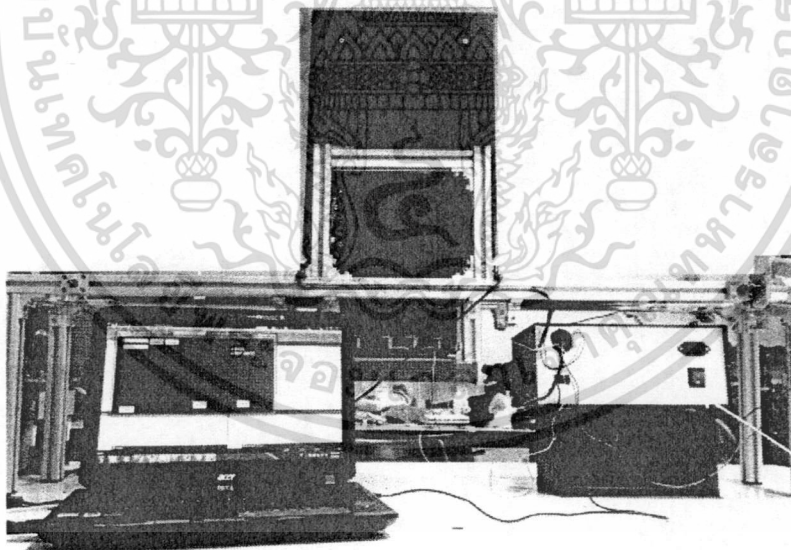
#### 3.6.1 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

##### 3.6.1.1 ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการเชื่อมต่อกับทัศนจักร
- กล้องสำหรับจับภาพของกึ่ง OKER Full HD 386 (HD 1080p) Auto Focus
- Power Supply 450 W DTECH
- Relay HKE HRS1H-S-DC 5 V
- ZHENG DC Motor 12 V
- Servo Motor HS-322 5 V
- Transistor TLP250
- แผง LED 12 V
- IC L293D
- IC TLP250
- IRF840

##### 3.6.1.2 ซอฟต์แวร์

- Microsoft Visual C# 2010 Express
- โปรแกรมพัฒนาอาดูอิน (Arduino) เวอร์ชัน 1.0.1
- โปรแกรม MATLAB เพื่อการดูผลในทางคณิตศาสตร์และพล็อตกราฟ



ภาพที่ 3.6 แสดงภาพส่วนของตัวเครื่องทัศนจักรและอุปกรณ์

#### 3.6.2 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface)

สำหรับส่วนติดต่อผู้ใช้งานงานนั้นได้มีการออกแบบส่วนต่างๆ ดังภาพที่

1. แสดงรายชื่อของกล้องที่ได้มีการเชื่อมต่อไว้
2. แสดงรายชื่อของ serial port ที่ได้มีการเชื่อมต่อไว้
3. ปุ่ม start เพื่อเริ่มการทำงาน จะมีภาพที่รับมาจากกล้องแสดงในส่วนที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปุ่ม stop เพื่อหยุดการทำงาน
5. แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลว่าผ่าน
6. แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลว่าไม่ผ่าน
7. แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล
8. แสดงสถานะเมื่อมี การ capture หรือ save ภาพ
9. ปุ่ม capture ภาพเพื่อนำไปประมวลผล
10. แสดงภาพที่ได้รับมาจากกล้อง



ภาพที่ 3.7 แสดงภาพจอส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

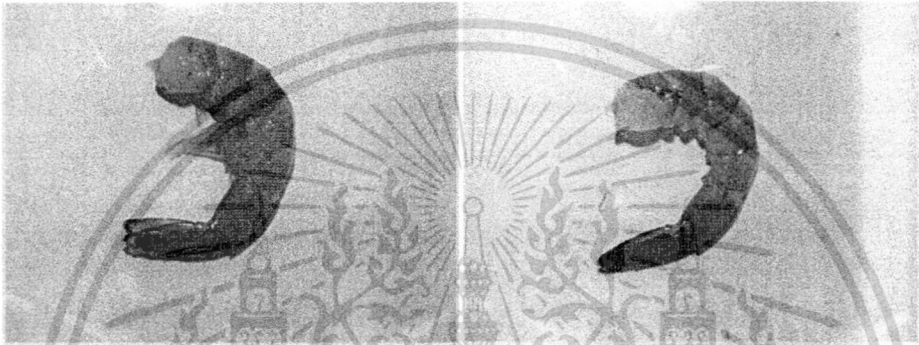
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 การตรวจสอบขาของกุ้ง (Legs)

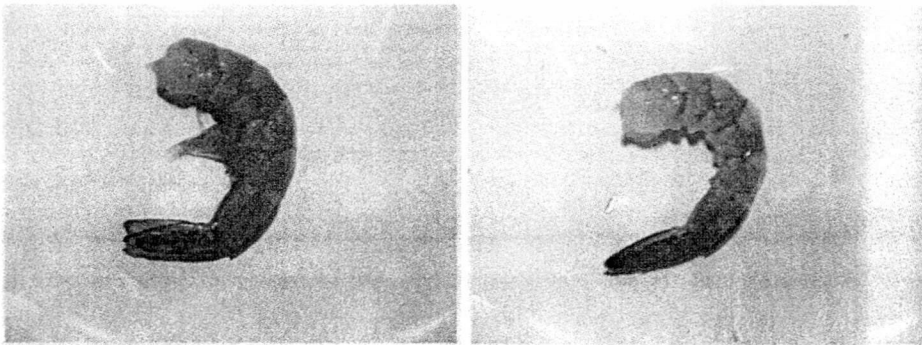
ในการทดลองโดยใช้ภาพกุ้งที่ถ่ายจากกล้องดิจิทัลซึ่งเป็นภาพสี (RGB) ขนาด 365x270 pixel โดยวางบนแผ่นอะคลีริกใสทับด้วยกระดาษรองสีขาว ดังภาพที่ 4.1 เพื่อทำการทดสอบอัลกอริทึมที่ได้วางแผนไว้แล้วนั้น โดยใช้กุ้งทดสอบทั้งหมดจำนวน 130 ตัว



ภาพที่ 4.1 แสดงภาพต้นฉบับของกุ้งมีขา (ซ้าย) และกุ้งที่ไม่มีขา (ขวา)

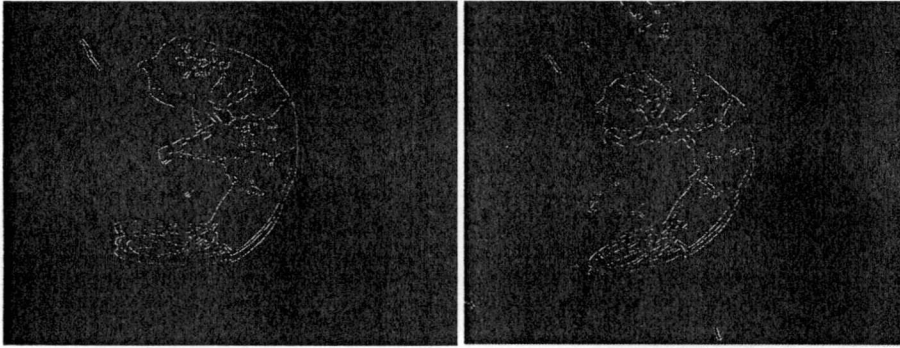


ภาพที่ 4.2 แสดงภาพที่ได้จากการเป็นเกรสเกลของภาพกุ้งมีขา (ซ้าย) และกุ้งที่ไม่มีขา (ขวา)

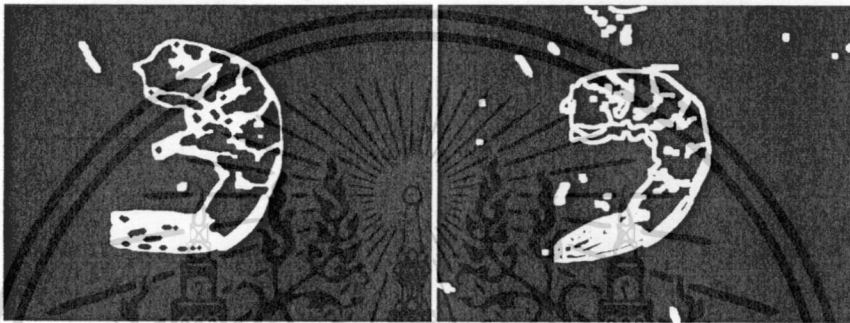


ภาพที่ 4.3 แสดงภาพที่ได้จากการเบลอภาพกุ้งมีขา (ซ้าย) และกุ้งที่ไม่มีขา (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ที่เห็นไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



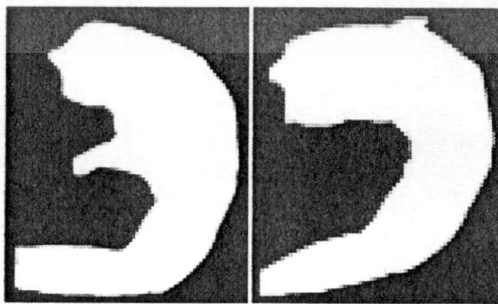
ภาพที่ 4.4 แสดงภาพที่ได้จากการหาขอบของภาพกุ้งมีขา (ซ้าย) และกุ้งที่ไม่มีขา (ขวา)



ภาพที่ 4.5 แสดงภาพที่ได้จากการขยายเส้นขอบของภาพกุ้งมีขา (ซ้าย) และกุ้งที่ไม่มีขา (ขวา)

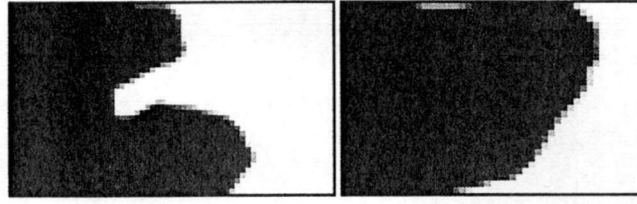


ภาพที่ 4.6 แสดงภาพที่ได้หลังจากทำ Segmentation ของภาพกุ้งมีขา (ซ้าย) และกุ้งที่ไม่มีขา (ขวา)

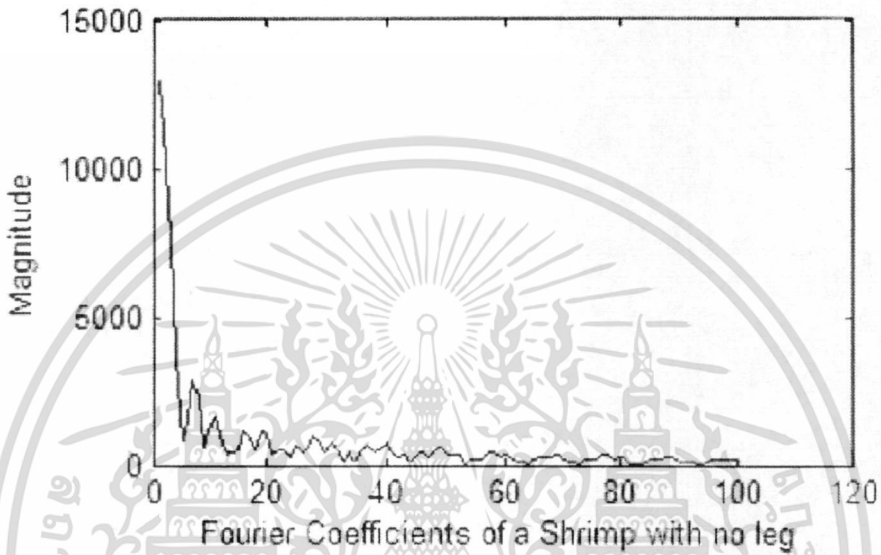


ภาพที่ 4.7 แสดงภาพของกุ้งที่ได้จากการครอบตัดเฉพาะส่วนของตัวกุ้งมีขา (ซ้าย) และ

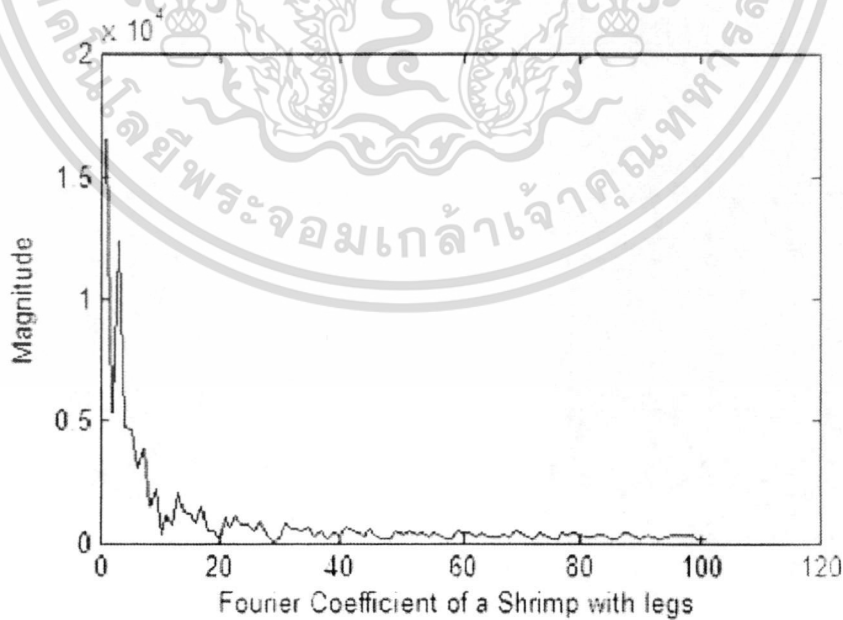
กุ้งที่ไม่มีขา (ขวา) นั้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แสดงภาพของกุ้งที่เลือกตัดเฉพาะส่วนตัวด้านในของกุ้งมีขา (ซ้าย) และกุ้งที่ไม่มีขา (ขวา)



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ 10 ค่า (กุ้งไม่มีขา)



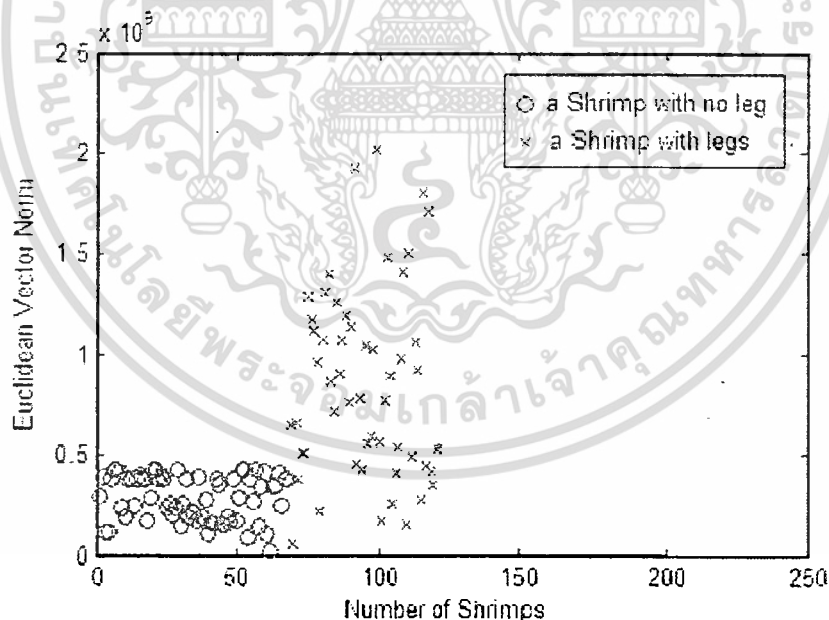
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ 10 ค่า (กุ้งที่มีขา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อนในแนวแกน y และสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ในแนวแกน x จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบภาพที่ 7 กับภาพที่ 8 พบได้ว่า จากกราฟที่ 8 ของกุ้งที่มีขา มีความถี่ที่สูงกว่าภาพที่ 7 นั้นแสดงให้เห็นว่า ภาพกุ้งที่มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นขอบมาก ซึ่งต่างจากภาพที่ 7 มีความถี่ที่ต่ำกว่านั้นแสดงให้เห็นว่าภาพขอบมีลักษณะที่โค้งมนกว่า

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมบูรณ์สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ทั้ง 10 ค่า เปรียบเทียบระหว่างกุ้งไม่มีขา กับกุ้งที่มีขา

No.	Fourier Coefficient	
	<i>Shrimp with no leg</i>	<i>Shrimp with legs</i>
FD1	12979	19629
FD2	11367.12	7507.57
FD3	7606.27	11371.61
FD4	3786.76	2764.99
FD5	837.86	3902.12
FD6	1552.66	4747.56
FD7	2827.74	2758.55
FD8	2305.20	4049.96
FD9	635.51	2190.70
FD10	1394.55	2211.58



ภาพที่ 4.11 แสดงกราฟรวมที่ได้จากการหาค่ายูคลิเดียนเวกเตอร์นอร์ม

หลังจากทำการหาค่า vector norm แล้ว ให้เลือกพิจารณา 1 ค่าเพื่อที่จะนำมาเป็นตัวหาค่าขีดแบ่ง (Thresholding) เพื่อแยกระหว่างกุ้งที่มีขา กับกุ้งที่ไม่มีขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 การตรวจสอบเส้นกลางหลัง (Vein)

ในบทที่ 3 ได้อธิบายถึงความหมายและเอกลักษณ์เฉพาะตัวของค่า Texture Measure ต่างๆ ที่สามารถคำนวณได้จากภาพ ในการทดลองจะใช้ค่าทั้ง 9 ค่าที่มุ่มต่างๆที่คำนวณออกมาได้จากภาพมาทำการหาค่า Euclidean Distance โดยใช้ค่าเฉลี่ยของกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลังที่นำมาเทรนทั้งหมด 60 ภาพ ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้ เราจะนำมาใช้เป็นจุดอ้างอิงกับภาพกึ่งทดสอบจำนวน 60 ภาพ หลังจากนั้นจะทำการคำนวณเพื่อหาค่าเทรซโฮลด์ที่ยอมรับได้ ด้วยวิธีการตรวจสอบค่าความถูกต้อง (Accuracy Rate)



ภาพที่ 4.12 แสดงภาพตัวอย่างกึ่งที่มีเส้นกลางหลัง (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง (ขวา)

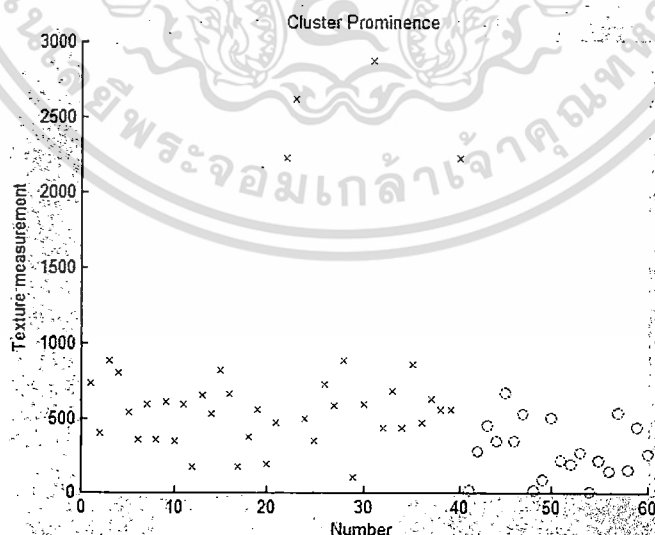
ภาพที่ 4.13 แสดงภาพตัวอย่างกึ่งที่มีเส้นกลางหลัง (ซ้าย) และกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง (ขวา) หลังจากทำแบ่งส่วนของภาพแล้ว (Segmentation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า Texture Measurement ที่คำนวณได้จากภาพกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการคัดแยกภาพ

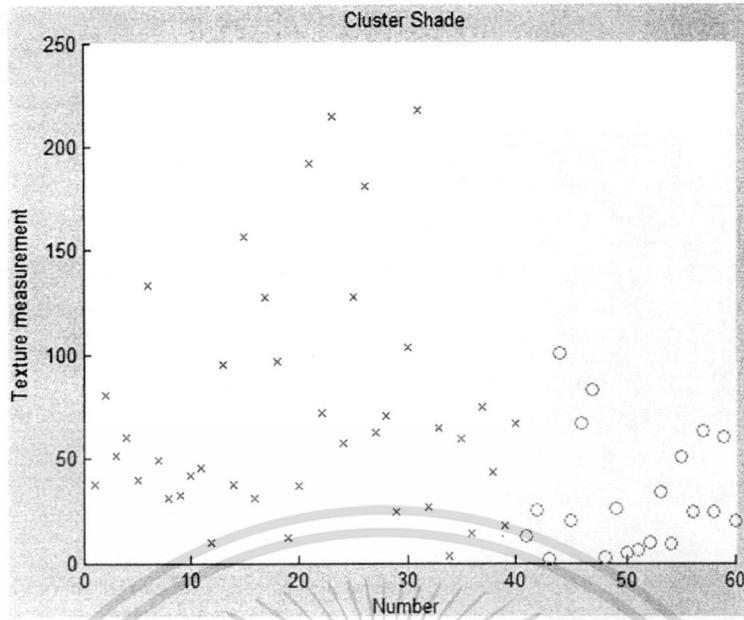
GLCM	0	45	90	135
Cluster Prominence	9.38e+002	9.32e+002	9.50e+002	9.33e+002
Cluster Shade	-7.37e+001	-7.39e+001	-7.33e+001	-7.39e+001
Dissimilarity	1.81e-001	2.13e-001	9.87e-002	2.07e-001
Entropy	1.62e+000	1.67e+000	1.52e+000	1.66e+000
Homogeneity	9.39e-001	9.31e-001	9.62e-001	9.32e-001
Difference Entropy	4.48e-001	4.95e-001	3.02e-001	4.88e-001
Information measure of Correlation	-6.99e-001	-6.62e-001	-7.79e-001	-6.66e-001

เมื่อเราได้ค่าอ้างอิงจากตารางที่ 4.1 แล้ว หลังจากนั้นให้ทำการคำนวณหาค่าระยะทางยูคลิด ที่ได้จากการนำค่าเฉลี่ยของค่า Texture Measure ของกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง เปรียบเทียบกับค่า Texture Measure ของกึ่งที่นำมาทดสอบแต่ละตัว แล้วจึงนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ เพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหา Texture Measure ที่เหมาะสมในการนำมาเป็นค่าอ้างอิงในการคัดแยก โดยกราฟที่จะแสดงต่อไปนี้ เป็นกราฟที่ได้จากการหาค่าระยะทางยูคลิดของกึ่งทดสอบจำนวน 60 ภาพ โดยที่ X แทนภาพกึ่งที่มีเส้นกลางหลังจำนวน 40 ภาพ และ O แทนภาพกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลังจำนวน 20 ภาพ

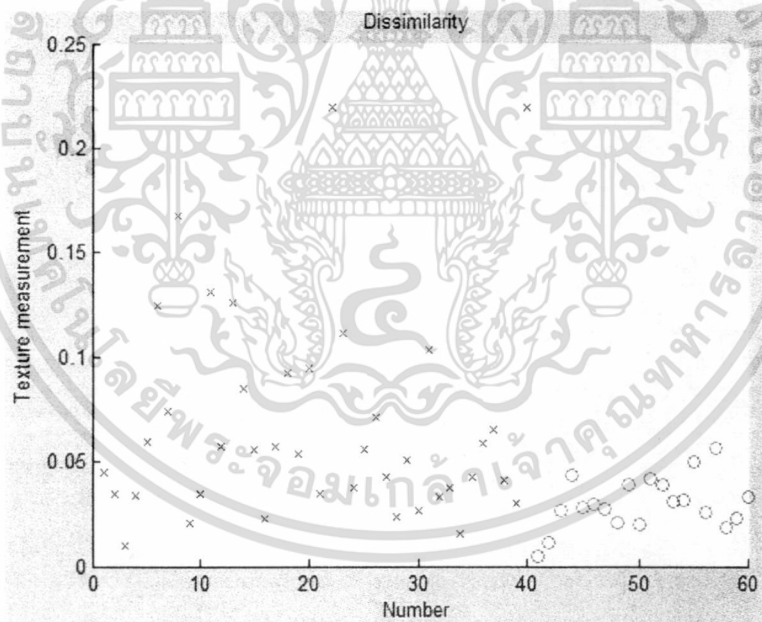


ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Cluster Prominence ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

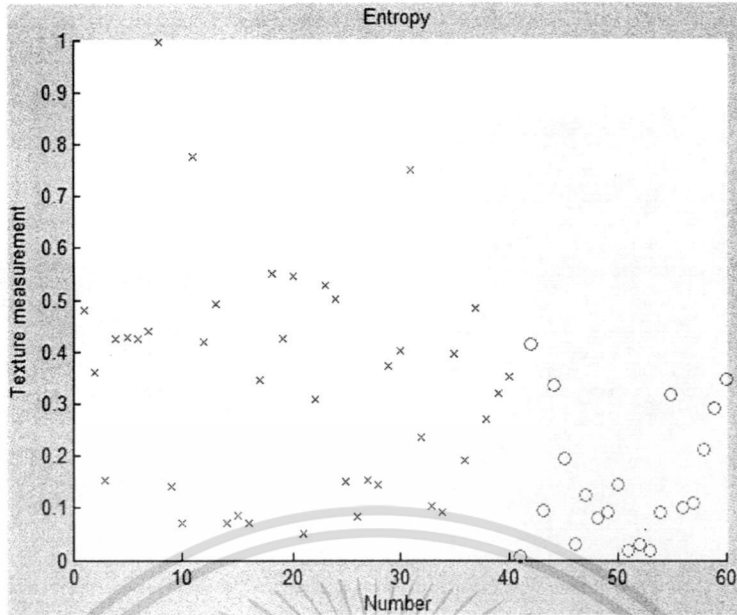


ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Cluster Shade ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง

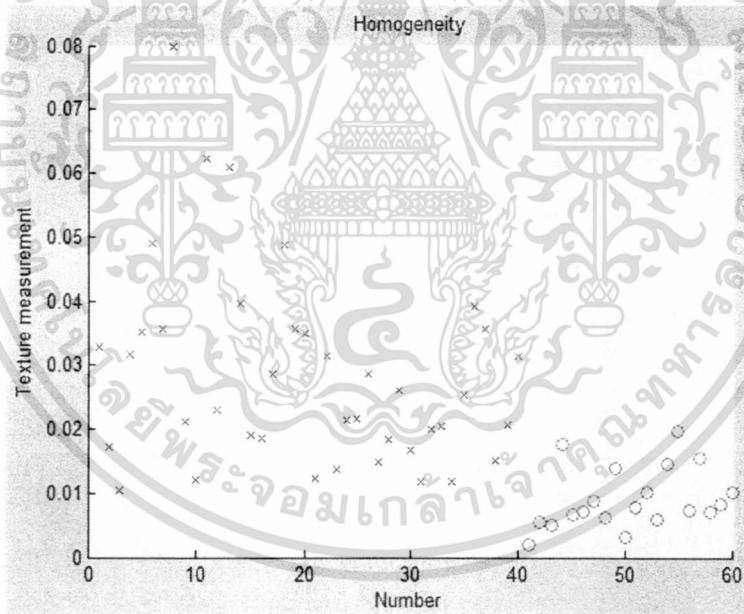


ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Dissimilarity ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

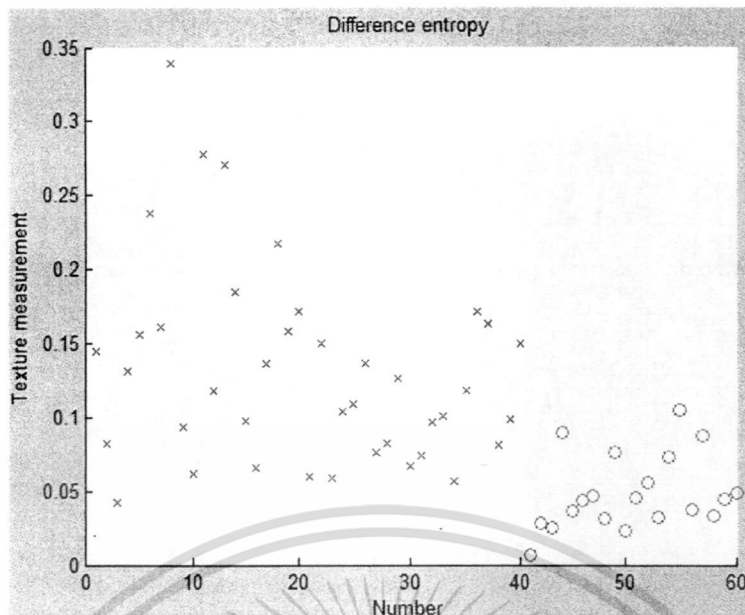


ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Entropy ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง

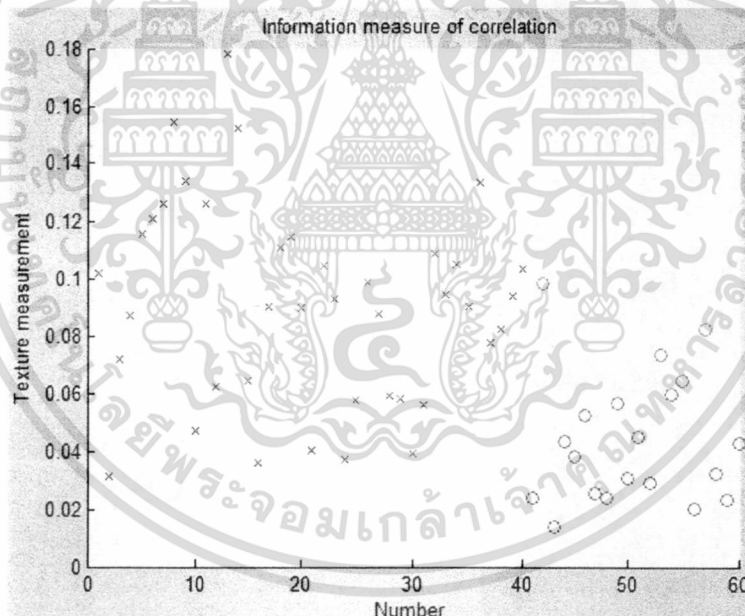


ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Homogeneity ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Difference Entropy ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง



ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงค่าผลต่างของค่า Texture Measure ค่าคุณลักษณะเด่น Information measure of correlation ที่ได้จากกึ่งทดสอบเทียบกับค่าอ้างอิง

จากกราฟผลการทดลองที่ได้นั้น หลังจากทำการวิเคราะห์แล้วนั้น ความเป็นไปได้ที่สามารถคัดแยกภาพกึ่งที่มีเส้นกลางหลังออกจากภาพกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง การดึงลักษณะเด่น Homogeneity จึงเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดในการนำมาเป็นตัวแบ่งแยกภาพของกึ่งได้ เนื่องด้วยตัวแปรถ่วงน้ำหนักทำให้ค่านี้ได้รับผลเล็กน้อยจากส่วนที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นภาพที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันจึงทำให้ค่านี้มีค่าต่ำกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

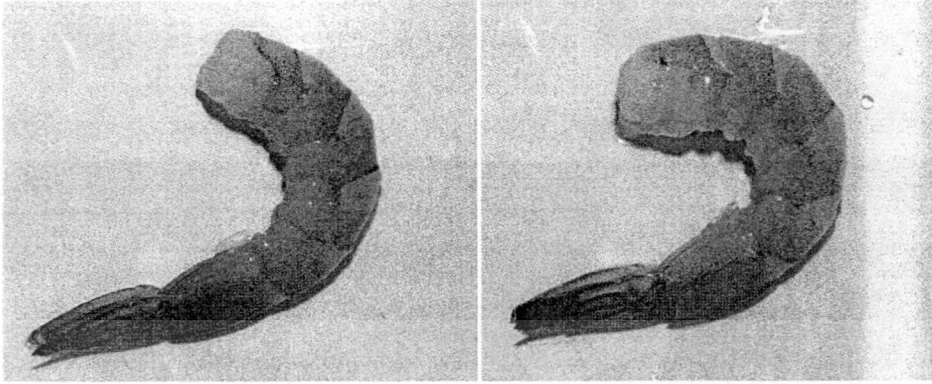
ภาพเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นให้ทำการเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่ยอมรับได้เพื่อให้เป็นค่าขีดแบ่งที่ได้ค่าความถูกต้องสูงสุด จากการทดลองได้ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความถูกต้องที่ได้จากการคำนวณค่าเทรชโฮลด์ที่ค่าต่างๆ

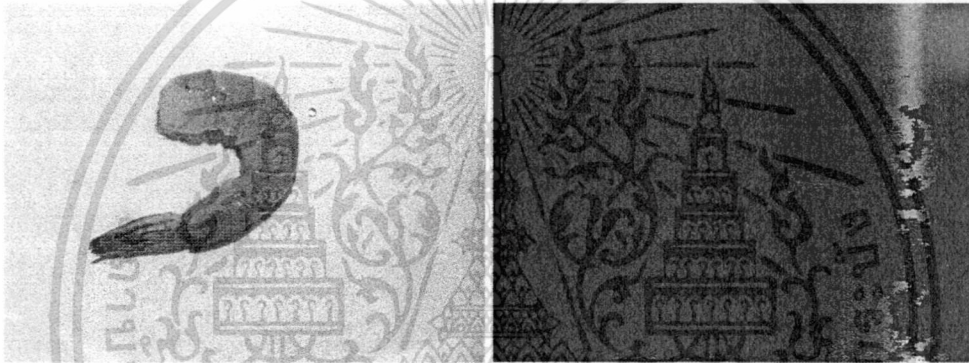
Threshold	Accuracy Rate (%)
0.001	66.67
0.002	70
0.003	75
0.004	85
0.005	88.33 ***
0.006	85
0.007	83.33
0.008	83.33
0.009	81.67
0.010	76.67
0.011	68.33
0.012	66.67
0.013	65
0.014	63.33
0.015	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การตรวจสอบเปลือกที่ยังลอกไม่หมด



ภาพที่ 4.21 แสดงตัวอย่างของภาพที่มีเปลือกติด



ภาพที่ 4.22 แสดงตัวอย่างของภาพที่มีได้แปลงค่าสีให้อยู่ในแกน HSV



ภาพที่ 4.23 แสดงตัวอย่างของภาพที่มีได้แปลงค่าสีให้อยู่ในแกน HSV ทั้ง 3 แกน  
Hue (ซ้าย) Lightness (กลาง) Saturation (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากทฤษฎีของการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) [1] จะพบว่าตัวอธิบายฟูเรียร์จะมีความสมมาตรรอบๆตำแหน่ง  $(L-1)/2$  ดังนั้นในการประยุกต์ใช้งานจะนำตัวอธิบายฟูเรียร์เพียงครึ่งแรกเท่านั้น ซึ่งกราฟที่มีความถี่ต่ำจะอธิบายลักษณะโดยรวม ส่วนความถี่สูงจะเป็นการอธิบายลักษณะของวัตถุโดยละเอียด ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ (fourier coefficients) จำนวน 10 ค่า เพื่อนำมาเป็นลักษณะเด่น (feature) โดยนำมาหาค่า vector norm แล้วนำค่า Thresholding จากการทดลองผลปรากฏว่า ค่า Thresholding ที่ดีที่สุดคือค่า 1.3 ซึ่งสามารถ คัดแยกกึ่งมีขา กับ กึ่งไม่มีขา มีประสิทธิภาพสูงกว่า 97% เมื่อเทียบกับการประเมินโดยบุคคล ส่วนที่คัดแยกผิดไปนั้นอาจเกิดจากการครอบตัดภาพ (crop image) ในส่วนของลำตัวด้านในกึ่ง ซึ่งเป็นการกำหนดขอบเขตที่ตายตัว จึงอาจเกิดความผิดพลาด เพราะโดยธรรมชาติของกึ่งเป็น variance shape ดังนั้นขอบเขตที่ตั้งไว้อาจไม่ได้ตัดในส่วนของลำตัวด้านในพอดีกับความต้องการ

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ค่าขีดแบ่งที่ดีที่สุดเพื่อนำมาใช้เป็นค่าคัดแยกกึ่งที่มีเส้นกลางหลังออกจากกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลังคือค่า 0.005 ซึ่งได้ค่าความถูกต้องที่ได้จากการคัดแยกสูงถึง 88.33 % ซึ่งในส่วนของภาพที่คัดแยกผิดพลาดนั้นเกิดจาก เส้นกลางหลังของกึ่งมีสีที่ค่อนข้างจางมาก เมื่อแปลงภาพเป็นเกรย์สเกล (Gray Scale) ทำให้ค่าความแตกต่างของค่าสีเทาของเส้นกลางหลังของกึ่งมีค่าที่กลมกลืนกันกับภาพกึ่งที่ไม่มีเส้นกลางหลัง และผลการทดลองที่ได้จากการคัดแยกกึ่งที่มีเปลือกติดโดยการแปลงค่าแกนสี HSV โดยเลือกแกนสี Lightness เพื่อเป็นการคัดแยก ได้ค่าความถูกต้อง 67.67 % เนื่องจากกึ่งที่มีเปลือกติดที่ยื่นออกมาสามารถคัดแยกได้ดีกว่ากึ่งที่มีเปลือกติดที่บริเวณตัวกึ่ง เนื่องจากค่า Lightness ที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเปลือกที่หาง

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

หยดน้ำที่อยู่บนถาดกึ่งมากเกินไป โดยเฉพาะในส่วนวงในของตัวกึ่ง เมื่อทำการแบ่งส่วน (Segmentation) แล้วนั้น ก็อาจทำให้ภาพที่เกิดขึ้นเป็นส่วนขาออกมา โดยธรรมชาติของกึ่งนั้นมีขนาดตัวไม่แน่นอน ช่วงหัว, ช่วงลำตัว และช่วงหางของกึ่งมีความผกผัน ทำให้การคัดแยกมีความยาก

## บรรณานุกรม

- [1] LCdr. Nikorn Chaichuay. 2007. Vision-Based Ship Recognition by Using Fourier Descriptor and Back Propagation Neural Network, Master Degree Thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand, (Reference)
- [2] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. 2002. Digital Image Processing, Prentice Hall.
- [3] Luciano Da Fontoura Costa, Roberto Marcondes Cesar Jr. 2000. Shape Analysis and Classification: Theory and Practice, CRC.
- [4] Tyler Karrels. 2006. Fourier Descriptors: Properties and Utility in Leaf Classification, ECE 533 Fall.
- [5] Pawan Poudel. 2008. An Analysis of the World Shrimp Market and the Impact of An Increasing Import Base on the Gulf of Mexico Dockside Price, B.Sc.(Ag.), Institute of Agriculture and Animal Science, Tribhuvan University, Nepal.
- [6] Marco Accame, Francesco G.B. De Natale. 1997. Edge Detection by Point Classification of Canny Filtered Images, Signal Processing, 60:11-22.
- [7] L. Xu, M. Jackowski, A. Goshtasby, D. Roseman, S. Bines, C. Yu, A. Dhawan, and A. Huntley. 1999. Segmentation of skin cancer images, Image and Vision Computing, 17:65-7 '4.
- [8] John Canny. 1986. A Computational Approach to Edge Detection. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Page(s): 679-698.
- [9] Divind Due Trier, Anil K. Jain and Torfinn Taxt. 1996. Feature Extraction Methods for Character Recognition-A Survey, Pattern Recognition PR, Vol. 29, Page(s): 641-662.
- [10] Carl D.Meyer. 2000. Matrix Analysis and Applied Linear Algebra Book and Solutions Manual, SIAM: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [11] Timuçin Özüğür, Yağmur Denizhan, Erdal Panayirci. 1997. Feature Extraction in Shape Recognition using Segmentation of the Boundary Curve, Pattern Recognition Letters, V. 18. Issue 10, Page(s): 1049-1056.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] Elisabeth T. Bowman, Kenichi Soga, Tom W. Drummond. 2000. Particle Shape Characterization using Fourier Descriptor Analysis, CUED/D-SoWTR315.
- [13] ภิญโญ แยมพราย. 2550. การคัดแยกเซลล์เม็ดเลือดขาวโดยการอ้างอิงการวิเคราะห์ส่วนประกอบพื้นฐาน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [14] ดิเรก เสือสีนาค. 2550. การคัดแยกชนิดของการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ชีวการแพทย์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [15] พิเชฐ คุณากรวงศ์. 2551. การตรวจสอบความปกติของฐานรองฮาร์ดดิสก์ในกระบวนการผลิตด้วยวิธีประมวลผลภาพ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.



## ประวัติคณะผู้วิจัย

### ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ปิติเขต สุรักษา ยศ รองศาสตราจารย์  
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr, Pitikhate Sooraksa, Rank Assoc. Prof.
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3730200750621
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

ภาควิชา ...วิศวกรรมสารสนเทศ.....

คณะ .....วิศวกรรมศาสตร์.....

โทรศัพท์ .....02-7392382.....โทรสาร 02-3264176.....

E-mail .....pitikhate@gmail.com, kspitikh@kmitl.ac.th

- ประวัติการศึกษา(ระบุคุณวุฒิระดับบัณฑิตศึกษาเท่านั้น)
  - ปริญญาโทสาขา Electrical Engineering สถาบัน George Washington Univ, USA ปีที่สำเร็จ 2536 Pass Comprehensive Examination with Superior Performance
  - ปริญญาเอกสาขา Electrical Engineering สถาบัน University of Houston, Texas, USA ปีที่สำเร็จ 2539 หัวข้อวิทยานิพนธ์ Fuzzy PID Control for Flexible-link Robot Arms
  - อื่นๆ
    - ฝึกงานที่ SMAR Laboratories Corporation, Inc., Houston, Texas, USA ในฐานะวิศวกรฝึกหัดฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์PLC (Programmable Logic Controller) ปีที่ฝึกงาน ต.ค. 2539- เม.ย. 2540
    - ดูงานวิจัยเรื่อง Remote Control of Mechatronic Systems via the Internet University of Electro-Communications, Tokyo, Japan ปีที่ดูงาน 1 ต.ค. - 1 พ.ย. 2541
    - อบรมการปฏิบัติการขั้นสูง Fuzzy PID and Fuzzy Sliding Mode Control และเครื่องมือ CE124 Fuzzy Logic Training ด้วยทุน World Bank ผ่านทบวงมหาวิทยาลัย City University of Hong Kong, Hong Kong, RP China ปีที่ฝึกอบรม 24 พ.ค. - 31 พ.ค. 2544
    - Post Doctoral Research Training, City University of Hong Kong, RP China, ปี 2545 (on leave from KMITL)

5. ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่า เป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

### ตัวอย่างประสบการณ์การเป็นหัวหน้าโครงการ

-อุปกรณ์ป้องกันการดักฟังการสนทนาทางโทรศัพท์ด้วยเคออดิกเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดำเนินงานของศูนย์บริการวิชาการ (http://www.nationmultimedia.com/2007/01/26/national/national\_30025100.php)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หุ่นยนต์ RoboGuard - ระบบการรักษาความปลอดภัยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต  
(<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/904619.stm>)
- หุ่นยนต์ตรวจหาหุ่นระเบิดด้วยสัญญาณอลวน  
([http://www.myscientists.com/thai\\_technology/index.php?id=49](http://www.myscientists.com/thai_technology/index.php?id=49))
- Automatic Inspection Machine (<http://www.kmitl-nidec.com/>)
- ระบบบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ (ใช้งานจริงที่โรงเก็บขยะคณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล) และร่วมกับบริษัท SuperBoom(<http://www.marketathome.com/shop/shop.php?shopid=9679>)
- หุ่นยนต์แมลงเพื่อใช้งานในภาคอุตสาหกรรมในงานซ่อมบำรุง  
(<http://update.se-ed.com/157/lookthai.htm>)
- เครื่องตัดสัญญาณโทรศัพท์มือถือ  
(<http://www.getamped.in.th/getboard/viewtopic.php?t=7997>)
- SMART GUARD เทคโนโลยีมือถือกับหุ่นยนต์เฝ้ารถ  
(<http://www.matichon.co.th/rich/rich.php?srctag=0705010148&srcday=2005/01/01&search=no>)
- Multi-purposed Autonomous Robust Carrier for Hospital (รถหุ่นยนต์อัจฉริยะ MARCH สำหรับขนส่งภาระอัตโนมัติสำหรับในโรงพยาบาล)
- หุ่นยนต์ออลวน (Reference: P. Sooraksa and K. Klomkarn, "No-CPU Chaotic Robots: From Classroom to Commerce," IEEE Circuits and Systems Magazine, Vol. 10, Issue 1, 2010, pp. 46-53.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผู้ร่วมวิจัยที่ 1

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์  
(ภาษาอังกฤษ) Mrs. Pimpen Pornchaloempong
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-2199-00076-11-0
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. สถานที่ทำงาน  
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง  
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร  
รหัสไปรษณีย์ 10520  
โทรศัพท์ 739-2348 , 737-3000 ต่อ 5026 โทรสาร 739-2349  
E-mail Pornchaloem@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา
 

คุณวุฒิ	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ชื่อสถานศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)	2533	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)	2539	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Doctor of Philosophy (Food Science)	2542	University Florida, USA
6. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ  
Thermal processing of Food.  
Design, implementation and testing of computer program in the area of Food Engineering
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
  - Pornchaloempong, P., Balaban, M. O., Chau, K.V. 2001. Thermal Processing Optimization of Quality Retention in a Conical Shape. In: "Proceedings of the 8th International Congress on Engineering and Food". J. Welti-Chanes, G.V. Barbosa-Canovas and J.M. Aguilera, Eds. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA. p: 676-681.
  - Pornchaloempong, P., Balaban, M. O., Chau, K.V. 2001. Simulation of Conduction Heating in Conical Shapes. In : "Proceedings of the 8th International Congress on Engineering and Food". J. Welti-Chanes, G.V. Barbosa-Canovas and J.M. Aguilera, Eds. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA. p: 671-675.
  - Pornchaloempong, P., Narkrugs, W., Chrdareekit K., Piyaaphantawong K., and Peerajit S. 2002. Proceeding of the International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Porchaloempong, P., Balaban, M.O., Chau, K.V., and Teixeira, A.A. 2003. Optimization of quality retention in conduction-heating foods of conical shape. Journal of food process engineering. Vol25 (6) 557-570,.
- Porchaloempong, P., Balaban, M.O., Chau, K.V., and Teixeira, A.A. 2003. Numerical simulation of conduction heating in conically shaped bodies. Journal of food process engineering. Vol25 (6),539-555.
- ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ สาทิป รัตน์ภาสกร 2537 , สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ สำนักพิมพ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 271 หน้า
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ นาขวัญ สายเสน บงกชธรรม พบหิรัญโสภณ และ วาริรัตน์ ทรงคำ 2544 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นในอุตสาหกรรมอาหาร วารสารอาหาร ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 หน้า 85 – 93.
- สาทิป รัตน์ภาสกร และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ 2545. การออกแบบและพัฒนาเครื่องนวดพริกไทย วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 หน้า 9-13
- ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ อธิรุต รมโพธิ์ภักดี และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ 2545 เครื่องคัดแยกถั่วเหลืองฝักสด การประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ประจำปี 2545 วันที่ 23-24 พฤษภาคม 2545 จังหวัดเชียงใหม่
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ดำเกิง โตประเสริฐพงศ์ วรินทร์ วิโรจน์วรานุรักษ์ อรุณชพันธ์ไม้สี และ วันชัย สุทธิบูรณ์ 2545 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง วิศวกรรมสารลาดกระบัง ปีที่ 19 ฉบับที่ 2
- สาทิป รัตน์ภาสกร และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ “ชุดเครื่องมือแปรรูปพริกไทยขาว” ได้รับรางวัลที่ 3 การประกวดสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสาขาเครื่องจักรกลเกษตรและสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2540 จัดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมร่วมกับมูลนิธิธนาคารกรุงเทพ.
- มธุรดา จิโนรส พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นวภัทรา พิธิยากุล 2545 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณภาระห้องเย็นสำหรับเก็บผักผลไม้ในประเทศไทย วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 33, หน้า149 -157 ฉบับที่ 4 – 5 กรกฎาคม – ตุลาคม 2545
- ณิชชา ฉัตรชมชื่น ธนา ศิริรัตนสุวรรณ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบความแตกต่าง การประชุมวิชาการนวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 ประจำปี 2547 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, หน้า 397-403, 26-27 เมษายน 2547.
- ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และอธิรุต รมโพธิ์ภักดี สมบัติทางกายภาพของถั่วเหลืองฝักสด การประชุมวิชาการนวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิต สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 ประจำปี 2547 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, หน้า 360-367, 26-27 เมษายน 2547.

เอกสารนี้เป็นงานวิจัยที่ได้รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sirisomboonl, P., Ponchaloeampong, P., Romphophak, T., 2005. Physical properties Of Green Soybean : Criteria For Sorting. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering.
- Ponchaloeampong, P., Narkrugsa, W., O.BalAban M., Prinyawiwatkul, W. 2005. Effect of Processing Conditions on Yield and Color of Albacore Tuna. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering.
- Chomchai, K., Ponchaloeampong, P., Chalidabhongse, T. 2005. Computer-Assited Sensory Evaluation for Food Industry. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Innovations in Food Processing. Technology and Engineering.
- กาญจนา เหล่าศรีวิจิตร จิราภา สีมะเสถียรโสภณ วรางคณา ณ พัทลุง พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิม พงศ์ และ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม. 2548. จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการลวกของแครอท 2 สายพันธุ์. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 วันที่ 26-29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา ชลบุรี.
- จิราภา วิทยาภักษ์ และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ 2548. พจนานุกรมวิศวกรรมอาหาร (อังกฤษ-ไทย). การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7 วันที่ 22-24 มิถุนายน 2548 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพฯ.
- นวรัตน์ วงษ์สมัย นันทนีย์ ถนอมเลิศชัย สุริยะ เปียอยู่ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม. 2548. ผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณสมบัติทางรีโอโลยีและคุณภาพของไอศกรีมกะทิ. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7 วันที่ 22-24 มิถุนายน 2548 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพฯ.
- กนกวรรณ บัวจันทร์ กฤษชัย ถนอมสุข ภัฏฐาพร จิระกิจกุล พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม. 25458. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7 วันที่ 22-24 มิถุนายน 2548 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพฯ.
- Ponchaloeampong, P., Narkrugsa, W., O.BalAban M., Prinyawiwatkul, W. 2005. Effect of Processing Conditions on Yield and Color of Albacore Tuna. *Journal Food and Beverage Asia*
- Sirisomboon, P., Boonmung, S., Pornchaloempong P., and Pithuncharunlap, M. A Preliminary Study on Classification of Mango Maturity by Compression Test. *International Journal of Food Properties*, 11: 206-212 (2008)
- P. Sirisomboon, P. Pornchaloempong. Instrumental textural properties of mango (cv Nam Doc mai) at commercial harvesting time. *International Journal of Food Properties*, 14, 441-449 (2011).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผู้ร่วมวิจัยที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวปณิตกักร เรณูพิพัฒน์  
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Pannikar Renupipat
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1199999034681
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)  
ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร คณะ วิศวกรรมศาสตร์  
โทรศัพท์ 02 3298000 ต่อ 3443 โทรสาร 02 3298336  
E-mail pannikar.r@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา  
ปริญญาตรี (พ.ศ.2551) วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปริญญาโท ปัจจุบัน-กำลังศึกษาในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5. ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ  
ในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

ปณิตกักร เรณูพิพัฒน์, จันทิมาทองเถื่อน และชัยสิทธิ์ เคิกศิริ. 2551. เครื่องขยายเสียงคลาสดีซึ่งใช้เทคนิคการสวิตซ์แบบพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่นชนิดยูนิโพลาร์. ปริญญา นิพนธ์ ปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปณิตกักร เรณูพิพัฒน์, ภพ จันทรเจริญสุข, อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ, ปิติเขต สุรักษา เครื่องขยายเสียงคลาสดี โดยใช้เทคนิคการสวิตซ์แบบพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น (PWM) ชนิด ยูนิโพลาร์, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8.

Pannikar Renupipat, Pitikhate Sooraksa, Pimpen Pornchaloempong. 2012 Detecting Shrimp with Legs using Fourier Descriptors. ICEAST 2012



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Detecting Shrimp with Legs using Fourier Descriptors

Pannikar Renupipat<sup>1</sup>, Pitikhate Sooraksa<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Chalongkrung Rd., Ladkrabang, 10520, Thailand  
pannikar.r@hotmail.com, pitikhate@gmail.com

Pimpen Pornchaloempong<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Chalongkrung Rd., Ladkrabang, 10520, Thailand  
pornchaloem@hotmail.com

**Abstract**— This research proposes the method of detection Raw White Shrimp's leg (*Penaeus vannamei*) by finding distinctive structural characteristic (Contour) using Fourier Descriptor in order to increase the effectiveness of detection. As a result, the distinctive characteristic was sought at the area of shrimp's inside feature that was able to detect shrimp with legs and with no leg clearly. Eleven values of coefficient was used to explain the boundary of shrimp's inside feature. Subsequently, coefficient of vector obtained from shrimp with no leg was calculated to find Euclidean vector norm for analysis and thresholding. This method provided DSR (Detection Success Rate) higher than 90% from all 130 images used for testing. That might be incorrect due to the manner of shrimp's legs that close to its feature leading to inspection fault.

**Keywords**- Fourier Descriptor; Shrimp; Inspection; Shape Analysis

## I. INTRODUCTION (HEADING 1)

Shrimp industry is considered to be the important industry for Thailand's economy. The shrimps will be exported for distributing in international market in the form of frozen shrimp and processing shrimp. Seven of the 10 world's largest shrimp producers in 2003 were Asian countries. These seven producers - China, India, Indonesia, Thailand, Vietnam, Malaysia and The Philippines - had a combined output of 6.96 billion pounds which represented two-thirds of world production [5].

Since the inspection process of frozen shrimp industry's QC inspection is operated by visual inspection of trained experts, such inspector must be qualified specialists. In addition, there are several subjects for inspection, for example, the inspection of dehydration at the shrimp's skin due to freezing, shrimp's color change, black spot, and shrimp amount counting per package. Such inspection is operated to classify good shrimps out of defected shrimps for determining the shrimp grade of such manufacturing. As a result, there is a possibility of having poor quality shrimp or product that is not inspected. The most important fault of QC in this manner is inspection process performed after checking shrimp. As a result, in the event of finding any error with percentage lower than acceptable percentage, such manufacturing will be returned giving bad effect to export industry and reliability.

The main cause is that inspector is unable to use his/her sense to evaluate product continuously and regularly due to tiredness and influence of usualness and monotony on working. Consequently, the analysis's result may be incorrect. Although repeated inspection may provide experience to inspector, it can be seen clearly that the influence of usualness will reduce the speed of analysis.

As a result, from the reason above, shrimp's QC inspections and product's quality assurance becomes very important. One of QC inspection process is the inspection of appearance condition. This inspection stage is generally uses visual inspection requiring large amount of specialists for this process. However, although it is the inspection performed by expert, there is possibility of error due to the limitation of operation performed by human. Tiredness due to visual inspection of inspecting defect on shrimp's feature contributes boredom in operating repeated works. As a result, automatic QC system becomes one method to solve the problem of product QC as well as reduce the cost of employing personnel for shrimp's QC inspection.

The objectives of this research are:

- 1) To develop the use of Machine Vision for shrimp's QC inspection for Thailand's export;
- 2) To test the effectiveness of shrimp classification from developed system.

## II. PREPROCESSING AND FEATURE EXTRACTION

LCdr. Nikorn Chaichuay [1] presented a method to recognize a ship on a river by extract 36 Fourier descriptor coefficients representing global boundary features of the ship. Tyler Karrels [4] extracted and assign information contained in images is using Fourier descriptors to recognize shapes of leaf. L. Xu [7] segmented the image of skin cancer by intensity thresholding. Øivind Due Trier [9] presented an overview of feature extraction methods for recognition of segmentation characters. Different feature extraction methods are designed for different representation of the characters, such as solid binary, character contour.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### A. Noise Filter

Blurring of the image is to remove noise. Therefore the image is first smoothed by applying a Gaussian filter. The kernel of a Gaussian filter with a standard deviation of  $\sigma = 1.4$  is shown in Equation (1).

$$B = \frac{1}{159} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

### B. Segmentation and Edge Detection: Canny

In [6], [8], Canny is a good Detection and have a good localization. That is edge detection near true edge. For the one - dimensional case.

Firstly, two-dimensional Gaussian Filter is used as shown in equation (2)

$$G(i, j) = e^{-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Then the position of boundary is able to be found as shown in equation (3).

$$\text{If, } \frac{\sigma^2 G(i, j)}{\sigma n^2} \otimes g(x, y) = 0 \quad (3)$$

It is the boundary

$$\text{By, } n = \frac{\nabla(G(i, j) \otimes g(x, y))}{|\nabla(G(i, j) \otimes g(x, y))|} \quad (4)$$

When n is perpendicular with the pixel that is boundary

### C. Morphological Image Processing

- Dilation[2]

Suppose  $A$  and  $B$  are sets of pixels. Then the dilation of  $A$  by  $B$ , denoted  $A \oplus B$ , is defined as

$$A \oplus B = \bigcup_{x \in B} A_x \quad (5)$$

This is for every point  $x \in B$ , we translate  $A$  by those coordinates. Then we take the union of all these translations. An equivalent definition is that

$$A \oplus B = \{(x, y) + (u, v) : (x, y) \in A, (u, v) \in B\}. \quad (6)$$

From this last definition, we see that dilation is commutative: that

$$A \oplus B = B \oplus A \quad (7)$$

- Erosion

Give sets  $A$  and  $B$ , the erosion of  $A$  by  $B$ , written  $A \ominus B$ , as shown in equation (8)

$$A \ominus B = \{z \mid (B)_z \subseteq A\} \quad (8)$$

That is the erosion of  $A$  by  $B$  consists of all points  $z=(x, y)$  for which  $B_z$  is in  $A$ . To perform and erosion, we can move  $B$  over  $A$ , and fine all the places it will fit, and for each such place mark down the corresponding  $(0,0)$  point of  $B$ . The set of all such points will form the erosion.

- Opening

Give  $A$  and a structuring element  $B$ , the opening of  $A$  by  $B$ , denoted  $A \circ B$ , is defined as:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (9)$$

That is,  $A \circ B$  is the union of all translations of  $B$  which fit side  $A$ .

- Closing

Analogous to opening we can define closing, which may be considered as a dilation followed by an erosion, and is denoted  $A \bullet B$ :

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (10)$$

### D. Feature Extraction

[1],[12]That is using analysis for pulling interested images data to be the form of vector for applying as theinput of Classifier. In this research, we use Fourier Descriptor because images of shrimp's feature inthis research has curve such curve manners seem to be slightly ,However .skeleton ferent on difSpatial Domain. As a result, when the image groups are able to be classified, it is interesting to analyze boundary's data (Contour on Spectral Domain by using Fourier Transformation Theory for providing the value of Fourier Descriptor.

ngFor findiFourier Descriptor value, it is begun from finding the boundary of object's image. Subsequently, the pixel of image on boundary will be ordered. Such finding is calculated from

$$u(n) = x_1(n) + jx_2(n) \quad (11)$$

in the form of Complex Number as shown in equation (11) because obtained boundary is discrete data. The pixel needed for sampling is determined as  $N$  and coefficient, as well as  $N$  value, is able to be calculated in a(k) Frequency

Domain of  $u(n)$  by using Discrete Fourier Transform Theory. DFT value is able to be calculated by equation (12),

$$a(k) = \sum_{n=0}^{N-1} u(n)e^{-2\pi jkn/N} \quad (12)$$

by  $k=0,1,\dots,N-1$  called Coefficient  $a(k)$  as the Fourier Descriptor finding. For the finding of  $a(k)$  size or the finding of Complex norm size, that is able to be called as Magnitude value, it is able to be calculated by using equation (13).

$$|z| = |x + jy| = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (13)$$

#### E. Euclidean Vector Norm

The length of a vector  $u \in \mathbb{R}^2$  is obtained from the Pythagorean theorem by computing the length of the hypotenuse of a right triangle as shown in Figure 1, For vector  $X_{n \times 1}$ , the Euclidean norm of  $x$  is defined to be [10]

$$\|X\| = \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right)^{1/2} = \sqrt{X^T X} \quad \text{whenever } X \in \mathbb{R}^{n \times 1} \quad (14)$$

$$\|X\| = \left( \sum_{i=1}^n |x_i|^2 \right)^{1/2} = \sqrt{X^* X} \quad \text{whenever } X \in \mathbb{C}^{n \times 1} \quad (15)$$

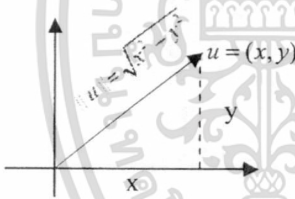


Figure 1: Euclidean vector norm for 2 dimensional

This measure of length,

$$\|u\| = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (16)$$

### III. PREPARE METHODOLOGY AND EXPERMENTS

In the experiment using color image (RGB) of shrimp taken by digital camera in the same environment with the size of 365x270 pixels, the image was laid on a transparent acrylic sheet overlaying white paper sheet as shown in Figure 2.

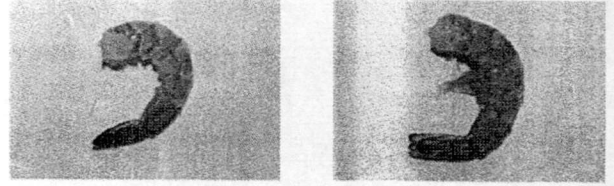


Figure 2: Comparison between images of shrimp with no legs (Left) and legs (Right)

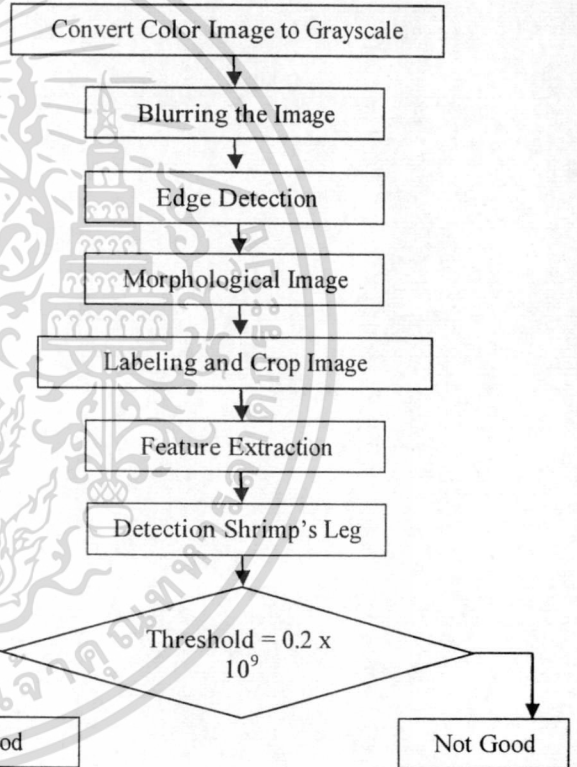


Figure 3: Flowchart shows a process of segmentation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

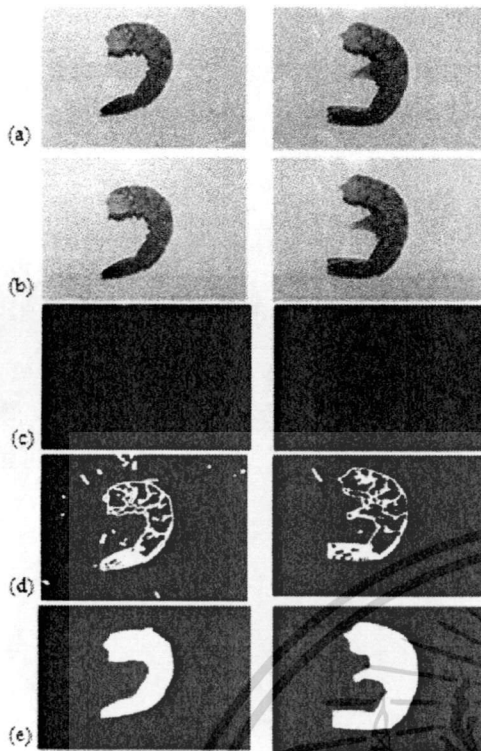


Figure 4: Figure exhibiting calculation process of segmentation, RGB Image (a), Convert to Gray Scale (b), Finding Edge Detection (c), Edge Dilation (d), Fill Region (e)



Figure 5: The images of shrimps after cropped whole shape



Figure 6: The images were cropped the area of shrimp's inside by fix point (246x201 pixels)

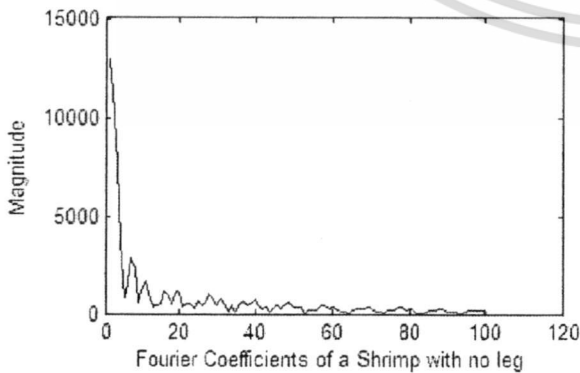


Figure 7: values of 10 Graph exhibiting Fourier Coefficients (no leg)

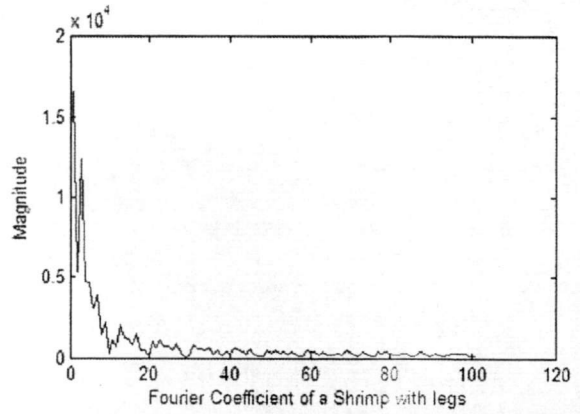


Figure 8: legs of 10 Graph exhibiting Fourier Coefficients (with legs)

From graph exhibiting magnitude of Complex Number on axis y and Fourier Coefficients on axis x, it was found that the comparison between Figure 7 and Figure 8 shows that shrimp with legs in graph 8 has higher frequency than Figure 7. Consequently, it shown that shrimp's image with large difference of boundary, that was different from graph 7, had lower frequency. This shown that the boundary has more curve manner. In consideration on graph obtained from plotting graph between Magnitude and Fourier Coefficients, as shown in Figure 7 and Figure 8, by selecting 10 values of Fourier Coefficients, magnitude obtained from coefficient value at 10 that close to the center. As a result, when comparing the feature of shrimps, the difference between such two types of shrimp was not clear.

TABLE I. FOURIER ABSOLUTE VALUES OF 10 EXHIBITING COEFFICIENTS TABLE TYPE STYLES

No.	Fourier Coefficient	
	<i>Shrimp with no leg</i>	<i>Shrimp with legs</i>
FD1	12979	19629
FD2	11367.12	7507.57
FD3	7606.27	11371.61
FD4	3786.76	2764.99
FD5	837.86	3902.12
FD6	1552.66	4747.56
FD7	2827.74	2758.55
FD8	2305.20	4049.96
FD9	635.51	2190.70
FD10	1394.55	2211.58

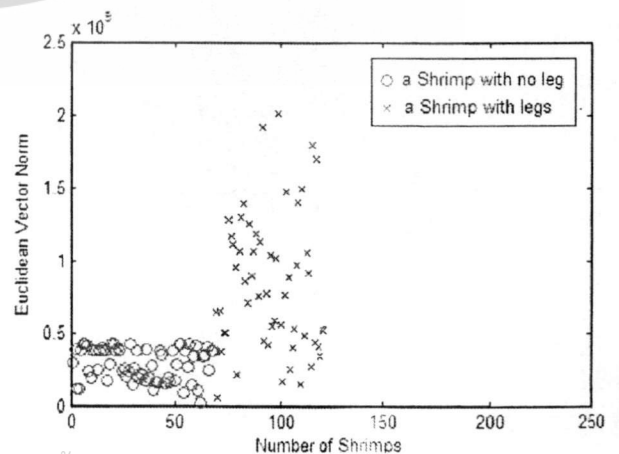


Figure 9: Graph exhibiting Vector Norm Calculation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ โดยเด็ดขาด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

After calculating Vector Norm, we have to select 1 value for thresholding in order to classify shrimp with legs out of shrimp with no leg.

#### IV. RESULT AND DISCUSSION

From Fourier Transform Theory [2], it is found that Fourier Descriptors have the symmetry around  $(L-1)/2$  positions. As a result, the first half of Fourier Descriptors was applied. Graph with low frequency explained total characteristics and high frequency explained the detailed characteristics of object. This has shown that such image had angle and edge. In this research, there were 10 values of Fourier coefficients that were used as Features and applied for finding the Euclidean vector norm value and thresholding's value. From the experiment, it was found that the best thresholding's value was  $0.2 \times 10^9$  that was able to classify shrimp with legs and shrimp with no leg. This evaluation value had higher efficiency at 90.77% which was compared by humans. The percent error was higher than 10%. Such error might be caused by image cropping of shrimp's inside feature that was the determination of fixed boundary. As a result, the error was occurred because the nature of shrimp is variance shape. As a result, the specified boundary may not cut the part of inside feature to meet with the demand.

#### ACKNOWLEDGMENT

Finally, the researcher has had to greatly thank Charoen Pokphaphand Foods Public Co., Ltd, Samutsakorn, Thailand for providing samples of abnormal shrimps and information used in this research. In addition, the researcher also thanks every person who provides consultation for making this research.

#### REFERENCES

- [1] LCdr. Nikorn Chaichuay, Vision-Based Ship Recognition by Using Fourier Descriptor and Back Propagation Neural Network, Master Degree Thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand, 2007.(Reference)
- [2] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2002.
- [3] Luciano Da Fontoura Costa, Roberto Marcondes Cesar Jr., Shape Analysis and Classification: Theory and Practice, CRC, 2000.
- [4] Tyler Karrels, Fourier Descriptors: Properties and Utility in Leaf Classification, ECE 533 Fall 2006.
- [5] Pawan Poudel, An Analysis of the World Shrimp Market and the Impact of An Increasing Import Base on the Gulf of Mexico Dockside Price, B.Sc.(Ag.), Institute of Agriculture and Animal Science, Tribhuvan University, Nepal, 2008.
- [6] Marco Accame, Francesco G.B. De Natale, Edge Detection by Point Classification of Canny Filtered Images, Signal Processing, 60:11-22(1997).
- [7] L. Xu, M. Jackowski, A. Goshtasby, D. Roseman, S. Bines, C. Yu, A. Dhawan, and A. Huntley, Segmentation of skin cancer images, Image and Vision Computing, 17:65-74 (1999).
- [8] John Canny. A Computational Approach to Edge Detection. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, PAMI-8(6):679-698, Nov. 1986.
- [9] Øivind Due Trier, Anil K. Jain and Torfinn Taxt, Feature Extraction Methods for Character Recognition-A Survey, Pattern Recognition PR, Vol. 29, p. 641-662, Nr. 4(1996).
- [10] Carl D.Meyer, Matrix Analysis and Applied Linear Algebra Book and Solutions Manual, SIAM: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2000.
- [11] Timuçin Özüğür, Yağmur Denizhan, Erdal Panayirci, Feature Extraction in Shape Recognition using Segmentation of the Boundary Curve, Pattern Recognition Letters, V. 18. Issue 10, P. 1049-1056, October 1997.
- [12] Elisabeth T. Bowman, Kenichi Soga, Tom W. Drummond, Particle Shape Characterisation using Fourier Descriptor Analysis, CUED/D-SoWTR315 (2000).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้