

คอมพิวเตอรวิทัศน์เพื่อการจำแนกขนาดไวก่อนการนำอวัยวะภายในออก



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

COMPUTER VISION FOR SIZE CLASSIFICATION OF CHICKEN
BEFORE EVISCERATION

Mr. Boonyakiat Chaitepprasith



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Imaging Technology

Department of Imaging and Printing Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หัวข้อวิทยานิพนธ์

คอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการจำแนกขนาดไวก่อนการ

นำอวัยวะในออก

โดย

นายบุญเกียรติ ฉายเทพประสิทธิ์

สาขาวิชา

เทคโนโลยีทางภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คุร์พิพัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กীরติพิบูล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ แสงวณิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญดา เกตุเมฆ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คุร์พิพัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กীরติพิบูล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตรา สือประสาร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชลิดา ลิปิกรณ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์พรทิวี พึ่งรัมย์)

บุญเกียรติ ฉายเทพประสิทธิ์ : คอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อการจำแนกขนาดไก่ก่อนการนำอวัยวะภายในออก (COMPUTER VISION FOR SIZE CLASSIFICATION OF CHICKEN BEFORE EVISCERATION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ชวาล คุรุพิพัฒน์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ. ดร.สุวิมล กิริติพิบูล, หน้า.

ความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่เป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดปัญหาไก่ไล่แตก ซึ่งปัญหานี้มักพบในขั้นตอนการนำเอาอวัยวะภายในออก เมื่อเกิดปัญหาไก่ไล่แตกพนักงานในโรงงานผลิตไก่ต้องเสียเวลาทำความสะอาด และเสียเวลา จึงทำให้ต้นทุนการผลิตเนื้อไก่สูงขึ้น โดยปกติขนาดของซากไก่ถูกควบคุม ด้วยน้ำหนักและอายุของไก่ แต่ในความเป็นจริง ขนาดไก่ มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและอายุ เพียงเล็กน้อย งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการตรวจสอบความสม่ำเสมอของซากไก่ ด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนแรกนำเสนอวิธีการตัดแบ่งส่วนซากไก่ซึ่งเกิดจากการประมวลผลร่วมกันสามวิธีการ ได้แก่ การใช้แบ่งส่วนภาพด้วยวิธีการใช้ฟิลเตอร์โครงสร้างส่วนประกอบ และการใช้ฐานฐานวิทยาของภาพ โดยงานวิจัยนี้ใช้ 5 ตัวชี้วัด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการ และงานวิจัยส่วนที่สองเป็นการนำเสนอวิธีการตรวจและสังเกตความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่ หลังจากทีภาพถ่ายไก่ถูกตัดแยกด้วยกระบวนการแยกภาพซากไก่จากงานวิจัยส่วนแรก ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทดสอบวิธีการนำเสนอ 4 วิธีการซึ่งพบว่า วิธีการที่อยู่บนพื้นฐานของลายเซ็นภาพดิจิทัลที่มีการกำหนด ช่วงขอบเขตการยอมรับ เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการตรวจสอบความสม่ำเสมอของภาพซากไก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

| | | |
|------------|----------------------------|----------------------------------|
| ภาควิชา | เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ | ลายมือชื่อนิสิต |
| สาขาวิชา | เทคโนโลยีทางภาพ | ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก |
| ปีการศึกษา | 2560 | ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม |

5572823923 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEYWORDS: POULTRY POCESSING / IMAGE SEGMENTATION / COMPUTER VISION

BOONYAKIAT CHAITEPPRASITH: COMPUTER VISION FOR SIZE CLASSIFICATION OF CHICKEN BEFORE EVISCERATION. ADVISOR: ASST. PROF.CHAWAN KOOPIPAT, Ph.D., CO-ADVISOR: PROF.SUWIMON KEERATIPIBUL, Ph.D., pp.

Size non-uniformity is the main cause of major problem that occur in intestine breakage at the evisceration unit on poultry processing by automatic poultry processing machine. When this problem occurred, the production line is inflected, then the machine has to stop for cleaning, therefore cost and processing time are increased. The size of chicken carcasses is usually controlled by measuring the weight of life chicken, but its size and weight is not correlated well. This research proposed a series of techniques for monitoring the uniformity of chicken carcasses in a poultry processing. First, chicken carcasses were segmented from the background using color segmentation, we tested the performance of color segmentation using HSI and LAB color space. Second, five types of matrix were tested in order to improve the edge of segmented image and after that morphological method is applied to get rid of noise in the segmented image and background. We tested our algorithm with video clip of poultry. The results from our proposed method and the other stage of the art which is Haar matrices-like feature method were compared and the performance was evaluated by five metrics which are a processing time, Recall, Precision, F1-score, and Similarity. The results showed that our proposed algorithm can segment chicken carcasses better than the other method and consumed less resources. For the second part four image representation techniques were tested for detecting size non-uniformity. We found that the technique that based on threshold tolerance band is sufficiently detect the non-uniform size of chicken carcasses.

Department: Imaging and Printing Student's Signature

Technology Advisor's Signature

Field of Study: Imaging Technology Co-Advisor's Signature

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ชวาล คุรุพิพัฒน์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งทำให้ข้าพเจ้าสามารถสำเร็จการศึกษาได้จนมีวันนี้ และ ศ.ดร. สุวิมล กิรติพิบูล ผู้ซึ่งเป็น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่คอยให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าตลอดมา โดยเฉพาะความรู้ทางด้านการผลิตเนื้อไก่ รวมถึงการติดต่อกับโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อพูดถึงโรงงานผลิตเนื้อไก่ ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) และ บริษัท สหฟาร์ม จำกัด ที่คอยให้ข้อมูลและช่วยเหลือข้าพเจ้าตลอดมา เมื่อพูดถึงบริษัท และองค์กร สิ่งที่ไม่ลืมไม่ได้เลย คือ สถาบันการศึกษาที่มีชื่อว่า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ ซึ่งเป็นสถานที่ ที่คอยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอดหลายปีที่ผ่านมา และยังคงให้ความรู้แก่ข้าพเจ้าต่อไปไม่จบสิ้น จากสถาบันการศึกษาต้องกล่าวถึง สถานที่ทำงานของข้าพเจ้า บริษัท โฟโต้ไฟล์ จำกัด ที่ให้ข้าพเจ้าสามารถมาเรียนได้ โดยเฉพาะ พี่ทั้งสามคน ได้แก่ คุณ มนัสชัย พรโสภาคกุล คุณ มนตรี พวงทอง และคุณ สุวิชา เปรมใจชื่น ซึ่งเป็นทั้งเจ้านายและพี่ที่ใจดีของข้าพเจ้ามาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนร่วมงานของข้าพเจ้าทุกคน ที่คอยให้กำลังใจ และรอวันที่ข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษา สถาบันอีกแห่งที่ต้องขอขอบคุณ คือ สถาบันพลังจิตตานุภาพ วัตรธรรมมงคล ที่ทำให้ข้าพเจ้าเกิดพลังที่จะเรียนต่อให้จบ และผ่านปัญหาต่าง ๆ ไปได้ สถาบันสุดท้ายที่จะกล่าวถึง คือ สถาบันครอบครัว ต้องขอขอบพระคุณบิดา และมารดาของข้าพเจ้า รวมถึงญาติพี่น้องของข้าพเจ้าท่านอื่น ๆ ด้วย และที่ขาดไม่ได้อีกคน คือ แฟนของข้าพเจ้า ที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา และยังมีบุคคลสำคัญอีกกลุ่มหนึ่ง ได้แก่ ศาตราจารย์เกียรติคุณ ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์ ที่คอย ส่งสอนข้าพเจ้าจนถึงทุกวันนี้ ผศ.ดร. สุจิตรา สื่อประสาร ผู้เป็นทั้งอาจารย์ และ กัลยาณมิตรที่คอยจีข้าพเจ้า ป้าแก้ว หรือ คุณ อารมณ ผู้เป็นที่รักของเด็กภาควิชานี้ทุกคน รวมถึง อาจารย์และบุคคลากรของภาควิชาทุกท่าน หากขาดบุคคลเหล่านี้ ข้าพเจ้าอาจไม่สามารถเดินมาถึงจุดนี้ ต้องขอขอบพระคุณทุกคนจากใจจริง

สารบัญ

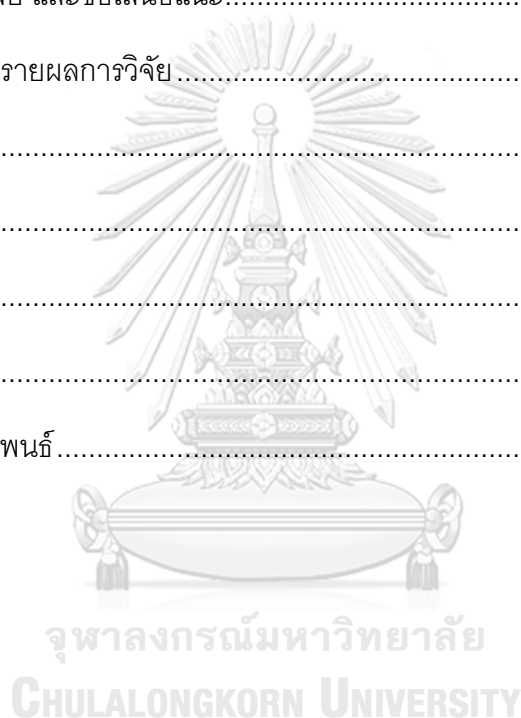
หน้า

| | |
|--|----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฎ |
| สารบัญภาพ..... | ฏ |
| สารบัญกราฟ..... | ฑ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... | 4 |
| 1.3. ขอบเขตของการวิจัย..... | 4 |
| 1.4. ข้อจำกัดของงานวิจัย..... | 4 |
| 1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 5 |
| 1.6. วิธีการดำเนินงานวิจัย..... | 5 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 7 |
| 2.1. ทฤษฎี..... | 7 |
| 2.1.1. ภาพดิจิทัล (Digital Image)..... | 7 |
| 2.1.1.1. การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)..... | 8 |
| 2.1.1.2. ภาพไบนารี (Binary Image)..... | 9 |
| 2.1.1.3. ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image)..... | 10 |
| 2.1.1.4. ภาพสี (Color Image)..... | 11 |
| 2.1.2. ภาพวิดีโอทัศน์ดิจิทัล (Digital Video)..... | 13 |

| | |
|--|----|
| 2.1.2.1. กลุ่มภาพ (Group of Pictures: GOP) | 14 |
| 2.1.2.2. การเข้ารหัสแบบอินทราเฟรม (Intra Frame Codec)..... | 15 |
| 2.1.2.3. การเข้ารหัสแบบอินเตอร์เฟรม (Inter Frame Codec)..... | 16 |
| 2.1.3. คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision)..... | 18 |
| 2.1.3.1. การวิเคราะห์และเข้าใจภาพ (Image Analysis and Understanding) ... | 18 |
| 2.1.3.2. การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motions Detection Technique)..... | 18 |
| 2.1.3.3. การจำแนกภาพ (Image Classification) | 19 |
| 2.1.4. การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)..... | 19 |
| 2.1.4.1. การแบ่งส่วนภาพด้วยสี (Color Image Segmentation) | 20 |
| 2.1.4.2. การแบ่งส่วนภาพด้วย รูปร่าง ลวดลาย และพื้นผิว ของวัตถุ | 20 |
| 2.1.4.3 การแบ่งส่วนภาพด้วยค่าความเข้มแสง | 21 |
| 2.1.5. การประมวลผลภาพดิจิทัลสี (Digital Color Image Processing)..... | 21 |
| 2.1.5.1. มาตรฐานสี sRGB | 21 |
| 2.1.5.2. ค่าสี HSI (HSI Color) | 22 |
| 2.1.5.3. ค่าสี CIELAB..... | 22 |
| 2.1.5.4. การแปลงค่าสีจากมาตรฐาน sRGB ไปเป็น ค่าสี HSI..... | 23 |
| 2.1.5.5. การแปลงค่าสีจากมาตรฐาน sRGB ไปเป็น ค่าสี CIELAB | 26 |
| 2.1.6. การแยกภาพด้วยส่วนประกอบโครงสร้าง (Structuring Element) และ วิธีขีด แบ่งของโอตสึ (Otsu Thresholding)..... | 30 |
| 2.1.7. พื้นฐานวิทยาของภาพดิจิทัล (Digital Image Morphological)..... | 30 |
| 2.1.7.1. ตัวดำเนินการปฐมภูมิ (Primary Operator)..... | 30 |
| 2.1.7.2. ตัวดำเนินการเชิงซ้อน (Complex Operator)..... | 34 |
| 2.1.8. ตัววัดผลประสิทธิภาพ | 35 |

| | |
|--|----|
| 2.1.8.1. ความแตกต่างของภาพ (Image Difference) | 35 |
| 2.1.8.2. ตัวจำแนกไบนารี (Binary Classifier) | 36 |
| 2.1.8.3. วิธีการจำแนก จุดภาพ | 39 |
| 2.1.8.4. ตัววัดในวิธีการจำแนกแบบไบนารี..... | 41 |
| 2.1.9. ลายเซ็นของภาพดิจิทัล (signature)..... | 43 |
| 2.2. วารสารปริทรรศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 44 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย | 46 |
| 3.1. การหากระบวนการแยกภาพซีกไม้..... | 47 |
| 3.1.1. การทดลองตอนที่ 1 การหาปริภูมิสีที่เหมาะสมกับการแยกภาพซีกไม้..... | 50 |
| 3.1.1.1. ภาพสำหรับการทดลองและภาพอ้างอิงที่ใช้ระบุตำแหน่งซีกไม้..... | 50 |
| 3.1.1.2. การวัดค่าสีสันของภาพซีกไม้ในปริภูมิสี HSI และ CIELAB..... | 51 |
| 3.1.1.3. การแยกภาพซีกไม้ด้วยสี..... | 51 |
| 3.1.1.4. การวัดผลการแบ่งภาพไม้จาก ปริภูมิสี HSI กับ CIELAB..... | 52 |
| 3.1.1.5. แผนภูมิอธิบายการทดลองตอนที่ 1 | 53 |
| 3.1.2. การทดลองตอนที่ 2 การหาชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างที่เหมาะสมกับ การแบ่งภาพซีกไม้ | 53 |
| 3.1.3. การทดลองตอนที่ 3 การปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยสัญญาณวิทยาทางภาพ..... | 57 |
| 3.1.4. การทดลองตอนที่ 4 การทดสอบกระบวนการแยกภาพไม้กับชุดข้อมูลทดสอบ | 57 |
| 3.2. การหาวิธีการนำเสนอและอธิบายความสม่ำเสมอของขนาดซีกไม้ | 59 |
| 3.2.1 อธิบายรายละเอียดของวิธี | 59 |
| 3.2.2 การทดลองตอนที่ 5 การทดสอบวิธีการนำเสนอความสม่ำเสมอของขนาดซีกไม้.. | 66 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย | 68 |
| 4.1 การทดลองตอนที่ 1 การหาปริภูมิสีที่เหมาะสมกับการแยกภาพซีกไม้ | 69 |

| | |
|--|----|
| 4.2 การทดลองตอนที่ 2 การหาชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างที่เหมาะสมกับการแบ่ง ภาพซากไก่..... | 72 |
| 4.3 การทดลองตอนที่ 3 การปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยสัญญาณวิทยาทางภาพ | 73 |
| 4.4 การทดลองตอนที่ 4 การทดสอบกระบวนการแยกภาพไ้กับชุดข้อมูลทดสอบ | 74 |
| 4.5 การทดลองตอนที่ 5 การทดสอบวิธีการนำเสนอความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่..... | 76 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... | 87 |
| 5.1. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย..... | 87 |
| 5.1. ข้อเสนอแนะ..... | 88 |
| | 90 |
| รายการอ้างอิง..... | 90 |
| ภาคผนวก ก..... | 93 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 97 |



สารบัญตาราง

| | |
|---|----|
| ตารางที่ 1 ค่าสีสัมแดงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพซากไก่ตัวอย่างในปริภูมิสี HSI และ CIELAB | 70 |
| ตารางที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพของการแยกภาพไก่ในปริภูมิสี HSI และ CIELAB..... | 71 |
| ตารางที่ 3 ผลเมื่อนำฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างมาแยกภาพซากไก่..... | 72 |
| ตารางที่ 4 ผลเมื่อนำสัญญาณวิทยาทางภาพมาแยกภาพซากไก่ | 73 |
| ตารางที่ 5 ผลเมื่อทดสอบกระบวนการกับชุดข้อมูลทดสอบ..... | 74 |
| ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ตารางที่ 5..... | 75 |



สารบัญภาพ

| | |
|---|----|
| ภาพที่ 1 การผสมสีแบบบวก | 11 |
| ภาพที่ 2 การผสมสีแบบลบ | 12 |
| ภาพที่ 3 อธิบายความหมายของผลลัพธ์ทั้ง 4 แบบ | 37 |
| ภาพที่ 4 อธิบายตัวจำแนกไบนารี ในเชิง จุดภาพ ของภาพดิจิทัล โดยภาพขาว คือ ภาพ ต้นฉบับ ด้านซ้าย คือ ภาพที่เกิดจากการประมวลผลภาพดิจิทัล..... | 38 |
| ภาพที่ 5 วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลบวกจริง | 39 |
| ภาพที่ 6 วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลบวกลวง และ ผลลบลวง | 39 |
| ภาพที่ 7 วิธีการหาภาพผกผันของภาพต้นฉบับ (invert image) | 40 |
| ภาพที่ 8 วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลลบจริง | 41 |
| ภาพที่ 9 ด้านซ้าย คือ ภาพต้นฉบับ ด้านขวา คือ กราฟลายเส้นของภาพด้านขวา..... | 43 |
| ภาพที่ 10 แผนการดำเนินงานเพื่อหากระบวนการแยกภาพชากโก้ | 49 |
| ภาพที่ 11 แผนภูมิอธิบายการทดลองตอนที่ 1 | 53 |
| ภาพที่ 12 รูปร่างของฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้าง ที่นำเสนอ เพื่อให้ตรวจจับภาพชากโก้..... | 55 |
| ภาพที่ 13 รูปร่างของฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างชุดที่ 1 | 56 |
| ภาพที่ 14 รูปร่างของฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างชุดที่ 2 | 56 |
| ภาพที่ 15 วิธีการทดลองตอนที่ 4 | 58 |
| ภาพที่ 16 ตัวอย่างการนำเสนอความสม่ำเสมอของชากโก้แบบเต็มตัวด้วยวิธีลายเส้นของภาพ.. | 60 |
| ภาพที่ 17 แบ่งภาพให้เหลือชากโก้เพียงตัวเดียว | 60 |
| ภาพที่ 18 ส่วน บน-ซ้าย ของชากโก้ และกราฟลายเส้นของภาพ | 61 |
| ภาพที่ 19 ส่วน บน-ขวา ของชากโก้ และกราฟลายเส้นของภาพ..... | 61 |

| | |
|--|----|
| ภาพที่ 20 ส่วน ล่าง-ขวา ของซากไก่ และกราฟลายเซ็นของภาพ..... | 62 |
| ภาพที่ 21 ส่วน ล่าง-ซ้าย ของซากไก่ และกราฟลายเซ็นของภาพ | 62 |
| ภาพที่ 22 ตัวอย่างการตัดแบ่ง ส่วนบนและส่วนล่าง ของซากไก่..... | 63 |
| ภาพที่ 23 ส่วนบนของซากไก่ และกราฟขอบภาพซากไก่ของซากไก่ส่วนบน | 64 |
| ภาพที่ 24 ส่วนล่างของซากไก่ และกราฟขอบภาพซากไก่ของซากไก่ส่วนล่าง | 64 |
| ภาพที่ 25 ตัวอย่างที่นำมาเขียนกราฟตามวิธีที่สี่ | 65 |
| ภาพที่ 26 ตัวอย่างการเขียนกราฟส่วนล่าง ด้วยวิธีการที่สี่..... | 65 |
| ภาพที่ 27 ตัวอย่างการเขียนกราฟส่วนบน ด้วยวิธีการที่สี่..... | 66 |
| ภาพที่ 28 แผนภูมิแสดงวิธีการทดลองตอนที่ 5..... | 67 |
| ภาพที่ 29 ตัวอย่างภาพที่ได้จากเฟรมของวิดีโอ..... | 68 |
| ภาพที่ 30 ตัวอย่างภาพอ้างอิงที่ระบุตำแหน่งซากไก่..... | 68 |
| ภาพที่ 31 ตัวอย่างภาพไก่ชุดที่ 1 ซึ่งมีความสม่ำเสมอ | 76 |
| ภาพที่ 32 ตัวอย่างภาพไก่ชุดที่ 2 ซึ่งมีความสม่ำเสมอ | 79 |
| ภาพที่ 33 ตัวอย่างภาพไก่ชุดที่ 3 ซึ่งไม่สม่ำเสมอ..... | 82 |
| ภาพที่ 34 ตัวอย่างภาพไก่ชุดที่ 4 ซึ่งไม่สม่ำเสมอ..... | 84 |

สารบัญกราฟ

| | |
|--|----|
| กราฟที่ 1 กราฟค่าสีสันในปริภูมิสี HSI และ CIELAB ของภาพตัวอย่าง 25 ภาพ | 69 |
| กราฟที่ 2 ลายเส้นของภาพซากไก่ชุดที่ 1 แบบเต็มตัว | 77 |
| กราฟที่ 3 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 1 ส่วนบนของลำตัว | 77 |
| กราฟที่ 4 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 1 ส่วนล่างของลำตัว | 78 |
| กราฟที่ 5 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 2 แบบเต็มตัว..... | 80 |
| กราฟที่ 6 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 2 ส่วนบนของลำตัว | 80 |
| กราฟที่ 7 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 2 ส่วนล่างของลำตัว | 81 |
| กราฟที่ 8 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 3 แบบเต็มตัว..... | 82 |
| กราฟที่ 9 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 3 ส่วนบนของลำตัว | 83 |
| กราฟที่ 10 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 3 ส่วนล่างของลำตัว | 83 |
| กราฟที่ 11 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 4 แบบเต็มตัว..... | 84 |
| กราฟที่ 12 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 4 ส่วนบนของลำตัว | 85 |
| กราฟที่ 13 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 4 ส่วนล่างของลำตัว | 85 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมผลิตเนื้อไก่เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ที่มีมูลค่าการส่งออกที่สูง และมีแนวโน้มการเติบโตอย่างต่อเนื่อง จากรายงานของ คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน หรือ Thailand Board of Investment (BOI) ได้แสดงให้เห็นว่า มูลค่าการส่งออกเนื้อไก่ มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม 1,973 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2554 เพิ่มขึ้นเป็น 2,279 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2557 มีมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.5 โดยประมาณ (investment, 2015) และ จากรายงานของศูนย์วิจัยกสิกรไทย ได้กล่าวว่า ในปี พ.ศ. 2560 มูลค่าการส่งออกเนื้อไก่ มีมูลค่าสูงขึ้นจาก ปี พ.ศ. 2559 ร้อยละ 4.5 จะเห็นว่าอุตสาหกรรมผลิตเนื้อไก่ เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอาหารที่มีมูลค่าสูง และยังมีแนวโน้มที่ดีในอนาคต และ เนื้อไก่อังเป็นเนื้อสัตว์ที่หาง่าย ราคาต่อหน่วยย่อมเยาเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์เพื่อการบริโภคชนิดอื่น รวมถึงเนื้อไก่อังเป็นหนึ่งใน อาหารฮาลาลที่ชาวมุสลิมนิยมบริโภค จึงทำให้เนื้อไก่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในหมู่ประชาชนทั่วประเทศไทย

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า อุตสาหกรรมผลิตเนื้อไก่ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งในเรื่องการส่งออกและการบริโภคภายในประเทศ ดังนั้น กระบวนการผลิตเนื้อไก่จึงควรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งจะทำให้ ได้รับผลผลิตที่เพิ่มขึ้น และเนื้อไก่อังมีคุณภาพที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตอาหารที่ปลอดภัย (food safety)

ในกระบวนการชำและชำแหละสัตว์ปีก (poultry slaughtering and cutting) มักพบปัญหาไส้แตก (intestine breakage) ซึ่งหากเกิดการไส้แตกจะส่งผลให้สิ่งปฏิกูลและมูลไก่หลุดลอดออกจากลำไส้ไปปนเปื้อนบนเนื้อไก่และสายการผลิต ดังนั้นหากเกิดปัญหาไส้แตก โรงงาน

จะนำไก่ที่มีปัญหาออกจากสายการผลิต เพื่อนำไปชำระล้างด้วยน้ำไหล และในบางกรณีโรงงานต้องหยุดการผลิตเพื่อทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคในสายการผลิต (Adams & Moss, 1995) ปัญหาไก่ไข่แตกจึงมีใช่แค่เพียงปัญหาในเรื่องของการผลิตอาหารที่ปลอดภัยเพียงอย่างเดียว แต่ยังเป็นปัญหาในเชิงเศรษฐกิจในเรื่องต้นทุนแฝงของอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อไก่อีกด้วย

โดยขั้นตอนการผลิตเนื้อไก่ของ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) มีลำดับดังนี้

1. การรับไก่จากฟาร์ม (live bird receiving)
2. การชั่งน้ำหนัก (weighting)
3. การแขวนไก่ในสายการผลิต (hanging)
4. การทำให้ไก่สลบ (stunning)
5. การเชือดไก่ (slaughtering)
6. การต้ม (scalding)
7. การถอนขน (de-feathering)
8. การล้างทำความสะอาด (washing)
9. การตัดหัวและเท้า (head and feet cutting)
10. การแขวนไก่ใหม่ด้วยระบบอัตโนมัติ (automatic rehangng)
11. การตัดทวารหนักด้วยระบบอัตโนมัติ (automatic opening)
12. การเปิดช่องทวารหนักด้วยระบบอัตโนมัติ (automatic opening)
13. การนำอวัยวะภายในออกด้วยระบบอัตโนมัติ (automatic evisceration)
14. การนำกระเพาะพักและหลอดลมออกด้วยระบบอัตโนมัติ (automatic removing crop and trachea)
15. การนำเครื่องในที่เหลือค้างออกด้วยระบบอัตโนมัติ (automatic removing remains viscera)

16. การทำความสะอาดภายในและภายนอกซากไก่ (inside and outside washing)
17. การลดอุณหภูมิซากไก่ (chilling)
18. การตัดแยกส่วนซากไก่ (cutting)

ขั้นตอนการนำอวัยวะภายในออก (evisceration) เป็นหนึ่งในกระบวนการฆ่าและชำแหละสัตว์ปีก (poultry slaughtering and cutting) (Russell, 2012) ที่มักพบปัญหาไส้แตก (intestine breakage) ในสายการผลิต ซึ่งเป็นปัญหาที่ทำให้สิ่งปนเปื้อนและมูลไก่ไปปนเปื้อนบนเนื้อไก่และสายการผลิต และอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ปนเปื้อนเชื้อโรค ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญต่อการผลิตอาหารปลอดภัยในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อไก่ (Mead, 1989)

ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของโรงงานผลิตเนื้อไก่ ของ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ได้ความว่า ตัวแปรหนึ่งที่ทำให้มีโอกาสเกิดปัญหาไก่ไส้แตก คือ ขนาดและความยาวของไก่ หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้มีโอกาสสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของโรงงานผลิตเนื้อไก่อีกโรงงานหนึ่ง ได้แก่ โรงงาน ของ บริษัท สหฟาร์ม จำกัด ตั้งอยู่ที่จังหวัด ลพบุรี ซึ่งได้ใจความคล้ายคลึงกัน แต่ทางโรงงานแห่งนี้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมที่น่าสนใจ คือ จากการเฝ้าสังเกตของโรงงานแห่งนี้ หากกลุ่มไก่ที่มีความยาวใกล้เคียงกันถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเนื้อไก่ ปัญหาไก่ไส้แตกจะพบน้อยกว่า แต่หากเป็นกลุ่มไก่ที่มีความยาวไม่สม่ำเสมอ ไก่กลุ่มนั้นมักจะเกิดปัญหาไก่ไส้แตกบ่อยกว่าไก่ในกลุ่มที่มีความยาวสม่ำเสมอ แต่ข้อมูลนี้ยังไม่ถูกเก็บรวบรวมเป็นค่าสถิติ เพราะเจ้าหน้าที่ยังคงใช้ความรู้สึกในการวัดความสม่ำเสมอของขนาดและความยาวของไก่ โดยปรกติการควบคุมขนาดและความยาวของไก่ จะทำโดยการควบคุมอาหาร น้ำหนัก และอายุ ซึ่งส่วนใหญ่ไม่มีการวัดขนาดและความยาวของไก่โดยตรง

ในปัจจุบันระบบคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง รวมถึงมักถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตสินค้าในโรงงานต่าง ๆ งานวิจัยนี้จึงศึกษาและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (computer vision) เพื่อการจำแนกความสม่ำเสมอของขนาดไก่ที่กระบวนการนำอวัยวะภายในออก ซึ่งคาดว่าจะประโยชน์ต่อกระบวนการผลิตเนื้อไก่ในอนาคต

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

หาวิธีการของกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการจำแนกความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่ก่อนเข้าสู่กระบวนการนำอวัยวะภายในออก

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาหาวิธีทางกระบวนการคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อการจำแนกความสม่ำเสมอของขนาดไก่ โดยวิธีการถ่ายภาพวิดีโอที่ขึ้นตอนก่อนการนำอวัยวะภายในออกซึ่งไก่ได้ถูกผ่าเลี้ยงอยู่บนสายพานการผลิต และถูกตัดหัวและทำออกเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ถ่ายภาพวิดีโอเหล่านี้ จากโรงงานผลิตเนื้อไก่ ของ บริษัท สหฟาร์ม จำกัด ซึ่งโรงงานตั้งอยู่ที่จังหวัด ลพบุรี ประเทศไทย จากนั้นนำภาพวิดีโอนี้มาหาวิธีการแยกภาพบริเวณที่เป็นซากไก่ และหาวิธีการนำเสนอและอธิบายความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่ จากภาพซากไก่ที่แยกมาได้

1.4. ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ถ่ายภาพวิดีโอ ซากไก่ที่ขึ้นตอนก่อนการนำอวัยวะภายในออก ด้วยกล้อง ยี่ห้อ แคนนอน (Canon) รุ่น 5D Mark II คู่กับเลนส์ถ่ายภาพ ยี่ห้อ แคนนอน รุ่น EF 50 mm f 1.4 ภายในโรงงานของ บริษัท สหฟาร์ม จำกัด สถานที่ตั้ง จังหวัด ลพบุรี แต่เนื่องจากข้อจำกัดของสถานที่ จึงไม่สามารถจัดแสงได้เหมาะสมเท่าที่ควร และทางโรงงานไม่สามารถหยุดการผลิตเพื่อให้ผู้วิจัยสามารถนำตัวอย่างไก่ที่มีขนาดไม่ได้มาตรฐานเข้าไปทดลองได้ เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายในกระบวนการผลิต ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องใช้วิธีการสังเกตและกำหนดเกณฑ์จากข้อมูลวิดีโอที่บันทึกมานี้ ซึ่งตัวอย่างซากไก่จะมีทั้งซากที่มีความยาวสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ ซึ่งผู้วิจัยต้องมา

คัดแยกข้อมูลอีกที่ด้วยตัวเอง รวมถึงโรงงานแห่งนี้เป็นโรงงานเดียวที่อนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าไปศึกษา จึงทำให้ผู้วิจัยมีภาพตัวอย่างจากโรงงานแห่งนี้เพียงแห่งเดียว

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้กระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อใช้สำหรับนำเสนอและอธิบายความสม่ำเสมอของขนาดและความยาวของซากไก่ขณะอยู่บนสายการผลิตที่ก่อนถึงขั้นตอนการนำอวัยวะภายในออกซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในโรงงานผลิตเนื้อไก่

1.6. วิธีการดำเนินงานวิจัย

บันทึกภาพวิดีโอทัศนกระบวนการผลิตที่เนื้อไก่ ที่ขั้นตอนก่อนนำอวัยวะภายในออก ซึ่งบันทึกภาพวิดีโอทัศน โดยแบ่งตามลักษณะซากไก่ ออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. ภาพช่วงที่มีซากไก่แขวนอยู่บนสายการผลิต
2. ภาพช่วงที่ไม่มีซากไก่แขวนอยู่บนสายการผลิต
3. ภาพช่วงที่ซากไก่มีขนาดและความยาวสม่ำเสมอ
4. ภาพช่วงที่ซากไก่มีขนาดและความยาวไม่สม่ำเสมอ

หลักจากบันทึกภาพแล้วเสร็จ ภาพวิดีโอทัศนแต่ละเฟรมจะถูกนำมาแยกออกเป็นภาพนิ่งเพื่อใช้ในการทดลองหาวิธีการแยกบริเวณภาพซากไก่ และเสนอวิธีการอธิบายความสม่ำเสมอของขนาดไก่และความยาวของไก่จากภาพซากไก่ที่แยกออกมา ซึ่งการดำเนินงานวิจัยหลักจากได้ภาพวิดีโอทัศนมาแล้ว จะแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการหากระบวนการแยกภาพซากไก่จากภาพส่วนอื่น และ ขั้นตอนการนำเสนอวิธีการอธิบายความสม่ำเสมอของขนาดและความยาวของซากไก่

ขั้นตอนการหากระบวนการแยกภาพซากไก่ ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการแยกภาพ ส่วนที่เป็นซากไก่ออกจากภาพส่วนอื่น โดยผู้วิจัยจะเสนอกระบวนการหลายวิธี ซึ่งแต่ละ กระบวนการจะถูกทดสอบประสิทธิภาพ ด้วยวิธีการตัวจำแนกไบนารี (binary classifier) และ วัดผลแต่ละวิธีการด้วยค่า รีคอลล์ (Recall), ความเที่ยง (Precision), เอฟวันสกอร์ (F1-score) และ ความคล้าย (Similarity) ซึ่งตัวชี้วัดเหล่านี้ ถูกใช้เพื่อการพิจารณาเลือก กระบวนการแยกภาพซาก ไก่ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้

ขั้นตอนต่อมาเป็นการหาวิธีการนำเสนอและอธิบายความสม่ำเสมอของขนาดและความ ยาวของซากไก่จากภาพซากไก่ที่ถูกแบ่งแยกด้วยกระบวนการจากขั้นตอนแรก ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ นำเสนอหลายวิธีการ จึงจะทดสอบเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมโดย การใช้ชุดข้อมูลภาพไก่ที่ทราบถึง ความสม่ำเสมอของขนาดความยาว ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตา แล้วนำภาพเหล่านั้น เข้าสู่ กระบวนการแยกภาพด้วยกระบวนการจากขั้นตอนแรก แล้วนำภาพซากไก่ที่ได้มาอธิบายด้วย วิธีการในขั้นตอนนี้ ซึ่งจะวัดผลโดยการเปรียบเทียบว่าวิธีการใด สามารถอธิบายถึงความสม่ำเสมอ ได้ดีและถูกต้องกว่ากัน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ทฤษฎี

2.1.1. ภาพดิจิทัล (Digital Image)

ภาพดิจิทัล ประกอบด้วยส่วนย่อยที่เรียกว่า จุดภาพ (pixel) ซึ่งแต่ละจุดภาพเก็บบันทึกแสงจากแหล่งกำเนิดแสง และแสงสะท้อนจากวัตถุ เอาไว้ โดยสมการของภาพดิจิทัลถูกเขียนอยู่ในรูปของฟังก์ชัน 2 มิติ ซึ่งสามารถเขียนได้ตาม สมการที่ 2.1 (Gonzalez & Woods, 2006)

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y) \quad (2.1)$$

โดย

x คือ ตำแหน่งของจุดภาพตามแนวแกน X

y คือ ตำแหน่งของจุดภาพตามแนวแกน Y

$i(x, y)$ คือ แสงจากแหล่งกำเนิดแสง

$r(x, y)$ คือ แสงที่สะท้อนจากวัตถุ

$f(x, y)$ คือ ฟังก์ชันค่าจุดภาพที่ตำแหน่ง (x, y)

จำนวนของจุดภาพบ่งบอกถึงความละเอียดของภาพ (resolution) ซึ่งหากมีจำนวนมาก ภาพจะมีขนาดใหญ่ และต้องใช้หน่วยความจำที่มากขึ้นตามไปด้วย ในทางตรงข้าม หากจุดภาพมีจำนวนน้อย นั่นคือ ภาพจะมีความละเอียดต่ำ ซึ่งใช้หน่วยความจำน้อย แต่จะมีผลเสียต่อการใช้

งานในเชิงคุณภาพ (image quality) ของภาพ ตัวอย่างเช่น การผลิตภาพข้ามสื่อ การพิมพ์ขยายภาพ หรือแม้กระทั่งการนำมาใช้เพื่อประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing)

2.1.1.1. การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)

การประมวลผลภาพดิจิทัล เป็นกระบวนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลจากฟังก์ชันของภาพดิจิทัล เพื่อให้เกิดประโยชน์ หรือ ผลลัพธ์ในรูปแบบต่าง ๆ ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ตัวอย่างเช่น การจำแนกวัตถุในภาพ (object classification) การแบ่งส่วนภาพ (image segmentation) การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (image enhancement) การบูรณะภาพ (image restoration) การตรวจจับวัตถุในภาพ (object detection) การตรวจจับขอบของวัตถุในภาพ (edge detection) การจดจำวัตถุในภาพ (object recognition) และ อื่น ๆ

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการประมวลผลภาพดิจิทัล คือ ชนิดของข้อมูลภาพดิจิทัล เนื่องจากภาพดิจิทัลมีข้อมูลหลายชนิด ตัวอย่างเช่น ภาพไบนารี (binary image) หรือ ภาพขาวดำ ภาพระดับสีเทา (grayscale image) ภาพสี (color image) และ อื่น ๆ ซึ่งภาพแต่ละชนิดที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะมีชนิดข้อมูลตัวเลขและพิสัย (range) ที่แตกต่างกัน

2.1.1.2. ภาพไบนารี (Binary Image)

ภาพไบนารี เป็นภาพดิจิทัลชนิดหนึ่งที่จุดภาพเก็บข้อมูลค่าความสว่างเพียง 2 ระดับ ได้แก่ ค่า 0 กับ 1

โดย

1. ข้อมูลจุดภาพมีค่าเท่ากับ 0 คือ ที่จุดภาพนั้นจะไม่แสดงผลความสว่าง
2. ข้อมูลจุดภาพมีค่าเท่ากับ 1 คือ ที่จุดภาพนั้นจะแสดงผลค่าความสว่าง

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะเห็นว่า ภาพไบนารี สามารถแสดงผลความสว่างได้เพียง ดำ กับ ขาว เท่านั้น ถึงแม้ว่า ภาพไบนารี จะแสดงผลค่าความสว่างได้เพียงสองระดับ ซึ่งไม่เหมาะกับการแสดงภาพเพื่อการรับชมแต่ภาพชนิดนี้มีประโยชน์มาก สำหรับใช้งานเพื่อการประมวลผลภาพดิจิทัล และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ซึ่งภาพชนิดนี้จะเป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของกระบวนการ

หากอธิบายภาพไบนารีในเชิงคอมพิวเตอร์ จะเห็นว่า ข้อมูลของจุดภาพของภาพชนิดนี้ ประกอบขึ้นจาก ตัวเลข 0 และ 1 ซึ่งคือ ข้อมูลชนิด 1 บิต (bit) ซึ่งสามารถคำนวณหาจำนวนระดับ (level) ของข้อมูลได้ตาม สมการที่ 2.2

$$L = 2^k \quad (2.2)$$

โดย

- k คือ จำนวนบิตของข้อมูล
- L คือ จำนวนระดับของข้อมูล หรือ คือระดับความสว่างสำหรับภาพดิจิทัล

เมื่อคำนวณออกมาแล้ว จะได้ $2^1 = 2$ ระดับ หมายความว่า ภาพไบนารี ซึ่งมีชนิดข้อมูลแบบ 1 บิต จะสามารถให้ค่าระดับความสว่างของภาพเท่ากับ 2 ระดับความสว่าง

2.1.1.3. ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image)

ภาพระดับสีเทา เป็นภาพดิจิทัลชนิดหนึ่งที่จุดภาพสามารถแสดงแสงสว่างได้มากกว่า 2 ระดับ หรือ เป็นภาพชนิดที่จุดภาพเก็บค่าชนิดข้อมูลมากกว่า 1 บิต ตัวอย่างชนิดภาพระดับสีเทา ได้แก่ ภาพระดับสีเทา แบบ 4 บิต 8 บิต 16 บิต และ 24 บิต โดยภาพระดับสีเทาแต่ละแบบ สามารถแสดงระดับความสว่างได้ ดังนี้

ภาพระดับสีเทาชนิด 4 บิต สามารถแสดงระดับความสว่าง $2^4 = 16$ ระดับ

ภาพระดับสีเทาชนิด 8 บิต สามารถแสดงระดับความสว่าง $2^8 = 256$ ระดับ

ภาพระดับสีเทาชนิด 16 บิต สามารถแสดงระดับความสว่าง $2^{16} = 65,536$ ระดับ

ภาพระดับสีเทาชนิด 24 บิต สามารถแสดงระดับความสว่าง $2^{24} = 16,777,216$ ระดับ

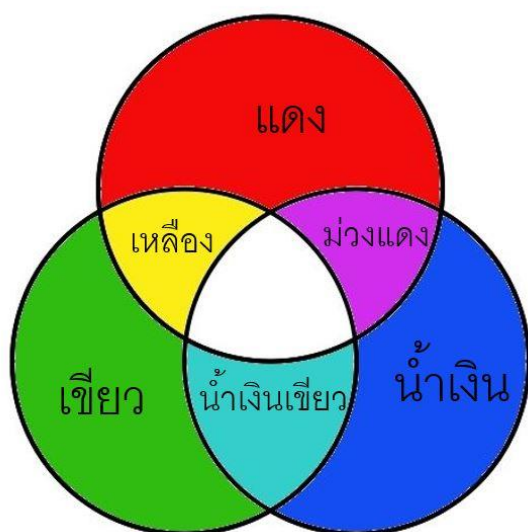
แต่ในปัจจุบัน ภาพระดับสีเทาที่มักพบ และใช้งาน คือ ภาพระดับสีเทา แบบ 8 บิต เพราะการนำภาพไปใช้งาน จำเป็นต้องคำนึงถึง ความสามารถระบบ และการแสดงผลของอุปกรณ์การด้วย โดยส่วนใหญ่แล้ว ระบบการแสดงผลภาพ ในปัจจุบัน ยังเป็นแบบ 8 บิตต่อช่องสัญญาณ อยู่ ดังนั้น ภาพระดับสีเทาแบบ 8 บิต จึงเป็นภาพระดับสีเทาที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย ส่วนภาพระดับสีเทาแบบอื่น จะถูกใช้ในงานพิเศษเฉพาะทาง เช่น ทางการแพทย์ ทางภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการสำรวจ และ อื่น ๆ

2.1.1.4. ภาพสี (Color Image)

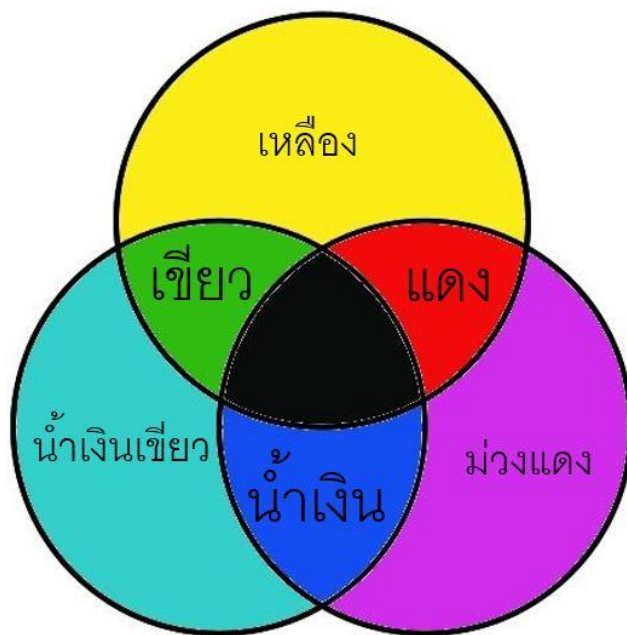
ภาพสี เกิดจากการผสมสีของ แม่สี ซึ่งในทางวิทยาศาสตร์ได้แบ่งการผสมสีออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ การผสมสีแบบบวก (additive color mixing) และ การผสมสีแบบลบ (subtractive color mixing)

การผสมสีแบบบวก มีแม่สี คือ สีแดง (red) สีเขียว (green) และสีน้ำเงิน (blue) ซึ่งเป็นแม่สีของแสง โดยสามารถผสมสีได้ ดังภาพที่ 1

การผสมสีแบบลบ มีแม่สี คือ สีน้ำเงินเขียว (cyan) ม่วงแดง (magenta) และ เหลือง (yellow) ซึ่งเป็นแม่สีของสารเคมี เช่น รงควัตถุ และสีย้อม โดยสามารถผสมสีได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 การผสมสีแบบบวก



ภาพที่ 2 การผสมสีแบบลบ

ส่วนใหญ่แล้ว ภาพสีในระบบดิจิทัล (digital color image) จะถูกบันทึกเป็นข้อมูลค่าความสว่างของ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน เพราะการบันทึกภาพดิจิทัล เป็นการบันทึกค่าความเข้มแสงของแม่สีสามสีที่กล่าวมาข้างต้นนี้ แต่จะมีอุปกรณ์บางชนิดที่บันทึกเป็นค่าของ สีน้ำเงินเขียว สีม่วงแดง และ สีเหลือง ซึ่งเป็นส่วนน้อยและในปัจจุบันอุปกรณ์เหล่านั้นไม่เป็นที่นิยมแล้ว ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า ภาพดิจิทัลสีที่ใช้งานอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน เป็นภาพที่บันทึกข้อมูลของค่า แสงสีแดง แสงสีเขียว และ แสงสีน้ำเงิน เพราะหากมาศึกษาที่ระบบไฟล์ของภาพดิจิทัล ซึ่งมีไฟล์หลายชนิดด้วยกัน ตัวอย่างเช่น GIF, JPEG, TIFF, PNG, BMP และ อื่น ๆ ซึ่งมาตรฐานไฟล์ภาพดิจิทัลที่ใช้อย่างกว้างขวางที่สุดสำหรับภาพถ่ายดิจิทัลในปัจจุบัน คือ ไฟล์นามสกุล JPEG ซึ่งเป็นมาตรฐานไฟล์ที่องค์กร Joint Photographic Expert Group ได้กำหนดขึ้นมา โดยในข้อกำหนดของมาตรฐานไฟล์แบบ JPEG ได้กำหนดไว้ว่า ข้อมูลสีของภาพดิจิทัลจะต้องเป็นข้อมูลของ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าข้อมูลสีแบบ RGB

การเก็บข้อมูลสีแบบ RGB ของภาพดิจิทัล จุดภาพจะถูกแบ่งออกเป็นช่องสัญญาณ 3 ชนิด ได้แก่ ช่องสัญญาณสำหรับเก็บข้อมูลของสีแดง ช่องสัญญาณสำหรับเก็บข้อมูลของสีเขียว และ ช่องสัญญาณสำหรับเก็บข้อมูลของสีน้ำเงิน โดยทั่วไปแล้วชนิดของข้อมูลในแต่ละช่องสัญญาณจะเป็นข้อมูลชนิด 8 บิต นั่นหมายความว่า ภาพดิจิทัลโดยทั่วไป จะเก็บค่าระดับความสว่างของแต่ละสี ได้ที่ $2^8 = 256$ ระดับต่อสี โดยจะเก็บข้อมูลเป็นค่าตัวเลขอยู่ในพิสัย ค่า 0 ถึง 255 ซึ่งเมื่อนำมาผสมสีกันทั้งสามช่องสัญญาณ จะได้ภาพสีแบบ 24 บิต ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้ $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{8+8+8} = 2^{24}$ และแต่ละจุดภาพสามารถผสมสีได้ทั้งหมด 16,777,216 สี

2.1.2. ภาพวิดีโอทัศน์ดิจิทัล (Digital Video)

ภาพวิดีโอทัศน์ ประกอบขึ้นจากอนุกรมของภาพนิ่ง ซึ่งภาพนิ่งแต่ละภาพในอนุกรมจะถูกแสดงผลและเปลี่ยนภาพตามลำดับในอนุกรมด้วยความเร็วที่เรียกว่า เฟรมเรท (frame rate) ซึ่งมีหน่วยเป็น ภาพต่อวินาที (frame per sec: fps) โดยหากเปลี่ยนแปลงด้วยความเร็วที่เหมาะสม มนุษย์จะรับรู้ภาพเหล่านี้เป็นภาพแบบต่อเนื่อง ซึ่งถือเป็นการใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์ภาพลวงตา

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า ภาพวิดีโอทัศน์ คือ การนำภาพนิ่งมาแสดงผลภาพสลับกัน โดยใช้ความเร็วที่เหมาะสมในการเปลี่ยนภาพ ซึ่งภาพนิ่งเหล่านี้ อยู่บนพื้นฐานเดียวกับภาพนิ่งทั้งในระบบ แอนะล็อก และ ดิจิทัล ซึ่งถ้าเป็น วิดีทัศน์ระบบแอนะล็อก ภาพจะถูกบันทึกลงฟิล์มแล้วถูกฉายด้วยความเร็วการเปลี่ยนแปลงภาพที่เหมาะสม ในทางกลับกัน หากเป็นวิดีโอทัศน์ระบบดิจิทัล ภาพนิ่งจะถูกบันทึกเป็นข้อมูลดิจิทัลแล้วจึงถูกแสดงผลด้วยกระบวนการแสดงภาพแบบดิจิทัล ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อก่อนหน้า ซึ่งหากพิจารณาสมการของภาพดิจิทัล ตามสมการที่ 2.1 จะเห็นว่า หากนำมาประยุกต์เขียนเป็นสมการของภาพวิดีโอทัศน์ มิติของเวลาจะถูกเพิ่มเข้ามา เพื่อให้เกิดเป็นสมการของภาพวิดีโอทัศน์ ขึ้น ตามสมการที่ 2.3

$$f(x, y, t) = r(x, y, t)i(x, y, t) \quad (2.3)$$

โดย

x คือ ตำแหน่งของจุดภาพตามแนวแกน X

y คือ ตำแหน่งของจุดภาพตามแนวแกน Y

t คือ เวลาการแสดงผลของภาพ

$i(x,y,t)$ คือ แสงจากแหล่งกำเนิดแสง

$r(x,y,t)$ คือ แสงที่สะท้อนจากวัตถุ

$f(x, y, t)$ คือ ฟังก์ชันค่าความเข้มแสงของจุดภาพที่ตำแหน่ง (x, y) ที่เวลา t

2.1.2.1. กลุ่มภาพ (Group of Pictures: GOP)

กลุ่มภาพ คือ กลุ่มของภาพนิ่งที่ถูกนำไปสร้างเป็น ภาพวิดีโอ ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากอนุกรมของภาพนิ่ง หรือหากเรียกอย่างง่ายนั้นคือ กลุ่มของภาพนิ่ง ซึ่งหากเป็นวิดีโอที่ระบบแอนะล็อก ภาพจะถูกบันทึกลงฟิล์ม ซึ่งทำง่ายต่อการจัดการเพื่อการแสดงผล เพียงใส่ม้วนฟิล์มเข้าสู่เครื่องฉายภาพยนตร์ แต่หากเป็นภาพวิดีโอที่ระบบดิจิทัล จะเกิดความยุ่งยากในขั้นตอนการบันทึกกลุ่มของภาพเหล่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ ได้แก่ ความเร็วในการประมวลผลภาพ และหน่วยความจำชั่วคราว หากต้องการบันทึกภาพนิ่งให้เพียงพอต่อการสร้างภาพวิดีโอขึ้นมาที่ขั้นต่ำอย่างน้อย 24 ภาพต่อวินาที (เฟรมของภาพวิดีโอ หมายถึง ภาพนิ่ง ที่เป็นสมาชิกของอนุกรมภาพวิดีโอ) จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมาก จึงเกิดวิธีการเข้ารหัสแบบกลุ่มภาพ (Group of Picture; GOP) ขึ้นมา เพื่อการบีบอัดข้อมูลและลดภาระการใช้ทรัพยากรของอุปกรณ์ (Skip Pizzi, 2014)

การเข้ารหัสกลุ่มภาพ หรือ จีโอพี ปัจจุบันแบ่งชนิดเฟรมออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. ไอเฟรม (Intra coded picture; I-frame)
2. พีเฟรม (Predictive coded picture; P-frame)
3. บีเฟรม (Bi-predictive coded picture; B-frame)

ไอเฟรม คือ เฟรมที่มีการบีบอัดเพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่สูญเสียข้อมูล เสมือนว่าเป็นการนำภาพนิ่งที่ข้อมูลสมบูรณ์มาเรียงต่อกันจนเกิดเป็นภาพวิดีโอ

พีเฟรม คือ เฟรมที่เกิดจากการนำข้อมูลเฟรมก่อนหน้ามาจำลองข้อมูลเฟรมปัจจุบัน จึงทำให้สามารถบีบอัดข้อมูลได้มากกว่า ไอเฟรม

บีเฟรม คือ เฟรมที่เกิดจากการนำข้อมูลของเฟรมก่อนหน้า และเฟรมถัดไป มาจำลองข้อมูลเฟรมปัจจุบันขึ้นมา ซึ่งสามารถบีบอัดข้อมูลได้มากกว่า ไอเฟรม และ พีเฟรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2.2. การเข้ารหัสแบบอินทราเฟรม (Intra Frame Codec)

การเข้ารหัสแบบอินทราเฟรม เป็นการเข้ารหัสกลุ่มภาพที่ทุกเฟรมของวิดีโอเป็นไอเฟรม ซึ่งถือเป็นภาพวิดีโอที่ถูกบีบอัดข้อมูลน้อยที่สุดและข้อมูลยังคงอยู่ครบถ้วน โดยแต่ละเฟรมมีคุณภาพของภาพใกล้เคียงกับภาพดิจิทัลชนิด JPEG

2.1.2.3. การเข้ารหัสแบบอินเตอร์เฟรม (Inter Frame Codec)

การเข้ารหัสแบบอินเตอร์เฟรม เป็นการเข้ารหัสกลุ่มภาพที่ใช้ข้อมูลจากเฟรมใกล้เคียงมาจำลองข้อมูลของเฟรมปัจจุบัน ได้แก่ การใช้ พีเฟรม และ บีเฟรม มาเข้ารหัส ซึ่ง การเข้ารหัสแบบอินเตอร์เฟรมนี้ จะมีการเรียงลำดับเฟรม 2 แบบ ได้แก่

1. ไอพีพี (IPP)

2. ไอพีบี (IPB)

การเรียงลำดับเฟรมแบบ ไอพีพี คือ วิธีการเรียงเฟรมต่อกัน ซึ่งเริ่มจากเฟรมแรก ที่เรียกว่า คีย์เฟรม(keyframe) โดยเป็นเฟรมที่เข้ารหัสแบบไอเฟรม หลังจากนั้นตามด้วย เฟรมที่เข้ารหัสแบบพีเฟรม ซึ่งกลุ่มภาพ (GOP) 1 กลุ่ม ประกอบด้วย 9 เฟรม เรียงต่อกัน ดังนี้ $I_0P_1P_2P_3P_4P_5P_6P_7P_8$

การเรียงลำดับเฟรมแบบ ไอพีบี คือ วิธีการเรียงเฟรมต่อกันแบบหนึ่ง โดยมีลำดับการเรียง ดังนี้ $I_0B_1B_2P_3B_4B_5P_6B_7B_8I_9$ ซึ่ง กลุ่มภาพ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย 9 เฟรม (Poynton, 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดย

เฟรม B_1 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก I_0 และ P_3

เฟรม B_2 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก I_0 และ P_3

เฟรม P_3 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก I_0

เฟรม B_4 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก P_3 และ P_6

เฟรม B_5 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก P_3 และ P_6

เฟรม P_6 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก P_3

เฟรม B_7 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก P_6 และ I_9

เฟรม B_8 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจาก P_6 และ I_9

เฟรม I_9 คือ คีย์เฟรมของ กลุ่มภาพถัดมา

2.1.2.4. เฟรมเรท (frame rate)

เฟรมเรท คือ ค่าความเร็วการกรับบันทึก และแสดงผลเฟรมของวิดีโอ มีหน่วยเป็น เฟรมต่อวินาที (frame per sec; fps) โดยปรกติแล้ว เฟรมเรท จะถูกกำหนดตายตัวตาม วิธีการบันทึกของอุปกรณ์ และระบบการถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งในอดีต มาตรฐานการกระจายสัญญาณแบ่งออกเป็นสองมาตรฐานใหญ่ ได้แก่ มาตรฐาน NTSC (National Television System Committee) และ มาตรฐาน PAL (Phase Alternating Line) โดยมีการกำหนดการใช้ค่าเฟรมเรทที่แตกต่างกัน คือ 30 fps และ 25 fps ตามลำดับ แต่ในปัจจุบันข้อจำกัดเรื่องระบบการกระจายสัญญาณได้ถูกทำลายไปแล้ว เนื่องจาก ความหลากหลายของช่องทางการกระจายสื่อ ตัวอย่างเช่น การกระจายสัญญาณแบบโทรทัศน์ระบบดิจิทัล (DTV) ที่มีหลายมาตรฐาน โดยองค์กร ITU (International Telecommunications Union) เป็นผู้กำหนด และ สื่อออนไลน์ซึ่งยังไม่มีกำหนดมาตรฐานแบบตายตัว รวมถึงอุปกรณ์บันทึกวิดีโอดิจิทัลในปัจจุบัน สามารถกำหนดค่าเฟรมเรทได้หลากหลายตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดย อุปกรณ์ในปัจจุบันสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 8 fps ถึง มากกว่า 1200 fps แต่อุปกรณ์ที่สามารถบันทึกวิดีโอที่เฟรมเรทสูง ราคาจะสูงตามไปด้วย

ข้อดีของการบันทึกภาพที่เฟรมเรทสูง คือ ผู้ใช้งานได้รับข้อมูลภาพนิ่งจำนวนที่มากขึ้น และสามารถนำเฟรมเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ตามความต้องการ ตัวอย่างเช่น มีจำนวนภาพนิ่งที่เยอะขึ้นสำหรับการประมวลผลภาพดิจิทัล หรือ ในวงการถ่ายภาพยนตร์ สามารถสร้างภาพวิดีโอที่มีการเคลื่อนไหวช้า (slow motion) ด้วยกระบวนการหลังการถ่าย (post production) จากภาพวิดีโอที่ที่มีการมีค่าเฟรมเรทสูง

2.1.3. คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision)

คอมพิวเตอร์วิทัศน์ เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีบูรณาการความรู้จากศาสตร์หลายแขนงเข้าด้วยกัน ได้แก่ การประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing) การประมวลผลวิดีโอดิจิทัล (digital video processing) และ การวิเคราะห์และเข้าใจภาพ (image analysis and understanding) เพื่อทำให้เกิดระบบและกระบวนการที่สามารถประมวลผลข้อมูลภาพเพื่อแก้ปัญหาได้ตามโจทย์ที่กำหนดไว้ โดยผลลัพธ์ คือ ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้งานร่วมกับเครื่องจักร และ คอมพิวเตอร์ เพื่อประโยชน์สำหรับการทำงานในขั้นถัดไป (M. Sonka, Hlavac, V., and Boyle, R., 2008) ซึ่งสามารถพัฒนาต่อจนเป็นระบบการมองเห็นของเครื่องจักร (machine vision) และ ระบบการมองเห็นของหุ่นยนต์

2.1.3.1. การวิเคราะห์และเข้าใจภาพ (Image Analysis and Understanding)

การวิเคราะห์และเข้าใจภาพ เป็นการใช้คณิตศาสตร์และหลักสถิติมาวิเคราะห์ข้อมูลภาพ เพื่อให้เข้าใจถึงความหมายของภาพ วัตถุที่อยู่ในภาพ และส่วนของภาพที่สนใจ (region of interest) โดยเทคนิคที่มักพบบ่อย ได้แก่ การรู้จำวัตถุ (object recognition) การระบุบริเวณภาพ (region identification) และ การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis)

2.1.3.2. การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motions Detection Technique)

การตรวจจับการเคลื่อนไหว เป็นกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์และการประมวลผลวิดีโอดิจิทัล เพื่อใช้ตรวจจับภาพวัตถุที่มีความเคลื่อนไหวในวิดีโอ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีการ ตัวอย่างเช่น วิธีการลบพื้นหลัง (background subtraction) ซึ่งวิธีการลบพื้นหลังนี้เป็นวิธีการหาภาพวัตถุที่เคลื่อนไหว โดยการใช้วิธีการหาความแตกต่างระหว่างเฟรมที่ต่อเนื่องกัน โดยเมื่อคำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่างเฟรมของวิดีโอที่ต่อเนื่องกันแล้ว จะเห็นว่า บริเวณส่วนที่

ภาพมีความแตกต่างกัน คือ วัตถุที่มีการเคลื่อนไหว ซึ่ง Chen และ Maddalena ได้ใช้วิธีการนี้ ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหว (Chen, 2014), (Maddalena, 2008)

2.1.3.3. การจำแนกภาพ (Image Classification)

การจำแนกภาพ คือ กระบวนการหนึ่งในการประมวลผลภาพดิจิทัล และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อจำแนก และระบุชนิดของวัตถุที่อยู่ในภาพ ซึ่งการจำแนกภาพนั้นมียุทธวิธีอยู่ด้วยกันหลายวิธีแต่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ วิธีการจำแนกภาพด้วยสี (color classification method) เพราะโดยธรรมชาติแล้วสายพานและซากไก่ที่ถูกแขวนอยู่มีสีแตกต่างกัน ดังนั้นวิธีการจำแนกภาพด้วยสี จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการจำแนก เพื่อระบุบริเวณภาพของซากไก่ และบริเวณภาพของสายพาน ซึ่ง Lee เคยใช้วิธีการจำแนกสีเพื่อจำแนกอาหารมาแล้ว (Lee, 2007) หลังจากจำแนกบริเวณวัตถุที่สนใจได้แล้ว อาจใช้วิธีการ แบ่งส่วนภาพ (image segmentation) เพื่อแยกวัตถุ กับ พื้นหลัง ในขั้นตอนต่อไป

2.1.4. การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพ เป็นการประมวลผลภาพดิจิทัลวิธีการหนึ่ง ที่ทำการแบ่งภาพออกเป็น ส่วนย่อยตามความต้องการ เพื่อใช้แก้ปัญหาตามโจทย์ที่ตั้งขึ้น ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี และควรเลือกใช้ให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถจำแนกวิธีการแบ่งส่วนภาพ ตาม วัตถุประสงค์ ได้ 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. การแบ่งส่วนภาพด้วยสี
2. การแบ่งส่วนภาพด้วยรูปร่าง ลวดลาย หรือ พื้นผิว ของวัตถุ
3. การแบ่งส่วนภาพด้วยค่าความเข้มแสง

2.1.4.1. การแบ่งส่วนภาพด้วยสี (Color Image Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพด้วยสี วิธีการในกลุ่มนี้มักใช้แบ่งส่วนภาพที่ทราบค่าสีของวัตถุ แต่วัตถุต้องมีสีแตกต่างจากพื้นหลัง หรือส่วนอื่นที่ไม่สนใจอย่างชัดเจน หากวัตถุมีสีใกล้เคียงกับพื้นหลัง หรือส่วนอื่นที่ไม่ใช่วัตถุ วิธีการนี้อาจไม่เหมาะสม และควรใช้วิธีการแบ่งส่วนภาพวิธีอื่นเข้าช่วย หรือเปลี่ยนวิธี

โดยปรกติแล้วภาพดิจิทัลเก็บข้อมูลสีด้วยค่าสี RGB ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งหากต้องการทราบถึงสีที่อยู่ในภาพ จะต้องผสมสีจากข้อมูลทั้งสามช่องสัญญาณ โดยค่าสีแบบ RGB ไม่สามารถระบุสีได้ด้วยส่วนประกอบเดียว หรือ ช่องสัญญาณเดียว ดังนั้นการแบ่งส่วนภาพด้วยสี หากแบ่งภาพด้วยค่าสี RGB จะทำได้ยาก และต้องมีการคำนวณหลายขั้นตอน การแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีนี้ จึงมักแปลงข้อมูลจากค่าสี RGB ไปเป็นค่าสีแบบอื่น ที่สะดวกต่อการใช้งานมากกว่า ตัวอย่างเช่น ค่าสีแบบ HSI และ CIELAB ซึ่งค่าสีเหล่านี้ มีส่วนประกอบที่สามารถระบุค่าสีส่วน (hue) ได้ด้วยส่วนประกอบเดียว จึงเป็นค่าสีที่สะดวกต่อการใช้งานเพื่อการแบ่งส่วนภาพด้วยสีมากกว่า ค่าสี RGB

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.4.2. การแบ่งส่วนภาพด้วย รูปร่าง ลวดลาย และพื้นผิว ของวัตถุ

วิธีการในกลุ่มนี้เป็นวิธีการแบ่งส่วนภาพที่ต้องกำหนดลักษณะรูปร่าง ลวดลาย และพื้นผิวของวัตถุ ที่ต้องการแบ่งส่วนภาพขึ้นมาก่อน จากนั้นจึงสร้างฟิลเตอร์ (filter) เพื่อใช้เป็นตัวตรวจหา (detector) รูปร่าง ลวดลาย และพื้นผิว หากวัตถุถูกรับพบด้วยตัวตรวจหา ความเข้มแสงของวัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลง หรือ มีการเปลี่ยนแปลงตามผลของฟิลเตอร์ที่เลือกใช้ แต่สุดท้าย ภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ตำแหน่งของวัตถุ จึงทำให้สามารถระบุตำแหน่งของวัตถุ และทำการแบ่งส่วนภาพได้

วิธีการนี้สามารถทำได้ทั้งใน โดเมนเชิงพื้นที่ (spatial domain) และ โดเมนความถี่ (frequency domain) ขึ้นอยู่กับการเลือกชนิดของฟิลเตอร์ และอาจมีการใช้งานร่วมกับวิธีการแบ่งส่วนภาพวิธีอื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิผลของกระบวนการ

2.1.4.3 การแบ่งส่วนภาพด้วยค่าความเข้มแสง

วิธีการในกลุ่มนี้มักใช้กับ ภาพระดับสีเทา หรือ ภาพของช่องสัญญาณเดี่ยวที่ถูกแยกสัญญาณออกมาแล้ว ซึ่งวิธีการนี้จะใช้ค่าเชิงสถิติเพื่อหาขีดแบ่ง (threshold) และ ฮิสโทแกรม (histogram) จากค่าความเข้มแสงของภาพ แล้วจึงทำการแบ่งส่วนภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับภาพวัตถุที่มีความเปรียบต่างสูงเมื่อเทียบกับพื้นหลังหรือบริเวณอื่นที่ไม่ใช่วัตถุ

2.1.5. การประมวลผลภาพดิจิทัลสี (Digital Color Image Processing)

โดยปรกติภาพสีในระบบดิจิทัลจะบันทึกข้อมูลเป็นค่าสีแบบ RGB แต่การใช้ ค่าสี RGB เพื่อการแบ่งส่วนภาพนั้น เป็นเรื่องยุ่งยาก เพราะต้องมีการผสมสีจากทุกช่องสัญญาณ ดังนั้นจึงมีวิธีการแปลงค่าสีจาก RGB ไปเป็นค่าสีชนิดอื่น ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงวิธีการแปลงค่า จากค่าสี RGB ไปเป็นค่าสี HSI และ CIELAB

2.1.5.1. มาตรฐานสี sRGB

เป็นมาตรฐานของสี RGB ที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตรฐานการติดต่อสื่อสารค่าสีระหว่างอุปกรณ์แต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น จอภาพ จอโทรทัศน์ สแกนเนอร์ เครื่องพิมพ์ กล้องถ่ายภาพ และ อื่น ๆ ซึ่งทำให้อุปกรณ์ผลิตสีแต่ละชนิดเข้าใจค่าสีซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง sRGB ได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานของสีในระบบอินเทอร์เน็ต โดยองค์กร World Wide Web Consortium

(W3C) และ ได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานสีของโทรทัศน์ความชัดสูง (High Definition Television) ตามมาตรฐาน ITU-R BT.709 โดยองค์กร ITU

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่ามาตรฐาน sRGB ถูกใช้งานอย่างกว้างขวาง และถือเป็นมาตรฐานกลางของภาพสีในระบบดิจิทัล ดังนั้น ความสามารถขั้นต่ำของอุปกรณ์ผลิตสีในปัจจุบัน อย่างน้อยควรผลิตสีได้ตามมาตรฐานนี้

2.1.5.2. ค่าสี HSI (HSI Color)

ค่าสี HSI เป็นค่าสีแบบหนึ่งที่ใช้กันสำหรับคอมพิวเตอร์กราฟิก ซึ่งมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ สีล้วน (hue; H), ความอิ่มตัวสี (saturation; S) และ ความเข้มแสง (intensity; I) ส่วนประกอบเหล่านี้ เป็นค่าที่ง่ายต่อการอธิบายสีสำหรับความเข้าใจของมนุษย์ และยังสามารถระบุสีล้วนได้โดยใช้เพียงส่วนประกอบเดียว คือ ค่า สีล้วน จึงทำให้ ค่าสี HSI ง่ายต่อการใช้เพื่อแบ่งส่วนภาพด้วยสี ซึ่งค่าสี RGB สามารถแปลงไปเป็นค่าสี HSI ได้ด้วยสมการที่ไม่ซับซ้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.5.3. ค่าสี CIELAB

CIELAB หรือ CIE $L^*a^*b^*$ เป็น ค่าสีที่ถูกใช้มากในวิทยาศาสตร์ทางสี และระบบการจัดการสี เพราะค่าสีชนิดนี้ เป็นค่าสีแบบไม่อิงอุปกรณ์ และเป็นปริภูมิสีที่ถูกสร้างขึ้นจากพื้นฐานการมองเห็นของมนุษย์ จึงทำให้มีความแม่นยำสำหรับการอธิบายสีตามการรับรู้ของมนุษย์ แต่ค่าสีชนิดนี้มีความซับซ้อนกว่า HSI มาก รวมถึงมีความซับซ้อนในขั้นตอนการแปลงค่าสีจาก RGB ไปเป็น ค่าสี CIELAB ด้วย

2.1.5.4. การแปลงค่าสีจากมาตรฐาน sRGB ไปเป็น ค่าสี HSI

การแปลงค่าสีจากมาตรฐานสี sRGB ไปเป็น ค่าสี HSI จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า มาตรฐานสี sRGB อยู่บนพื้นฐานของปริภูมิสี RGB ซึ่งสามารถแปลงค่าสีจากปริภูมินี้ไปเป็นค่าสี HSI ได้ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปรับค่าจุดภาพของแต่ละช่องสัญญาณสี ซึ่งเป็นข้อมูลแบบ 8 บิต ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ให้เป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1
2. เนื่องจากค่าสี RGB ใน มาตรฐาน sRGB มีการกระจายตัวอย่างไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) จึงต้องมีการแก้ไขค่า แกมมา (Gamma) เพื่อปรับให้ ค่าสี RGB กระจายตัวเป็นเส้นตรง
3. แปลงค่าสี จาก RGB ที่มีการกระจายตัวแบบเส้นตรง ไปเป็น HSI

ขั้นตอนที่ 1 การปรับค่าจุดภาพ จากพิสัย 0 ถึง 255 ไปเป็นพิสัย 0 ถึง 1

$$R_n = R / (R_{\max} - R_{\min}) \quad (2.4)$$

$$G_n = G / (G_{\max} - G_{\min}) \quad (2.5)$$

$$B_n = B / (B_{\max} - B_{\min}) \quad (2.6)$$

โดย

- R คือ ค่าจุดภาพของ ช่องสัญญาณสีแดง ที่พิสัย [0,255]
- G คือ ค่าจุดภาพของ ช่องสัญญาณสีเขียว ที่พิสัย [0,255]
- B คือ ค่าจุดภาพของ ช่องสัญญาณสีน้ำเงิน ที่พิสัย [0,255]
- R_{\max} คือ ค่าสูงสุดของ R

- G_{\max} คือ ค่าสูงสุดของ G
 B_{\max} คือ ค่าสูงสุดของ B
 R_{\min} คือ ค่าต่ำสุดของ R
 G_{\min} คือ ค่าต่ำสุดของ G.
 B_{\min} คือ ค่าต่ำสุดของ B.
 R_n คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีแดง ที่พิสัย [0, 1]
 G_n คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีเขียว ที่พิสัย [0, 1]
 B_n คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีน้ำเงิน ที่พิสัย [0, 1]

ขั้นตอนที่ 2 การแปลงค่าสี RGB ในมาตรฐานสี sRGB ให้มีการกระจายตัวแบบเส้นตรง โดยการแก้ไขค่า แกมมา ด้วย สมการที่ 2.7 ถึง 2.9 (Ebner, 2007)

$$R_g = \begin{cases} \frac{R_n}{12.92} ; for 0 \leq R_n < 0.0031308 \\ \left(\frac{1}{1.055}(R_n + 0.055)\right)^{2.4} ; for R_n \geq 0.0031308 \end{cases} \quad (2.7)$$

$$G_g = \begin{cases} \frac{G_n}{12.92} ; for 0 \leq G_n < 0.0031308 \\ \left(\frac{1}{1.055}(G_n + 0.055)\right)^{2.4} ; for G_n \geq 0.0031308 \end{cases} \quad (2.8)$$

$$B_g = \begin{cases} \frac{B_n}{12.92} ; for 0 \leq B_n < 0.0031308 \\ \left(\frac{1}{1.055}(B_n + 0.055)\right)^{2.4} ; for B_n \geq 0.0031308 \end{cases} \quad (2.9)$$

โดย

- R_n คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีแดง ที่พิสัย $[0, 1]$
- G_n คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีเขียว ที่พิสัย $[0, 1]$
- B_n คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีน้ำเงิน ที่พิสัย $[0, 1]$
- R_g คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีแดง ที่ถูกแก้ไขค่า แกมมา แล้ว
- G_g คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีเขียว ที่ถูกแก้ไขค่า แกมมา แล้ว
- B_g คือ ค่าคุณภาพของ ช่องสัญญาณสีน้ำเงิน ที่ถูกแก้ไขค่า แกมมา แล้ว

ค่าสี RGB ที่ถูกแก้ไขค่าแกมมาจาก สมการที่ 2.7 ถึง 2.9 ค่าสีเหล่านั้นจะมีการกระจายตัวแบบเส้นตรง ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า linear RGB

ขั้นตอนที่ 3 การแปลงค่าสี จาก linear RGB ไปเป็น ค่าสี HSI โดย สมการที่ 2.10 ถึง 2.13 (Gonzalez & Woods, 2006)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$H = \begin{cases} \theta & ; B_g \leq G_g \\ 360 & ; B_g > G_g \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R_g - G_g) + (R_g - B_g)]}{\left[(R_g - G_g)^2 + ((R_g - B_g)(G_g - B_g)) \right]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (2.11)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R_g + G_g + B_g} [\min(R_g, G_g, B_g)] \quad (2.12)$$

$$I = \frac{1}{3}(R_g + G_g + B_g) \quad (2.13)$$

โดย

- H คือ ค่าสีส้ม
- S คือ ค่าความอิ่มตัวสี
- I คือ ค่าความเข้มแสง
- R_g คือ ค่าจุดภาพของ ช่องสัญญาณสีแดง ที่ถูกแก้ไขค่า แกมมา แล้ว
- G_g คือ ค่าจุดภาพของ ช่องสัญญาณสีเขียว ที่ถูกแก้ไขค่า แกมมา แล้ว
- B_g คือ ค่าจุดภาพของ ช่องสัญญาณสีน้ำเงิน ที่ถูกแก้ไขค่า แกมมา แล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.5.5. การแปลงค่าสีจากมาตรฐาน sRGB ไปเป็น ค่าสี CIELAB

การแปลงค่าสีจากมาตรฐาน sRGB ไปเป็น ค่าสี CIELAB จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า มาตรฐานสี sRGB อยู่บนพื้นฐานของปริภูมิสี RGB ซึ่งสามารถแปลงค่าสีจากปริภูมินี้ไปเป็นค่าสี CIELAB ได้ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปรับค่าจุดภาพของแต่ละช่องสัญญาณสี ซึ่งเป็นข้อมูลแบบ 8 บิต ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ให้เป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1
2. เนื่องจากค่าสี RGB ใน มาตรฐาน sRGB มีการกระจายตัวอย่างไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) จึงต้องมีการแก้ไขค่า แกมมา (Gamma) เพื่อปรับให้ ค่าสี RGB กระจายตัวเป็นเส้นตรง
3. แปลงค่าสี จาก RGB ที่มีการกระจายตัวแบบเส้นตรง ไปเป็น ค่าสี CIE XYZ
4. แปลงค่าสี จาก CIE XYZ ไปเป็น ค่าสี CIELAB

ขั้นตอนที่ 1 การปรับค่าจุดภาพ จากพิสัย 0 ถึง 255 ไปเป็นพิสัย 0 ถึง 1 สามารถใช้ สมการที่ 2.4 ถึง 2.6 เหมือนกับขั้นตอนที่ 1 ของวิธีการแปลงค่าสีจาก sRGB ไปเป็น ค่าสี HSI

ขั้นตอนที่ 2 การแปลงค่าสี RGB ในมาตรฐานสี sRGB ให้มีการกระจายตัวแบบเส้นตรง โดยการแก้ไขค่า แกมมา ด้วย สมการที่ 2.7 ถึง 2.9

ขั้นตอนที่ 3 การแปลงค่าสี จาก linear RGB ไปเป็น ค่าสี CIE XYZ สามารถใช้วิธีการแปลงค่าแบบ สมการเชิงเส้น ตามสมการที่ 2.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \mathbf{M} \begin{bmatrix} R_g \\ G_g \\ B_g \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

โดย

\mathbf{M} คือ เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ สำหรับการแปลงค่าสี RGB ในมาตรฐาน sRGB ที่มีการกระจายตัวแบบเส้นตรง ไปเป็นค่าสี CIE XYZ ซึ่งมีค่า ตามสมการที่ 2.15

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

ขั้นตอนที่ 4 การแปลงค่าสีจาก CIE XYZ ไปเป็น ค่าสี CIELAB สามารถแปลงค่าได้ ตามสมการที่ 2.16 ถึง 2.22 (Hunt R. W. G, 2011)

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16 \quad (2.16)$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \quad (2.17)$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \quad (2.18)$$

$$h_{ab} = \arctan(b^*/a^*) \quad (2.19)$$

$$f(X/X_n) = \begin{cases} \left[\frac{X}{X_n}\right]^{\frac{1}{3}} & ; \text{for } X/X_n > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \left(\frac{841}{108}\right)\left(\frac{X}{X_n}\right) + \frac{4}{29} & ; \text{for } X/X_n \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3 \end{cases} \quad (2.20)$$

$$f(Y/Y_n) = \begin{cases} \left[\frac{Y}{Y_n}\right]^{\frac{1}{3}} & ; \text{for } Y/Y_n > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \left(\frac{841}{108}\right) \left(\frac{Y}{Y_n}\right) + \frac{4}{29} & ; \text{for } Y/Y_n \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3 \end{cases} \quad (2.21)$$

$$f(Z/Z_n) = \begin{cases} \left[\frac{Z}{Z_n}\right]^{\frac{1}{3}} & ; \text{for } Z/Z_n > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \left(\frac{841}{108}\right) \left(\frac{Z}{Z_n}\right) + \frac{4}{29} & ; \text{for } Z/Z_n \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3 \end{cases} \quad (2.22)$$

โดย

(X_n, Y_n, Z_n) คือ ค่า X , Y และ Z ของสีขาวอ้างอิง

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ทำการแปลงค่าสีจากมาตรฐาน sRGB ซึ่งมีข้อกำหนด ให้ใช้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 และ ใช้มุมมองของผู้สังเกต ที่ 2 องศา ซึ่งค่าสีขาวอ้างอิง จะมีค่า ตามสมการที่ 2.23 ถึง 2.25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$X_n = 95.04 \quad (2.23)$$

$$Y_n = 100.00 \quad (2.24)$$

$$Z_n = 108.88 \quad (2.25)$$

ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ คือ ขั้นตอนวิธีการแปลงค่า จาก มาตรฐานสี sRGB ไปเป็น ค่าสี HSI และ ค่าสี CIELAB สิ่งสำคัญของการแปลงค่าสี คือ ต้องใช้ค่า แกมมา ค่าสีขาวอ้างอิง แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน และ ค่ามุมมองของผู้สังเกต ให้ถูกต้องตามข้อกำหนด และวิธีการที่เลือกใช้

2.1.6. การแยกภาพด้วยส่วนประกอบโครงสร้าง (Structuring Element) และ วิธีขีดแบ่งของโอตสึ (Otsu Thresholding)

การแยกภาพด้วยฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้าง เป็นการนำ ฟิลเตอร์รูปแบบต่าง ๆ ไปทำคอนโวลูชัน กับภาพ ซึ่งถ้ารูปร่างของฟิลเตอร์ ไปพบกับวัตถุที่มีรูปร่างเข้ากับฟิลเตอร์ ค่าจุดภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบมีนัยสำคัญ เมื่อค่าจุดภาพของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปได้ในระดับหนึ่ง วัตถุนั้นจะมีความเรียบต่างมาก เมื่อเทียบกับวัตถุอื่นที่ไม่สนใจ ซึ่งหากภาพมีความเรียบต่างมากแล้ว จะสามารถใช้วิธีการ ขีดแบ่ง เพื่อทำการแยกภาพที่มีความเรียบต่างมาก ออกจากกัน โดยวิธีขีดแบ่งที่แนะนำให้ใช้ ได้แก่ วิธีขีดแบ่งของโอตสึ ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นวิธีการที่หาขีดแบ่งโดยอัตโนมัติ ซึ่งใช้ค่าสถิติมาคำนวณความถี่ของจุดภาพ แล้วจึงหาจุดแบ่ง (Otsu, 1979)

2.1.7. สัจฐานวิทยาของภาพดิจิทัล (Digital Image Morphological)

เป็นวิธีการกรองภาพ (image filtering) วิธีการหนึ่งของการประมวลผลภาพดิจิทัล ที่มีพื้นฐานมาจาก ทฤษฎีเซต (set theory) และ ตรรกศาสตร์ (logical) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ จะขึ้นกับลักษณะของตัวกรองที่สร้างขึ้น และชนิดของตัวดำเนินการ โดยตัวดำเนินการ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ (M. Sonka, Hlavac, & Boyle, 2008)

1. ตัวดำเนินการปฐมภูมิ (primary operator)
2. ตัวดำเนินการเชิงซ้อน (complex operator)

2.1.7.1. ตัวดำเนินการปฐมภูมิ (Primary Operator)

เป็นตัวดำเนินการพื้นฐานของสัจฐานวิทยาของภาพดิจิทัล ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ การเปลี่ยนขนาด (dilation) และ การกร่อน (erosion)

การเปลี่ยนขนาด หรือ ไดเลชัน (dilation) เป็นตัวดำเนินการที่ใช้ขยายขนาดขอบของภาพ โดย หากฟิลเตอร์ที่สร้างขึ้น ไดเลชัน ผ่านวัตถุในภาพ วัตถุนั้นจะมีขนาดขยายขึ้น ซึ่งหากภาพ A ถูก ไดเลชัน ด้วย ฟิลเตอร์ B จะเขียนแทนด้วย $A \oplus B$ และ อธิบายได้ ตามสมการที่ 2.26 ถึง 2.28 (Gonzalez & Woods, 2006)

ก่อนจะอธิบายนิยามของ ไดเลชัน ด้วยสมการ จำเป็นต้องอธิบาย สมการของการสะท้อน (reflection) และ สมการของการเลื่อนขนาด (translation) ก่อน

การสะท้อน (reflection) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้กันมากในการประมวลผลภาพดิจิทัล ซึ่งสามารถนิยามได้ ตามสมการที่ 2.26

ถ้ากำหนดให้ภาพ B คือ เซ็ตของจุดภาพ แล้วภาพสะท้อนจะเขียนแทนด้วย \hat{B}

$$\hat{B} = \{w | w = -b, \text{ for } b \in B\} \quad (2.26)$$

โดย

- B คือ เซ็ตของจุดภาพ
- b คือ พิกัดจุดภาพของภาพ B
- \hat{B} คือ ภาพสะท้อนของ ภาพ B
- w คือ พิกัดจุดภาพที่สะท้อนแล้ว

เนื่องจาก ภาพดิจิทัล เป็นภาพ 2 มิติ จึงสามารถเขียนพิกัดของจุดภาพในภาพ B ได้ว่า $b = (x, y)$ และพิกัดของจุดภาพที่สะท้อนแล้ว คือ $w = (-x, -y)$ อีกสิ่งที่สำคัญ คือ การสะท้อน เป็นการเปลี่ยนพิกัดของภาพ แต่ค่าความสว่าง หรือ ค่าจุดภาพยังคงเดิม ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องระวังอย่าเข้าใจสับสน

การเลื่อนขนาด (translation) คือ การที่จุดภาพเปลี่ยนตำแหน่งไปในระยะทางหนึ่ง ซึ่งหากกำหนดให้ B คือ เซ็ตของจุดภาพ แล้ว z คือ ระยะทางที่ต้องการเปลี่ยนตำแหน่ง จะสามารถอธิบายได้ ตามสมการที่ 2.27

$$(B)_z = \{c | c = b + z, \text{ for } b \in B\} \quad (2.27)$$

โดย

- B คือ เซ็ตของจุดภาพ
- b คือ พิกัดจุดภาพของภาพ B
- z คือ ระยะทางที่ต้องการเปลี่ยนตำแหน่งพิกัดของจุดภาพ b
- c คือ พิกัดจุดภาพที่เลื่อนตำแหน่งแล้ว

เนื่องจาก ภาพดิจิทัล เป็นภาพ 2 มิติ จึงสามารถเขียนพิกัดของจุดภาพของภาพ B ได้ว่า $b = (x, y)$ และพิกัดของจุดภาพที่เลื่อนตำแหน่งแล้ว คือ $z = (x + z_1, y + z_2)$ โดย พิกัดของ z คือ $z = (z_1, z_2)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลับมาพิจารณาถึงนิยามของ ไตเลขัน ถ้ามีภาพ A แล้วถูกไตเลขัน ด้วยฟิลเตอร์ B จะสามารถเขียนได้ ตามสมการที่ 2.28

$$A \oplus B = \{z | [(B)_z \cap A] \subseteq A\} \quad (2.28)$$

โดย

A คือ ภาพ

B คือ ฟิลเตอร์

จากสมการที่ 2.28 อธิบายได้ว่า ภาพสะท้อนของฟิลเตอร์ B จะเคลื่อนที่ไปบนภาพ A หาก สมาชิกทับซ้อนกันแล้ว จุดภาพที่พิกัดการเลื่อนตัวด้วยระยะทาง z จะเป็นสมาชิกของ A

การกร่อน หรือ อีโรชัน (erosion) เป็นตัวดำเนินการที่ให้ผลตรงข้ามกับ ไดเลชัน กล่าวคือ ไดเลชัน จะขยายวัตถุในภาพให้ใหญ่ขึ้น ตามลักษณะของฟิลเตอร์ที่ใช้ แต่ อีโรชัน จะลดขนาดวัตถุ ซึ่ง หากภาพ A ถูก อีโรชัน ด้วย ฟิลเตอร์ B จะเขียนแทนด้วย $A \ominus B$ และสามารถนิยามได้ ตามสมการที่ 2.29

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \cap A^c = \emptyset\} \quad (2.29)$$

โดย

A คือ ภาพจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

B คือ ฟิลเตอร์

จากสมการที่ 2.29 อธิบายได้ว่า หากฟิลเตอร์ B เคลื่อนตัวผ่านภาพ A แล้ว จุดภาพที่ทับซ้อนกับ ส่วนเต็มเต็มของ ภาพ A จุดภาพที่พิกัดการเลื่อนตัวด้วยระยะทาง z จะเป็น เซ็ตว่าง

2.1.7.2. ตัวดำเนินการเชิงซ้อน (Complex Operator)

ตัวดำเนินการเชิงซ้อน เป็นตัวดำเนินการที่ประกอบขึ้นจาก ตัวดำเนินการปฐมภูมิ ซึ่งตัวดำเนินการเชิงซ้อนที่มักพบ ได้แก่

1. ตัวดำเนินการเปิด หรือ โอเพนนิ่ง (opening)
2. ตัวดำเนินการปิด หรือ โคลสซิง (closing)

ตัวดำเนินการเปิด หรือ โอเพนนิ่ง คือ ตัวดำเนินการที่เกิดจากการผสมระหว่าง ไดเลชัน และ อีโรชัน โดย หากภาพ A ถูก โอเพนนิ่ง ด้วย ฟิลเตอร์ B จะแทนด้วย $A \circ B$ และอธิบาย ตามสมการ ที่ 2.30

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (2.30)$$

จาก สมการที่ 2.30 อธิบายได้ว่า โอเพนนิ่ง คือ การอีโรชันภาพ A ด้วยฟิลเตอร์ B แล้วจึง ไดเลชัน ด้วยฟิลเตอร์ B อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผลลัพธ์ต่อภาพ คือ ช่องว่างระหว่างวัตถุในภาพ มีการขยายขนาดใหญ่ขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวดำเนินการปิด หรือ โคลสซิง คือ ตัวดำเนินการที่เกิดจากการผสมระหว่าง ไดเลชัน และ อีโรชัน ซึ่งคล้ายกับ การดำเนินการโอเพนนิ่ง แต่โคลสซิง ดำเนินการด้วย ไดเลชันก่อน จึงตามด้วย อีโรชัน ซึ่งทำให้ ตัวดำเนินการนี้ แตกต่างจาก โอเพนนิ่ง โดย หากภาพ A ถูก โคลสซิง ด้วยฟิลเตอร์ B จะแทนด้วย $A \cdot B$ และอธิบาย ตามสมการที่ 2.31

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (2.31)$$

จาก สมการที่ 2.31 อธิบายได้ว่า โคลสซิง คือ การได้เลขชั้น ภาพ A ด้วย ฟิลเตอร์ B แล้วจึงอีโรซันด้วย ฟิลเตอร์ B อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผลลัพธ์ต่อภาพ คือ ช่องว่างระหว่างวัตถุในภาพ มีขนาดเล็กลง

2.1.8. ตัววัดผลประสิทธิภาพ

หัวข้อนี้กล่าวถึงวิธีการวัดผลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งโดยปกติ การวัดผลประสิทธิภาพ คือ การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ กับผลลัพธ์ที่ได้จริงจากระบบหรือกระบวนการ ที่ถูกทดสอบประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีการวัดผลประสิทธิภาพมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งควรเลือกให้เหมาะกับงานวิจัย และจุดประสงค์ที่ต้องการ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับภาพ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการวัดผลประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

2.1.8.1. ความแตกต่างของภาพ (Image Difference)

ความแตกต่างของภาพ เป็นวิธีการเปรียบเทียบภาพอ้างอิง กับ ภาพที่ต้องการเปรียบเทียบ โดยนำมาหาความแตกต่าง ซึ่ง ผลลัพธ์ คือ ตำแหน่งจุดภาพที่มีความแตกต่างกันระหว่างภาพอ้างอิง กับ ภาพที่ต้องการเปรียบเทียบ โดย สามารถเขียนได้ ตามสมการที่ 2.32

$$I_d = |I_g - I_s| \quad (2.32)$$

โดย

I_g คือ ภาพอ้างอิง หรือ ภาพต้นฉบับ

I_s คือ ภาพที่นำมาเปรียบเทียบ

I_d คือ ภาพความแตกต่าง

โดยสามารถนำมาคำนวณ หรือร้อยละ ความแตกต่างของภาพได้ ตามสมการที่ 2.33

$$d = \frac{I_d}{I_g} \times 100 \quad (2.33)$$

โดย

I_d คือ ภาพความแตกต่าง

I_g คือ ภาพอ้างอิง หรือ ภาพต้นฉบับ

d คือ ร้อยละความแตกต่าง

2.1.8.2. ตัวจำแนกไบนารี (Binary Classifier)

เป็นวิธีการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยกำหนดผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ จากภาพไบนารี ออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. ผลบวกจริง (true positive)
2. ผลบวกลวง (false positive)
3. ผลลบจริง (true negative)
4. ผลลบลวง (false negative)

ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ

| | | ผลบวก Positive | ผลลบ Negative |
|---------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | ค่าต้นฉบับ | ผลบวกจริง True Positive |
| ผลลบ Negative | ผลบวกหลง False Positive | ผลลบจริง True Negative | |

ภาพที่ 3 อธิบายความหมายของผลลัพธ์ทั้ง 4 แบบ

จากภาพที่ 3 สามารถอธิบายความหมายของ ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ทั้ง 4 แบบ ได้ดังนี้ หากค่าต้นฉบับเป็นจริง แล้วผลลัพธ์เป็นจริง ผลลัพธ์นั้นจะเป็น ผลบวกจริง หรือ true positive (Tp) แต่หากค่าต้นฉบับเป็นจริง แต่ผลลัพธ์เป็นเท็จ ผลลัพธ์นั้น จะเป็น ผลลบหลง หรือ false negative (Fn) ซึ่งหากย้อนกลับมาพิจารณาในเชิง ภาพดิจิทัล จะเห็นว่า จุดภาพที่เป็น ผลลบหลง คือ จุดภาพที่ประมวลผลผิดพลาดในบริเวณวัตถุที่สนใจ และหากคำนวณหาผลรวม ระหว่าง ผลบวกจริงกับ ผลลบหลง จะได้ จุดภาพทั้งหมด ของวัตถุที่สนใจในภาพต้นฉบับ เขียนได้ตามสมการที่ 2.34

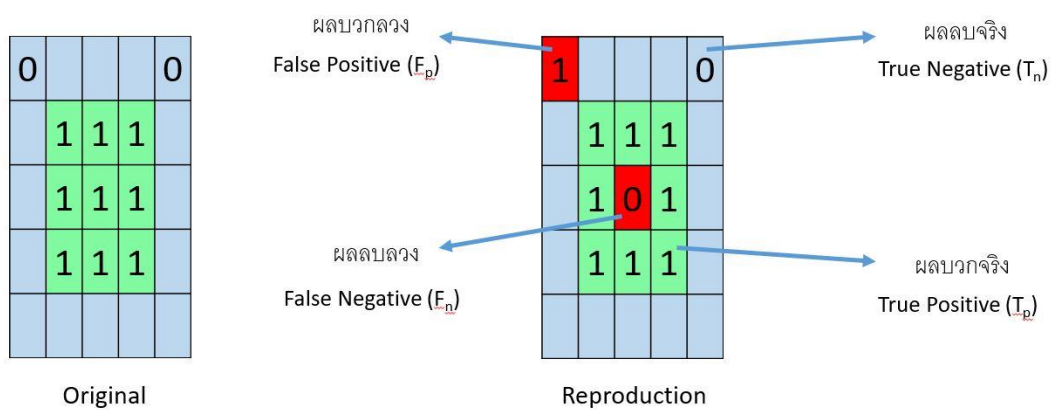
$$P = T_p + F_n \quad (2.34)$$

โดย

T_p คือ ผลบวกจริง หรือ True Positive

F_n คือ ผลลบหลวง หรือ False Negative

P คือ จุดภาพทั้งหมดของวัตถุที่สนใจ

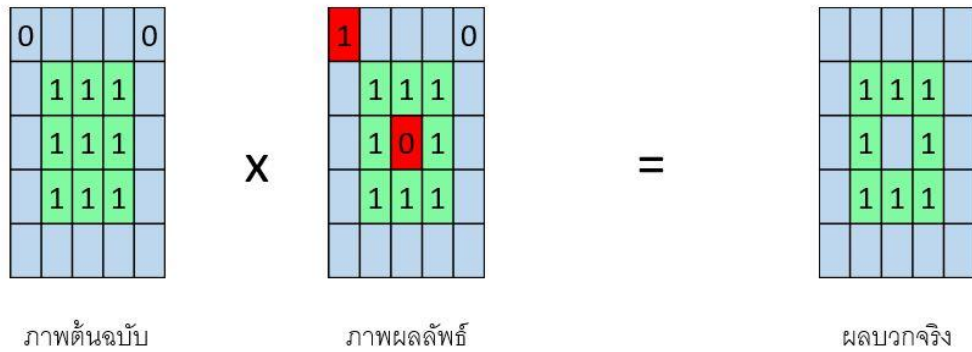


ภาพที่ 4 อธิบายตัวจำแนกไบนารี ในเชิง จุดภาพ ของภาพดิจิทัล โดยภาพขาว คือ ภาพต้นฉบับ ด้านซ้าย คือ ภาพที่เกิดจากการประมวลผลภาพดิจิทัล

จากภาพที่ 4 แสดงถึงผลลัพธ์ที่มีความเป็นไปได้ของจุดภาพ หลังจากภาพถูกประมวลผล ด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยบริเวณพื้นที่สีเขียว คือ วัตถุภายในภาพ ซึ่งมีค่าจุดภาพเท่ากับ 1 ส่วนบริเวณ พื้นที่สีฟ้า คือ พื้นที่หลัง หรือส่วนที่สนใจ ซึ่งมีค่าจุดภาพเท่ากับ 0

2.1.8.3. วิธีการจำแนก จุดภาพ

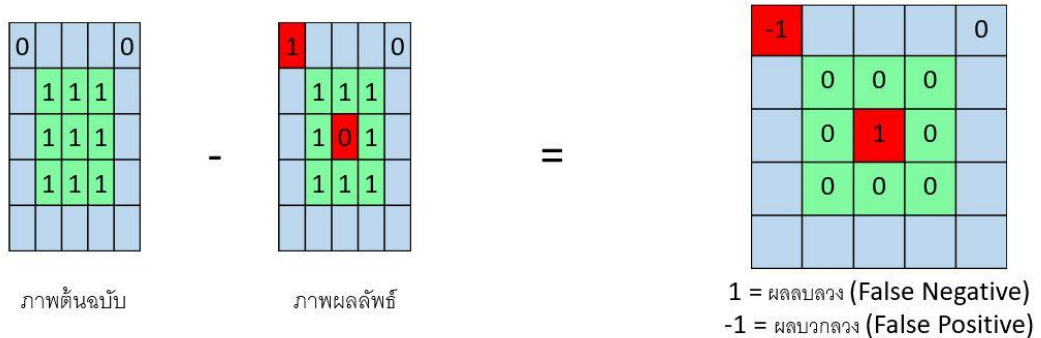
วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลบวกจริง (true positive)



ภาพที่ 5 วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลบวกจริง

จากภาพที่ 2183.1 หากนำภาพต้นฉบับ และ ภาพของผลลัพธ์จากกระบวนการที่ต้องการประเมิน มาดำเนินการ อินเทอร์เน็ต หรือ คูณ กัน จะได้ผลลัพธ์ คือ ภาพที่แสดงจุดภาพผลบวกจริงของภาพผลลัพธ์

วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลบวกลวง (false negative) และ ผลลบลง (false positive)



ภาพที่ 6 วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลบวกลวง และ ผลลบลง

จากภาพที่ 6 หากนำภาพต้นฉบับเป็นตัวตั้ง แล้วลบด้วยภาพของผลลัพธ์จากกระบวนการที่ต้องการประเมิน จะได้ผลลัพธ์ คือ ชุดข้อมูลของจุดภาพที่เป็น ผลบวกลวง และ ผลลบลวง โดย ค่าของจุดภาพเป็น -1 และ 1 ตามลำดับ

วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลลบจริง (true negative)

การจำแนกจุดภาพผลลบจริง ต้องนำภาพต้นฉบับมาหาภาพผกผันก่อน (invert image) แล้ว จึงนำภาพผกผันของภาพต้นฉบับ ไปดำเนินการ อินเทอร์เน็ต หรือ คูณ กับภาพของผลลัพธ์จากกระบวนการที่ต้องการประเมิน

$$1 - \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0 & & & 0 \\ \hline & 1 & 1 & 1 \\ \hline & 1 & 1 & 1 \\ \hline & 1 & 1 & 1 \\ \hline & & & \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

ภาพต้นฉบับ ภาพผกผันของภาพต้นฉบับ

ภาพที่ 7 วิธีการหาภาพผกผันของภาพต้นฉบับ (invert image)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

X

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | 0 |
| | 1 | 1 | 1 | |
| | 1 | 0 | 1 | |
| | 1 | 1 | 1 | |
| | | | | |
| | | | | |

=

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | |
| | | | | |
| | | | | |

ภาพผกผันของภาพต้นฉบับ
ภาพผลลัพธ์
ผลลบจริง

ภาพที่ 8 วิธีการจำแนกจุดภาพที่เป็นผลลบจริง

จากภาพที่ 8 ผลคูณระหว่าง ภาพผกผันของภาพต้นฉบับ กับ ภาพของผลลัพธ์จากกระบวนการที่ต้องการประเมิน จะได้ ภาพของจุดภาพที่แสดงผลลบจริง ซึ่งค่าของจุดภาพจะมีค่าเท่ากับ 1

2.1.8.4. ตัววัดในวิธีการจำแนกแบบไบนารี

รีคอลล์ (Recall) คือ ค่าอัตราส่วนระหว่าง จุดภาพที่เป็นผลบวกจริง กับ ผลรวมระหว่างจุดภาพที่เป็นผลบวกจริงและผลลบลง หรือ คือ จุดภาพทั้งหมดของวัตถุในภาพต้นฉบับ สามารถเขียนได้ ตามสมการที่ 2.35 (Jiawei Han, 2012)

$$Recall = \frac{T_p}{T_p + F_n} \quad (2.35)$$

โดย

T_p คือ ผลบวกจริง หรือ True Positive

F_n คือ ผลลบจริง หรือ False Negative

ความเที่ยง (Precision) คือ อัตราส่วน ระหว่าง ผลบวกจริง กับ ผลรวมของจุดภาพที่ได้ผลลัพธ์เป็น ผลบวก สามารถเขียนได้ ตามสมการที่ 2.36

$$Precision = \frac{T_p}{T_p + F_p} \quad (2.37)$$

โดย

T_p คือ ผลบวกจริง หรือ True Positive

F_p คือ ผลลบจริง หรือ False Positive

เอฟวันสกอร์ (F1-score) คือ การประมวลผลร่วมกันระหว่าง ค่าความเที่ยง และค่ารีคอลลล์ ซึ่งสามารถใช้ค่าของตัวชี้วัดนี้มา เปรียบเทียบ และจัดอันดับ ประสิทธิภาพของแต่ละกระบวนการ ได้ โดยมีการคำนวณ ตามสมการที่ 2.38

$$F1 = 2 \times \frac{(Recall \times Precision)}{(Recall + Precision)} \quad (2.38)$$

ความคล้าย (Similarity) คือ ค่าความเหมือน ของภาพผลลัพธ์จากกระบวนการที่ต้องการ ประเมินเทียบกับ ภาพต้นฉบับ โดย ค่าความคล้าย สามารถนำมาจัดลำดับเพื่อ เปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยมีสมการ ตามสมการที่ 2.39

$$\text{Similarity} = \frac{T_p}{T_p + F_p + F_n} \quad (2.39)$$

โดย

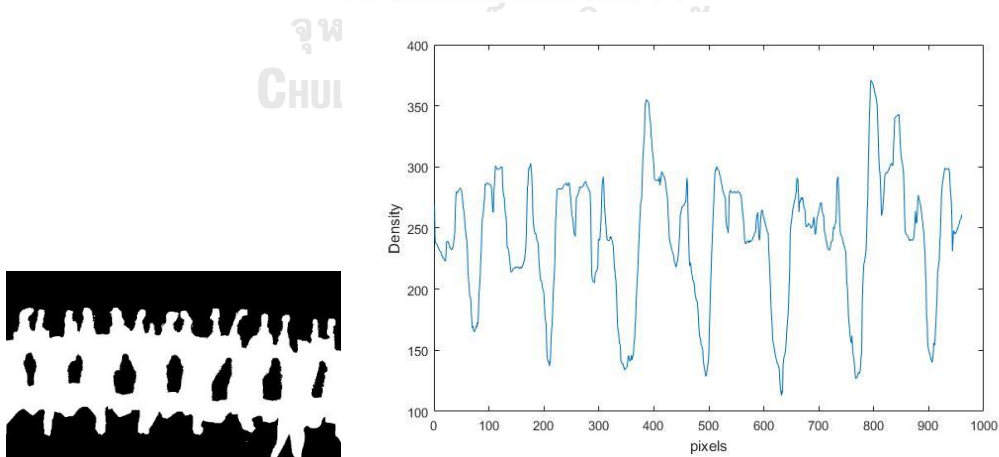
T_p คือ ผลบวกจริง หรือ True Positive

F_p คือ ผลลบจริง หรือ False Positive

F_n คือ ผลลบวง หรือ False Negative

2.1.9. ลายเซ็นของภาพดิจิทัล (signature)

ลายเซ็นของภาพดิจิทัล คือ เปลี่ยนมิติของข้อมูลภาพดิจิทัล จาก 2 มิติ ให้กลายเป็น ข้อมูล 1 มิติ โดยการหาผลรวมของจุดภาพด้านใดด้านหนึ่ง แล้วนำไปเขียนกราฟขึ้นมา ซึ่งกราฟลายเซ็นของวัตถุแต่ละแบบจะมีลักษณะเฉพาะตัว



ภาพที่ 9 ด้านซ้าย คือ ภาพต้นฉบับ ด้านขวา คือ กราฟลายเซ็นของภาพด้านขวา

จากภาพที่ 9 จะเห็นว่า กราฟลายเซ็นของภาพซากโก้ มีลักษณะเป็นลูกคลื่น ที่ซ้ำกัน ซึ่งหาก เป็นลูกคลื่นแบบเดิมไปทุกคาบ แสดงให้เห็นว่าไม่มีความสม่ำเสมอ แต่หากมีลูกคลื่นใดเกิดมีความแตกต่าง แสดงว่ามีขนาดที่ไม่เท่ากันแล้ว แต่จะเกิดขอบเขตที่ยอมรับได้หรือเปล่า ต้องขึ้นอยู่กับค่าความกว้างของขอบเขตที่กำหนดขึ้นมา ซึ่งอาจมาจากความพอใจ หรือค่าทางสถิติ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน

2.2. วารสารปริทรรศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบการผลิตเนื้อสัตว์ปีกแบบอัตโนมัติ ระบบแรกเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2534 โดยมีการนำกล้องเข้ามาช่วยในการตรวจสอบ ข้อบกพร่องของการผลิต และนำระบบการส่องกราดโครงสร้าง (structural scanning) มาใช้หาหอพอโลยี ของเนื้อสัตว์ โดยระบบนี้ต้องมีต้นแบบเพื่อใช้เปรียบเทียบ (Heck, 2006) จากนั้นจึงมีการนำกล้องที่ใช้ระบบสี RGB มาใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพเนื้อไก่ (Barni, Cappellini, & Mecocci, 1995) จากนั้น ในปี พ.ศ. 2554 ได้มีการ ใช้วิธีการแยกภาพไก่ด้วยสี ซึ่งทำโดยการ แปลงข้อมูลสีจาก RGB ไปเป็น HIS แล้วจึงทำการลบพื้นหลัง แล้วจึงใช้วิธีการ โมเรย์ (moire technique) เพื่อหาพื้นผิวของซากโก้ ซึ่งเป็นระบบที่มีอุปกรณ์ซับซ้อน ทำให้ยุ่งยากเวลาใช้งาน และไม่รองรับวัตถุที่มีการเคลื่อนไหว (Yanagi Júnior et al., 2011)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในปี พ.ศ. 2558 ได้มีการนำ วิธีการแยกภาพด้วยสี ไปใช้กับการแยกภาพผลไม้ โดยใช้ ค่าสีแบบ OHTA โดย เป็นค่าสีที่แปลงค่ามาจาก ค่าสีแบบ RGB ด้วยสมการแบบเส้นตรง (Priska Irenda Vasthi, 2015) และในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน ค่าสี YCbCr ร่วมกับวิธีการขีดแบ่งของโอดี สำหรับการ ตัดแยกภาพผิวของมนุษย์ จากพื้นหลังที่มีความซับซ้อน (Mohammad Reza Mahmoodi, 2014) Haar-like feature หรือ ฟิเตอร์ส่วนโครงสร้าง ถูกนำมาใช้ร่วมกับการแยกภาพด้วยสีในปริภูมิสี YCbCr เพื่อให้ทำการตรวจจับภาพใบหน้า (Yuseok Ban, 2014) โดยท Haar-like feature มีชื่อทั่วไปว่า Matrix-like feature ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจจับวัตถุ และลดรายละเอียด โดยมีพื้นฐานมาจากการแบ่งส่วนแบบ อิงจากรูปร่าง และค่าความเข้มแสงของวัตถุ (Papageorgiou, Oren, & Poggio, 1998) วิธีการนี้เคยถูกนำไปใช้กับการตรวจจับใบหน้า มาก่อน

หน้านี้แล้ว เพียงแต่เลือกใช้งานเฉพาะฟิลเตอร์บางส่วน เพื่อให้เหมาะกับการตรวจจับใบหน้า (Paul Viola, 2004) ซึ่งวิธีการหารูปร่างวัตถุด้วยการใช้ฟิลเตอร์นี้ เป็นวิธีการที่เร็ว และไม่เปลืองทรัพยากรณ์ (Hung, Chuang, & Hsieh, 2007)



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ภาพตัวอย่างที่ใช้ทดลองในงานวิจัยนี้ นำมาจากการทำภาพนิ่งด้วยวิธีการดึงเฟรมออกจากภาพวิดีโอที่บันทึกของซากไก่ที่ขึ้นตอนก่อนการนำอวัยวะภายในออก ซึ่งภาพวิดีโอที่บันทึกด้วยกล้องยี่ห้อ แคนนอน (Canon) รุ่น 5D Mark II ใช้คู่กับเลนส์ถ่ายภาพยี่ห้อ แคนนอน รุ่น EF 50 mm f 1.4 ภายในโรงงานของ บริษัท สหฟาร์ม จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่ จังหวัด ลพบุรี โดยผู้วิจัยได้บันทึกภาพวิดีโอที่แบ่งตามลักษณะของซากไก่ ออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. ภาพช่วงที่มีซากไก่แขวนอยู่บนสายการผลิต
2. ภาพช่วงที่ไม่มีซากไก่แขวนอยู่บนสายการผลิต
3. ภาพช่วงที่ซากไก่มีขนาดและความยาวสม่ำเสมอ
4. ภาพช่วงที่ซากไก่มีขนาดและความยาวไม่สม่ำเสมอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพวิดีโอที่บันทึกขึ้น โดยการตั้งกล้องห่างจากสายการผลิต ที่ระยะทางประมาณ 3 เมตร จากระนาบของซากไก่ ถึงระนาบของเซ็นเซอร์ และระนาบเซ็นเซอร์สูงจากพื้นประมาณ 1.5 เมตร โดยประมาณ การทดลองนี้ใช้แหล่งกำเนิดแสงตามสภาพเดิมของโรงงานผลิตเนื้อไก่ คือ หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ที่มีอุณหภูมิสี เทียบเท่าแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 และเพื่อความแม่นยำ จึงปรับตั้งสมดุลสีเทา (white balance) ของกล้องเป็นแบบ คัสตอม (custom) โดยการถ่ายภาพแผ่นสีขาว ในสภาพแสงที่ใช้ทดลอง เพื่อนำภาพนี้ไปใช้ปรับตั้ง สมดุลสีเทาให้เหมาะกับสภาพแสงในโรงงานอีกทีหนึ่ง และตั้งค่าสีของกล้องให้เป็น sRGB รวมถึงโหมดของการถ่ายภาพถูกตั้งให้เป็น การถ่ายภาพวิดีโอที่ความละเอียด 1920 x 1080 (Full HD) กำหนดเฟรมเรต 30 fps และไฟล์ภาพเป็นการเข้ารหัสตามมาตรฐาน H.264 โดยมีการเข้ารหัสกลุ่มภาพแบบ IPP ซึ่งไฟล์วิดีโอที่ได้ออกมา

จากกล้องรุ่นนี้ มีนามสกุลเป็น .MOV โดยใช้ความเร็วชัตเตอร์ 1/60 วินาที เปิดรูรับแสงกว้าง f8 และ ISO 400 ขณะถ่ายภาพวิดีโอ

การทดลองในงานวิจัยนี้ ใช้คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ Asus รุ่น K401U ซึ่งใช้ CPU ยี่ห้อ Intel รุ่น i7-6500U และมีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ความจุ 4 กิกะไบต์ ร่วมกับหน่วยปฏิบัติการ ไมโครซอฟท์วินโดวส์ รุ่น 10 และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แมทแลป รุ่น R2015b และโฟโต้ชอป รุ่น CS6

งานวิจัยนี้ แบ่งวิธีการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ การหากระบวนการแยกภาพซากไก่อ และ การหาวิธีการนำเสนอและอธิบายความสม่ำเสมอของขนาดและความยาวของซากไก่อ

3.1. การหากระบวนการแยกภาพซากไก่อ

วิธีการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนการหา กระบวนการทางการประมวลผลภาพดิจิทัล ให้เหมาะกับการแยกภาพไก่อ และทดสอบกระบวนการที่เลือก ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแยกภาพซากไก่อ ด้วยการผสมกันระหว่างวิธีการแยกภาพด้วยสี วิธีการแยกภาพด้วย รูปร่าง วิธีการแยกภาพด้วยความเข้มแสง และวิธีทางสัญญาณวิทยาของภาพดิจิทัล การนำหลายวิธีมารวมกันเพื่อลดข้อด้อย และปรับปรุงประสิทธิภาพของผลลัพธ์ให้ดีขึ้น โดยวิธีการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 1 นี้ มีอยู่ด้วยกัน 4 การทดลอง ได้แก่

1. การหาปริภูมิสีที่เหมาะสม สำหรับการแยกภาพซากไก่อ
2. การหาชุดของส่วนประกอบโครงสร้างที่เหมาะสม กับการตรวจจับภาพซากไก่อ แล้วจึงแบ่งภาพด้วย วิธีการขีดแบ่ง (thresholding)
3. การทดสอบประสิทธิภาพกระบวนการแยกภาพซากไก่อ เมื่อปรับปรุงผลลัพธ์ ด้วยสัญญาณวิทยาทางภาพดิจิทัล

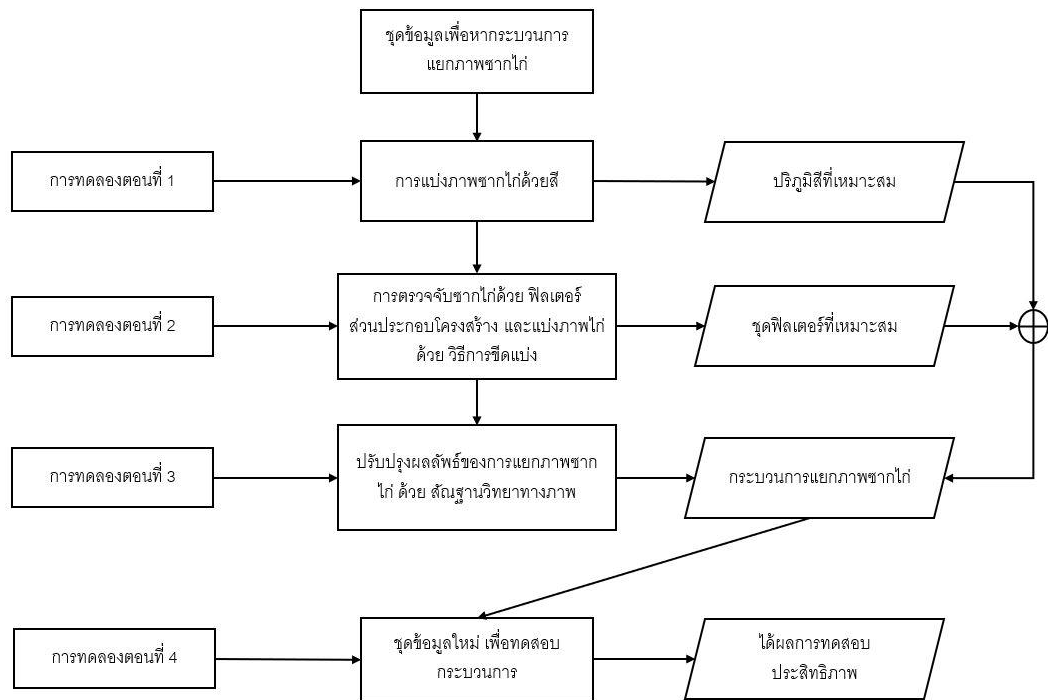
4. การทดสอบกระบวนการแยกภาพซากไก่ที่นำเสนอ กับชุดข้อมูลภาพทดสอบ

การทดลองตอนที่ 1 การหาชนิดของค่าสีที่เหมาะสมสำหรับการแยกภาพซากไก่ โดยการทดลองนี้ เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแยกภาพซากไก่ เมื่อใช้ ค่าสีแบบ HSI และ CIELAB

การทดลองตอนที่ 2 การหาชุดของฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างที่เหมาะสมกับการตรวจจับภาพซากไก่หลังจากทำการแบ่งภาพด้วยสีมาแล้ว โดยเปรียบเทียบผลการแยกภาพซากไก่ จากชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้าง 30 ชุด โดยมีชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้าง สำหรับการตรวจจับภาพใบหน้า รวมอยู่ด้วย

การทดลองตอนที่ 3 การวัดประสิทธิภาพการแยกภาพซากไก่ เมื่อใช้สไลด์ฐานวิทยาทางภาพดิจิทัล ปรับปรุงผลลัพธ์ จากการทดลองตอนที่ 2 โดยเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนปรับปรุง กับ หลังปรับปรุง

การทดลองตอนที่ 4 การตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการที่ประกอบขึ้นจาก วิธีการที่ถูกเลือกจากการทดลองตอนที่ 1 ถึง การทดลองตอนที่ 3 โดยทดสอบกับข้อมูลภาพชุดใหม่



ภาพที่ 10 แผนการดำเนินงานเพื่อหากระบวนการแยกภาพซากไ้

ภาพที่ 10 แผนการดำเนินงาน เพื่อการสร้างกระบวนการสำหรับการแยกภาพซากไ้ ออกจากภาพวัตถุอื่น ซึ่งมีการทดลองย่อยอีก 4 ตอน ได้แก่ การทดลองตอนที่ 1 ผลลัพธ์ คือ ปริภูมิสีที่เหมาะสม การทดลองตอนที่ 2 ผลลัพธ์ คือ ชุดฟิลเตอร์โครงสร้างที่เหมาะสมกับการตรวจจับและแยกภาพไ้ การทดลองตอนที่ 3 ผลลัพธ์ คือ กระบวนการแยกภาพซากไ้ และในการทดลองตอนที่ 4 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของ กระบวนการด้วยข้อมูลภาพ ชุดใหม่

3.1.1. การทดลองตอนที่ 1 การหาปริภูมิสีที่เหมาะสมกับการแยกภาพซากไก่

การทดลองตอนที่ 1 มีสมมุติฐาน คือ ภาพซากไก่มีสีเฉพาะตัว เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุอื่นภายในโรงงานผลิตเนื้อไก่ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้วิธีการแบ่งภาพด้วยสีกับภาพซากไก่ แต่อย่างที่ทราบกันดีว่า หากใช้วิธีการแบ่งภาพด้วยสีกับภาพดิจิทัลที่มีข้อมูล ชนิด RGB จะค่อนข้างยากจึงต้องมีการแปลงข้อมูลให้อยู่ในปริภูมิสีอื่น ซึ่งในการทดลองนี้ได้เลือกเปรียบเทียบการแบ่งภาพซากไก่ในปริภูมิสี HSI กับ ปริภูมิสี CIELAB เพื่อทดสอบว่า ปริภูมิสีใด มีความเหมาะสมกับการใช้เพื่อแยกภาพซากไก่มากกว่ากัน โดยวิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. สร้างภาพสำหรับใช้ทำการทดลองจากเฟรมของภาพวิดีโอ จำนวน 100 ภาพ
2. สร้างภาพอ้างอิงเพื่อระบุตำแหน่งไก่ในภาพที่ใช้ทดลอง จำนวน 100 ภาพ
3. แปลงค่าสีจาก sRGB ไปเป็น HSI และ CIELAB
4. วัดค่าสีสันของภาพซากไก่ใน ปริภูมิสี HSI และ CIELAB
5. ทำการแยกภาพซากไก่ในปริภูมิสี HSI และ CIELAB
6. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการแยกภาพซากไก่ ระหว่างปริภูมิสีทั้งสอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.1.1. ภาพสำหรับการทดลองและภาพอ้างอิงที่ใช้ระบุตำแหน่งซากไก่

ภาพสำหรับการทดลอง ของการทดลองนี้ สร้างขึ้นจากเฟรมของภาพวิดีโอ ที่ถูกเลือกโดยวิธีการสุ่ม จำนวน 100 เฟรม จากภาพวิดีโอ ความละเอียด 1920 x 1080 จุดภาพ แล้วทำการลดขนาดลงเหลือ 960 x 540 จุดภาพ ด้วยวิธีการ ไปคิวบิก และทำการสร้างภาพอ้างอิงเพื่อระบุตำแหน่งของซากไก่ ขึ้นจากการนำภาพเหล่านี้ มาทำการลบวัตถุอื่นภายในภาพ ด้วยวิธีการทำมือโดยดำเนินการในโปรแกรม โฟโต้ชอป รุ่น CS6 เพื่อให้เหลือแต่บริเวณของซากไก่ ซึ่งภาพเหล่านี้จะเป็นภาพแบบไบนารี เพื่อใช้เป็นตัวระบุตำแหน่งของภาพซากไก่ ในภาพที่ใช้สำหรับทดลอง

3.1.1.2. การวัดค่าสีสັນของภาพซากไก่ในปริภูมิสี HSI และ CIELAB

การวัดค่าสีสັນของภาพซากไก่ ในการทดลองนี้ ทำโดยการนำภาพตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มในขั้นตอนก่อนหน้า มาแปลงค่าสี จาก sRGB ไปเป็น HSI และ CIELAB โดยใช้วิธีการแปลงค่าสี จากหัวข้อ 2.1.5.4 และ 2.1.5.5 จากนั้น จึงทำการวัดค่าสีสັນ หรือ hue angle โดยการสุ่มวัด 25 ภาพ จาก 100 ภาพ ที่ลำดับภาพเดียวกัน ในแต่ละปริภูมิสี โดยมีสมมุติฐานอยู่ที่ว่า ภาพซากไก่อ้อมมีสีสັນใกล้เคียงกัน ดังนั้น ความคลาดเคลื่อน และการกระจายตัวของข้อมูลไม่น่าจะสูง จึงสามารถใช้ขนาดตัวอย่างที่เล็กได้ ซึ่งจะต้องมีการทดสอบสมมุติฐานนี้ โดยการคำนวณหาค่าความผิดพลาดที่ ระดับนัยสำคัญ รอยละ 90 จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

การวัดค่าสีสັນของแต่ละภาพ ทำโดยการวัดสี 3 บริเวณของภาพซากไก่ โดยใช้ฟิลเตอร์ขนาด 3 x 3 จุดภาพ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณ จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 บริเวณอีกครั้งหนึ่ง สุดท้ายจึงได้ค่าสีสັນเฉลี่ยของภาพไก่ 1 ภาพ ซึ่งหากมาดูในรายละเอียด ค่าสีสັນเฉลี่ยของภาพไก่ 1 ภาพ จากการทดลองนี้ เกิดจากค่าเฉลี่ยของการวัดค่าสีสັນจากจุดภาพจำนวน 27 จุดภาพ และสุดท้ายนำค่าสีสັນของแต่ละภาพ มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็น ค่าสีสัดของภาพซากไก่ ของ ปริภูมิสี HSI และ CIELAB

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.1.3. การแยกภาพซากไก่ด้วยสี

การแยกภาพซากไก่ด้วยสี เมื่อทราบค่าเฉลี่ยของสีสັນของภาพซากไก่ในแต่ละปริภูมิสีแล้ว สามารถแยกภาพซากไก่ ได้โดยการกำหนดให้บริเวณที่มีสีสັນ ตามที่ได้มาจากการวัดในขั้นตอนก่อนหน้าเป็น ภาพซากไก่ จากนั้นจึงทำการแบ่งภาพเฉพาะบริเวณส่วนนั้นออก โดยการใช้ตัวพราง (mask) ซึ่งจะทำให้ บริเวณอื่นที่ไม่ได้กำหนด ให้เป็นภาพซากไก่ ถูกกำจัดออกไป กลายเป็นจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 0 โดยการทดลองนี้ กำหนดความคลาดเคลื่อนยินยอม (tolerance) ของสีสັນ อยู่ที่

ร้อยละ 3 ดังนั้น การทดลองนี้จึงกำหนดให้ใช้ ค่าสีสันเฉลี่ย ± 5.2 องศา เป็นค่าสีสันสำหรับการแยกภาพซากไก่ โดยช่วงของค่าสีสันเพื่อใช้สำหรับการแบ่งภาพ สามารถเขียนได้ ตามสมการที่ 3.1

$$hue_{seg} = hue_{avg} \pm \frac{tolerance}{100 \times 2} \times 360 \quad (3.1)$$

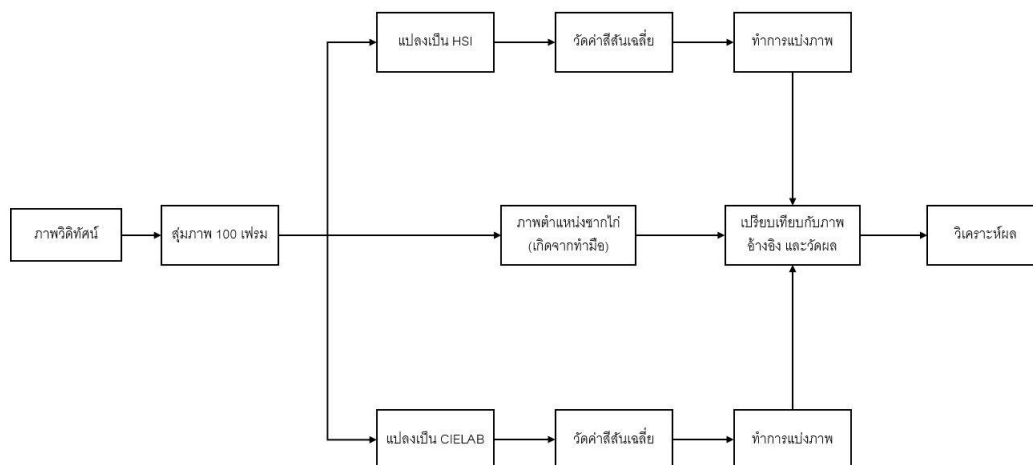
โดย

- hue_{avg} คือ ค่าสีสันเฉลี่ยจากการวัด มีหน่วยเป็น องศา
- $tolerance$ คือ ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ซึ่งกำหนดเอง
- hue_{seg} คือ ช่วงของค่าสีสันสำหรับใช้แบ่งภาพ

3.1.1.4. การวัดผลการแบ่งภาพไก่จาก ปริภูมิสี HSI กับ CIELAB

การวัดผลประสิทธิภาพของกระบวนการแยกภาพไก่จากกระบวนการที่ใช้ค่าสี HSI กับกระบวนการที่ใช้ค่าสี CIELAB ทำโดย นำภาพที่ทำการแยกซากไก่ ซึ่งมี 100 ภาพในแต่ละกระบวนการ มาเปรียบเทียบกับภาพตำแหน่งของซากไก่ ซึ่งสร้างด้วยมือ จากหัวข้อที่ 3.1.1.1. โดยใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ ตามวิธีการในหัวข้อ 2.1.8 และเพิ่มการจับเวลาการประมวลผลเข้าไป โดยเริ่มตั้งแต่การการแปลงค่าจาก sRGB ไปจนถึง การแบ่งภาพไกด้วยสีของแต่ละภาพ ซึ่งค่าของตัวชี้วัดทุกตัวในการทดลองจะวัดจากแต่ละภาพแล้วจึงคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นค่าชี้วัดของแต่ละกระบวนการ

3.1.1.5. แผนภูมิอธิบายการทดลองตอนที่ 1



ภาพที่ 11 แผนภูมิอธิบายการทดลองตอนที่ 1

3.1.2. การทดลองตอนที่ 2 การหาชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างที่เหมาะสมกับการแบ่งภาพซากไก่

การทดลองตอนที่ 2 เป็นการหาชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างที่เหมาะสมกับการตรวจจับซากไก่ที่ถูกแขวนอยู่บนสายพาน ในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ ก่อนกระบวนการนำอวัยวะภาพในออก ซึ่งซากไก่ได้ถูกตัดหัว และทำเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

การทดลองนี้มีสมมุติฐาน คือ ภาพซากไก่ที่ถูกแบ่งด้วยสีเพียงอย่างเดียว ยังเป็นภาพซากไก่ที่ไม่สมบูรณ์ เพราะอาจมีส่วนประกอบของวัตถุอื่น ที่มีสีใกล้เคียงกับภาพซากไก่ ถูกแบ่งติดเข้ามาในภาพ จึงควรหาวิธีการแบ่งภาพที่มีพื้นฐานการตรวจจับวัตถุด้วยวิธีอื่นที่ไม่ใช่สี มาช่วยปรับปรุงผลลัพธ์จากการแบ่งภาพด้วยสี ผู้วิจัยจึงสนใจนำวิธีการตรวจจับภาพที่คำนึงถึงรูปร่าง

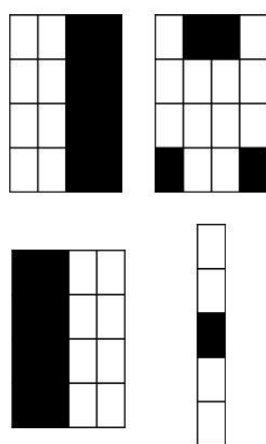
ลวดลาย และพื้นผิว ของวัตถุ มาใช้งาน จึงเกิดการทดลองตอนที่ 2 ขึ้นมา เพื่อหาฟิลเตอร์ ส่วนประกอบฟิลเตอร์โครงสร้างให้เหมาะสมกับการตรวจจับภาพซากไก่ และใช้ วิธีการขีดแบ่งของ โอตสึ (Otsu thresholding) แบ่งภาพ

ผู้วิจัยเคยทดลองใช้ชุดฟิลเตอร์โครงสร้าง และใช้วิธีการขีดแบ่งของโอตสึ แบ่งภาพซากไก่ใน ขั้นตอนก่อน การใช้การแบ่งภาพด้วยสีมาแล้ว แต่ผลการทดลองไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจาก ภาพ ก่อนถูกแบ่งภาพด้วยสีนั้น มีรายละเอียดของวัตถุในภาพที่ค่อนข้างเยอะ และหลากหลาย ซึ่งมา กระทบการทำงานของฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้าง จึงเป็นผลทำให้การแบ่งส่วนภาพด้วยการ คำนึงถึง รูปร่าง ลวดลาย และพื้นผิว ให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ แต่หากภาพผ่านกระบวนการแบ่งส่วน ด้วยสีมาแล้ว รายละเอียดของวัตถุในภาพ จะลดน้อยลง คงเหลือแต่วัตถุหลัก คือ ภาพซากไก่ แต่ อาจมีวัตถุอื่นติดมาด้วยเพียงเล็กน้อย จึงทำให้ผู้วิจัยคิดว่า การใช้ฟิลเตอร์โครงสร้างเพื่อตรวจจับ ภาพวัตถุที่มีรูปร่างตามแบบซากไก่ที่ถูกแขวนอยู่บนสายพาน จะให้ผลดีในการตรวจจับหากผ่าน กระบวนการแยกภาพด้วยสีมาแล้ว ซึ่งวิธีการในการทดลองตอนที่ 2 นี้ จะกำจัดภาพวัตถุที่มีรูปร่าง แบบอื่นออกไป คงเหลือแต่ภาพวัตถุที่มีรูปร่างแบบซากไก่

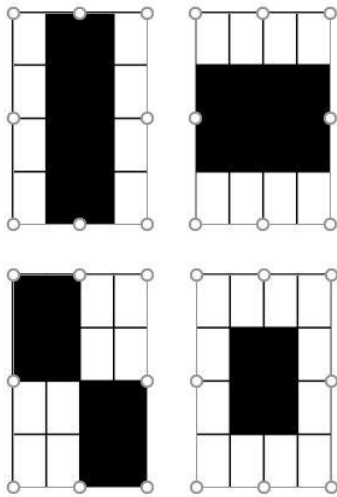
โดยการทดลองตอนที่ 2 มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

1. สร้างชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างที่มีรูปร่างเหมาะสมกับการตรวจจับภาพซากไก่ที่ถูก แขวนอยู่กับสายพานในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ โดยมี จำนวนฟิลเตอร์ 30 ชุด
2. ทดสอบฟิลเตอร์โครงสร้างที่สร้างขึ้น กับภาพผลลัพธ์ที่ได้จาก การทดลองตอนที่ 1 โดย การนำ ฟิลเตอร์ไปคอนโวลูชันกับภาพ บนโดเมนเชิงพื้นที่ (spatial domain) แล้วจึงทำการแบ่งภาพ ด้วย วิธีการขีดแบ่งของโอตสึ
3. วัดผลโดยการเปรียบเทียบกับภาพตำแหน่งไก่อ้างอิง ที่สร้างขึ้นมาใน การทดลองตอนที่ 1 และ เลือกชุดฟิลเตอร์โครงสร้างที่ให้ผลดีที่สุด
4. เปรียบเทียบผลการแบ่งภาพซากไก่ จากชุดฟิลเตอร์ที่ถูกเลือก กับ ชุดฟิลเตอร์ที่ใช้กันอยู่ ทั่วไปเพื่อ ตรวจสอบใบหน้า และ เปรียบเทียบกับชุดฟิลเตอร์ที่ใช้งานเพื่อตรวจจับวัตถุ ที่มีลวดลาย ทั่วไป ซึ่งเป็นชุดฟิลเตอร์ที่ ครอบคลุมลวดลายหลายทิศทาง

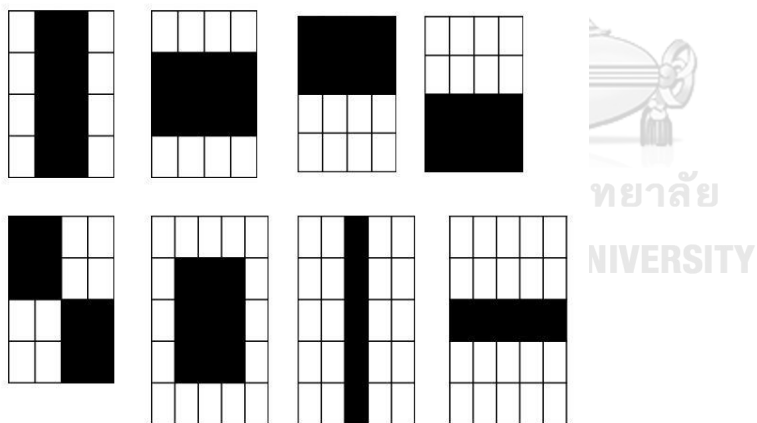
การสร้างชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้าง เพื่อใช้ตรวจจับวัตถุ จะคำนึงถึงรูปร่าง และ ลักษณะลวดลายของวัตถุเป็นหลัก โดยชุดฟิลเตอร์ที่เหมาะสม จะมีรูปร่างแตกต่างกันไปแล้วแต่การใช้งาน ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 2.1.6 ซึ่ง งานวิจัยนี้ได้สร้างชุดฟิลเตอร์ขึ้นมา 30 ชุด ที่อิงจากลักษณะของซากไก่ที่ถูกแขวนอยู่บนสายพานสำหรับการผลิตเนื้อไก่ โดยรูปร่างของชุดฟิลเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้น ตัวอย่างบางส่วนได้แสดงใน ภาคผนวก ก. และฟิลเตอร์เหล่านั้นถูกนำมาทดลองแบ่งส่วนภาพซากไก่ที่เป็นผลลัพธ์จาก การทดลองตอนที่ 1 แล้วประเมินผลด้วยวิธีการเปรียบเทียบกับภาพอ้างอิง แล้วประเมินด้วยตัววัดผลแบบโบนาวิ ตามแบบการทดลองในตอนต้นที่ 1 ซึ่งสุดท้าย จะเลือกชุดฟิลเตอร์ที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเพียงชุดเดียว ชุดฟิลเตอร์ที่ถูกเลือก ได้แสดงตามภาพที่ 12 จากนั้นจึงนำผลจากฟิลเตอร์ชุดที่ถูกเลือก ไปเปรียบเทียบผล กับฟิลเตอร์ อีก 2 ชุด ที่เป็นกลุ่มฟิลเตอร์ที่ใช้งานอยู่ทั่วไป เพื่อตรวจจับใบหน้า และวัตถุ โดยมีรูปร่างของฟิลเตอร์ แสดงดังภาพที่ 13 และ ภาพที่ 14



ภาพที่ 12 รูปร่างของฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้าง ที่นำเสนอ เพื่อใช้ตรวจจับภาพซากไก่



ภาพที่ 13 รูปร่างของฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างชุดที่ 1



ภาพที่ 14 รูปร่างของฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างชุดที่ 2

3.1.3. การทดลองตอนที่ 3 การปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยสัญญาณวิทยาทางภาพ

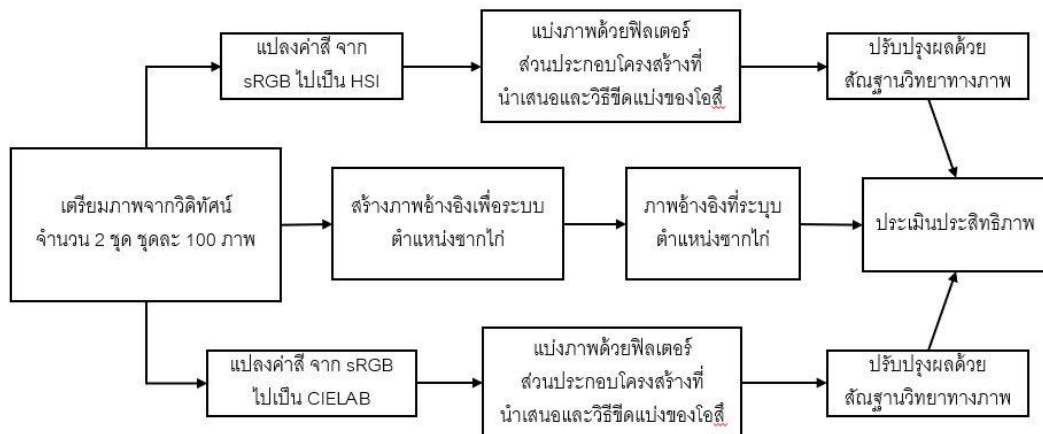
การทดลองตอนที่ 3 มีสมมุติฐาน คือ สามารถปรับปรุงผลลัพธ์ ของการแบ่งภาพซากไก่ จากการทดลองตอนที่ 2 ได้โดยการกำจัดวัตถุอื่นที่มีขนาดเล็กกว่า ซากไก่ออก ด้วยตัวดำเนินการทางสัญญาณวิทยาทางภาพ โดยการสร้างฟิลเตอร์ที่มีขนาด ครึ่งหนึ่งของภาพซากไก่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ใช้ฟิลเตอร์สี่เหลี่ยม ขนาด 60 x 180 จุดภาพ ตัวเลขนี้คำนวณจากขอบเขตของภาพซากไก่ 1 ตัว ซึ่ง ขอบเขตของภาพซากไก่ 1 มีค่าอยู่ที่ประมาณ 135 x 355 จุดภาพ แล้วนำฟิลเตอร์นี้ไปดำเนินการ อีโรชัน บนภาพผลลัพธ์จากการทดลองตอนที่ 2 ซึ่ง ภาพวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า ฟิลเตอร์นี้ จะถูกกำจัดออกไป แต่ถ้าวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า หรือมีขนาดเท่ากับฟิลเตอร์นี้ จะหดเล็กลงตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.1.7.1 จากนั้น จึงทำการขยายวัตถุที่ถูกหดเล็กลงนี้กลับคืนมา ด้วยการใช้ตัวดำเนินการ ไดเลชัน แต่เปลี่ยนขนาดฟิลเตอร์ ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าขนาดของฟิลเตอร์ในตอนที่ทำ อีโรชัน 10 จุดภาพ ซึ่งในการทดลองนี้ จะใช้ฟิลเตอร์สี่เหลี่ยมขนาด 70 x 190 จุดภาพ เพื่อเพิ่มขนาดของซากไก่ให้ใหญ่ขึ้นเล็กน้อย เนื่องจาก การทำงานจนมาถึงขั้นตอนนี้ ภาพซากไก่ได้ถูกกำจัดไปแล้วบางส่วน จึงมีการขยายที่ใหญ่กว่าเดิมเล็กน้อย เพื่อไปชดเชยส่วนที่เสียไป และเนื่องจากก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยได้เคยทดลองหลายวิธีการมาแล้ว โดยเปลี่ยนแปลง ลำดับ และวิธีการของตัวดำเนินการ และขนาดของฟิลเตอร์ ซึ่งผลลัพธ์ที่น่าสนใจที่สุด คือ วิธีการที่ได้กล่าวไปข้างต้น

3.1.4. การทดลองตอนที่ 4 การทดสอบกระบวนการแยกภาพไก่กับชุดข้อมูลทดสอบ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดลองตอนที่ 4 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการแยกภาพซากไก่ ที่นำเสนอ โดยจุดประสงค์ของการทดลองตอนที่ 4 คือ เพื่อทดสอบความสามารถของกระบวนการแยกภาพซากไก่ที่นำเสนอ กับชุดข้อมูลใหม่ แต่ยังคงอยู่ในโรงงานเดิม ดังนั้น การทดลองตอนนี้ จึงทดสอบกระบวนการกับข้อมูลภาพชุดใหม่ จำนวน 2 ชุด ที่มีจำนวนภาพ 100 ภาพต่อชุด ซึ่งเป็นภาพที่นำมาจากวิดีโอที่ถ่ายในโรงงานเดียวกันกับภาพในการทดลองตอนที่ 1 โดยมีวิธีการเตรียมภาพเหมือนกับการทดลองตอนที่ 1 คือ ภาพที่ใช้สำหรับทดสอบ และ ภาพอ้างอิงตำแหน่งของไก่ของแต่ละภาพซึ่งเป็นภาพที่ระบุตำแหน่งไก่ด้วยมือ จากนั้นนำภาพที่ใช้สำหรับทดสอบ ไปเข้ากระบวนการแยกภาพซากไก่ โดยมีวิธีการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. เตรียมภาพจากวิดีโอจำนวน 100 ภาพต่อชุด เพื่อเป็นภาพสำหรับนำไปใช้ทดลอง
2. เตรียมภาพอ้างอิงตำแหน่งไก่ของภาพสำหรับใช้ทดลองแต่ละภาพ โดยวิธีการการระบุตำแหน่งซากไก่ในภาพ ด้วยการทำมือ ซึ่งจะได้ภาพอ้างอิงแบบภาพไบนารี ออกมา
3. แปลงค่าสีของภาพสำหรับใช้ทดสอบ จาก sRGB ไปเป็น ค่าสี HSI และ ค่าสี CIELAB
4. แบ่งส่วนภาพด้วยสี โดยใช้ค่าสีสัน ค่าเดียวกับการทดลองตอนที่ 1
5. นำผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ไปแบ่งส่วนภาพด้วย ฟิวเตอร์โครงสร้างที่นำเสนอและวิธีขีดแบ่งของโอลส์
6. นำผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงภาพ ด้วยสัญญาณวิทยาทางภาพ วิธีตามที่นำเสนอไปแล้วใน การทดลองตอนที่ 3
7. วัดผลประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการตามหัวข้อ 2.1.8



ภาพที่ 15 วิธีการทดลองตอนที่ 4

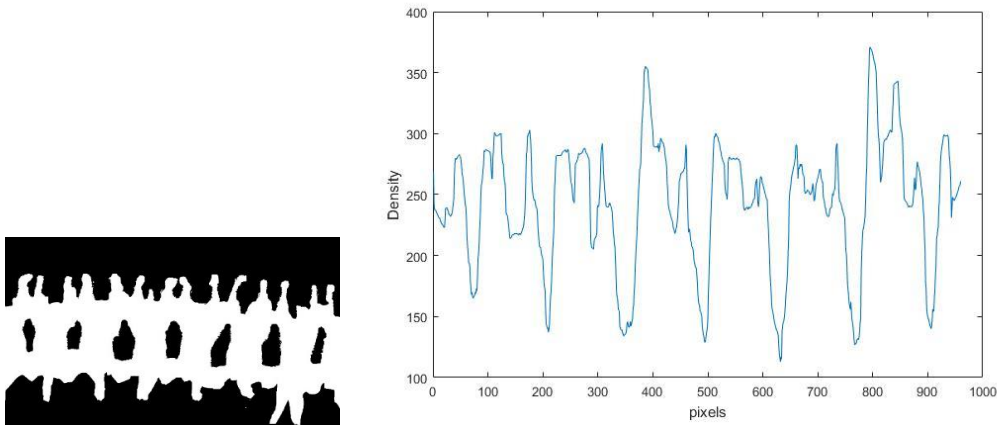
3.2. การหาวิธีการนำเสนอและอธิบายความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่อ

หัวข้อนี้เป็นการนำเสนอวิธีการพิจารณาความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่อ จากภาพซากไก่อ ที่เป็นผลลัพธ์จากกระบวนการแยกภาพซากไก่อจากหัวข้อ 3.1 ซึ่งงานวิจัยนี้ นำเสนอ 4 วิธีการ ซึ่งมีพื้นฐานมาจาก วิธีการที่เรียกว่า ลายเซ็นของภาพ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว ในหัวข้อ 2.1.9

1. การสร้างลายเซ็นของภาพซากไก่อทั้งตัว
2. การแบ่งภาพซากไก่อให้อยู่ในรูปแบบ พิกัด 4 ส่วน แล้วจึงหาลายเซ็นในแต่ละส่วน
3. การแบ่งภาพซากไก่อ เป็นส่วนบน และล่าง แล้วหาลายเซ็นในแต่ละส่วน รวมถึงมีการสร้างเส้นแบ่งเขตการยอมรับ
4. การตัดแบ่ง ภาพซากไก่อเป็นส่วน บน และ ล่าง แล้วหาลายเซ็นในแต่ละส่วน รวมถึง สร้างช่วงขอบเขตการยอมรับเพื่อใช้พิจารณาซากไก่อ

3.2.1 อธิบายรายละเอียดของวิธี

วิธีการแรก คือ ลายเซ็นของภาพซากไก่อทั้งตัว เป็นวิธีการที่นำภาพใบนารีของซากไก่อมาหาผลรวมในแนวตั้ง เพื่อให้ภาพซากไก่อเดิมเป็นข้อมูลชนิด 2 มิติ ลดเหลือ 1 มิติ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการพิจารณา แล้วเขียนกราฟค่าข้อมูลเหล่านั้น โดยแกนแนวตั้ง คือ ค่าระยะทาง มีหน่วยเป็นจุดภาพ ส่วนแกนแนวนอน คือ ค่าผลรวมของจุดภาพ มีตัวอย่างดังต่อไปนี้



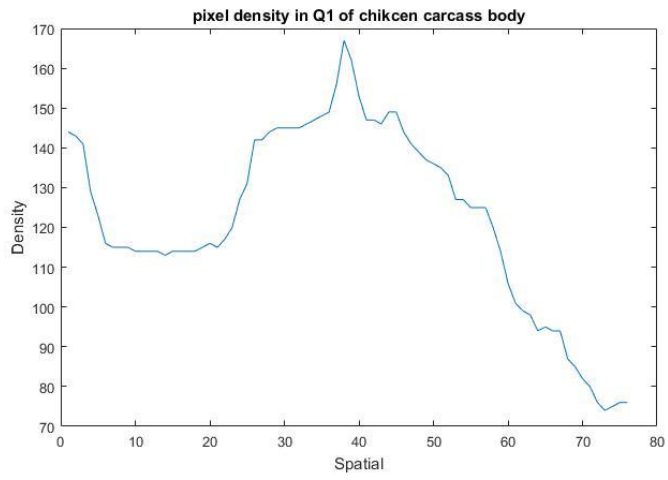
ภาพที่ 16 ตัวอย่างการนำเสนอความสม่ำเสมอของซากไก่แบบเต็มตัวด้วยวิธีลายเส้นของภาพ

วิธีการแรกนี้ มีข้อดีคือ สามารถเห็นภาพรวมของไก่ได้ แต่มีข้อเสีย คือ มีความไวต่อสิ่งรบกวนในภาพ หากมีวัตถุอื่นในภาพนอกเหนือจาก ภาพไก่ วิธีการนี้จะให้ข้อมูลที่ผิดพลาดทันที และทำให้การวิเคราะห์ผลความสม่ำเสมอของขนาดไก่ผิดพลาด

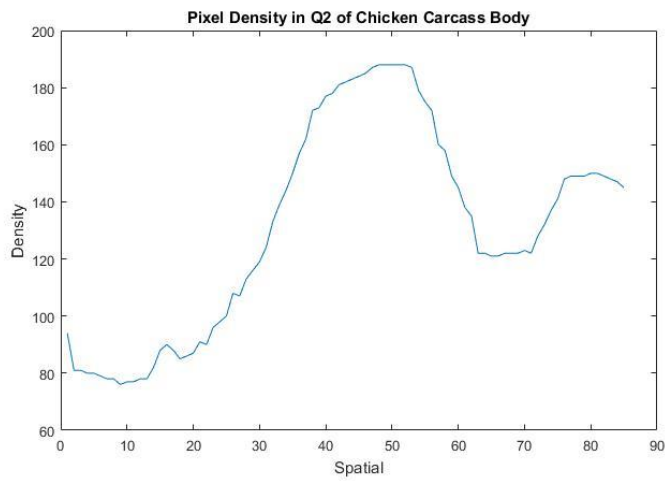
วิธีการที่สอง คือ การแบ่งภาพซากไก่ให้อยู่ในรูปแบบ พิกัด 4 ส่วน เป็นวิธีการที่ นำภาพซากไก่มาตัดแยกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ส่วนบน-ขวา ส่วน-ซ้าย ล่าง-ซ้าย และล่าง-ขวา ตามลักษณะ พิกัดของกราฟ แล้วหาลายเส้นของภาพในแต่ละส่วน โดยแกนแนวนอน คือ ค่าระยะทาง ส่วนแกนแนวตั้ง คือ ค่าผลรวมของจุดภาพ มีตัวอย่างดังต่อไปนี้



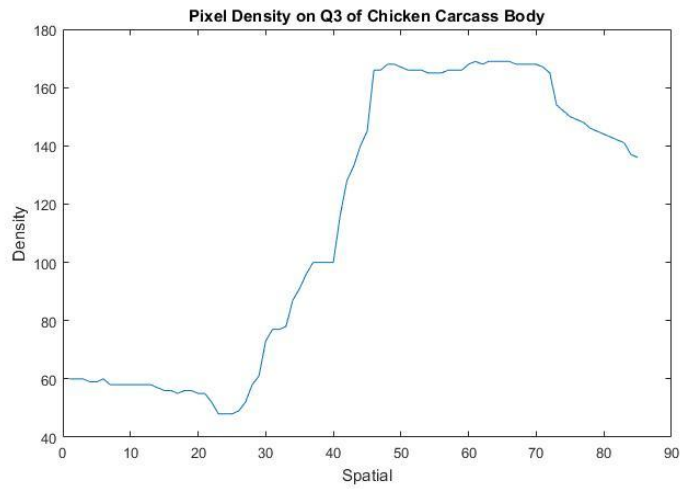
ภาพที่ 17 แบ่งภาพให้เหลือซากไก่เพียงตัวเดียว



ภาพที่ 18 ส่วน บน-ซ้าย ของซากไก่ และกราฟลายเส้นของภาพ



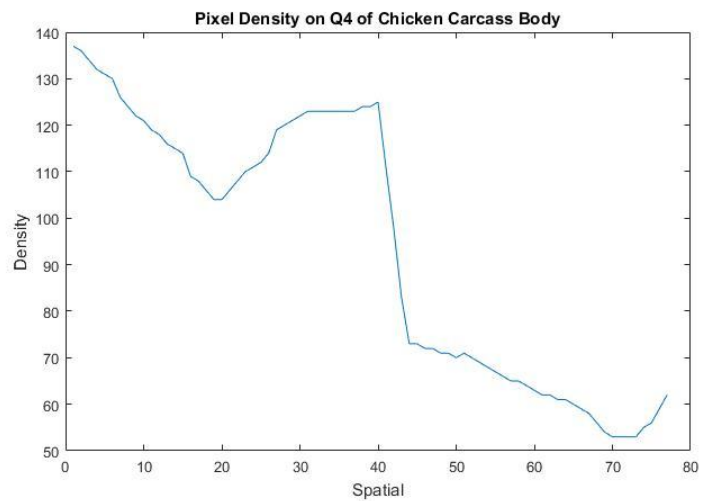
ภาพที่ 19 ส่วน บน-ขวา ของซากไก่ และกราฟลายเส้นของภาพ



ภาพที่ 20 ส่วน ล่าง-ขวา ของซากไก่ และกราฟลายเส้นของภาพ



CI



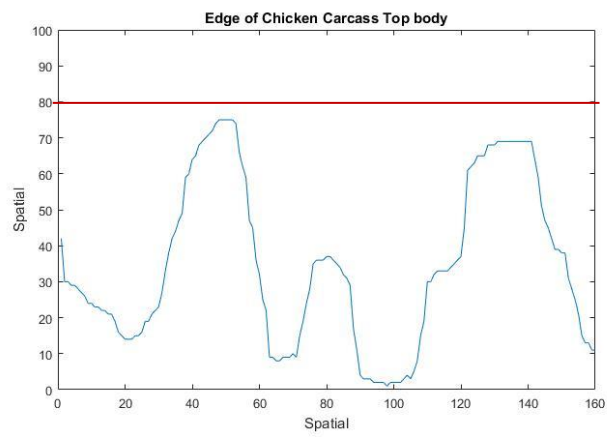
ภาพที่ 21 ส่วน ล่าง-ซ้าย ของซากไก่ และกราฟลายเส้นของภาพ

วิธีการที่สองนี้ มีข้อดี คือ สามารถกำจัดสิ่งรบกวนภาพออกได้เกือบหมด แต่เป็นวิธีการที่ยุ่งยาก และไม่สามารถพิจารณาภาพรวมของซากไก่ได้ รวมถึงยากต่อการเข้าใจ

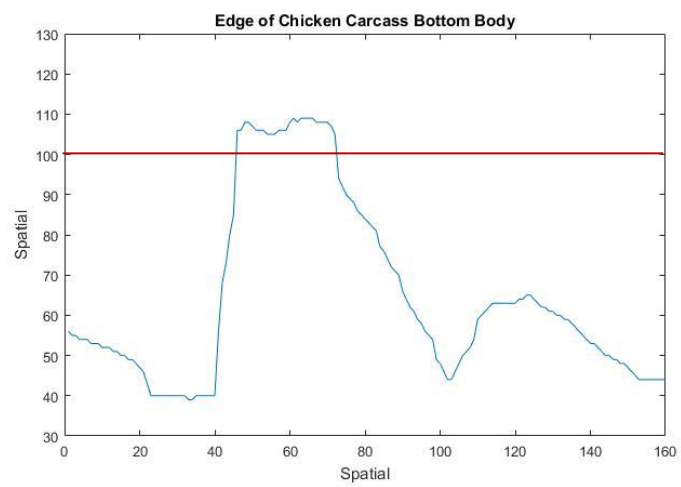
วิธีการที่สาม คือ การสร้างและกำหนดขอบเขตการยอมรับขนาดไก่ ในด้านบนและด้านล่าง เนื่องจากหลังจากได้สัมภาษณ์ เจ้าหน้าที่ของโรงงานผลิตเนื้อไก่ ได้ให้ข้อคิดเห็นว่า สิ่งที่ต้องการพิจารณา คือ ความสม่ำเสมอของไก่ในแนวความยาวของไก่ แต่ในแนวความกว้าง ทางโรงงานยังไม่ค่อยให้ความสำคัญ ดังนั้น วิธีการที่สาม จึงเกิดขึ้น ซึ่งเป็นการตัดแบ่งส่วนภาพ เฉพาะส่วนบน และส่วนล่าง แล้วนำมาเขียนกราฟ โดยข้อมูลที่ใช้เป็นเพียงระยะ ขอบของภาพ ซากไก่ ไม่ใช่ผลรวมของจุดภาพ แล้วทำการกำหนดเส้นขอบเขต หากกราฟเกินกว่าขอบเขต จะถือว่าไก่อตัวนั้นมีขนาดเกินกว่าขอบเขตการยอมรับ โดยแกนแนวนอน คือ ระยะทาง ส่วนแกนแนวตั้ง คือ ค่าระยะทางของขอบภาพซากไก่ มีตัวอย่างดังต่อไปนี้



ภาพที่ 22 ตัวอย่างการตัดแบ่ง ส่วนบนและส่วนล่าง ของซากไก่



ภาพที่ 23 ส่วนบนของซากไก่ และกราฟขอบภาพซากไก่ของซากไก่ส่วนบน



ภาพที่ 24 ส่วนล่างของซากไก่ และกราฟขอบภาพซากไก่ของซากไก่ส่วนล่าง

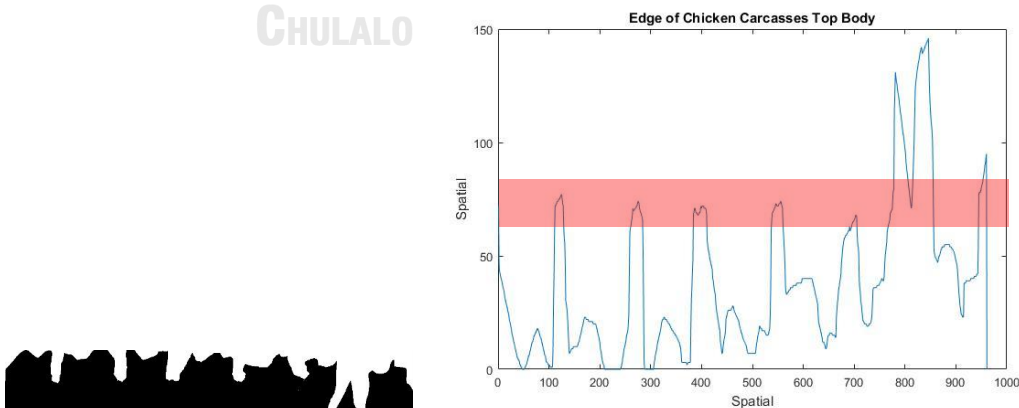
วิธีการที่สาม เป็นวิธีการที่ไม่ไวต่อสิ่งรบกวน และเข้าใจง่ายกว่าวิธีการที่สอง แต่วิธีการนี้ยังไม่ครอบคลุมภาพรวม และขอบเขตการยอมรับ ยังเป็นแค่เส้นขอบเขต ซึ่งควรเป็นช่วงการยอมรับ

วิธีการที่สี่ คือ การสร้างแถบการยอมรับขนาดโกนในด้านบนและด้านล่าง วิธีการนี้พัฒนามาจาก วิธีการที่ 1 ถึง วิธีการที่ 3 โดยการแก้ไขข้อบกพร่อง และนำข้อดีของแต่ละวิธีการมาใช้ร่วมกัน โดยการใช้ วิธีการเขียนกราฟแบบวิธีการที่หนึ่ง แล้วใช้การตัดแบ่งส่วนเฉพาะ บน และล่าง ตามวิธีการที่ 3 แล้วกำหนดขอบเขตการยอมรับให้เป็นช่วงข้อมูล มีตัวอย่างดังต่อไปนี้

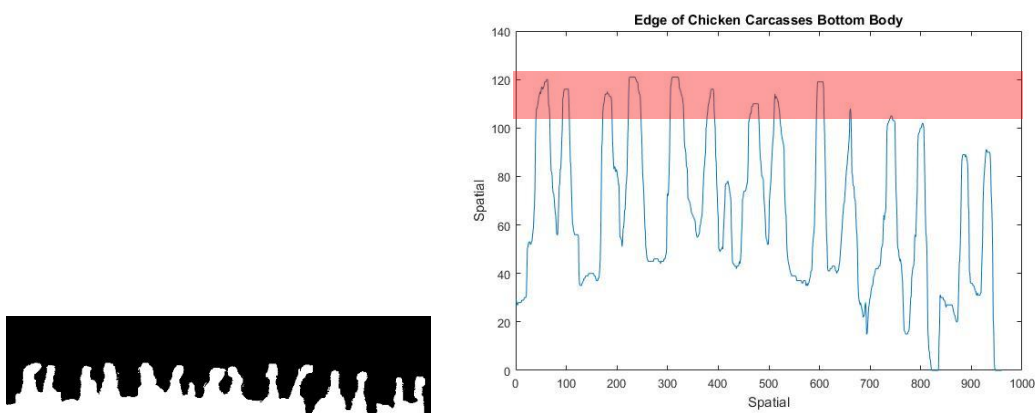


ภาพที่ 25 ตัวอย่างที่นำมาเขียนกราฟตามวิธีที่สี่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 26 ตัวอย่างการเขียนกราฟส่วนล่าง ด้วยวิธีการที่สี่



ภาพที่ 27 ตัวอย่างการเขียนกราฟส่วนบน ด้วยวิธีการที่สี่

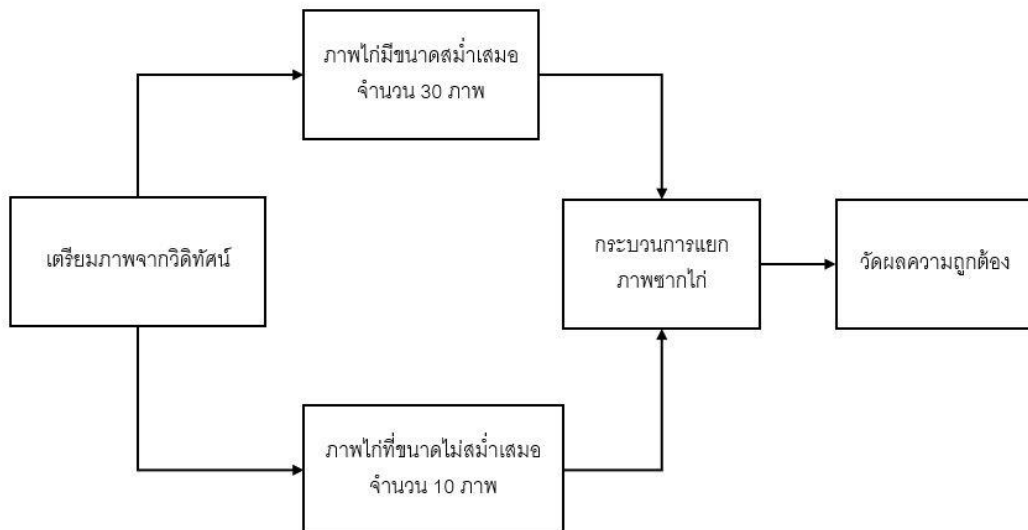
จากที่กล่าวมา งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการนำเสนอและพิจารณาความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่ ด้วยวิธีการที่ 4 โดยมีการทดลองดังต่อไปนี้

3.2.2 การทดลองตอนที่ 5 การทดสอบวิธีการนำเสนอความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่

การทดลองตอนที่ 5 การทดลอง ทดสอบวิธีการนำเสนอความสม่ำเสมอของซากไก่ จากภาพซากไก่ที่ถูกแบ่งส่วนมาจาก กระบวนการแยกภาพซากไก่ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยการทดลองตอนที่ 5 นี้ จะเปรียบเทียบ 2 วิธีการ ได้แก่ วิธีการ ที่ 1 และ วิธีการที่ 4 ส่วนวิธีการที่ 2 และ 3 จากการทดลองใช้วิเคราะห์ความสม่ำเสมอของภาพดูแล้วยากต่อการเข้าใจ จึงขอตัดสองวิธีนั้น ออกจากการทดลองตอนที่ 5 นี้

1. เตรียมภาพไก่ที่มีความสม่ำเสมอจากเฟรมของวิดีโอ
2. เตรียมภาพไก่ที่ไม่มีความสม่ำเสมอจากเฟรมของวิดีโอ
3. นำภาพมาแยกภาพซากไก่ด้วยวิธีการแยกภาพซากไก่ที่นำเสนอ

4. นำภาพที่ที่ตัดแบ่งส่วนภาพเรียบร้อยแล้วมานำเสนอความสม่ำเสมอด้วยวิธีการที่



ภาพที่ 28 แผนภูมิแสดงวิธีการทดลองตอนที่ 5



บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองในงานวิจัยนี้ มีการเตรียมภาพตัวอย่างที่เป็นภาพนิ่ง ซึ่งนำมาจากเฟรมของภาพวิดีโอ แสดงตามภาพที่ 29 แล้วนำภาพที่ได้ ไปทำเป็นภาพอ้างอิงเพื่อระบุตำแหน่งของซากไก่ ด้วยวิธีการทำมือ แสดงตามภาพที่ 30



ภาพที่ 29 ตัวอย่างภาพที่ได้จากเฟรมของวิดีโอ

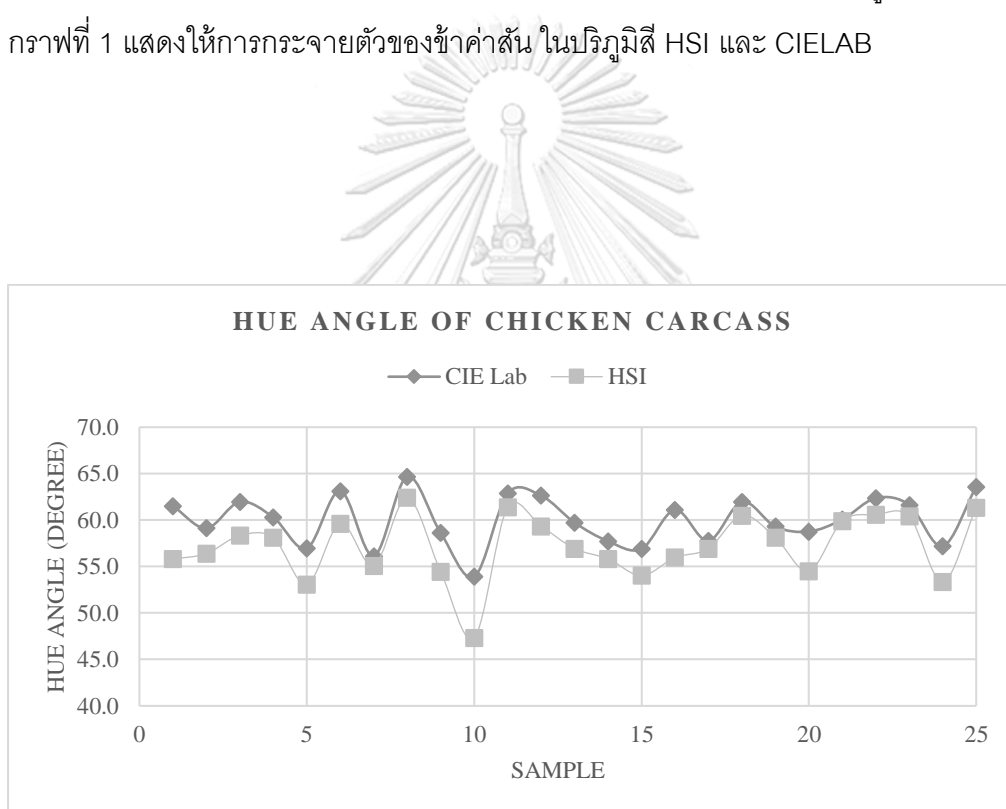


ภาพที่ 30 ตัวอย่างภาพอ้างอิงที่ระบุตำแหน่งซากไก่

4.1 การทดลองตอนที่ 1 การหาปริภูมิสีที่เหมาะสมกับการแยกภาพซากไก่

การทดลองตอนที่ 1 เป็นการทดลองแยกภาพซากไก่ ด้วยสี ดังนั้น ขั้นตอนแรกของการ แบ่งภาพซากไก่ด้วยสี จำเป็นต้องทราบถึง สีสัน ของวัตถุที่สนใจ ซึ่งในที่นี้ คือ ภาพซากไก่

ผลการทดลองของการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงค่าสีของภาพซากไก่ จากชุดข้อมูลที่นำมาใช้ และเป็นการทดสอบประสิทธิภาพระหว่างการแยกภาพซากไก่ในปริภูมิสี HSI กับ CIELAB กราฟที่ 1 แสดงให้การกระจายตัวของค่าสีสัน ในปริภูมิสี HSI และ CIELAB



กราฟที่ 1 กราฟค่าสีสันในปริภูมิสี HSI และ CIELAB ของภาพตัวอย่าง 25 ภาพ

ตารางที่ 1 ค่าสีส้มเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพซากไก่ตัวอย่างในปริภูมิสี HSI และ CIELAB

| | ค่าสีส้มเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|------------------|----------------|----------------------|
| ปริภูมิสี HSI | 57.2 | 3.41 |
| ปริภูมิสี CIELAB | 60 | 2.68 |

จากกราฟที่ 1 จะเห็นว่า ค่าสีส้มในปริภูมิสี HSI และ CIELAB มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าสีส้มเฉลี่ย ของภาพซากไก่ตัวอย่างในปริภูมิสี HSI และ CIELAB คือ 57.2 และ 60.0 องศาตามลำดับ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของภาพซากไก่ตัวอย่างในปริภูมิสี HSI และ CIELAB คือ 3.41 และ 2.68 ตามลำดับ

หากนำค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาใช้พิจารณาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จะเห็นว่า ขนาดของตัวอย่าง จำนวน 25 ภาพ มีความเพียงพอต่อการเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่าง กล่าวคือ หากคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 ตัวอย่าง ที่ความเชื่อมั่น 90 % โดยกลุ่มตัวอย่างมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.41 และ 2.68 ข้อมูลจะมีค่าความคลาดเคลื่อน ที่ 1.12 และ 0.88 องศา เมื่อคิดเป็นร้อยละ จะได้ 0.31 และ 0.25 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งคำนวณได้ ตามสมการที่ 4.1

$$error = Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.1)$$

โดย

error คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

Z คือ ค่าความเชื่อมั่น

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือ จำนวนตัวอย่าง

ตารางที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพของการแยกภาพไทในปริภูมิสี HSI และ CIELAB

| Evaluation Merits | | | | | |
|-------------------|------------------------|--------|-----------|----------|------------|
| Color - space | Processing time (sec.) | Recall | Precision | F1-score | Similarity |
| HSI | 0.0436 | 0.5387 | 0.6485 | 0.5873 | 0.4174 |
| CIELAB | 0.1138 | 0.5814 | 0.6704 | 0.6206 | 0.4522 |

เมื่อพิจารณา ค่าความคล้าย (similarity) ในตารางแสดงผลที่ 2 จะเห็นว่า การแยกภาพซากไทด้วย ปริภูมิสี CIELAB ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า การแยกสีในปริภูมิสี HSI เพราะ ค่าความคล้ายมีค่าที่สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ภาพที่ถูกแยกออกมาจากการใช้งานใน ปริภูมิสี CIELAB มีความคล้ายกับภาพตำแหน่งไทอ้างอิง มากกว่าภาพที่ถูกแยกจากการใช้งานใน ปริภูมิสี HSI และเมื่อมาพิจารณาที่ ค่า F1-Score ก็เป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ การแยกภาพซากไทในปริภูมิสี CIELAB ให้ผลที่ดีกว่า การแยกในปริภูมิสี HSI แต่หากมาพิจารณาที่เวลการการประมวลผล จะเห็นว่า เวลาที่มีความแตกต่างกัน 0.0702 วินาที คิดเป็นร้อยละ 61 แต่ค่าความคล้ายมีความแตกต่างกัน 0.0348 ซึ่งคิดเป็น ร้อยละ 7.7 ซึ่งเมื่อดูที่ร้อยละความแตกต่างแล้ว จะเห็นว่า ความแตกต่างของเวลาการประมวลผลมีค่าค่อนข้างสูง

4.2 การทดลองตอนที่ 2 การหาชุดฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างที่เหมาะสมกับการแบ่งภาพซากไก่

การทดลองตอนที่ 2 เป็นการทดลองหาชุดฟิลเตอร์โครงสร้างส่วนประกอบที่เหมาะสมกับการใช้เพื่อแยกภาพซากไก่ และนำมาเปรียบเทียบกับฟิลเตอร์ส่วนประกอบที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไป เพื่อตรวจจับใบหน้า และวัตถุชนิดอื่น

ตารางที่ 3 ผลเมื่อนำฟิลเตอร์ส่วนประกอบโครงสร้างมาแยกภาพซากไก่

| Method | Evaluation Merits | | | | |
|---------------------------|------------------------|--------|-----------|----------|------------|
| | Processing time (sec.) | Recall | Precision | F1-score | Similarity |
| HSI + ชุดที่ 1 | 0.0683 | 0.6623 | 0.7505 | 0.7025 | 0.5434 |
| HSI + ชุดที่ 2 | 0.0726 | 0.6714 | 0.7776 | 0.7197 | 0.5639 |
| HSI + ชุดที่นำเสนอบริภูมิ | 0.0705 | 0.7031 | 0.8988 | 0.7884 | 0.6517 |
| Lab + ชุดที่ 1 | 0.1475 | 0.6654 | 0.7602 | 0.7088 | 0.5508 |
| Lab + ชุดที่ 2 | 0.1583 | 0.6726 | 0.7813 | 0.7219 | 0.5664 |
| Lab + ชุดที่นำเสนอบริภูมิ | 0.1542 | 0.7059 | 0.9109 | 0.7948 | 0.6604 |

เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ค่าความคล้าย ในตารางที่ 3 ทุกกระบวนการการมีค่าสูงขึ้นกว่า ค่าความคล้ายในตารางแสดงผลที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ชุดฟิลเตอร์ที่นำเสนอบริภูมิช่วยปรับปรุงความสามารถในการแยกภาพของกระบวนการ และเมื่อมาพิจารณาที่แต่ละปริภูมิ จะเห็นว่า ฟิลเตอร์ชุดที่นำเสนอบริภูมิให้ผลดีกว่าฟิลเตอร์ อีกสองชุด

4.3 การทดลองตอนที่ 3 การปรับปรุงผลลัพธ์ด้วยสัญญาณวิทยาทางภาพ

การทดลองตอนที่ 3 เป็นการนำผลลัพธ์จากการทดลองตอนที่ 2 มาทดลองปรับปรุงภาพด้วยวิธีสัญญาณวิทยาทางภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิม

ตารางที่ 4 ผลเมื่อนำสัญญาณวิทยาทางภาพมาแยกภาพซากไก่

| | Method | Evaluation Merits | | | | |
|---|---|------------------------|--------|-----------|----------|------------|
| | | Processing time (sec.) | Recall | Precision | F1-score | Similarity |
| 1 | HSI + ฟิลเตอร์ที่นำเสนอ | 0.0705 | 0.7031 | 0.8988 | 0.7884 | 0.6517 |
| 2 | HSI + ฟิลเตอร์ที่นำเสนอ + morphological | 0.0813 | 0.7528 | 0.9336 | 0.8321 | 0.7143 |
| 3 | Lab + ฟิลเตอร์ที่นำเสนอ | 0.1542 | 0.7059 | 0.9109 | 0.7948 | 0.6604 |
| 4 | Lab + ฟิลเตอร์ที่นำเสนอ + morphological | 0.1637 | 0.7551 | 0.9455 | 0.8383 | 0.7234 |

เมื่อพิจารณาค่าความคล้ายจากตารางที่ 4 จะเห็นว่าวิธีทางสัญญาณวิทยา สามารถช่วยปรับปรุงผลการแยกภาพซากไก่ได้ โดยที่กระบวนการลำดับที่ 1 เป็นกระบวนการที่ยังไม่ได้ใช้สัญญาณวิทยา จะมีค่าความคล้าย 0.6517 และเมื่อนำวิธีทางสัญญาณวิทยามาปรับปรุงตามกระบวนการลำดับที่ 2 ซึ่งมีค่าความคล้ายสูงขึ้นไปเป็น 0.7143 ในทางเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบ

กระบวนการลำดับที่ 3 กับกระบวนการลำดับที่ 4 เมื่อใช้วิธีทางสัญญาณวิทยาเข้ามาช่วย ค่าความคล้ายเพิ่มสูงขึ้น แต่เวลาการประมวลผลก็สูงขึ้นตามไปด้วย

4.4 การทดลองตอนที่ 4 การทดสอบกระบวนการแยกภาพไวก์กับชุดข้อมูลทดสอบ

การทดลองตอนที่ 4 นี้ เป็นการใช้กระบวนการแยกภาพซากลไกซึ่งได้ถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลชุดสำหรับใช้หากระบวนการ ไปทำการแยกภาพซากลไกกับชุดข้อมูลใหม่ อีก 2 ชุด เพื่อเป็นการทดสอบ ว่ากระบวนการนี้สามารถแยกซากลไกได้ หากมีการเปลี่ยนข้อมูลชุดใหม่

ตารางที่ 5 ผลเมื่อทดสอบกระบวนการกับชุดข้อมูลทดสอบ

| | | Evaluation Merits | | | | |
|-----------|--------------|------------------------|--------|-----------|----------|------------|
| Photo set | | Processing time (sec.) | Recall | Precision | F1-score | Similarity |
| HSI | Training set | 0.0813 | 0.7528 | 0.9336 | 0.8321 | 0.7143 |
| | Test set 1 | 0.0943 | 0.7542 | 0.9410 | 0.8360 | 0.7200 |
| | Test set 2 | 0.0734 | 0.7501 | 0.9197 | 0.8248 | 0.7035 |
| Lab | Training set | 0.1637 | 0.7551 | 0.9455 | 0.8383 | 0.7234 |
| | Test set 1 | 0.1742 | 0.7566 | 0.9531 | 0.8424 | 0.7294 |
| | Test set 2 | 0.1682 | 0.7525 | 0.9318 | 0.8314 | 0.7131 |

เมื่อพิจารณาตารางที่ 5 ซึ่งเป็นตารางแสดงผลประสิทธิภาพการแยกภาพซากไก่อกับชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยกระบวนการแยกภาพซากไก่อที่เกิดจากการผสมวิธีการที่นำเสนอทั้งหมดเข้าด้วยกัน ได้แก่ การแบ่งภาพด้วยสี การใช้ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้าง และสัจฐานวิทยา โดยตารางแสดงผลนี้ ยังมีการแจกแจงผลของการเลือกใช้ปริภูมิสี HSI และ CIELAB และเมื่อพิจารณาค่าความคล้าย ของชุดข้อมูลทดสอบเปรียบเทียบกับ ชุดข้อมูลที่ใช้สร้างกระบวนการ จะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระบวนการแยกภาพซากไก่อที่นำเสนอ สามารถใช้งานได้กับชุดข้อมูลอื่น ที่ไม่ใช่ชุดข้อมูลสำหรับการสร้างกระบวนการ

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ตารางที่ 5

| | HSI process | | Lab Process | |
|------------|-------------|--------|-------------|--------|
| | Mean | SD | Mean | SD |
| Time | 0.0830 | 0.0106 | 0.1687 | 0.0053 |
| Recall | 0.7524 | 0.0021 | 0.7547 | 0.0021 |
| Precision | 0.9315 | 0.0108 | 0.9435 | 0.0108 |
| F1 | 0.8310 | 0.0057 | 0.8374 | 0.0056 |
| Similarity | 0.7126 | 0.0084 | 0.7219 | 0.0083 |

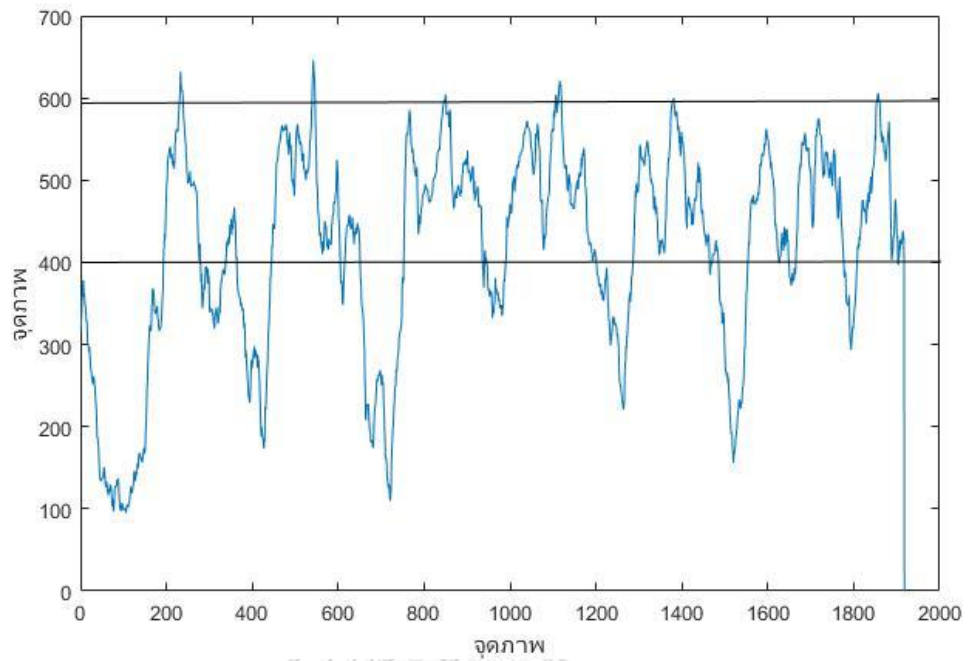
เมื่อพิจารณาตารางที่ 6 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลใน ตารางที่ 5 จะเห็นว่า ค่าความคล้าย ของกระบวนการแยกภาพซากไก่อในปริภูมิสี HSI และ CIELAB มีค่าเฉลี่ย 0.7126 และ 0.7219 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างเท่ากับ 0.0093 คิดเป็นร้อยละ 1.27 แต่เวลาการประมวลผลเฉลี่ย ของกระบวนการแยกภาพซากไก่อในปริภูมิสี HSI และ CIELAB มีค่า 0.0830 และ 0.1687 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเวลาการประมวลผลมีความแตกต่าง เท่ากับ 0.0857 วินาที คิดเป็นร้อยละ 50.8

4.5 การทดลองตอนที่ 5 การทดสอบวิธีการนำเสนอความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่

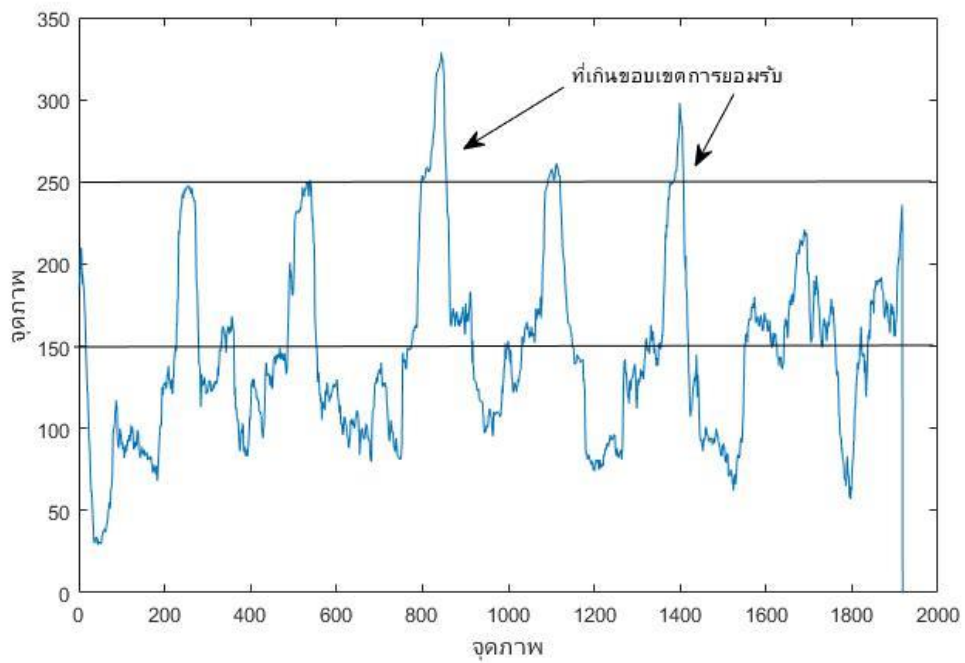
การทดลองตอนที่ 5 เป็นการนำภาพซากไก่ที่มีความสม่ำเสมอ และไม่สม่ำเสมอมาทำการนำเสนอด้วยวิธีการที่ 1 ซึ่งเป็นลายเซ็นของภาพซากไก่แบบเต็มตัว และ วิธีการที่ 4 ซึ่งเป็นลายเซ็นของภาพซากไก่ เฉพาะส่วนบน และส่วนล่าง ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วใน หัวข้อ 3.2.2



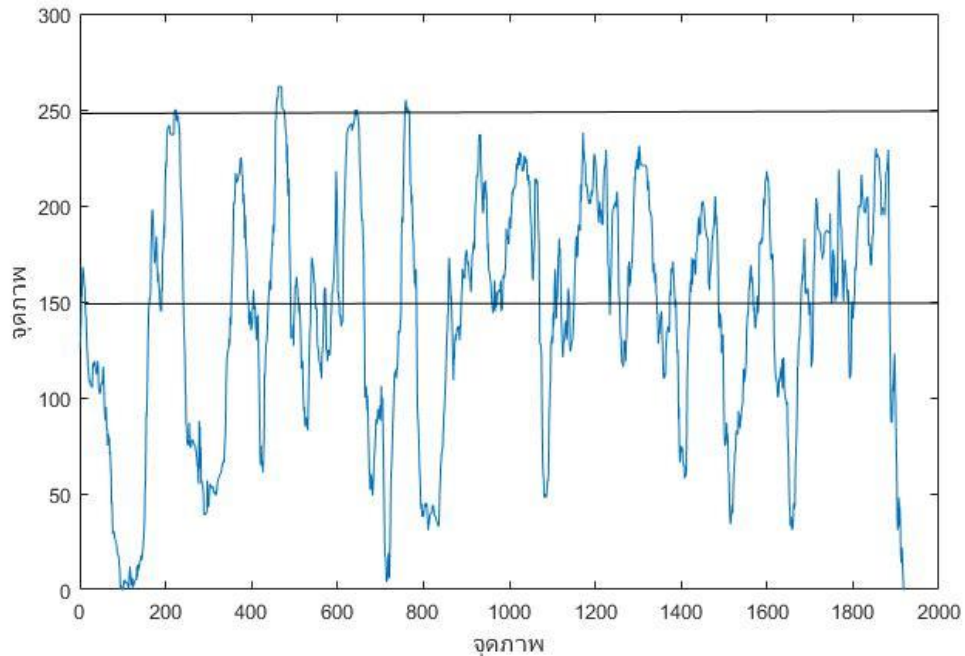
ภาพที่ 31 ตัวอย่างภาพไก่ชุดที่ 1 ซึ่งมีความสม่ำเสมอ



กราฟที่ 2 ลายเส้นของภาพซากรูปที่ 1 แบบเต็มตัว



กราฟที่ 3 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากรูปที่ 1 ส่วนบนของลำตัว



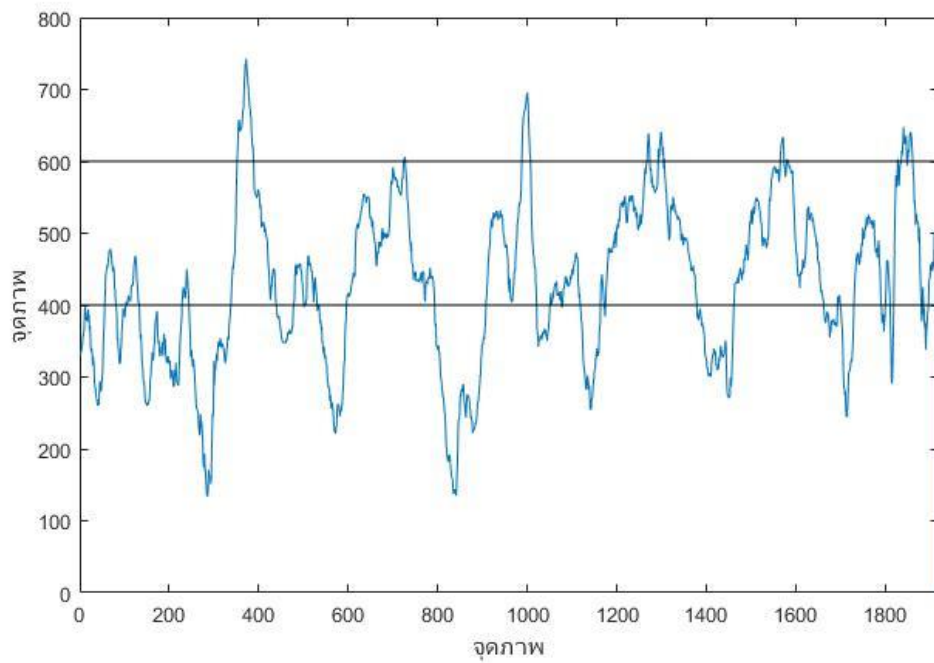
กราฟที่ 4 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 1 ส่วนล่างของลำตัว

จากภาพที่ 31 เมื่อสังเกตจะเห็นว่าไก่มีความสม่ำเสมอ และเมื่อนำภาพมาเขียน กราฟที่ 2 ซึ่งคือลายเส้นของภาพซากไก่แบบเต็มตัว จะเห็นว่ามีความซ้ำอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งคือคาบของคลื่น โดยอาจบอกได้ว่าไก่มีความสม่ำเสมอ แต่เมื่อมาดูที่กราฟ 3 จะเห็นว่าจุดยอดสองจุดมีค่าเกินกว่าขอบเขตที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าในภาพ อาจมีซากไก่ที่มีขนาดที่ไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อย้อนกลับไปพิจารณาที่ ภาพ 31 จะเห็นว่าไก่สองตัว ได้แก่ ตัวที่ 3 และ ตัวที่ 5 โดยเลี้ยงลำดับจากซ้ายไปขวา มีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่กว่าไก่ตัวอื่น แต่อาจไม่ถึงขั้นยอมรับไม่ได้ ซึ่งขอบเขตการยอมรับ ถูกกำหนดได้ตามความต้องการ โดยหากใช้งานในโรงงานจริง จำเป็นต้องมีการเก็บค่าสถิติเพื่อกำหนดขอบเขตการยอมรับนี้ แต่มีสิ่งหนึ่งที่เห็นได้จากผลการทดลองนี้ คือ กราฟลายเส้นของภาพ มีความสามารถแยกแยะขนาดของไก่ได้ดีกว่า การรับรู้ของมนุษย์ที่มองภาพแล้วพิจารณา และวิธีการที่ 4 ให้ผลได้ดีกว่า วิธีการที่ 1 ในกรณีนี้

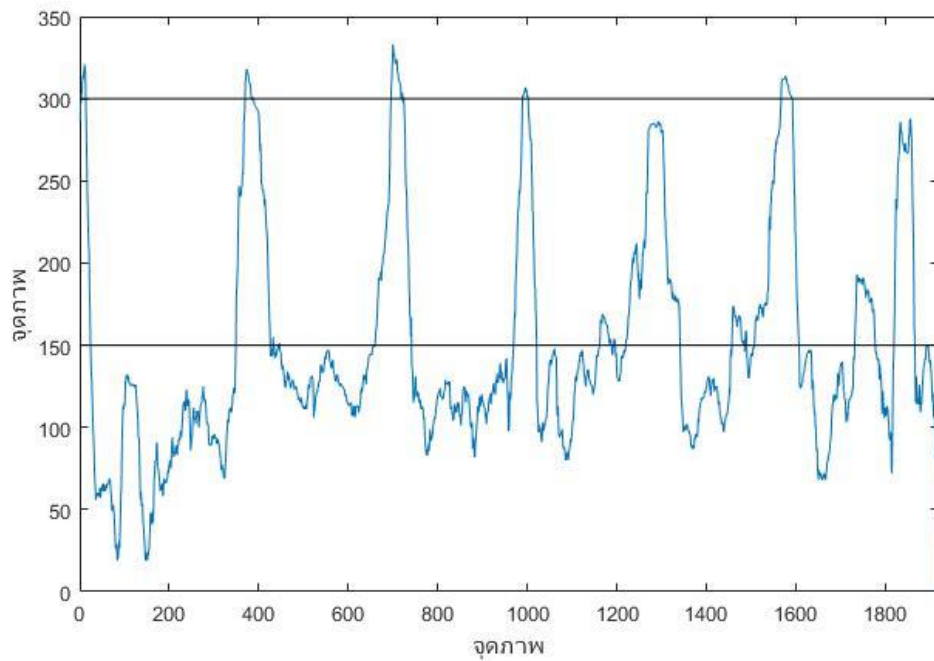


ภาพที่ 32 ตัวอย่างภาพไถ่ชุดที่ 2 ซึ่งมีความสม่ำเสมอ

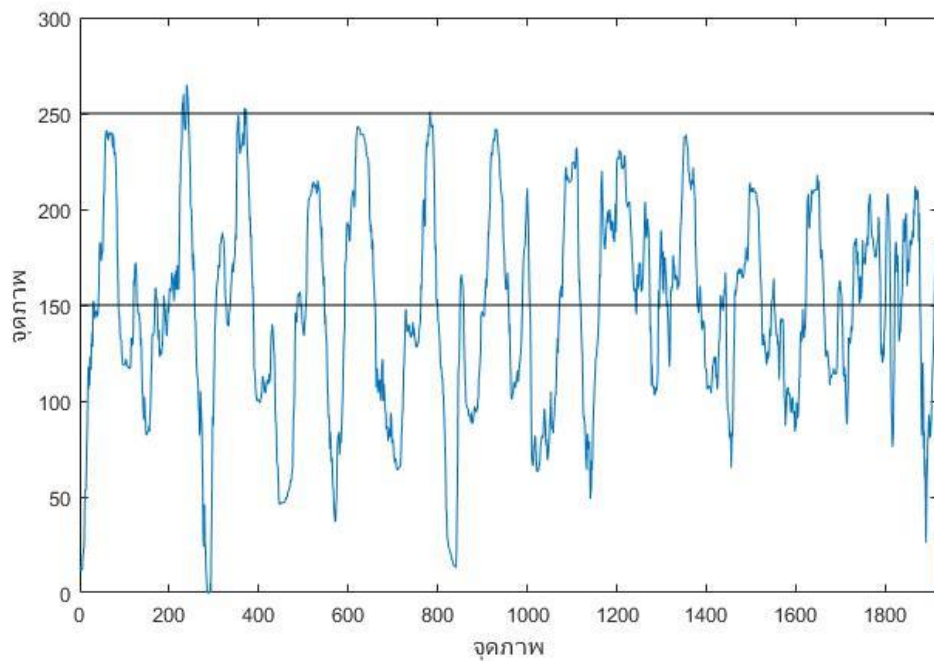




กราฟที่ 5 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากรีกซ์อันดับที่ 2 แบบเต็มตัว



กราฟที่ 6 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากรีกซ์อันดับที่ 2 ส่วนบนของลำตัว

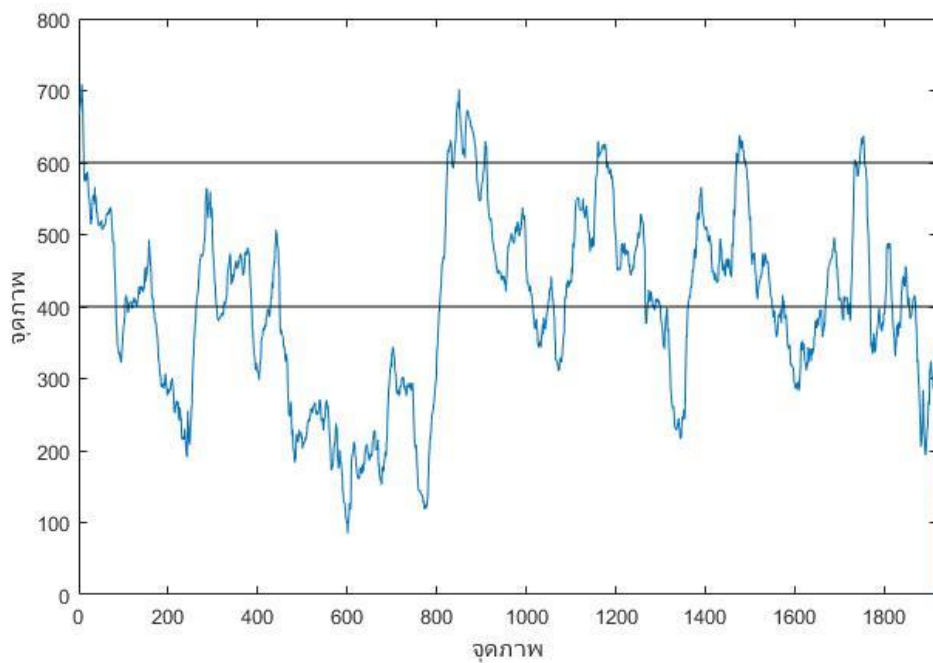


กราฟที่ 7 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 2 ส่วนล่างของลำตัว

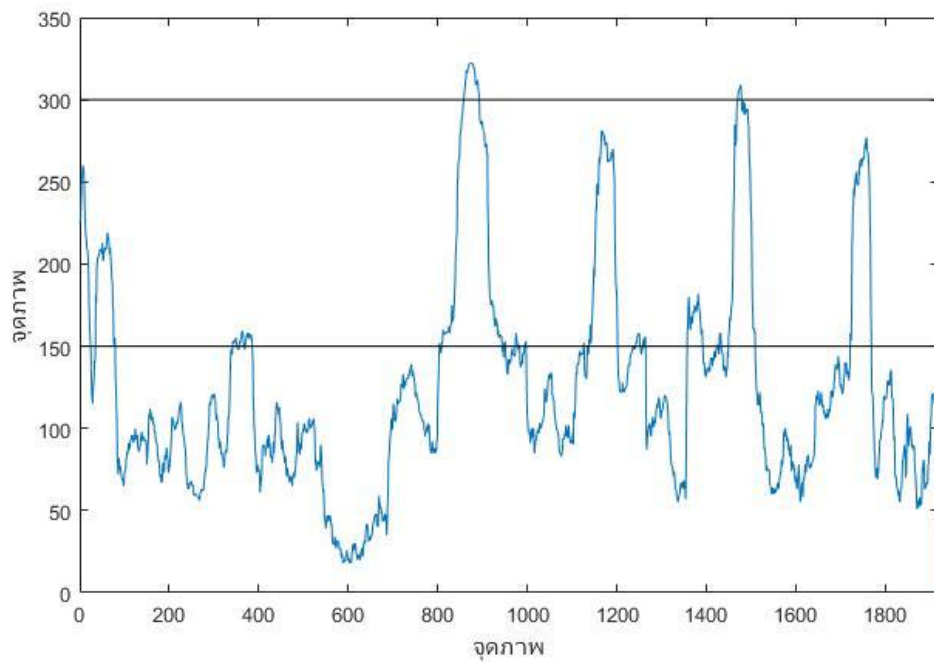
จากภาพที่ 32 เป็นภาพที่ซากไก่มีขนาดสม่ำเสมอ และเมื่อพิจารณากราฟที่ 5 และ 6 จะเห็นว่า มียอดของลูกคลื่นเกินกว่าขอบเขตการยอมรับหลายลูกคลื่น แต่หากพิจารณากราฟรวม ลูกคลื่นนี้มีความสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดของซากไก่มีความสม่ำเสมอ แต่จากผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าขอบเขตการยอมรับ ต้องมีการนำค่าสถิติมากำหนดมาช่วยกำหนด ตามที่ได้กล่าวไปแล้วในผลการทดลองก่อนหน้านี้



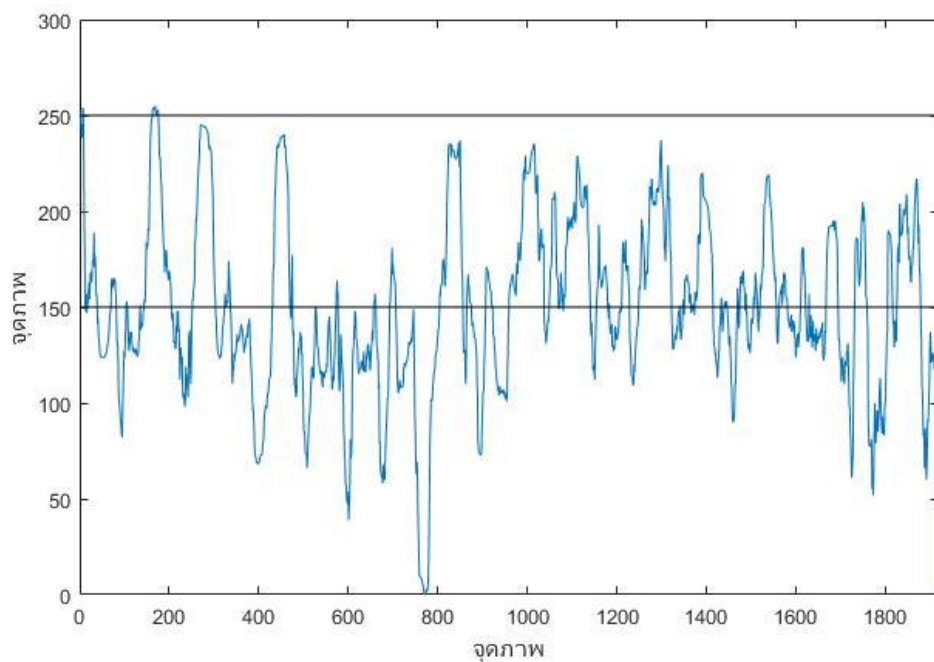
ภาพที่ 33 ตัวอย่างภาพไถ่ชุดที่ 3 ซึ่งไม่สม่ำเสมอ



กราฟที่ 8 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไถ่ชุดที่ 3 แบบเต็มตัว



กราฟที่ 9 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 3 ส่วนบนของลำตัว

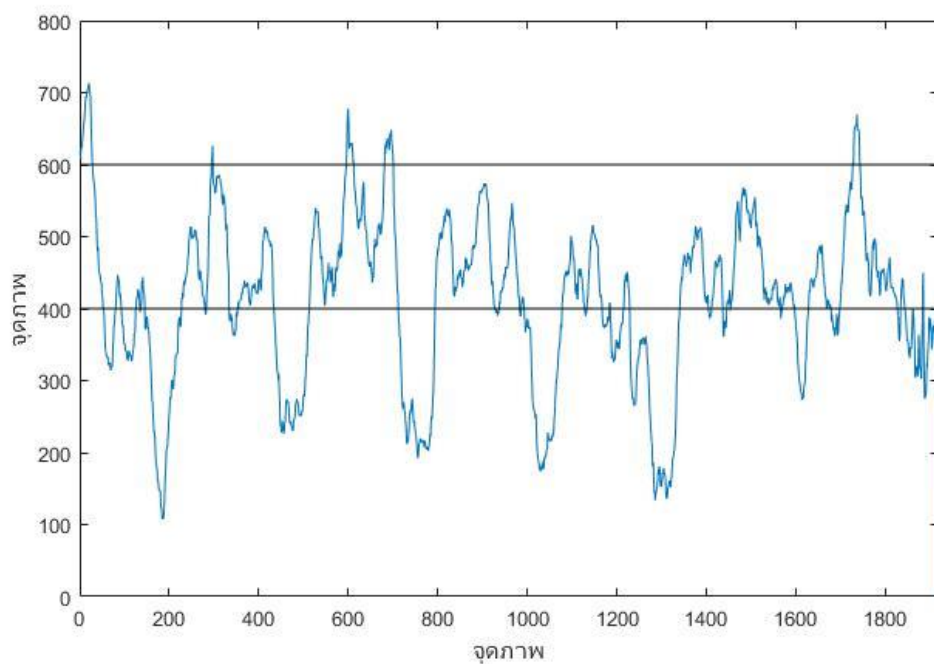


กราฟที่ 10 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 3 ส่วนล่างของลำตัว

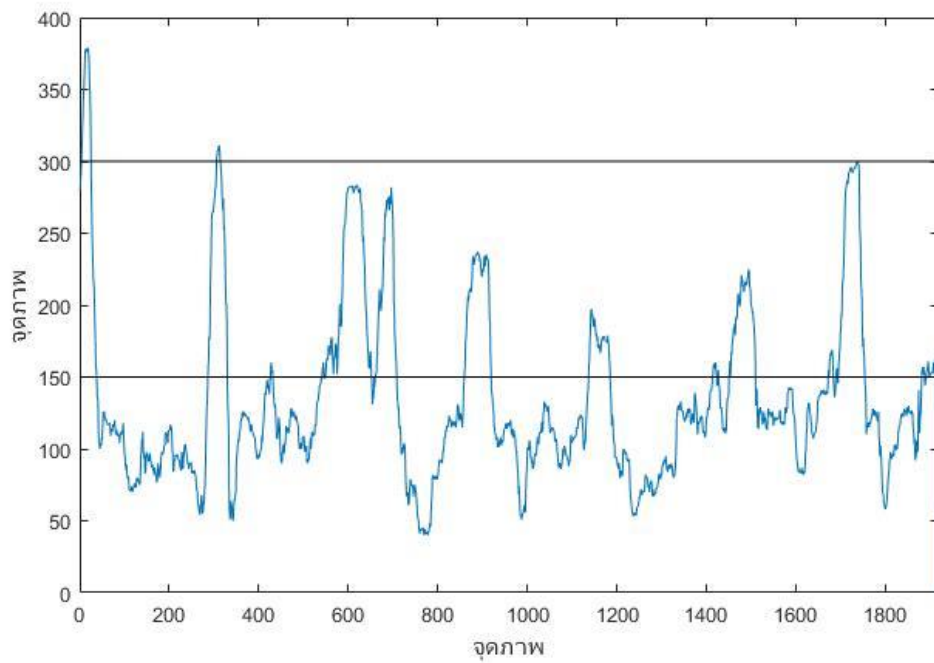
จากการพิจารณาลายเส้นของภาพที่ 33 ซึ่งเป็นภาพที่ไถ่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ ลายเส้นของภาพสามารถบอกได้อย่างชัดเจนว่า มีซากไถ่ที่มีขนาดต่างจากตัวอื่นไปมาก



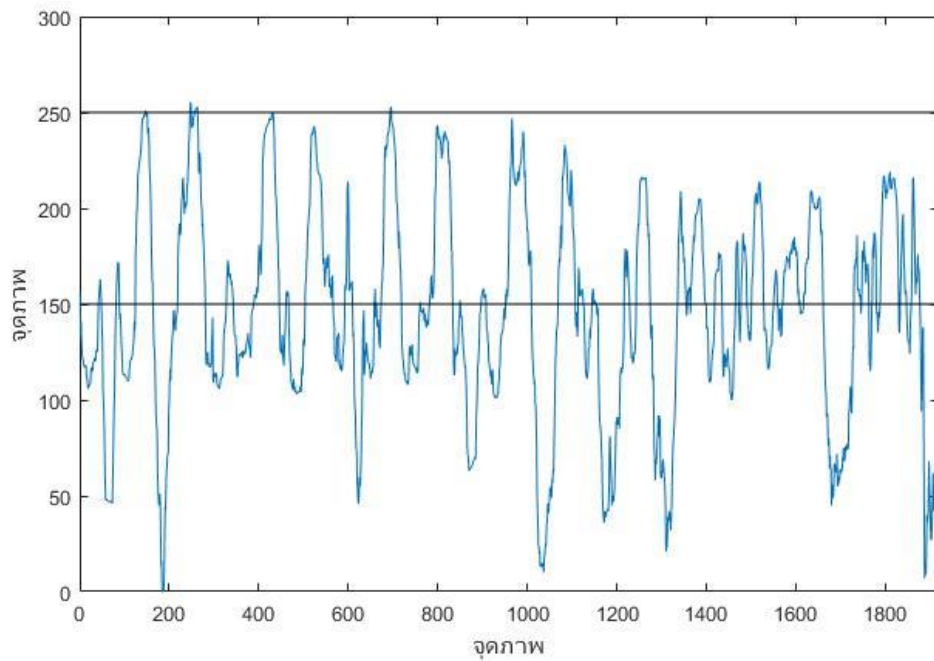
ภาพที่ 34 ตัวอย่างภาพไถ่ชุดที่ 4 ซึ่งไม่สม่ำเสมอ



กราฟที่ 11 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไถ่ชุดที่ 4 แบบเต็มตัว



กราฟที่ 12 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 4 ส่วนบนของลำตัว



กราฟที่ 13 ผลรวมของจุดภาพของภาพซากไก่ชุดที่ 4 ส่วนล่างของลำตัว

เมื่อพิจารณาลายเส้นของภาพที่ 34 จะเห็นว่า กราฟที่ 12 ซึ่งเป็นลายเส้นของวิธีการที่ 4 สามารถบอกการไม่สม่ำเสมอของขนาดซากไถ่ได้ชัดเจนกว่า กราฟที่ 11 ซึ่งเห็นกราฟของวิธีที่ 1



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า กระบวนการแบ่งภาพซากไก่ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ซึ่งผสมขึ้นจาก วิธีการการแบ่งส่วนภาพด้วยสี วิธีการใช้ฟิลเตอร์ส่วนประกอบ วิธีขีดแบ่งของไอสี และ สันฐานวิทยาของภาพ สามารถแบ่งภาพซากไก่ได้ โดย ปริภูมิสีที่แบ่งภาพซากไก่ได้เหมาะสม คือ ปริภูมิสี HSI เพราะเมื่อพิจารณาผลจากการทดลองตอนที่ 5 แล้วนำมา เปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของเวลา และร้อยละความแตกต่างของความคล้ำย ระหว่าง กระบวนการในปริภูมิสี HSI กับ กระบวนการในปริภูมิสี CIELAB จะเห็นว่า ความแตกต่างของเวลามีค่าถึงร้อยละ 50.8 แต่ ในขณะที่ความแตกต่างของความคล้ำย มีค่าเพียงร้อยละ 1.27 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความละเอียดในการแยกภาพซากไก่ มีความแตกต่างกันไม่มาก แต่เวลาประมวลผลมีความแตกต่างมาก จึงทำให้ การแยกภาพซากไก่ใน ปริภูมิสี HSI มีความเหมาะสมมากกว่า ปริภูมิสี CIELAB

การใช้ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้าง สามารถช่วยปรับปรุงผลการแยกซากไก่ให้ดีขึ้นได้ ดังที่กล่าวไปแล้วในผลการทดลองตอนที่ 2 ซึ่งหากพบฟิลเตอร์ชุดใหม่ที่เหมาะสมกับการแยกภาพซากไก่มากกว่านี้ อาจจะทำให้ผลการแยกซากไก่ดีขึ้น รวมถึงตัวดำเนินการทางวิธีสันฐานวิทยาด้วย หากพบวิธีการดำเนินการใหม่ที่เหมาะสมกับภาพซากไก่ ก็จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

วิธีการนำเสนอความสม่ำเสมอของขนาดซากไก่ วิธีการที่ 4 มีความเหมาะสมที่สุด เพราะเป็นวิธีการที่ คำนวณง่าย ไม่ยุ่งยาก และทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจง่าย รวมถึงยังเป็นวิธีการที่สามารถ กำหนดช่วงระยะการยอมรับ จึงทำให้เป็นวิธีการที่ค่อนข้างจะยืดหยุ่นหาก โรงงานมีช่วงการยอมรับที่แตกต่างกัน

5.1. ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงกระบวนการแยกภาพซากไก่ในอนาคตร สามารถปรับปรุงได้ โดยการหาชุดฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างรูปแบบอื่นที่มีความเหมาะสมกับภาพแยกภาพซากไก่มากกว่า นี้ รวมถึงการหาตัวดำเนินการใหม่ทางสันฐานวิทยา เพื่อมาปรับปรุงผล หรือแม้กระทั่ง ทดลองแยกภาพไก่ในปริภูมิสีอื่น นอกจาก HSI และ CIELAB ตัวอย่างเช่น HSL, HSV, CIELCH, CIELUV, YCbCr และอื่น ๆ อาจทำให้ผลการแยกภาพซากไก่ดีขึ้น และอาจหาวิธีการนำเสนอความสม่ำเสมอของซากซากไก่ด้วยวิธีการอื่น นอกเหนือจากการใช้วิธีลายเส้นของภาพ รวมถึงหากได้นำวิธีการนี้ ไปทดลองใช้กับโรงงานผลิตเนื้อไก่จริง และเก็บค่าสถิติต่าง ๆ จากโรงงานจริง เพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการงานวิจัยนี้ รวมถึงการให้เจ้าหน้าที่แสดงความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงกระบวนการ

อันที่จริงแล้วจากข้อมูลทั้งหมดที่มีในขณะนี้ มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถ คำนวณหาขนาดจริงของซากไก่ จากจำนวนจุดภาพของภาพซากไก่ที่ถูกแยกออกมา ซึ่งเป็นเรื่องหนึ่งที่น่าสนใจหากจะมีการทำวิจัยในอนาคต



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

- Adams, M. R., & Moss, M. O. (1995). *Food microbiology*. Cambridge :: Royal Society of Chemistry.
- Barni, M., Cappellini, V., & Mecocci, A. (1995). *A vision system for automatic inspection of meat quality*, Berlin, Heidelberg.
- Chen, B. H., and Huang, S. C. (2014). An Advanced Moving Object Detection Algorithm for Automatic Traffic Monitoring in Real-World Limited Bandwidth Network. *Ieee Transactions on Multimedia*, 16, 837-847.
- Ebner, M. (2007). *Gamma Correction Color Constancy*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2006). *Digital Image Processing (3rd Edition)*: Prentice-Hall, Inc.
- Heck, B. (2006). Automated Chicken Processing Machine vision and water-jet cutting for optimized performance. *iee control systems*.
- Hung, K. M., Chuang, H. L., & Hsieh, C. T. (2007, 24-27 Aug. 2007). *License Plate Detection Based on Expanded Haar Wavelet Transform*. Paper presented at the Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2007).
- Hunt R. W. G, a. P. M. R. (2011). *Measuring Colour* (Fourth ed.): Wiley.
- investment, T. b. o. (2015). Thailand's food industry. Retrieved from http://www.boi.go.th/upload/content/BOI_edit_9-8-58_19610.pdf
- Jiawei Han, M. K., Jian Pei. (2012). *Data Mining concepts and techniques* (3 ed.): MK Morgan Kaufmann.
- Lee, K. M. (2007). Effects of Classification Methods on Color-Based Feature Detection with Food Processing Applications. *IEEE Transactions on Automations Science and Engineering*, 4, 40-51.

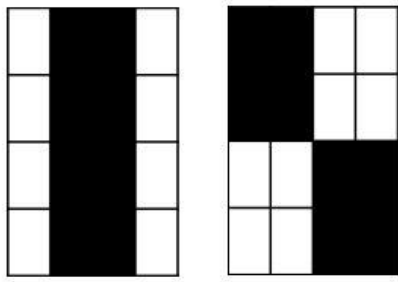
- Maddalena, L., and Alfredo, P. (2008). A Self-Organizing Approach to Background Subtraction for Visual Surveillance Applications. *IEEE Transactions on Image Processing*, 17, 1168-1177.
- Mead, G. C. (1989). *Processing of Poultry*: Elsevier Science Publishers.
- Mohammad Reza Mahmoodi, S. M. S. (2014). *Leveraging Spatial Analysis on Homogonous Regions of Color Images for Skin Classification*. Paper presented at the computer and knoledge engineering (ICCKE).
- Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62-66.
doi:10.1109/TSMC.1979.4310076
- Papageorgiou, C. P., Oren, M., & Poggio, T. (1998, 4-7 Jan 1998). *A general framework for object detection*. Paper presented at the Sixth International Conference on Computer Vision (IEEE Cat. No.98CH36271).
- Paul Viola, M. j. j. (2004). Robust Real-time face detection. *International journal of computer vision*, 57(2), 137-154.
- Poynton, C. (2012). *Digital Video and HD Algorithms and Interfaces* (2 ed.): MK Morgan Kaufmann.
- Priska Irenda Vasthi, R. K. (2015). *Object Segmentation for ffruit images using OHTA colour space and cascade threshold*. Paper presented at the Science in information technology (ICSITech).
- Russell, S. (2012). *Controlling Salmonella in Poultry Production and Processing*. Florida: CRC Press.
- Skip Pizzi, G. J. (2014). *A Broadcast Engineering Tutorial for Non-Engineers* (4 ed.): Focal Press.
- Sonka, M., Hlavac, V., & Boyle, R. (2008). *Image Processing, Analysis, and Machine Vision* (International Student Edition ed.): Thomson-Engineering.
- Sonka, M., Hlavac, V., and Boyle, R. (2008). *Image Processing, Analysis and Machine Vision*. Toronto: Thomson.

- Yanagi Júnior, T., Silva, É., Braga Júnior, R. A., Lopes, M. A., Damasceno, F. A., & Silva, G. C. d. A. E. (2011). Digital surface area assessment of broiler chickens. *Engenharia Agrícola*, 31, 468-476.
- Yuseok Ban, S.-K. K., Sooyeon Kim, Kar-Ann Toh, Sangyoun Lee. (2014). Face detection based on skin color likelihood. *Pattern Recognition*, 47, 1573-1585.

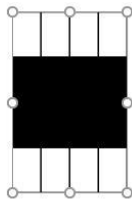
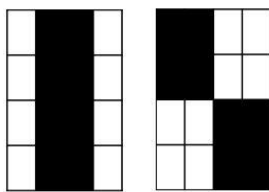


ภาคผนวก ก.

ภาพชุดฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างที่เคยนำมาใช้ทดลองบางส่วน



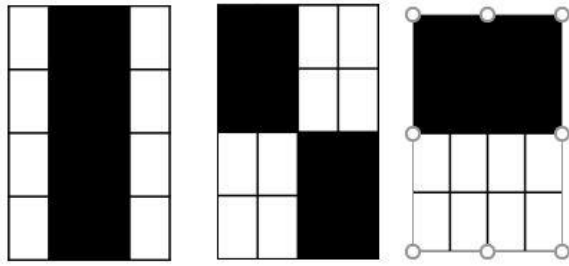
ภาพที่ 1 ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างชุดที่ 1



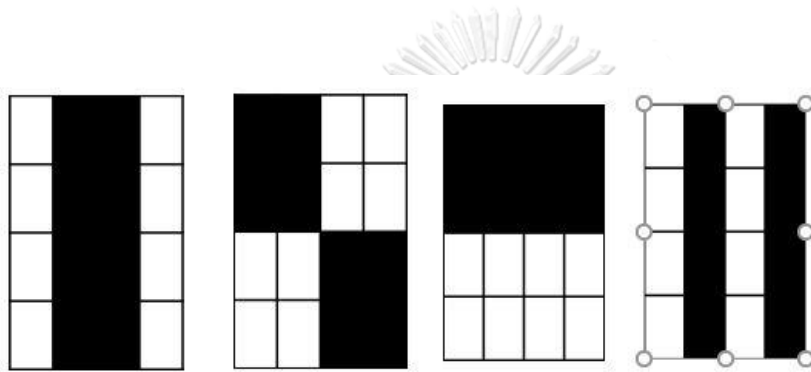
ภาพที่ 2 ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างชุดที่ 2



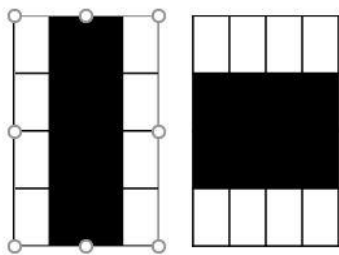
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
JULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 3 ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างชุดที่ 3

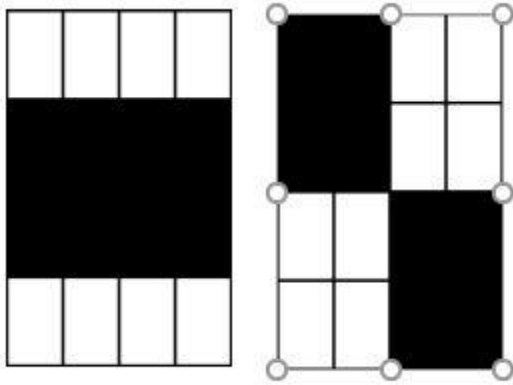


ภาพที่ 4 ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างชุดที่ 4

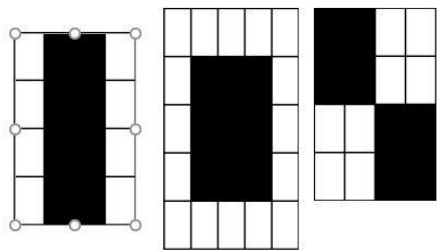


ภาพที่ 5 ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างชุดที่ 5

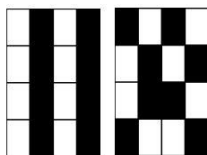
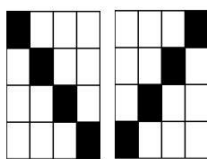
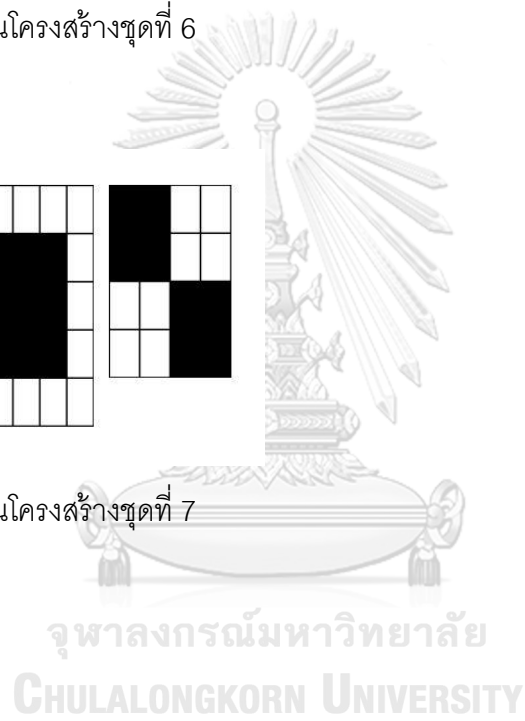




ภาพที่ 6 ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างชุดที่ 6



ภาพที่ 7 ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างชุดที่ 7



ภาพที่ 8 ฟิลเตอร์ส่วนโครงสร้างชุดที่ 8



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย บุญยเกียรติ ฉายเทพประสิทธิ์ เกิดวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2526 ณ กรุงเทพมหานคร ฯ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต ในสาขา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ จากภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ในสาขา เทคโนโลยีทางภาพ จากภาควิชา เทคโนโลยีทางภาพและการพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับรางวัลการเสนอผลงานวิชาการ senior project สาขาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี ประเภท ดีเด่น ในการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 15 ประจำปี 2550 ของ คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และได้รับรางวัล มุลนิธิศาสตราจารย์ ดร. แถบ นีละนิธิ ในปี พ.ศ. 2553

นาย บุญยเกียรติ ฉายเทพประสิทธิ์ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต ในปี พ.ศ. 2561



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY