



การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
ในการหาพื้นที่และจัดกลุ่มอาหารปลา

วิทยานิพนธ์

ของ

จักรกริช โสมรักษ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
ในการหาพื้นที่และจัดกลุ่มอาหารปลา

วิทยานิพนธ์
ของ
จักรกริช โสมรักษ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

The Application of Image Processing Techniques for Locating Areas
and Grouping Fish Feed

BY
JUCKRIT SOMRUG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
The Master of Engineering Degree in Engineering
at Sakon Nakhon Rajabhat University

June 2024

All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University

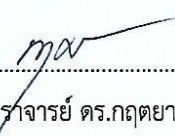


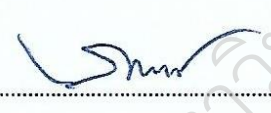
ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการหาพื้นที่และจัดกลุ่มอาหารปลา

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ จักรกริช โสมรักษ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการสอบ	 กรรมการสอบและ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กตยา สมสัย) ผู้ทรงคุณวุฒิ	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวรุจน์ อิมโพ) ประธานที่ปรึกษา
	วิทยานิพนธ์

 กรรมการสอบ	 กรรมการสอบและ
(ดร.ภาคิน ลอยเจริญ) แต่งตั้งเพิ่มเติม	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ) กรรมการที่ปรึกษา
	วิทยานิพนธ์

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ)
ประธานหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุศักดิ์ แสนทวีสุข)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 29 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวรุจน์ อัมโพ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์เทอดศิลป์ โสมูล อาจารย์ศูนย์พัฒนาฝีมือแรงงานสกลนคร ที่กรุณาแนะนำ เสนอแนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณสาขาวิชาการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำการวิจัย

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่บิดา มารดาของผู้วิจัย และบูรพาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนจนผู้วิจัยสามารถดำรงตนและบรรลุผลสำเร็จในปัจจุบัน

จักรกริช โสมรักษ์

ชื่อเรื่อง	การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการหาพื้นที่และจัดกลุ่มอาหารปลา
ผู้วิจัย	จักรกริช โสมรักษ์
กรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไวรุจน์ อิมโพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษฎา พรหมพินิจ
ปริญญา	วศ.ม. (วิศวกรรมศาสตร์)
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการตรวจวัดปริมาณอาหารปลาระหว่างการนับด้วยสายตาของมนุษย์กับการใช้เทคนิคประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์ และการหาขอบภาพ แล้วจัดกลุ่มของอาหารปลาที่ได้จากพื้นที่ของเทคนิคประมวลผลภาพ โดยแบ่งอาหารปลาออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 40 กรัม 80 กรัม และ 120 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ ทำการนับจำนวนเม็ดอาหารปลา แล้วนำแต่ละกลุ่มตัวอย่างใส่ลงในบ่อพลาสติกที่มีน้ำ นาน 5 นาที แล้วทำการบันทึกภาพด้วยกล้องที่ความสูงจากขอบบ่อ 60 เซนติเมตร นำภาพที่ได้เข้าประมวลผลด้วยโปรแกรม Matlab เปลี่ยนภาพถ่ายที่ได้ให้เป็นขาว ดำ แล้วหาพื้นที่ของอาหารปลาจากพื้นที่กลุ่มพิกเซล ผลการทดลองพบว่าการใช้เทคนิคประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์ให้ค่าใกล้เคียงกับการนับด้วยสายตาของมนุษย์มากกว่าวิธีการหาขอบภาพ โดยให้ค่าความแม่นยำ 81-91 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการหาขอบภาพให้ค่าแม่นยำ 30-52 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนการจัดกลุ่มอาหารปลาผลการทดลองพบว่าการใช้เทคนิคประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์ให้ค่าความแม่นยำในการจำแนกกลุ่ม 92-100 เปอร์เซ็นต์ นอกเหนือจากนั้นได้วิจัยเพิ่มในส่วนการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร ผลการทดลองพบว่าให้ค่าความแม่นยำ 100 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เทคนิคประมวลผลภาพ อาหารปลา พื้นที่

TITLE	The Application of Image Processing Techniques for Locating Areas and Grouping Fish Feed
AUTHOR	Juckrit Somrug
ADVISORS	Asst. Prof. Dr. Wairut Impho Asst. Prof. Dr. Krisada Prompinit
DEGREE	M. Eng. (Engineering)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2024

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the measurement of fish feed between human visual counting and the use of Threshold image processing technique and Edge detection, and then grouped fish food obtained from the area of image processing technique by dividing fish feed into 3 groups: 40 grams, 80 grams and 120 grams for 3 replications. The results showed that the use of Threshold image processing techniques yielded values closer to human visual counting than the Edge detection method. It provides 81-91 % accuracy, while Edge detection determination provides 30-52 % accuracy. As for grouping fish food, the results showed that using the image processing technique Threshold gave group classification accuracy of 92-100 percent. In addition, additional research was conducted in the area of machine learning. The results of the experiment were found to provide 100 percent accuracy.

Keywords: Image Processing Technique, Fish Feed, Area

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
การประมวลผลภาพ (Image Processing).....	6
หลักการทำงานของ การประมวลผลภาพ.....	8
วิธีการประมวลผลภาพ.....	9
เทคนิคการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อการวิเคราะห์.....	27
เทคนิคการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Google Colab.....	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
ช่วงที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการหาพื้นที่ระหว่างเทคนิค	
การประมวลผลภาพกับมนุษย์.....	42
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	42
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	50

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ช่วงที่ 2 เพื่อจำแนกกลุ่ม (Classify) ปริมาณอาหารปลาที่ได้ด้วยเทคนิค	
การประมวลผลภาพ และจากการเรียนรู้ของเครื่องจักร	51
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	51
การเก็บรวบรวมข้อมูล	53
การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	55
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	56
ผลการศึกษาข้อมูลการวิจัย.....	56
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	67
สรุปและอภิปรายผลการวิจัยส่วนที่ 1	67
สรุปและอภิปรายผลการวิจัยส่วนที่ 2	68
ข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม.....	70
ภาคผนวก.....	76
ภาคผนวก ก โปรแกรมและการแสดงผล	77
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	100
ประวัติย่อของผู้วิจัย	107

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตารางบันทึกผลการหาพื้นที่จากการวัดด้วยมนุษย์และจากโปรแกรมประมวลผลภาพ.....	50
2 ตารางเปรียบเทียบความแม่นยำการจำแนกกลุ่มด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพแบบ เทรชโฮลด์และเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร.....	55
3 จำนวนเมล็ดอาหารปลาต่อน้ำหนักนับด้วยสายตามนุษย์.....	57
4 พื้นที่ต่อเมล็ดอาหาร	57
5 พื้นที่จากอาหารปลาจากการนับด้วยมนุษย์	58
6 จำนวนฟีกเซลล์ขาวต่อน้ำหนัก	58
7 พื้นที่ต่อฟีกเซลล์	59
8 พื้นที่จากอาหารปลาจากการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์	59
9 จำนวนฟีกเซลล์ขาวต่อน้ำหนัก	60
10 พื้นที่จากอาหารปลาจากการประมวลผลภาพแบบหาขอบภาพ	60
11 ความแม่นยำจำแนกระดับอาหารปลาจากการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์	61
12 ความแม่นยำจำแนกระดับอาหารปลาจากการประมวลผลภาพแบบเรียนรู้ของเครื่องจักร.	63
13 พื้นที่ของอาหารปลาจากการนับด้วยสายตามนุษย์และการประมวลผลภาพ	64
14 ความแม่นยำของข้อมูลจากการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์และการหาขอบ ภาพเปรียบเทียบข้อมูลอ้างอิงด้วยวิธีการนับด้วยมนุษย์	64
15 ความแม่นยำของข้อมูลจากการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์และการเรียนรู้ ของเครื่องจักร	66

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดของการวิจัยเชิงทำนาย กรณีมีตัวแปรแฝง	4
2 ลักษณะของการประมวลผลภาพแบบจุด	7
3 ลักษณะของการประมวลผลภาพเฉพาะบริเวณ	8
4 การกำหนดค่าเทรชโฮลด์จากฮิสโทแกรม	10
5 ลักษณะของปริภูมิสีแบบต่าง ๆ ที่ให้เลือกประยุกต์ใช้	11
6 สเปกตรัมของสีที่มีความยาวคลื่นต่างกัน	12
7 แบบจำลองสีแบบ HSV ที่นิยมใช้ในการตรวจจับสีวัตถุ	13
8 การใช้โปรแกรม Paint บน Windows เพื่อตรวจสอบค่าสีในปริภูมิ HSV	15
9 การแสดงผลของภาพในระบบพิกเซล	17
10 การตรวจวัดพิกัดพิกเซลในตำแหน่งต่าง ๆ ของภาพ	18
11 ค่าระดับความเข้มเทาของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด	20
12 ตัวอย่างแนวคิดเครือข่ายประสาทเทียม 1	21
13 ตัวกรอง 3x3 สำหรับหาเส้นตรงทแยงสีขาว	22
14 ซ้าย: filter เลื่อนไปบน input. ขวา: ผลลัพธ์การคำนวณซึ่งออกมาเป็น Feature map..	22
15 ตัวอย่างกำหนด Stride เท่ากับ 1	23
16 ค่า Stride ที่มากขึ้น ผังคุณลักษณะ (feature map) มีขนาดเล็กลง	23
17 Padding	24
18 Max Pooling	25
19 ตัวอย่างแนวคิดเครือข่ายประสาทเทียม 2	25
20 ตัวอย่างแนวคิด Max Pooling	26
21 โครงสร้างการเรียนรู้เชิงลึกภายในโครงข่ายประสาทเทียม	28
22 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยช่วงที่ 1 เปรียบเทียบการหาพื้นที่ ระหว่างการประมวลผลภาพกับมนุษย์	40
23 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยช่วงที่ 2 การจำแนกกลุ่ม (Classify) ปริมาณอาหารปลา ที่ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ และการเรียนรู้ของเครื่องจักร	41
24 กล้องวงจรปิดภายนอก (IP Camera (Outdoor) VSTARCAM CB54	42

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
25 แพ้ให้อาหารปลา.....	42
26 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล Digital SF 400 C Electronic Compact Scale.....	43
27 บ่อพลาสติกทรงกลมยี่ห้อ COMOS รุ่น RTO-800-20	43
28 โปรแกรม MATLAB	44
29 แบ่งอาหารเม็ดด้วยปริมาณน้ำหนัก (40, 80, 120 กรัม).....	45
30 การเรียงและทำสัญลักษณ์สี (ก), การนับอาหารเม็ดในถาด (ข)	45
31 หาเส้นผ่านศูนย์กลางอาหารเม็ด อาหารเม็ดก่อนลอยน้ำ (ก) อาหารเม็ดลอยน้ำ (ข) อาหารเม็ดหลังลอยน้ำ (ค).....	46
32 ชุดอุปกรณ์บันทึกภาพ (ก), กล้องบันทึกภาพ (ข), เครื่องชั่งน้ำหนัก (ค), แพ้ให้อาหารปลา (ง).....	47
33 การหาจำนวน Pixel บนเส้นผ่าศูนย์กลางอาหารเม็ด อาหารเม็ดเดี่ยว (ก) จำนวนพิกเซลแกน X และ Y (ข).....	49
34 แพ้ให้อาหารปลาและแท่นยึดกล้อง แพพร้อมแท่นยึด (ก), ระดับความสูงกล้องจากผิวน้ำ (ข).....	51
35 บ่อเลี้ยงปลา BioFloc (ก), แพอาหารปลา (ข).....	52
36 โปรแกรม Colab	52
37 ค่าความแม่นยำบอกว่าโมเดลมีความสามารถในการจำแนกประเภทข้อมูลได้ถูกต้อง (ก), ค่าสูญเสียบอกถึงความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าเป้าหมาย (ground truth) และค่าทำนาย(prediction) ของโมเดล (ข)	62
38 สมการเชิงเส้นถดถอย มนุษย์ - ประมวลผลภาพแบบเทอร์ชโฮล์	65
39 สมการเชิงเส้นถดถอย มนุษย์ - ประมวลผลภาพแบบหาขอบภาพ.....	65

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดนับว่าเป็นอีกหนึ่งในธุรกิจภาคการเกษตรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย การผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการประมงของประเทศไทย ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2554 – 2563) มีจำนวนฟาร์มเฉลี่ย 512,289 ฟาร์ม โดยมีพื้นที่การผลิต 822,603 ไร่ และมีผลผลิตเฉลี่ย 414,864 ตัน คิดเป็นมูลค่า 24,331 ล้านบาทต่อปี โดยผลผลิตและมูลค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 0.87 และ 2.22 ต่อปี ตามลำดับ และปลานิลถือเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับหนึ่ง ที่มีการเพาะเลี้ยงมากที่สุด มีจำนวนฟาร์มเฉลี่ย 296,846 ฟาร์ม พื้นที่ 438,171 ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 201,359 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า 9,900 ล้านบาทต่อปี โดยผลผลิตและมูลค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 3.69 และ 4.99 ต่อปี ตามลำดับ (กลุ่มสถิติการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, 2566) การเพาะเลี้ยงปลานิล อาหารเป็นปัจจัยหลักอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและเป็นต้นทุนสำหรับการเพาะเลี้ยง ประมาณ 60 – 70% ของต้นทุนทั้งหมดมาจากอาหาร ถ้าสามารถลดต้นทุนเกี่ยวกับอาหารปลาได้ จะส่งผลให้ลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 20 – 30% ดังนั้นการจัดการรูปแบบการให้อาหารปลาจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการ ลดต้นทุนอาหารได้ เป็นการใช้ประโยชน์จากอาหารได้เต็มประสิทธิภาพ ลดของเสียที่เป็นเศษอาหารเหลือ และสิ่งขับถ่ายจากปลาได้ (มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 2566)

การจัดการรูปแบบการให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติ จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากการให้อาหารโดยใช้แรงงานคน เป็นการให้อาหารที่นิยมให้ด้วยมือ ทำให้เกิดผลเสีย เช่น ปริมาณอาหารที่ให้ไม่มีความแม่นยำ ให้อาหารเกินความต้องการของปลาหรือน้อยเกินไป ซึ่งจะเป็นการเพิ่มต้นทุนค่าใช้จ่ายอาหารปลาและส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำ รวมทั้งส่งผลให้ผลผลิตปลาที่ได้มีขนาดแตกต่างกันและขายได้ในราคาที่ไม่ดี นอกจากนี้ปัญหาค่าแรงที่เพิ่มสูงขึ้น และคนวัยหนุ่มสาวนิยมทำงานในภาคอุตสาหกรรมมากกว่าภาคการเกษตร จึงทำให้เกิดปัญหาเรื่องการขาดแคลนแรงงาน ดังนั้น การหาวิธีหรือรูปแบบการในการให้อาหารปลาแบบอื่นแทนการให้อาหารโดยใช้แรงงานคนจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ประกอบกับภาครัฐได้มีการสนับสนุนและส่งเสริมเกษตรกรไทยด้วยแนวคิด Smart Farmer เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตในภาคการเกษตรให้มี

ความแม่นยำสูง การลดต้นทุนในกระบวนการผลิต การเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้า และการจัดการต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของเกษตรกร (ฤทัยชนก จริ่งจิตร, 2556)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำหลักการประมวลผลภาพมาใช้วิเคราะห์อาหารปลา เพื่อให้สามารถทราบขนาดพื้นที่อาหารปลาจากประมวลผลความหนาแน่นของอาหารปลา โดยเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำไปใช้เป็นเงื่อนไขในการตั้งช่วงเวลาเปิดปิดตัวให้อาหารจากความต้องการอาหารที่แท้จริง และสามารถนำไปต่อยอดเชื่อมกับอุปกรณ์ Microprocessor เพื่อทำการส่งจ่ายอาหารปลาแบบอัตโนมัติเป็นลำดับถัดไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย ไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำวิธีการตรวจวัดปริมาณอาหารปลาระหว่างการนับด้วยมนุษย์กับการใช้เทคนิคประมวลผลภาพ
2. เพื่อจำแนกกลุ่มปริมาณอาหารปลาที่ได้จากพื้นที่ของเทคนิคประมวลผลภาพ

สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. การใช้เทคนิคประมวลผลภาพจะให้ผลที่มีความแม่นยำและถูกต้องมากกว่านับด้วยคน
2. พื้นที่ที่ได้จากการประมวลผลภาพสามารถนำไปจำแนกกลุ่มตามปริมาณอาหารปลาได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

1. การใช้เทคนิคประมวลผลภาพสามารถหาพื้นที่อาหารปลาได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ
2. การเทคนิคประมวลผลภาพสามารถจำแนกปริมาณอาหารปลาได้
3. ได้แนวทางในการสร้างแบบจำลองเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการสั่งการอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับควบคุมการส่งจ่ายอาหารปลาแบบอัตโนมัติได้

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

- 1.1 การทำงานในช่วงเวลาที่มีแสงเพียงพอ (8:00-16:00)
- 1.2 กล้องตรวจจับอยู่ในระยะเดียวกัน คือ สูงจากขอบบ่อ 0.60 เมตร
- 1.3 อาหารปลาอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยทำที่กั้นรอบพื้นที่อาหารทั้ง 4 ด้าน
- 1.4 การทดสอบทำบนบ่อระบบปิดขนาด 800 ลิตร
- 1.5 งานวิจัยนี้ใช้การเปรียบเทียบหาความแม่นยำโดยใช้เครื่องมือในโปรแกรม

MATLAB ในการประมวลผลภาพหาพื้นที่ (ปรับปรุงคุณภาพของภาพ, ปรับมิติสี, ลดสัญญาณรบกวน, แปลงภาพขาวดำ คำนวณหาพื้นที่)

2. ประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 ประชากร ได้แก่ อาหารปลาชนิดเม็ดลอยน้ำ (เบทาโกร 832)
- 2.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ภาพอาหารปลาชนิดเม็ดลอยน้ำ

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่

X_i อาหารปลาปริมาณที่แตกต่างกัน ลักษณะกลุ่มก้อนที่เป็นอิสระ

Y_i ค่าเฉลี่ยพื้นที่อาหารปลาที่ประมวลผลภาพได้จากกลุ่มปริมาณอาหารที่ต่างกัน

Z_i ประมวลผลเพื่อจำแนกกลุ่ม/ระยะช่วงอาหารปลา เพื่อจำแนกกลุ่มของอาหาร

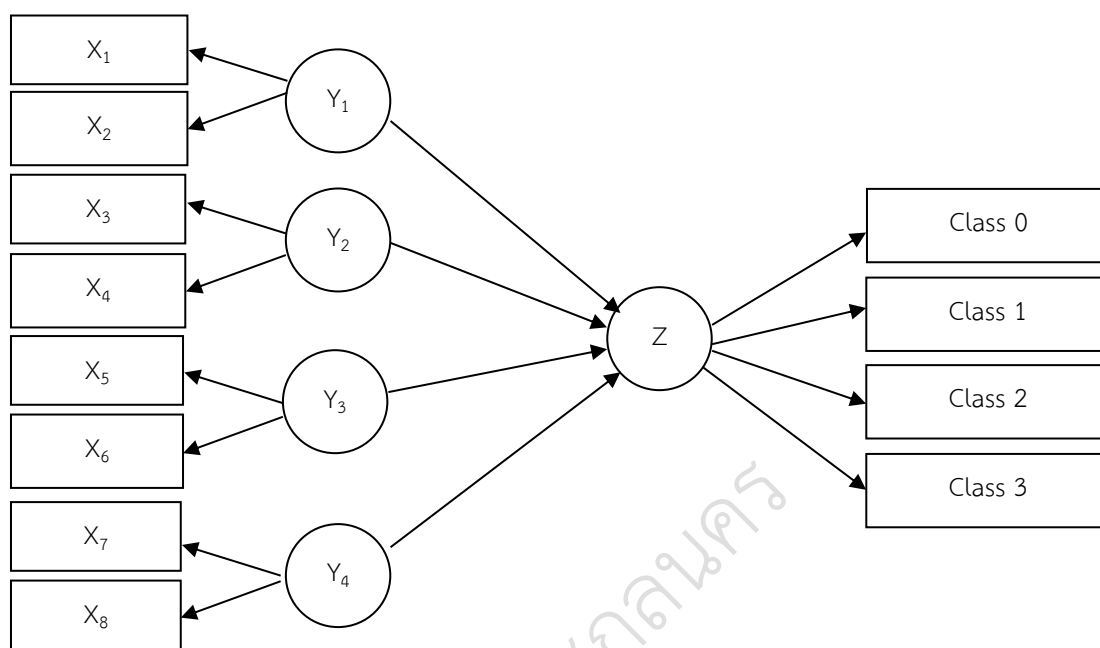
ปลาจากภาพถ่าย

3.2 ตัวแปรตาม

กลุ่มที่ถูกจำแนกด้วยช่วงปริมาณอาหารปลา

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การใช้เทคนิคประมวลผลภาพด้วยการหาพื้นที่ของอาหารปลาจากกลุ่มตัวอย่าง ปริมาณอาหารที่แตกต่างกัน สามารถตรวจวัดและแบ่งกลุ่มปริมาณอาหารปลาได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการนำข้อมูลไปต่อยอดสร้างกรอบเงื่อนไขสำหรับ ควบคุมการสั่งจ่ายอาหารของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติได้ ผู้วิจัยจึงสรุปเป็นกรอบแนวคิดของ การวิจัย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัยเชิงทำนาย กรณีมีตัวแปรแฝง

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะ ไว้ดังนี้

1. การประมวลผลภาพ (Image processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ
2. อาหารปลา (Fish feed) หมายถึง อาหารปลาชนิดเม็ดลอยน้ำ
3. ร้อยละ (Percentage) หมายถึง การเปรียบเทียบจำนวนที่ต้องการหาค่ากับจำนวนทั้งหมด โดยกำหนดให้จำนวนทั้งหมดเป็น 100
4. ค่าเฉลี่ย (Mean) หมายถึง ข้อมูลของผลรวมทั้งหมดหารด้วยจำนวนรายการของข้อมูล
5. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) หมายถึง ค่าที่ใช้แสดงความแม่นยำของการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง (ค่าที่บอกถึงค่าที่วัดได้อยู่ห่างไกลจากค่าเฉลี่ยมากเท่าใด)
6. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) หมายถึง เป็นการศึกษาระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสองตัวแปร (ตัวแปร x และ y) ว่ามีมากน้อยเพียงใดและมีทิศทางความสัมพันธ์อย่างไร

7. ค่าเฉลี่ยผิดพลาดจากอ่านค่าพื้นที่ในแต่ละช่วงปริมาณหนาแน่นของอาหาร หมายถึง ข้อมูลของผลรวมทั้งหมดหารด้วยจำนวนรายการของข้อมูลแต่ละช่วงปริมาณหนาแน่น
8. ระบบอัตโนมัติ (Auto system) หมายถึง ระบบหรือกลไกใด ๆ ที่สามารถเริ่มต้นได้เอง โดยการรันโปรแกรมที่วางไว้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากบทที่ 1 ได้กล่าวถึงอาหารที่เป็นต้นทุนหลักของการเลี้ยงปลา การควบคุมปริมาณอาหารที่เหมาะสมจึงสามารถช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงปลาได้ ด้วยการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่สามารถที่จะแยกปริมาณอาหารปลาเหลือได้แทนการคาดคะเนด้วยคน อันนำมาสู่ความจำเป็นที่ต้องศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมในอดีตในบทนี้ โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

1. การประมวลผลภาพ (Image Processing)
2. หลักการทำงานของ การประมวลผลภาพ
3. วิธีการประมวลผลภาพ
4. เทคนิคการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อการวิเคราะห์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมวลผลภาพ (Image Processing)

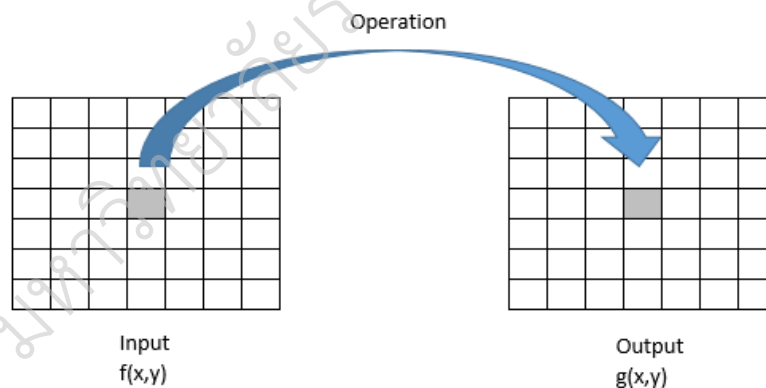
การประมวลผลภาพเป็นวิธีการดำเนินการบางอย่างกับภาพเพื่อให้ได้ภาพที่ดีขึ้นหรือดึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์บางอย่างจากภาพ เป็นประเภทของการประมวลผลสัญญาณที่อินพุตเป็นภาพและเอาต์พุตอาจเป็นภาพหรือคุณสมบัติ / ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับภาพนั้น ปัจจุบันการประมวลผลภาพเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่พัฒนาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังเป็นสาขาการวิจัยหลักของสาขาวิชาวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ การประมวลผลภาพมี 2 รูปแบบ คือ การประมวลผลภาพแบบอนาล็อกและดิจิทัล การประมวลผลภาพแบบอนาล็อกสามารถใช้ในการพิมพ์สำเนาเช่นเอาต์พุตและภาพถ่าย นักวิเคราะห์ภาพใช้คำอธิบายพื้นฐานต่าง ๆ เมื่อใช้เทคโนโลยีภาพเหล่านี้ เทคโนโลยีการประมวลผลภาพดิจิทัลช่วยในการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยใช้คอมพิวเตอร์ เมื่อใช้เทคโนโลยีดิจิทัลข้อมูลทั้งหมดต้องผ่าน 3 ขั้นตอนทั่วไปคือ การปรับสภาพ การปรับปรุงและการแสดงผล การดึงข้อมูล (University of Tartu, 2014).

สมเกียรติ อุดมธรรษากุล (2554) กล่าวถึงการประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งกับภาพต้นฉบับ (Input Image) เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ (Output Image) มีลักษณะภาพที่เป็นไปตามต้องการ ซึ่งการทำกับภาพที่ใช้ใน

การประมวลผลภาพ ดิจิทัลมีอยู่มากมายหลายแบบ ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและการแยกแยะประเภทของ การ กระทำกับภาพ จะช่วยให้สามารถคาดคะเนภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการกระทำแต่ละแบบ หรือ ประมาณความซับซ้อนของการกระทำกับภาพที่จะนำไปใช้ได้ การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) การกระทำกับภาพในการประมวลผลภาพดิจิทัลสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ การประมวลผลแบบจุด (Point Image Processing) และการประมวลผลภาพ แบบบริเวณ (Local Image Processing) นอกจากนี้ยังมีการประมวลผลโดยวัตถุประสงค์เฉพาะ อย่างการแยก ส่วนของภาพ (Image Segmentation) ดังนี้

1. การประมวลผลภาพแบบจุด (Point Image Processing) การประมวลผล

ภาพแบบจุด (Point Image Processing) เป็นวิธีการจัดการกับ ภาพต้นฉบับที่ค่าระดับความเข้มเทาที่แสดงในแต่ละพิกเซลของภาพ ผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับค่าความเข้ม เทาของพิกเซลในภาพ ต้นฉบับพิกเซลต่อพิกเซลที่ตำแหน่งสมนัยกัน โดยที่ค่าเปลี่ยนแปลงของพิกเซล ของผลลัพธ์ไม่ได้ ขึ้นกับค่าพิกเซลที่อยู่บริเวณใกล้เคียงของภาพต้นแบบ ดังภาพประกอบ 2



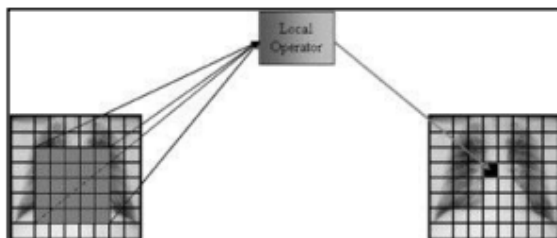
ภาพประกอบ 2 ลักษณะของการประมวลผลภาพแบบจุด

ที่มา : อนุรักษ์ สุตแก้ว, 2564

2. การประมวลผลภาพแบบบริเวณ (Local Image Processing) กระบวนการ

ทำภาพแบบบริเวณนี้ ค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลในแต่ละจุด ในภาพผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเข้มเทาของกลุ่มพิกเซลที่อยู่ในบริเวณข้างเคียงกัน (Neighborhood Pixels) ของภาพต้นฉบับ ตัวอย่างของการประมวลผลภาพทางดิจิทัลแบบนี้ ได้แก่ การกรองสัญญาณภาพ

ในสเปเชียลโดเมน (Spatial Domain Filtering) หรือที่นิยมเรียกว่า การคอนโวลูชัน (Convolution) ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ลักษณะของการประมวลผลภาพเฉพาะบริเวณ

ที่มา : ญัฐภูมิ สุดแก้ว, 2564

3. การแยกส่วนของภาพ (Image Segmentation) เป็นเทคนิคหรือวิธีการประมวลผลภาพที่มีวัตถุประสงค์ในการแยกวัตถุ (Object) หรือลักษณะจุดเด่น (Feature) ในภาพออกจากพื้นหลัง (Background) ของภาพ วิธีการพื้นฐานที่ นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการแยกวัตถุหรือลักษณะจุดเด่นของภาพออกจากพื้นหลัง มี 2 วิธี คือ การหาขอบภาพ (Edge Detection) และเทคนิคการทำเทรชโฮลด์ (Threshold) เนื่องจากในบางครั้ง การวิเคราะห์หรือการประมวลผลข้อมูลภาพจำเป็นที่จะต้องทำการแยกวัตถุหรือสิ่งที่สนใจใน ข้อมูลภาพออกมาจากพื้นหลังของภาพ เช่น การแยกตัวอักษรสีดำออกจากพื้นหลังสีขาวในงาน ทางด้านรู้จำตัวอักษร (Character Recognition) หรือการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพทางด้าน การรู้จำใบหน้าคน (Face Recognition) นั้น จำเป็นต้องที่ต้องแยกส่วนตัวอักษรหรือใบหน้าคนออกจากพื้นหลังภาพ จากนั้นจึงนำตัวอักษรหรือภาพหน้าคนที่แยกส่วนออกมาได้นำไปวิเคราะห์ หรือประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไป เพื่อให้เรียนรู้ประเภทของตัวอักษรหรือจดจำใบหน้าคนได้

หลักการทำงานของ การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพโดยทั่วไปประกอบด้วยสามขั้นตอนต่อไปนี้

1. นำเข้ารูปภาพผ่านเครื่องมือการเก็บภาพ
2. วิเคราะห์และประมวลผลภาพ
3. ผลลัพธ์อาจเป็นภาพที่เปลี่ยนแปลงตามการวิเคราะห์ภาพหรือผลลัพธ์ของ

รายงาน

การประมวลผลภาพเป็นเทคนิคในการแปลงภาพเป็นรูปแบบดิจิทัลและดำเนินการกับภาพนั้นเพื่อให้ได้ภาพที่ได้รับการปรับปรุงหรือดึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ออกมา การ

เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับรูปภาพมักจะดำเนินการโดยอัตโนมัติและอาศัยอัลกอริทึมที่ออกแบบมาอย่างรอบคอบการประมวลผลภาพเป็นสาขาสหสาขาวิชาชีพ โดยได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ วิศวกรรมแสงและไฟฟ้า นอกจากนี้ยังซ้อนทับกับส่วนอื่น ๆ เช่น การจดจำรูปแบบ การเรียนรู้ของเครื่อง ปัญญาประดิษฐ์ และการวิจัยการมองเห็นของมนุษย์ ขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการประมวลผลภาพ ได้แก่ การนำเข้าภาพด้วยเครื่องสแกนออปติคอลหรือจากกล้องดิจิทัล การวิเคราะห์และจัดการภาพ (การบีบอัดข้อมูล การปรับปรุงภาพและการกรองภาพ) และสร้างภาพที่ต้องการ ความเป็นมาในการดึงข้อมูลจากภาพและตีความเนื้อหาเป็นปัจจัยขับเคลื่อนในการพัฒนาการประมวลผลภาพ การประมวลผลภาพพบการใช้งานในหลายภาคส่วน เช่น การแพทย์ อุตสาหกรรม การทหาร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภค และอื่น ๆ ในทางการแพทย์ มันถูกใช้สำหรับรูปแบบการถ่ายภาพเพื่อการวินิจฉัย เช่น การถ่ายภาพรังสีแบบดิจิทัล, การตรวจเอกซเรย์ปล่อยโพซิตรอน (PET), การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ตามแนวแกน (CAT), การถ่ายภาพด้วยคลื่นสนามแม่เหล็ก (MRI) และการถ่ายภาพด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กเชิงฟังก์ชัน (fMRI) การใช้งานในอุตสาหกรรมรวมถึงระบบการผลิต เช่น ระบบความปลอดภัย การควบคุมคุณภาพ และการควบคุมร่นำทางอัตโนมัติอัลกอริทึมการประมวลผลภาพที่ซับซ้อนถูกนำมาใช้ในแอปพลิเคชันต่าง ๆ ตั้งแต่การตรวจจับทหารหรือยานพาหนะ ไปจนถึงการนำชีปนาวทูและการจดจำวัตถุและการลาดตระเวน เทคนิคไบโอเมตริกซ์รวมถึงลายนิ้วมือ ใบหน้า ม่านตา และการจดจำมือกำลังถูกใช้อย่างกว้างขวางในการบังคับใช้กฎหมายและการรักษาความปลอดภัย กล้องดิจิทัลและกล้องวิดีโอทีวีความละเอียดสูง จอมอนิเตอร์ เครื่องเล่นดีวีดี เครื่องบันทึกวิดีโอส่วนบุคคล และโทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภคที่ได้รับความนิยมโดยใช้ในการประมวลผลภาพ (University of Tartu, 2014)

วิธีการประมวลผลภาพ

บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2556) อธิบายว่า ในทางปฏิบัติโปรแกรมการมองเห็นของเครื่องจักรจะมีการรวมเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยวิธีการต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ทั้งในเรื่องความแม่นยำและความถูกต้อง ดังนี้ (บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2556)

1. การนับจุดพิกเซล (Pixel)

เป็นองค์ประกอบ หรือหน่วย ซึ่งในภาพหนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วยจุดภาพหรือ จุดพิกเซลจำนวนมาก ความหนาแน่นของจุดภาพบ่งบอกถึงความละเอียดหรือความคมชัดที่ต่างกัน

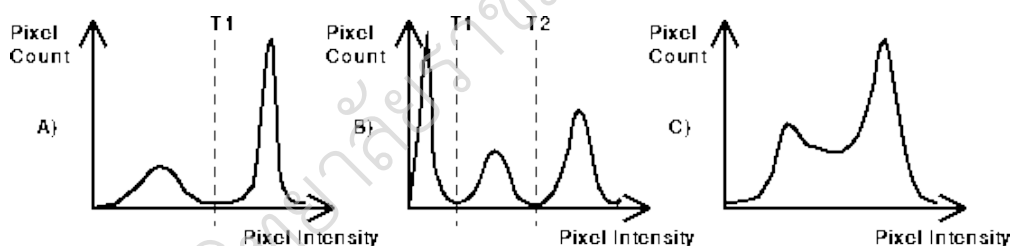
จำนวนพิกเซลมีมากหมายถึงความละเอียดสูง การระบุค่าพิกเซลจะบอกได้โดยการใช้ค่าแนวนอนคูณ แนวตั้ง เช่น $1,000 \times 1,000$ พิกเซล = 1,000,000 พิกเซล หรือ 1 ล้านพิกเซล 32

2. การแบ่งแยกบริเวณ (Segmentation)

เป็นกระบวนการแบ่งแยกภาพดิจิทัลออกเป็นส่วน ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์วัตถุ การแบ่งแยกวัตถุจะใช้ระบุตำแหน่งและขอบเขตของวัตถุในภาพ ผลของการแบ่งแยกภาพจะเป็นกลุ่มของวัตถุรูปทรงต่าง ๆ ที่ถูกรวมคลุมไว้ทั้งหมด หรือถูกดึงออกจากภาพ เทคนิคการแบ่งแยกวัตถุที่เป็นที่นิยม ประกอบด้วยการทำเทรชโฮลด์ และการหาขอบภาพ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การทำเทรชโฮลด์ (Thresholding)

เป็นเทคนิคการประมวลผลภาพอย่างง่าย เพื่อจะแบ่งแยกส่วนพื้นหน้า (Foreground) หรือวัตถุ (Object) ออกจากพื้นหลัง (Background) โดยภาพที่ได้อาจเป็นภาพสีหรือภาพขาวดำ แล้วใช้ค่าระดับเทรชโฮลด์ (T) หรือค่าระดับความเข้มเทาคงที่ค่าหนึ่งเป็นตัวกำหนดในการแยกแยะ ส่วนของภาพ เพื่อให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้เป็นภาพแบบไบนารี (Binary) ที่มีค่าระดับความเข้มเทาเพียง 2 ระดับเท่านั้น คือ ขาวและดำ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 การกำหนดค่าเทรชโฮลด์จากฮิสโทแกรม

ที่มา : The University of Edinburgh, 2000

ปกรณ แก้วตระกูลพงษ์ (2559) อธิบายถึงหลักการการตรวจสอบโดยใช้สีว่าเป็นลักษณะ สำคัญที่ช่วยให้เพิ่มมิติของข้อมูลเพื่อระบุหรือจำแนกวัตถุได้ง่ายขึ้น ซึ่งการจะระบุสีใด ๆ ได้ด้วย บริเวณภายในปริภูมิสี โดยที่ปริภูมิสีที่หลากหลายประเภทและการใช้งานมีความแตกต่างกัน เช่น RGB HSL CMY และ YIQ เป็นต้น การศึกษาเรื่องการตรวจสอบโดยใช้สี (Color inspection) ต้องทำความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ เช่น ปริภูมิสีและการแปลงค่า ระหว่างปริภูมิสี สเปกตรัมของสี การจับคู่สี การค้นหาวัตถุจากสี ดังนี้ (ปกรณ แก้วตระกูลพงษ์, 2559)

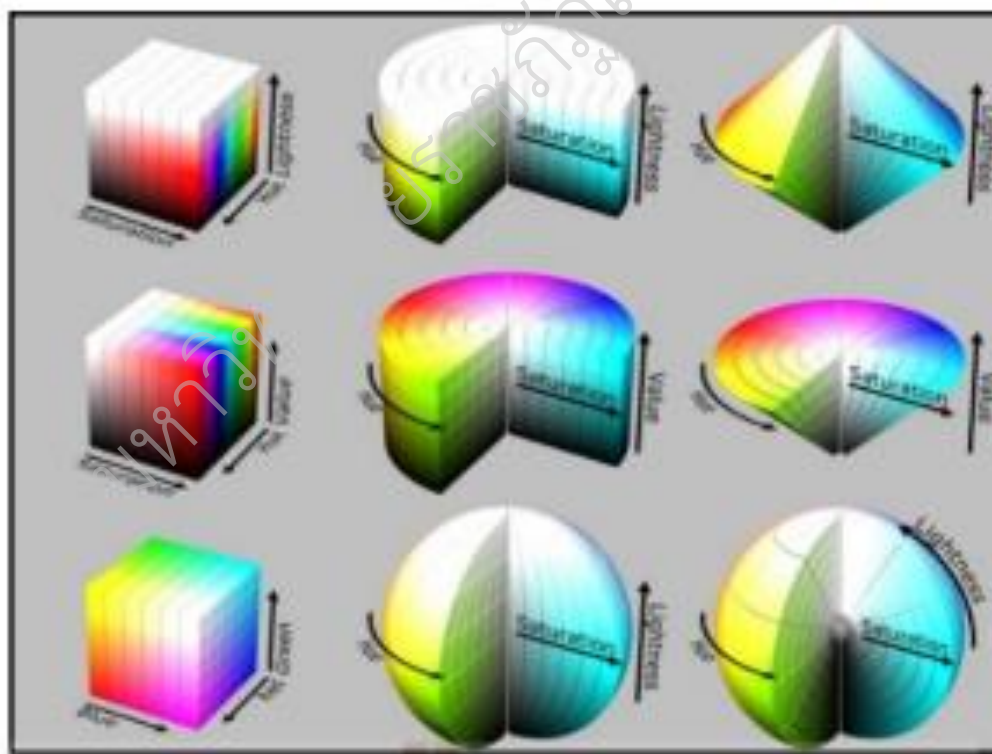
1) ปริภูมิสี (Color spaces) อยู่ในระบบโคออร์ดิเนต 3 มิติ (3D Coordinates) แต่ละสีจะเป็นหนึ่งจุดในปริภูมิสี ปริภูมิสีมีหลายชนิด ดังภาพประกอบ 5 โดยถูกใช้ในอุตสาหกรรมและประยุกต์ในงานต่าง ๆ ดังนี้

1.1) RGB ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และ สีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งใช้กับการแสดงผลในคอมพิวเตอร์

1.2) HSL ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ สีส้น (Hue) ความอิ่มตัว (Saturation) และความส่องสว่าง (Luminance) ซึ่งใช้ในการประมวลผลภาพ

1.3) CMY ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ สีฟ้า (Cyan) สีบานเย็น (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์

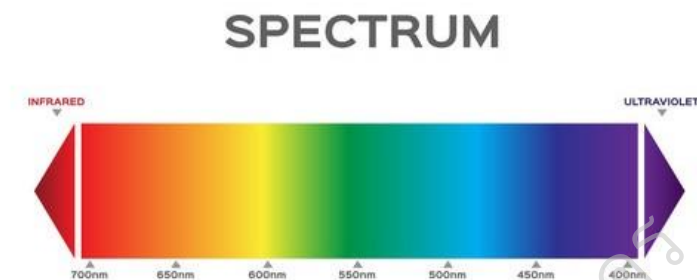
1.4) YIQ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความส่องสว่าง (Luminance) และ องค์ประกอบข้อมูลสี I และ Q ซึ่งมักใช้ในอุตสาหกรรมโทรทัศน์



ภาพประกอบ 5 ลักษณะของปริภูมิสีแบบต่าง ๆ ที่ให้เลือกประยุกต์ใช้

ที่มา : วัชรภูมิ สุดแก้ว, 2564

2) **สเปกตรัมของสี (Color spectrum)** เป็นข้อมูลชนิดอาร์เรย์ 1 มิติ ที่ใช้แทนข้อมูลสี 3 มิติของภาพหรือพิกเซลที่ภายในภาพ ซึ่งใช้โดยฟังก์ชันประมวลผลภาพสีต่าง ๆ เช่น การจับคู่สี การค้นหาตำแหน่งวัตถุจากสี เป็นต้น ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 สเปกตรัมของสีที่มีความยาวคลื่นต่างกัน

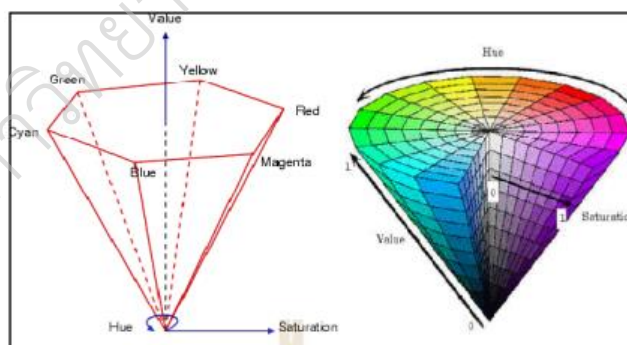
ที่มา : อนุรักษ์ สุตแก้ว, 2564

3) **การแมตชิ่งสี (Color matching)** การคำนวณความคล้ายกันของสีที่กำหนดและสีภายในบริเวณภาพที่ต้องการตรวจสอบการแมตชิ่งสีจะให้คะแนน (Score) ที่บอกว่าสีในพื้นที่ที่ทดสอบมีความคล้ายกับสีที่กำหนดไว้โดยใช้สเปกตรัมของสีเป็นโมเดลในการเปรียบเทียบวิธีเปรียบเทียบจะใช้หลักการของ 36 ระยะทางแมนฮัตตัน (Manhattan distance) มาเป็นเครื่องมือ ค่าคะแนนการแมตชิ่งสีอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1000 โดยที่ยิ่งค่ามากหมายถึงมีสัดส่วนสีเหมือนกันมากขึ้น การแมตชิ่งสีถูกนำไปประยุกต์เช่น การระบุวัตถุจากสี การตรวจสอบสี การค้นหาตำแหน่งวัตถุจากสี เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การระบุวัตถุจากสี (Color identification) เป็นการระบุวัตถุโดยเปรียบเทียบข้อมูลสีบนวัตถุกับฐานข้อมูลสีอ้างอิง (Reference colors) ซึ่งได้มีการกำหนดไว้ก่อน โดยวัตถุจะถูกกำหนดให้มีฉลาก (Label) ตามชนิดวัตถุที่อ้างอิงที่มีคะแนนการแมตชิ่งสูงสุด
2. การตรวจสอบวัตถุจากสี (Color inspection) เป็นการตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงาน เช่น การหายไป หรือการประกอบผิดตำแหน่งของชิ้นส่วน ซึ่งจะใช้วิธีการแมตชิ่งสีกับ บริเวณที่ต้องการทดสอบภายในภาพ
3. การค้นหาตำแหน่งวัตถุจากสี (Color object location) เป็นวิธีการค้นหาวัตถุอย่างรวดเร็วภายในภาพ ซึ่งต้องสร้างโมเดลสเปกตรัมของสีของวัตถุอ้างอิง การค้นหาตำแหน่งวัตถุจากสีจะระบุตำแหน่งของวัตถุโดยใช้สัดส่วนสีในภาพรวมที่ไม่ขึ้นกับขนาดวัตถุตำแหน่ง และมุมการวางตัวของวัตถุ

สมเกียรติ อุดมธรรษากุล (2554) อธิบายแบบจำลองสีที่มีการใช้กัน สามารถแสดงถึงค่าความสว่างในระดับหนึ่ง ๆ ได้ยาก ทั้งนี้เพื่อให้สามารถลดหรือเพิ่มความสว่างของสีใดสีหนึ่งได้ง่ายขึ้น แบบจำลองสี HSV จึงถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับ ความเป็นจริงมากกว่าแบบอื่น เนื่องจากเข้มนของสีไม่ได้ขึ้นอยู่กับเนื้อสีเพียงอย่างเดียว แต่ เกี่ยวข้องกับค่าความสว่างด้วย โมเดลสี HSV แสดงดังภาพประกอบ 7 และมีรายละเอียดดังนี้ (สมเกียรติ อุดมธรรษากุล, 2554)

1. H (Hue) คือ ค่าของแม่สีหลัก ประกอบด้วย สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยจะ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 โดยที่สีแดงจะเริ่มต้นที่ 0 เมื่อค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้สีเปลี่ยนไปตามสเปกตรัมจน วนกลับมาเป็นค่าของสีแดงอีกครั้ง
2. S (Saturation) คือ ความบริสุทธิ์ของสี อาจหมายถึงปริมาณของสีที่ถูกทำให้ เจือจางด้วยสีขาว ยิ่งปริมาณสีขาวมีมากจะทำให้ความอิ่มตัวของสีน้อยลง เช่น สีแดงมีความอิ่มตัว มากกว่าสีชมพู ดังนั้น หาก Saturation มีค่าเท่ากับ 0 จะเท่ากับไม่มีสี และหากเท่ากับ 1 จะ หมายถึงไม่มีแสงสีขาวอยู่เลย
3. V (Value) คือ ค่าความสว่างของสี ซึ่งวัดได้จากค่าความสว่างของสีแต่ละสีที่ ประกอบกัน โดยค่าความสว่างของสีจะต่างระดับกันไป



ภาพประกอบ 7 แบบจำลองสีแบบ HSV ที่นิยมใช้ในการตรวจจับสีวัตถุ
ที่มา : สมเกียรติ อุดมธรรษากุล, 2554

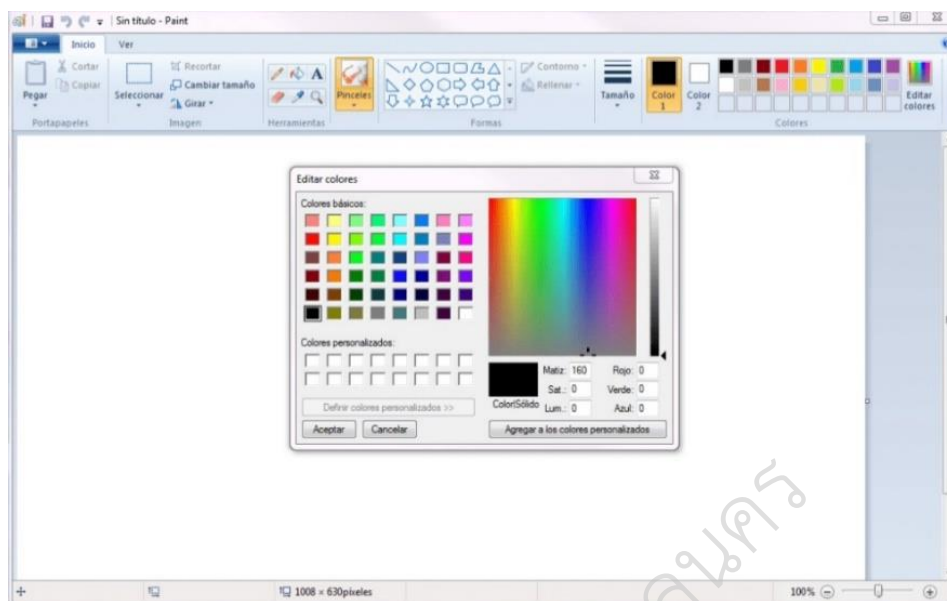
การแปลงค่าแบบจำลองสี RGB เป็นค่าแบบจำลองสี HSV ต้องทำให้ค่าปริมาณของแม่สีหลัก R, G และ B อยู่ระหว่าง 0 และ 1 แต่หากค่าเหล่านั้นอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ต้องทำ

การหารค่าต่าง ๆ ด้วย 255 เพื่อให้ค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าปริมาณของระดับสี HSV ได้ ดังสมการ (2.1)

$$\begin{aligned} V &= \max \{R, G, B\} \\ \delta &= V - \min \{R, G, B\} \\ S &= \delta / V \end{aligned} \quad (2.1)$$

เมื่อ $\min \{R, G, B\}$ คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบค่าสีเขียว สีแดงและสีน้ำเงิน
 $\max \{R, G, B\}$ คือค่าที่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบค่าสีเขียว สีแดงและสีน้ำเงิน
 V คือค่าสีที่มากที่สุดระหว่างค่าสีแดง (R), เขียว (G), และน้ำเงิน (B) ในพิกเซลนั้น ๆ
 ซึ่งบ่งบอกถึงความสว่างหรือความแรงของสีที่แท้จริงของพิกเซลนั้น ๆ
 δ คือความต่างระหว่างค่าสีที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุด ซึ่งบ่งบอกถึงความต่างในความสว่างหรือความแรงของสีระหว่างสีแดง (R), เขียว (G), และน้ำเงิน (B) ในพิกเซลนั้น ๆ
 S คือค่าของความต่างสีเป็นสัดส่วนของค่าสีที่มากที่สุด V ซึ่งบ่งบอกถึงความเข้มของสีหรือความอิ่มตัวของสีที่เห็นได้ในพิกเซลนั้น ๆ

การจะตรวจจับสีของวัตถุด้วยชุดคำสั่งในภาษา Python จะต้องแปลงค่าแบบจำลองสี RGB เป็น HSV หลังจากนั้นจึงกำหนดค่าสีของ H S และ V ตามลำดับ ในโปรแกรม วิธีการหนึ่งที่จะ สามารถตรวจสอบค่า HSV เพื่อกำหนดในโค้ดโปรแกรมได้คือการใช้โปรแกรม Paint ที่ติดตั้งมาพร้อม กับระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้เลือกสีและตรวจสอบค่า HSV เพื่อนำไประบุในโค้ดโปรแกรม สำหรับเลือกตรวจจับวัตถุที่มีสีต่าง ๆ ได้ ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 การใช้โปรแกรม Paint บน Windows เพื่อตรวจสอบค่าสีในปริภูมิ HSV
ที่มา : อนุรักษ์ สดแก้ว, 2564

ความแม่นยำและความคลาดเคลื่อน ศักรินทร์ โสนันทะ (2553) ให้ความหมายของการวัดว่า การวัด (Measurement) เป็น กระบวนการที่ทำการเปรียบเทียบปริมาณที่ไม่ทราบค่าของตัวแปรกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ หากค่าที่มีการวัดได้มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากแสดงว่าการวัดนั้นมีความแม่นยำ หรือความถูกต้องสูง (ศักรินทร์ โสนันทะ, 2553 และวิศรุต ศรีรัตนะ, 2554) ได้อธิบายความหมายของการวัดว่าหมายถึง การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณค่าของตัวแปรสองค่าคือ ค่าของตัวแปรที่ต้องการทราบ (Measure Value) และค่าอ้างอิง (Reference Value) โดยที่ลักษณะของการวัดจำแนกตามวัตถุประสงค์ได้ 2 ลักษณะ ประกอบด้วย การวัดเพื่อความรู้ และการวัดเพื่อควบคุม นอกจากวัตถุประสงค์ของการวัดดังกล่าว ยังสามารถแบ่งรูปแบบการวัดได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้ (วิศรุต ศรีรัตนะ, 2554)

1) การวัดทางตรง (Direct Comparison) คือ การวัดปริมาณตัวแปรโดยค่าที่ได้จากการวัด คือผลลัพธ์ที่ต้องการ โดยเป็นค่าที่ใช้ได้เลยโดยไม่ต้องนำมาทำการคำนวณเปรียบเทียบ

2) การวัดทางอ้อม (Indirect Comparison) คือ การวัดในทางวิศวกรรมหรือทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ค่าหรือผลลัพธ์ที่ได้จะต้องนำมาคำนวณแปลงหน่วยให้เหมาะสมกับปริมาณการวัด

ส่วนความผิดพลาดจากการวัด ศักรินทร์ โสนันทะ (2553) ได้แจกแจงถึงความผิดพลาดจากการวัดว่ามี 3 ชนิด ดังนี้ (ศักรินทร์ โสนันทะ, 2553)

- 1) ความผิดพลาดโดยผู้วัด (Human Errors or Gross Errors) โดยเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์เอง เช่น การอ่านค่าผิด บันทึกผิดพลาด เป็นต้น
- 2) ความผิดพลาดของระบบ (Systematic Errors) โดยจะแบ่งออกเป็น 3 อย่าง ประกอบด้วย ความผิดพลาดของเครื่องมือวัด (Instrument Errors) ความผิดพลาดจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Errors) ความผิดพลาดจากการอ่าน (Observational Errors)
- 3) ความผิดพลาดแบบแรนดอม (Random Errors) เป็นความผิดพลาดที่ไม่แน่นอน ไม่ทราบ ว่ามีสาเหตุมาจากสิ่งใด

นอกจากลักษณะของความผิดพลาดที่มีส่วนสำคัญ ผู้ศึกษาต้องเข้าใจเกี่ยวกับนิยามที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัด โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ความแม่นยำหรือความถูกต้อง (Accuracy) เป็นความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้กับ ค่าความจริงของตัวแปรที่ถูกวัด ทั้งนี้ ค่าความถูกต้องหรือความแม่นยำ และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (% Acc) หาได้จากสมการ (2.2) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Accuracy} &= 1 - \% \text{Error} \\ \% \text{Acc} &= \text{Accuracy} * 100\% \end{aligned} \quad (2.2)$$

- 2) ความเที่ยงตรง (Precision) เป็นความสามารถของเครื่องมือวัดที่จะวัดค่าได้ในแต่ละครั้ง แล้วมีค่าการวัดที่แตกต่างกันน้อยมากเมื่อใช้เครื่องมือดังกล่าววัดปริมาณของตัวแปรเดิมซ้ำ ทั้งนี้ ค่า ความเที่ยงตรงหาได้จากสมการ (2.3) ดังนี้

$$\text{Precision} = 1 - |(x_n - \bar{x}_n) / \bar{x}_n| \quad (2.3)$$

เมื่อ x_n คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด
 $\bar{x}_n$ คือ ค่าของการวัดแต่ละครั้ง

- 3) ความไว (Sensitivity) เป็นความไวในการตอบสนองของเครื่องมือวัด

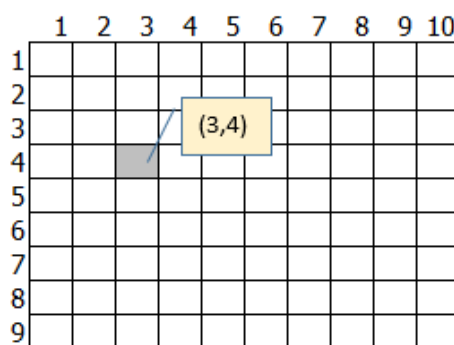
4) ความผิดพลาด (Error) เป็นความแตกต่างระหว่างค่าวัด (Measured Value) และค่าจริง (True Value) ทั้งนี้การหาค่าความผิดพลาดจากการวัด ซึ่งเป็นค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ หรือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ได้จากค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริงสามารถหาได้ จากสมการ (2.4) ดังนี้

$$\%Error = \left\{ \left| \frac{x_m - x_t}{x_t} \right| \right\} \times 100\% \quad (2.4)$$

เมื่อ x_t คือ ค่าจริง (True)
 x_m คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure)

5) ความละเอียด (Resolution) เป็นความสามารถของเครื่องมือวัดที่จะตอบสนองหรือ วัดค่าที่เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (Smallest Change)

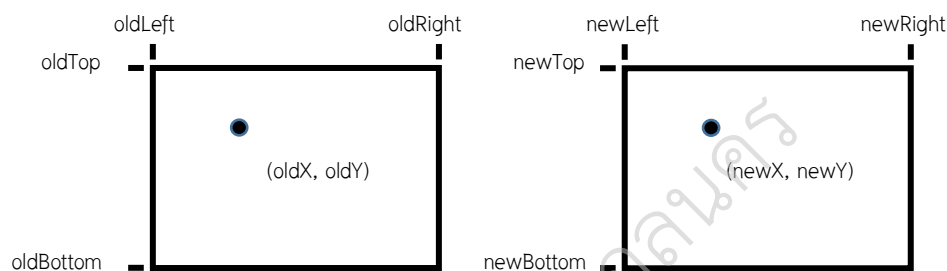
การตรวจวัดค่าพิกัดและหาระยะห่างในระบบพิกเซล (Pixel Coordination) Devid J. Eck (2021) อธิบายถึงรูปภาพดิจิทัลประกอบด้วยแถวและคอลัมน์ของพิกเซล โดย ที่พิกเซลในภาพดังกล่าวจะสามารถระบุได้ว่าอยู่ในคอลัมน์หรือแถวใด พิกัดพิกเซลในแถวหรือคอลัมน์ใด ๆ จะถูกระบุด้วยเลขจำนวนเต็ม ยกตัวอย่างเช่น (3, 5) หมายถึง คอลัมน์ที่ 3 และแถวที่ 5 ทั้งนี้ คอลัมน์และแถวจะสามารถมีได้มากเพียงใดขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพ (Resolution) เช่น (480, 640) เป็นต้น โดยปกติแล้วคอลัมน์จะถูกกำหนดจากซ้ายไปขวา และแถวถูกกำหนดจากบนลงล่าง ดังภาพประกอบ 9 (Devid J. Eck, 2021)



ภาพประกอบ 9 การแสดงผลของภาพในระบบพิกเซล

ที่มา : ัญญภูมิ สุดแก้ว, 2564

การที่จะทราบค่าพิกัดพิกเซลเมื่อมีการเคลื่อนที่จากจุดอ้างอิงจากพิกัดเดิม (พิกัดที่ 1: (oldX, oldY)) ไปยังพิกัดใหม่ (พิกัดที่ 2: (newX, newY)) ในภาพ (ภาพประกอบ 10) โดยที่จุดกำหนดที่จะใช้ใน การคำนวณในพิกัดที่ 1 คือ oldLeft oldRight oldTop และ oldBottom และจุดกำหนดที่จะใช้ใน 56 การคำนวณพิกัดที่ 2 คือ newLeft newRight newTop และ newBottom จากข้อมูลดังกล่าว สามารถคำนวณหาจุด newX และ newY ได้จากสมการ 2.5



ภาพประกอบ 10 การตรวจวัดพิกัดพิกเซลในตำแหน่งต่าง ๆ ของภาพ

ที่มา : อนุรักษ์มิตต์แก้ว, 2564

$$\begin{aligned} \text{newX} &= \text{newLeft} + ((\text{oldX} - \text{oldLeft}) / (\text{oldRight} - \text{oldLeft})) \times (\text{newRight} - \text{newLeft}) \\ \text{newY} &= \text{newTop} + ((\text{oldY} - \text{oldTop}) / (\text{oldBottom} - \text{oldTop})) \times (\text{newBottom} - \text{newTop}) \end{aligned} \quad (2.5)$$

การหาระยะทางในระบบภาพ Noreen Garrison (2561) อธิบายว่า ในการประมวลผลภาพเพื่อ หาระยะทางหรือพิกัดของวัตถุโดยวิเคราะห์จากความใกล้เคียงหรือไกลจากกรอบภาพเป็นเครื่องมือสำคัญ ใน ระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ทั้งนี้ ระยะห่างที่แปลงค่าออกมาจะได้รับการ วิเคราะห์ค่าพิกเซลของภาพและวัตถุในภาพ ในการหาระยะทางของวัตถุมีหลายวิธี แต่วิธีที่ง่าย และที่ ได้รับความนิยมจะมีอยู่ 2 วิธี ซึ่งสามารถคำนวณได้จากทฤษฎีพีทาโกรัส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ((Noreen Garrison, 2561))

1) ระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance) คือ การวัดระยะห่างแบบยูคลิดเดียน ที่เป็น การวัดค่าความห่างระหว่างข้อมูล 2 ข้อมูล ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ซึ่งเป็นแนวเส้นตรง โดยคำนวณ ได้จากสมการ (2.6)

$$D_{(a,b)} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2.6)$$

เมื่อ x_1, y_1 คือ พิกัดพิกเซลของจุด a
 x_2, y_2 คือ พิกัดพิกเซลของจุด b

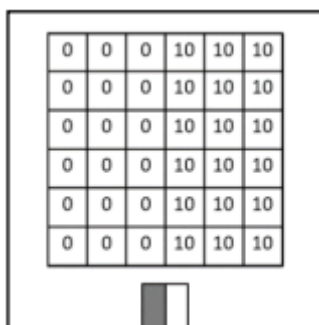
2) ระยะทางแบบแมนฮัตตัน (Manhattan distance) เป็นการวัดระยะทางตามวิธีการ วัดตามระบบพิกัดฉากระหว่างข้อมูลจำนวน 2 ข้อมูล บนแกน X และแกน Y และจากพิกัดของจุดทั้ง 2 จะสามารถลากเส้นตรงให้มาบรรจบกันเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากได้อาศัยหลักการระบบพิกัด สามเหลี่ยม (Image rectangular coordinate system) โดยนำมา คำนวณได้จากสมการ (2.7) ดังนี้

$$D_{(a,b)} = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1| \quad (2.7)$$

เมื่อ x_1, y_1 คือ พิกัดพิกเซลของจุด a
 x_2, y_2 คือ พิกัดพิกเซลของจุด b

2.2 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่แสดงถึงโครงร่าง ของวัตถุภายในภาพ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของภาพที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ในการนำไป ประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น ขอบของภาพ สามารถนำไปใช้ในการระบุถึงขนาดของวัตถุที่อยู่ใน ภาพ การนำไปประยุกต์ใช้ในการแยกแยะระหว่างวัตถุหรือข้อมูลในภาพกับส่วนของพื้นหลังภาพ (Background) หรือการนำไปใช้ในการระบุวัตถุที่อยู่ภายในภาพ ขอบต่าง ๆ ภายในภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับความเข้มเทาแบบทันทีทันใด จากค่าระดับต่ำ ๆ ไปเป็นค่าระดับความเข้ม เทาสูง ๆ หรือในทางตรงกันข้าม เปลี่ยนจากค่าระดับค่าความเข้มเทาสูง ๆ ไปเป็นค่าระดับความเข้ม เทาต่ำ ๆ อีกนัยหนึ่งคือส่วนที่เกิดจากความไม่ต่อเนื่องของค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลที่อยู่บริเวณด้านติดกัน (Neighborhood Pixels) กล่าวคือ ค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลที่อยู่ติดกันมีค่าแตกต่างกันมาก ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 ค่าระดับความเข้มเทาของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด
ที่มา : ญัฐภูมิ สุดแก้ว, 2564

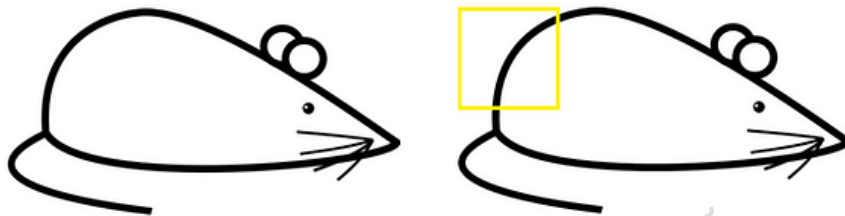
3. การรับรู้ (Recognition) การจะทำให้คอมพิวเตอร์มองเห็นหรือรับรู้วัตถุในภาพเป็นวัตถุประเภทใด ขนาดใด สีใด รูปร่างเป็นอย่างไร ตลอดจนมีคุณลักษณะเฉพาะประการใด รายละเอียดต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นสิ่งที่คอมพิวเตอร์จะต้องแยกแยะความแตกต่างและหลากหลายให้ออก โดยที่ปัญหาในการรับรู้ ของคอมพิวเตอร์โดยเบื้องต้น ประกอบด้วย

- 1) การรับรู้วัตถุ (Object Recognition) เป็นการกำหนดวัตถุไว้ล่วงหน้า ในการเรียนรู้ หรือการจัดลำดับขั้นการรับรู้ของวัตถุในภาพแบบ 2 มิติ
- 2) การระบุเอกลักษณ์ (Identification) เป็นการระบุลักษณะเด่นหรือลักษณะสำคัญเฉพาะของวัตถุเพื่อการรับรู้
- 3) การตรวจสอบ (Detection) เป็นการแสกนข้อมูลภาพเพื่อกำหนดเงื่อนไข ที่เฉพาะเจาะจง การตรวจสอบจะอยู่บนพื้นฐานของการคำนวณที่ง่ายและรวดเร็ว เช่น การหาพื้นที่ หรือขนาดของวัตถุ

4. เครือข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เครือข่ายประสาทเทียม คือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลอง ทางคอมพิวเตอร์ ที่อาศัยแนวคิดการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ซึ่งเครือข่าย ประสาทในระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จะประกอบไปด้วยการเชื่อมกันของเซลล์ประสาท เทียม และการประมวลผลข้อมูล โดยหน้าที่ของเครือข่ายประสาทเทียมจะถูกนำไปประยุกต์ใช้จดจำ วัตถุ เช่น รูปทรงของวัตถุ สีของวัตถุ ชนิดของวัตถุ เป็นต้น

Convolutional Neural Network (CNN) หรือ โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Natthawat Phongchit, 2018) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่ม bio-inspired โดยที่ CNN จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นที่ย่อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ มา

ผสมกัน เพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่เป็นอะไรกันแน่ การมองพื้นที่ย่อยของมนุษย์จะมีการแยกคุณลักษณะ (feature) ของพื้นที่ย่อยนั้น เช่น ลายเส้น และการตัดกันของสี ซึ่งการที่มนุษย์รู้ว่าพื้นที่ตรงนี้เป็นเส้นตรงหรือสีตัดกัน เพราะมนุษย์ดูทั้งจุดที่สนใจและบริเวณรอบ ๆ ประกอบกัน



ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างแนวคิดเครือข่ายประสาทเทียม 1

ที่มา : <https://adeshpande3.github.io>

ถ้าเราเปรียบว่ากรอบสี่เหลี่ยมสีเหลืองนั้น คือพื้นที่ที่มนุษย์กำลังให้ความสนใจอยู่ แต่เราสามารถรับรู้ได้ว่าสิ่งนี้คือหนู เพราะเรากวาดสายตามองรอบ ๆ

แนวคิดของ CNN นั้นค่อนข้างเป็นแนวคิดที่ดีมาก แต่สิ่งที่ซับซ้อนของมันคือระบบการคำนวณที่สอดคล้องกับ Concept ของมันเองและต้องมีคณิตศาสตร์มารองรับ โดยการคำนวณตามแนวคิดนี้ใช้หลักการเดียวกันกับ คอนโวลูชันเชิงพื้นที่ (Spatial Convolution) ในการทำงานด้าน Image Processing การคำนวณนี้จะเริ่มจากการกำหนดค่าใน **ตัวกรอง (filter)** หรือ **เคอร์เนล (kernel)** ที่ช่วยดึงคุณลักษณะที่ใช้ในการรู้จำวัตถุออก โดยปกติตัวกรอง/เคอร์เนลอันหนึ่งจะดึงคุณลักษณะที่สนใจออกมาได้หนึ่งอย่าง เราจึงจำเป็นต้องตัวกรองหลายตัวกรองด้วย เพื่อหาคุณลักษณะทางพื้นที่หลายอย่างประกอบกัน

ลักษณะของ Filter, สำหรับ Filter ของภาพดิจิทัลนั้น โดยปกติแล้วจะเป็นตารางสองมิติที่มีขนาดตามพื้นที่ย่อย ๆ ที่เราอยากพิจารณา สมมุติว่าถ้าเราต้องการหาเส้นตรงทะแยงสีขาว ตัวกรองของเราอาจจะอยู่ในลักษณะนี้

1	-1	-1
-1	1	-1
-1	-1	1

ภาพประกอบ 13 ตัวกรอง 3x3 สำหรับหาเส้นตรงทแยงสีขาว

ที่มา : <https://medium.com>

ตำแหน่งตรงกลางที่มีกรอบสีฟ้าคือ Anchor ที่เอาไว้หาบนพิกเซลของภาพข้อมูลเข้า ตัวกรองจะถูกหาบนพิกเซลแรกๆของภาพข้อมูลเข้า จากนั้นจะถูกเลื่อนไปหาบนพิกเซลอื่นในภาพทีละพิกเซลจนครบทุกพิกเซลในภาพ เราอาจจะไม่หาตัวกรองบนพิกเซลที่อยู่ใกล้กรอบภาพ เพราะตัวกรองจะล้นออกไปนอกภาพ เมื่อเราเลื่อนตัวกรองไปเรื่อย ๆ จนครบทุกพิกเซลที่สามารถเลื่อนได้ในภาพ สิ่งที่เราได้นั้นจะเป็นสิ่งที่เรียกว่า ฝังคุณลักษณะ (feature map)

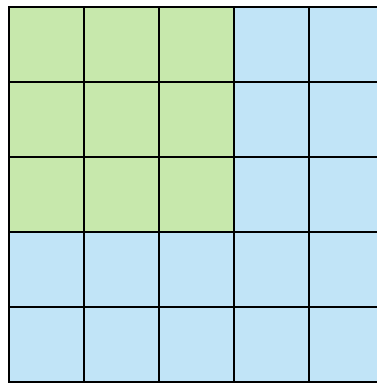
1x1	1x0	1x1	0	0
0x0	1x1	1x0	1	0
0x1	0x0	1x1	1	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0

4		

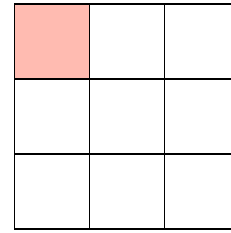
ภาพประกอบ 14 ซ้าย: filter เลื่อนไปบน input, ขวา: ผลลัพธ์การคำนวณซึ่งออกมาเป็น Feature map

ที่มา : <https://towardsdatascience.com>

Stride และ Padding, *Stride* เป็นตัวกำหนดว่าเราจะเลื่อนตัวกรอง (filter) ไปด้วย Step เท่าไร (ตัวอย่างด้านล่างกำหนด Stride เท่ากับ 1)



Stride 1

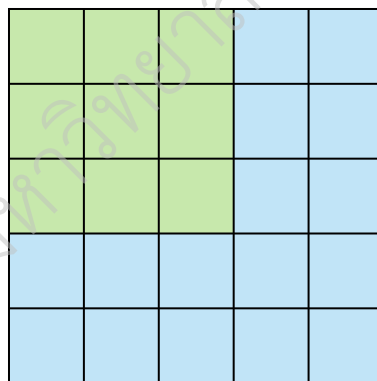


Feature Map

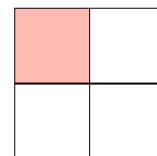
ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างกำหนด Stride เท่ากับ 1

ที่มา : <https://towardsdatascience.com>

เราสามารถกำหนดค่าของ Stride ให้มากขึ้นก็ได้ ถ้าเราต้องการให้การคำนวณหาคุณลักษณะมีพื้นที่ทับซ้อนกันน้อยขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการกำหนดค่าของ Stride ที่มากขึ้นจะทำให้เราได้ฟังก์ชันคุณลักษณะ (feature map) ที่มีขนาดเล็กลง



Stride 2

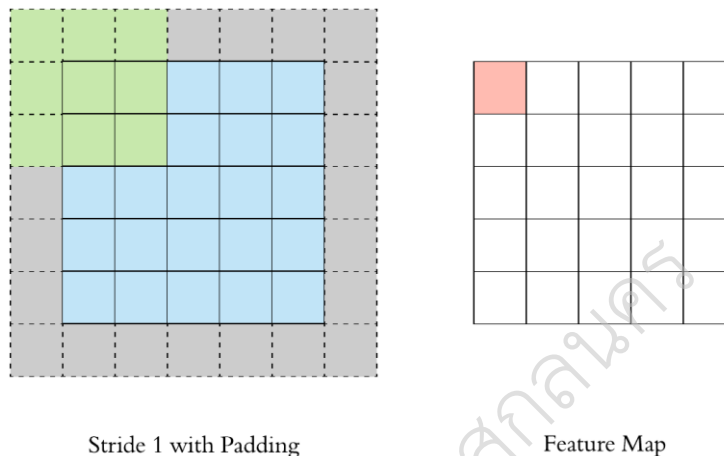


Feature Map

ภาพประกอบ 16 ค่า Stride ที่มากขึ้น ฟังก์ชันคุณลักษณะ (feature map) มีขนาดเล็กลง

ที่มา : <https://towardsdatascience.com>

Padding จากรูปด้านล่าง พื้นที่สีเทารอบ ๆ Input พื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ที่มักเติมเข้าไป โดยอาจจะเป็นเติม 0 หรือค่าต่าง ๆ เข้าไป เพื่อให้เวลาในการทำ CNN นั้น Feature Map ที่ได้ยังคงมีขนาดเท่ากับ Input



ภาพประกอบ 17 Padding

ที่มา : <https://towardsdatascience.com>

ในบางปัญหา Input ที่อยู่ตามขอบภาพอาจมีความสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจบางอย่าง เราจึงจำเป็นต้องเก็บคุณลักษณะตามขอบของรูปภาพไว้ด้วย

Max Pooling ก่อนอื่นเรามองลองดูหนึ่งในปัญหาของการทำ CNN กันก่อน สมมติเราใช้ CNN ด้วยขนาดตัวกรอง 3x3 พิกเซล แต่เรารู้ดีว่าเวลาเรามองภาพแล้วเราตอบได้ว่ามันคืออะไร เพราะเรามองไปในบริเวณที่กว้างกว่านั้น



ภาพประกอบ 18 Max Pooling

ที่มา : http://202.143.144.83/~skb/computor/ganjana/east_china_data.htm

จากภาพ จะเห็นว่าต่อให้รูปภาพมีขนาดสเกลที่เล็กลง แต่เราก็ยังสามารถมองออกว่ามันคือเครื่องปั้นดินเผา แสดงว่า เราจำแนกวัตถุขึ้นนี้ที่ความละเอียดต่ำลง แต่เรากำลังทำ CNN ที่ความละเอียดสูง



ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างแนวคิดเครือข่ายประสาทเทียม 2

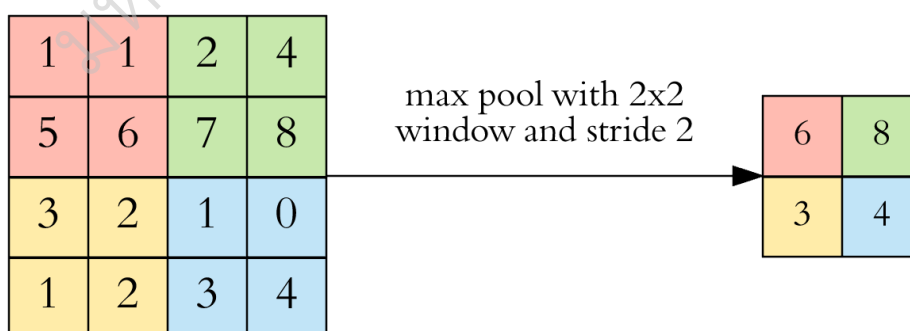
ที่มา : <https://medium.com>

มนุษย์เราจำแนกวัตถุ โดยอาศัยทั้งการดูที่รายละเอียดเล็ก ๆ และการดูแบบคร่าว ๆ บนพื้นที่ใหญ่ ลองสังเกตการจำแนกแมวในภาพสองภาพนี้ ในภาพบนแม้จะมีแมวหลายตัว แต่เราแยกแมวพวกนี้ออกจากกันได้ง่าย ๆ ด้วยการดูสีหรือพื้นที่ใหญ่ ๆ บนตัวแมว ในขณะที่แมวทางภาพล่างสองตัวนี้เรากลับ ต้องลงไปดูรายละเอียดเล็กๆ เช่นตาและจมูก เพื่อแยกให้ออกว่ามีแมวกี่ตัว

Multiscale Analysis จากปัญหาด้านบนเราจะเห็นว่าเป็นไปได้ยากมากหากเราต้องอาศัยข้อมูลที่ยากหรือละเอียดอย่างใดอย่างหนึ่งในการจำแนกวัตถุ ดังนั้นในการฝึกเครื่องเราจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลทั้งหยาบและละเอียดควบคู่กันไป ตอนนี้เรารู้แล้วว่าเราจำเป็นต้องคำนวณภาพในหลายสเกล แต่ปัญหาที่สำคัญคือเราจะทำให้การคำนวณอยู่ในรูปหลายสเกลได้อย่างไร หากเราใช้ตัวกรองขนาด 3×3 เรากำลังจะจัดการกับรายละเอียดเล็กๆ (ภาพใหญ่มีรายละเอียดมาก จึงถือว่าเป็นสเกลละเอียด) แต่ด้วยตัวกรองขนาดเท่าเดิม หากทำกับภาพที่ขนาดเล็กลงแล้ว มันจะครอบคลุมพื้นที่วัตถุเดิมมากขึ้น ดังนั้นถ้าโครงข่ายเราควรจะต้องมีการย่อรูปประกอบด้วย เราก็จะสามารถเข้าถึงความสามารถด้านการวิเคราะห์หลายความละเอียดได้

Pooling คือความสามารถในการย่อรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีสองประเภทหลักที่นิยมกัน คือ **max pooling** และ **mean pooling**

Max Pooling เป็นตัวกรองแบบหนึ่งที่หาค่าสูงสุดในบริเวณที่ตัวกรองทาบอยู่มาเป็นผลลัพธ์ โดยเราจะเตรียมตัวกรองในลักษณะเดียวกับการทำ Feature Extraction ของ CNN มาทาบบนข้อมูลแล้วเลือกค่าที่สูงที่สุดบนตัวกรองนั้นมาเป็นผลลัพธ์ใหม่ และจะเลื่อนตัวกรองไปตาม Stride ที่กำหนดไว้ โดยขนาดตัวกรองของการทำ max pooling จะนิยมเรียกกันว่า **pool size**



ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างแนวคิด Max Pooling

ที่มา : <https://towardsdatascience.com>

ทำไมเราจึงไม่เลือกการตัดพิกเซล แทนการทำ Max pooling ละ ? คำตอบคือการตัดพิกเซลมันจะได้เฉพาะเรื่องการเปลี่ยนขนาดภาพ แต่ที่เราต้องการคือการเก็บคุณลักษณะเด่นที่ตัวกรอง CNN ที่ทำไว้ใช้ต่อไป ถ้าตัดออกไปเฉย ๆ โดยไม่มีการคัดสรร เราอาจจะได้ค่าคุณลักษณะที่เหลืออยู่ในผลลัพธ์ที่ไม่สะท้อนถึงลักษณะที่สำคัญในภาพ แต่ถ้าเราใช้ Max Pooling ค่าคุณลักษณะที่เด่นที่สุดจะถูกเก็บไว้คำนวณต่อ

เทคนิคการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อการวิเคราะห์

MATLAB เป็นภาษาประสิทธิภาพสูงสำหรับการประมวลผลทางเทคนิค ซึ่งรวมเอาสภาพแวดล้อมการคำนวณ การสร้างภาพ และการเขียนโปรแกรม เข้าด้วยกัน นอกจากนี้ MATLAB ยังเป็นสภาพแวดล้อมภาษาโปรแกรมสมัยใหม่: มีโครงสร้างข้อมูลที่ซับซ้อน มีเครื่องมือแก้ไขและดีบั๊กในตัว และสนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ ปัจจุบันเหล่านี้ทำให้ MATLAB เป็นเครื่องมือที่ยอดเยี่ยมสำหรับการสอนและการวิจัย MATLAB มีข้อได้เปรียบมากมายเมื่อเทียบกับภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วไป (เช่น C, FORTRAN) ในการแก้ปัญหาทางเทคนิค MATLAB เป็นระบบโต้ตอบที่มีองค์ประกอบข้อมูลพื้นฐานเป็นอาร์เรย์ที่ไม่ต้องการการกำหนดขนาด แพลตฟอร์มซอฟต์แวร์นี้มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์มาตั้งแต่ปี 1984 และปัจจุบันถือเป็นเครื่องมือมาตรฐานมากที่สุดมหาวิทยาลัยและอุตสาหกรรมทั่วโลก (David Houcque, 2005).

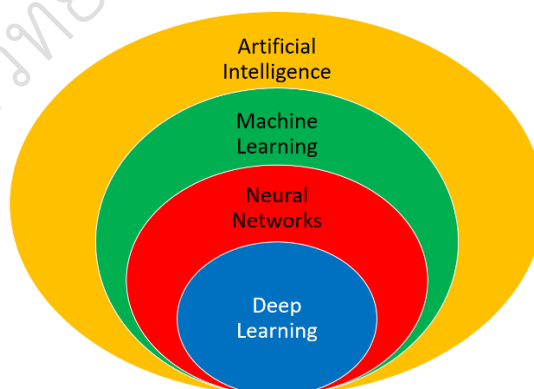
MATLAB ซึ่งเป็นตัวย่อของ 'matrix laboratory' เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นภาษาการเขียนโปรแกรมที่เป็นเอกลักษณ์ซึ่งพัฒนาโดย MathWorks ช่วยให้สามารถปรับแต่งเมทริกซ์ ฟังก์ชันและการวางแผนข้อมูล การใช้งานอัลกอริทึม การสร้างอินเทอร์เฟซผู้ใช้ และการเชื่อมต่อกับโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาโปรแกรม เช่น C, C++, Java เป็นต้น ใน MATLAB IPT คือชุดของฟังก์ชันที่ขยายขีดความสามารถของสภาพแวดล้อมการคำนวณตัวเลขของ MATLAB มีชุดอัลกอริทึมมาตรฐานอ้างอิงและแอปพลิเคชันเวิร์กโฟลว์ที่ครอบคลุมสำหรับการประมวลผลภาพ การวิเคราะห์ การสร้างภาพ และการพัฒนาอัลกอริทึมสามารถใช้เพื่อทำการแบ่งส่วนภาพ การปรับปรุงภาพ การลดสัญญาณรบกวน การแปลงทางเรขาคณิต การลงทะเบียนภาพ และการประมวลผลภาพ 3 มิติ ฟังก์ชัน IPT จำนวนมากรองรับการสร้างโค้ด C/C++ สำหรับการสร้างต้นแบบบนเดสก์ท็อปและการปรับใช้ระบบการมองเห็นแบบฝังตัว (Dr Anil Kumar Maini, 2019)

เทคนิคการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Google Colab

Google Colab เป็นแพลตฟอร์มที่ยอดนิยมสำหรับผู้ชื่นชอบ Deep Learning และยังสามารถใช้ทดสอบโมเดล Machine Learning ขั้นพื้นฐาน เพิ่มพูนประสบการณ์ และพัฒนาสัญชาตญาณในการเรียนรู้เชิงลึก เช่น การปรับ Hyperparameter ข้อมูลก่อนการประมวลผล ความซับซ้อนของรูปแบบ Overfit และอื่น ๆ อีกมากมาย

Colaboratory โดย Google (เรียกสั้นๆ ว่า Google Colab) คือสภาพแวดล้อมรันไทม์ที่ใช้โน้ตบุ๊ก Jupyter ซึ่งช่วยให้สามารถเรียกใช้โค้ดทั้งหมดบนคลาวด์ได้ นี่เป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากช่วยให้สามารถฝึกอบรมโมเดล ML และ DL ขนาดใหญ่ได้ แม้ว่าจะไม่สามารถเข้าถึงระบบประมวลผลขนาดใหญ่หรืออินเทอร์เน็ตความเร็วสูงก็ตาม Google Colab รองรับทั้งอินสแตนซ์ GPU และ TPU ซึ่งทำให้เป็นเครื่องมือที่สมบูรณ์แบบสำหรับผู้ชื่นชอบการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) และการวิเคราะห์ข้อมูล (data analytics) เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านการคำนวณบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของตัวเอง (เข้าถึงได้จาก <https://neptune.ai/blog/how-to-use-google-colab-for-deep-learning-complete-tutorial>)

การเรียนรู้เชิงลึกเป็นการเรียนรู้ของเครื่องประเภทหนึ่งที่มีโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้น เป็นหนึ่งในวิธีการเรียนรู้ของเครื่องมากมายในการสังเคราะห์ข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบการคาดเดา (เข้าถึงได้จาก <https://colab.research.google.com>)



ภาพประกอบ 21 โครงสร้างการเรียนรู้เชิงลึกภายในโครงข่ายประสาทเทียม

ที่มา : <https://colab.research.google.com>

การประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึกสองประการคือการถดถอย (คาดการณ์ผลลัพธ์) และการจำแนกประเภท (แยกความแตกต่างระหว่างตัวเลือกที่ไม่ต่อเนื่อง) ในแต่ละกรณี จะมีข้อมูล

การฝึกที่ใช้ในการปรับน้ำหนัก (พารามิเตอร์ที่ไม่รู้จัก) ที่ลดฟังก์ชันการสูญเสียให้เหลือน้อยที่สุด (ฟังก์ชันวัตถุประสงค์)

แบบจำลองที่ผ่านการฝึกอบรมจะคาดการณ์ผลลัพธ์ตามเงื่อนไขการป้อนข้อมูลใหม่ที่ไม่เคยมีชุดข้อมูลเดิม ขั้นตอนทั่วไปในการสร้างและปรับใช้แอปพลิเคชันการเรียนรู้เชิงลึกคือการรวมข้อมูล การสร้างแบบจำลอง การฝึกอบรม การตรวจสอบและการปรับใช้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ปรเมนทร์และคณะ (2560) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกพันธุ์ต่าง ๆ จากภาพถ่ายและสร้างวิธีวิเคราะห์ภาพถ่าย ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบกระบวนการจำแนกพันธุ์ข้าวเปลือกระหว่างพันธุ์ กข 49 และ กข 6 โดยการปนข้าวเปลือกพันธุ์ กข 49 ลงใน กข 6 เป็นสัดส่วน 1, 5 10, 20 และ 50% ตามลำดับ โดยผลการทดลองพบว่าสามารถแยกข้าวทั้งสองพันธุ์ออกจากกันสำเร็จ 100%, 100%, 100%, 100% และ 96% ตามลำดับ (ปรเมนทร์และคณะ, 2560)

ไชยยันต์ และเกรียงไกร (2564) ได้พัฒนาระบบฉีดพ่นปุ๋ยน้ำแบบแปรผันอัตราได้ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายแบบติดตั้งบนรถแทรกเตอร์ไร้คนขับสำหรับพื้นที่ปลูกอ้อยสมัยใหม่เป็นการพัฒนาต้นแบบระบบฉีดพ่นปุ๋ยน้ำตามขนาดทรงพุ่มใบอ้อยซึ่งจะฉีดพ่นปุ๋ยน้ำในปริมาณมากขึ้นในบริเวณที่อ้อยมีทรงพุ่มขนาดเล็กส่วนบริเวณที่อ้อยมีทรงพุ่มขนาดใหญ่ให้ฉีดพ่นปุ๋ยน้ำในปริมาณที่น้อยลงเพราะถือว่ามีธาตุอาหารเพียงพอแล้วโดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพถ่ายและทำการศึกษาประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพของระบบที่ระยะความสูงในการตรวจจับภาพ 0.6m, 0.8m และ 1.0m ซึ่งคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยการประมวลผลภาพค่าความหนาแน่นใบอ้อยเปรียบเทียบกับค่าพิกเซลสีของใบอ้อยที่นับได้จริง ผลการทดลองพบว่าระยะความสูงที่ดีที่สุดในการตรวจจับภาพและประมวลผลเท่ากับ 0.6m และประสิทธิภาพในการประมวลผลของระบบจะลดลงที่ระยะความสูงในการตรวจจับภาพเพิ่มขึ้น (ไชยยันต์ สิริกุลและเกรียงไกร แซมสีม่วง, 2564)

ณัฐภูมิ สุดแก้ว (2564) ได้ใช้หุ่นยนต์ให้ปุ๋ยทางใบสำหรับแปลงผักกูดสูงในโรงเรียนปลูกพืชแบบเกษตรเมือง ด้วยการประมวลผลภาพดัชนีพืชพรรณเพื่อสร้างและทดสอบหุ่นยนต์ให้ปุ๋ยทางใบที่กำหนดปริมาณฉีดพ่นปุ๋ยที่อ้างอิงจากค่าดัชนีพืชพรรณ โดยเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ ความคลาดเคลื่อน MSE, MAE ความสิ้นเปลืองการให้ปุ๋ยระหว่างคนและเครื่อง รวมทั้งการทดสอบความสามารถทั่วไปอื่น ๆ เช่นการจับสีเขียวของพืช ปริมาณปุ๋ยที่ฉีดเทียบ

อัตราช่วงเวลา ทดสอบการระยะติดตั้งกล้องที่เหมาะสมกับการตรวจวัดค่าดัชนีพืชพรรณ
ทดสอบศักยภาพการตรวจจับพืชของ Detect Net Custom Model การทดสอบตรวจวัดค่า
NDVI ของชุดตรวจสอบดัชนีพืชพรรณ (VI) กับผักสลัดในแปลงปลูกในโรงเรือน (ณัฐภูมิ สุดแก้ว,
2564)

สุริยา วรวงศ์ และเกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ (2560) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องใส่
ปุ๋ยแบบแม่นยำในไร่อ้อยโดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์เพื่อระบุตำแหน่ง
และปริมาณการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับอ้อย เพื่อลดการสูญเสียปุ๋ยและลดต้นทุนการผลิตอ้อย ใน
การวิจัยจะมีการออกแบบกลไกกำหนดควบคุมปริมาณปุ๋ย (Metering device) แบบเกลียวนำปุ๋ย
(Auger Type) ชนิด ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ให้สามารถปรับอัตราการใส่ปุ๋ยให้กับต้นอ้อยได้
กระบวนการทำงานเริ่มจาก บันทึกภาพแบบ Real Time ด้วยกล้อง Light Sensor (SKR 1800)
ร่วมกับ Chlorophyll meter (Minota SPAD 502 Meter) และทำการวิเคราะห์หาค่าสีเขียว
(Chlorophyll content, Chl ($\mu\text{mol m}^{-2}$)) และค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของอ้อยที่สะท้อนมา
จากใบโดยโปรแกรม MATLAB และ ส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Arduino Uno เพื่อกำหนดรอบการ
หมุนของ Servo motor ที่ถูกติดตั้งกับเกลียวหมุนให้ควบคุมความเร็วรอบของเกลียวเครื่องใส่ปุ๋ย
ตามอัตราที่กำหนดตามเปอร์เซ็นต์ความ เขียวและค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีพืชพรรณ (สุริยา วรวงศ์
และเกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์, 2560)

รัตนพลและคณะ (2558) ออกแบบและพัฒนาเครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนี
โดยขั้นตอนหลักการของการประมวลผลภาพคือการพิจารณาองค์ประกอบสีการเทรซโฮลด์หลาย
ระดับและการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยการใช้มอร์โฟโลยี การทดลองจำแนกสีได้ 5 สี ดำ ขาว
ชมพู ม่วง และครีม ผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.3% เมื่อเทียบการนับกับ
ผู้เชี่ยวชาญ ใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่า ขนาดเล็กพกสะดวก (รัตนพลและคณะ, 2558)

เอกลักษณ์และคณะ (2557) พัฒนาการหาพื้นที่ของวัตถุรูปทรงที่ไม่ใช่รูปทรง
มาตรฐานด้วยแอปพลิเคชันบนระบบแอนดรอยด์ โดยถ่ายภาพวัตถุที่ต้องการหาพื้นที่กับที่รู้พื้นที่
แล้ว เพื่อใช้หาอัตราส่วน ตรารางเซนติเมตรต่อพิกเซล จากผลการทดลองพบว่าระยะโฟกัสจาก
หน้ากล้องถึงวัตถุแม่นยำมากที่สุดที่ 35 เซนติเมตร และความผิดพลาดที่ร้อยละ 3.176
(เอกลักษณ์และคณะ, 2557)

สิทธิโชคและคณะ (2550) นำเสนอเครื่องมือตรวจสอบราขาวบนผิวเนื้ออย่างแม่นยำ
ด้วยการประยุกต์หลักการประมวลผลภาพช่วยงานด้านการตรวจสอบคุณภาพสินค้าทางการเกษตรที่
มีปริมาณมากและยากแก่การจำแนกด้วยสายตามนุษย์ การทำงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ชุด
ควบคุมความชื้น ส่วนนำเข้าข้อมูลภาพ ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์

ผลสามารถจำแนกยางแผ่นได้ถูกต้องดีมากประมาณ 97.5% ตรวจสอบได้เร็วมากใกล้เคียงมากกับการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์ (สิทธิโชคและคณะ, 2550)

ปรีชาและมหศักดิ์ (2563) นำเสนอแนวคิดนับจำนวนยาบ้าจากภาพถ่ายโดยใช้โปรแกรม Matlab การประมวลผลภาพโดยการคำนวณจากลักษณะรูปทรง ขนาดของเม็ดยาบ้า แล้วนับจำนวน ขั้นตอนการดำเนินการแบ่งเป็น 4 ส่วน เตรียมอุปกรณ์ ถ่ายภาพเม็ดยาบ้า การประมวลผลภาพ และการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ เทคนิคการประมวลผลภาพที่นำมาใช้ได้แก่ ทำภาพให้เป็นสีเทา (Gray scale) แปลงภาพสีเทาเป็นภาพไบนารี (Binary Image) หรือภาพขาว-ดำ การหาขอบของภาพ (Edge detection) โดยใช้วิธี Sobel ให้สามารถเห็นขอบเม็ดยาบ้าได้ชัดเจน เมื่อหาขอบแล้วใช้ฟังก์ชัน Viscircles กำหนดเส้นรอบวงตามขอบของเม็ดยาบ้า แล้วทำการนับจำนวนวงกลมที่ตรวจจับได้จากภาพ จากผลการทดลองโปรแกรม Matlab สามารถนับจำนวนเม็ดยาบ้าได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ช่วยลดระยะเวลาในการนับจำนวนเมื่อเทียบกับการนับโดยคน (ปรีชาและมหศักดิ์, 2563)

พิชัยและวราห์ (2555) นำเสนอการนับจำนวนลูกปลาโดยใช้การประมวลผลภาพ ดิจิตอลด้วยการนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำไรซ์เบอร์รี่ของโอเพ่น CV Version 2.1 มาประยุกต์ใช้ขั้นแรกเป็นกระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ คือการเปลี่ยนภาพถ่ายที่ได้ให้เป็นขาวและดำ binary Image และขั้นตอนที่ 2 จะเป็น การประมวลผลภาพเพื่อนับจำนวนลูกปลาทั้งหมดโดยการนำเอาพื้นที่กลุ่มพิกเซลสีดำทั้งหมดในภาพหารด้วยพื้นที่กลุ่มพิกเซลสีดำของลูกปลา 1 ตัวผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้สามารถยอมรับได้โดยมีความผิดพลาด 0.8% ซึ่งข้อผิดพลาดส่วนใหญ่เกิดจากการทับกันของลูกปลา (พิชัยและวราห์, 2555)

สุทธิการและคณะ (2566) ศึกษาวิธีการวินิจฉัยโรคข้อเข่าเสื่อมจากภาพรังสีเอกซ์ด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล ขั้นแรกคือการสกัดคุณลักษณะเด่นโดยใช้พื้นผิวของลอว์และวิธีการหาขอบแขนงนี้หลังจากนั้นขอบของข้อเข่าจากภาพเอกซเรย์ถูกนำมาใช้เพื่อสกัดคุณลักษณะเด่น 5 คุณลักษณะการวิเคราะห์คุณสมบัติข้อเข่าจากภาคพิเศษสามารถเปิดเผยข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวินิจฉัยโรคข้อเข่าเสื่อมโดยคุณลักษณะเด่นทั้งหมดจะถูกนำมาใช้เป็น input ในขั้นตอนถัดไป ขั้นตอนที่ 2 ของการวินิจฉัยคือการวินิจฉัยโรคข้อเข่าเสื่อมจากภาพรังสีเอกซ์ด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุดจำนวน K ตัว (K-NN) สำหรับการวินิจฉัยโรคข้อเข่าเสื่อมจากภาพเอกซเรย์ในการทดลองเราเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอโดยใช้ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ถูกต้องเพื่อใช้สำหรับการฝึกสอนปัญญาประดิษฐ์ในงานวิจัยใช้ระบบเอกซเรย์ 119 รูปสำหรับการทดสอบโดยใช้วิธีการทดสอบทีละตัว (LOOCV)

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการนำเสนอจากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าเพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงจำนวน K ตัว สามารถให้ผลลัพธ์การวินิจฉัยที่แม่นยำใกล้เคียงกับการวินิจฉัยด้วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ (สุทธิการและคณะ, 2566)

เดชาอาวุฒิและคณะ (2558) วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยเพื่อประยุกต์เทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับ DB สแกนที่เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้จัดกลุ่มข้อมูลแบบอิงความหนาแน่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนับจำนวนสปอร์ของเชื้อที่ถูกเพาะบนแผ่นฮีโมซีโตมิเตอร์ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์โดยปกติการนับเชื้อในห้องปฏิบัติการกระทำโดยมนุษย์นับด้วยสายตาเนื่องจากมนุษย์มีข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถทำงานซ้ำ ๆ ได้ดีนั้นทำให้การใช้วิธีการนี้อาจก่อให้เกิดความผิดพลาด งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการทดลองโดยการเปรียบเทียบผลการนับเชื้อด้วยวิธีการเดิมที่นับด้วยมนุษย์กับวิธีการที่งานวิจัยชิ้นนี้พัฒนาขึ้นโดยผลการทดลองพบว่าวิธีนี้มีความสามารถในการนับจำนวนสปอร์ได้ใกล้เคียงกับการนับด้วยสายตาของมนุษย์มาก (เดชาอาวุฒิและคณะ, 2558)

สัตถาภูมิและคณะ (2557) ออกแบบระบบประเมินพื้นที่ใบพืชด้วยวิธีการประมวลผลภาพร่วมกับการวิเคราะห์ความถดถอยการวัดพื้นที่ของใบพืชเป็นสิ่งจำเป็นในการวิเคราะห์อัตราการผลิตด้วยแสงของพืชบทความนี้นำเสนอการสร้างแบบจำลองสำหรับประเมินพื้นที่ใบพืชผลประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในการประเมินพื้นที่จากค่าจำนวนจุดสีและค่าอัตราของใบพืชจากภาพที่ได้จากเครื่องสแกน ในการสร้างแบบจำลองนั้นกระดาษขนาดมาตรฐานจำนวน 100 ขนาดที่มีความแตกต่างกันถูกสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์ที่ความละเอียด 100-200 พิกเซล ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อได้แบบจำลองสำหรับประเมินพื้นที่ใบพืชจำนวน 3 แบบจำลองในการทดสอบหาความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้นผู้วิจัยนำไปพืชจริงที่มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันจำนวน 60 ใบมาใช้ทดสอบผลการทดสอบพบว่าแบบจำลองที่ใช้ค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนจุดสีของพื้นหลังและพื้นผิวใบมีความคลาดเคลื่อนต่ำและมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความละเอียดในการสแกน (สัตถาภูมิและคณะ, 2557)

เอกรัตน์และคณะ (2565) นำเสนอระบบการวิเคราะห์การสุกของผลไม้ด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการสุกของผลไม้ตามระยะเวลาจริงได้และช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรในงานวิจัยนี้ใช้ซอฟต์แวร์ n i Vision Builder ทำงานร่วมกับกล้องเว็บแคมและเทคโนโลยีการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และประมวลผลจากการทดลองพบว่าระบบการวิเคราะห์การสุกของผลไม้ด้วยเทคโนโลยีการ

ประมวลผลภาพสามารถรับจำนวนของผลไม้มีความถูกต้องคิดเป็น 100% และสามารถวิเคราะห์การสุกของผลไม้ได้คิดเป็น 95% (เอกรัตน์และคณะ, 2565)

สรารุณีและณัฐภูมิ (2563) การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอกด้วยการใช้การประมวลผลภาพ งานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีการประมวลผลของภาพด้วยวิธี Deep Learning และใช้ algorithm CNN เพื่อสร้างแบบจำลองในการจำแนกเมล็ดข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่โดยผู้เชี่ยวชาญและปราชญ์ชาวบ้านได้เลือกเข้ากล้อง riceberry 500 ตัวอย่าง จากนั้นจึงพัฒนาโปรแกรมและสร้างแบบจำลองโดยใช้ภาพข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่จำนวน 255 และภาพข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกจำนวน 255 ผลการสร้างแบบจำลองแสดงให้เห็นว่ากรณี CNN สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำสูงถึง 95.17% และในกระบวนการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำในการจำแนกรูปภาพของเขากล้องโดยผลการทดสอบเพราะว่ากระบวนการวิจัยและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำในการจำแนกข้าวกล้องได้ถึง 96% รวมถึงจำแนกประเภทข้าวที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกด้วยความแม่นยำ 84% (สรารุณีและณัฐภูมิ, 2563)

พีรณัฐและคณะ (2564) การประเมินปริมาณของเมล็ดข้าวในภาพถ่ายโดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ นำเสนอวิธีการประเมินความหนาแน่นของเมล็ดข้าวโดยพัฒนากลไกแยกเมล็ดข้าวจากภาพถ่ายของกล้องดิจิทัลเพื่อนำไปพัฒนาเป็นระบบห้วเกี่ยวข้าวที่ปรับความเร็วของล้อโน้มได้อัตโนมัติภาพถ่ายต้นข้าวจากภาคสนามจะถูกวิเคราะห์ด้วยการจับภาพบางส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวแบ่งเป็นกลุ่มได้แก่เมล็ดข้าวใบลำต้นและพื้นโดยมีปัจจัยศึกษาได้แก่ความชื้นของข้าวระดับความสูงจากภาพถ่ายอัลกอริทึมที่พัฒนาจะใช้โมเดล Random forest classification เพื่อทำนายกลุ่ม Pixel ในภาพถ่ายผลทดสอบ algorithm ที่ได้พัฒนาพบว่าโมเดลให้ความแม่นยำของการทำนายกลุ่มต่าง ๆ จากเซลล์อยู่ในช่วง 59.43 ถึง 86.94% หลังจากการทำนายพบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวในรูปภาพอยู่ที่ 3.08-6.92% ทำให้ทราบถึงปริมาณของฟักเซลเมล็ดข้าวในภาพถ่าย ซึ่งสามารถใช้อ้างอิงเป็นความหนาแน่นของเมล็ดข้าวได้และสามารถใช้ปริมาณการทำลายนี้ในการอ้างอิงพัฒนาปรับตั้งระบบห้วเกี่ยวข้าวที่ปรับความเร็วของล้อโน้มได้อัตโนมัติเพื่อให้ได้ดัชนีล้อโน้มที่เหมาะสมกับความหนาแน่นคว (พีรณัฐและคณะ, 2564)

วุฒิพงษ์และทิพา (2556) นำเสนอการจำแนกประเภทตามขนาดของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลจากกล้อง CCD บทความวิจัยนำเสนอการประมวลผลจากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวสารใช้วิธีการสแกนหาระยะห่างของจุดภาพบนเมล็ดข้าวซึ่งมีลักษณะเด่นคือประมวลผลการวัดขนาดเมล็ดจำแนกข้าวสารแทนการวัดขนาดและจำแนกด้วยบุคลากรจะช่วยให้การสุ่มตัวอย่างการวัดขนาดเล็กค่าถูกต้องรวดเร็วและง่ายขึ้นซึ่งผลการทดลองสรุปคือ

สามารถทำการวัดขนาดเมล็ดข้าวได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 10 เมล็ดโดยมีค่าความผิดพลาดในการจำแนกเมล็ดข้าวสารเฉลี่ยร้อยละ 7 ความผิดพลาดในการวัดขนาดเฉลี่ยร้อยละ 0.51 และค่าเบี่ยงมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 0.05 เมื่อทำการวัดเทียบกับเครื่อง (วุฒิพงษ์และทิพา, 2557)

เทอดศิลป์ (2555) นำเสนอระบบควบคุมการเลี้ยวของยานพาหนะอย่างอัตโนมัติที่ขับเคลื่อนด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับเครือข่ายประสาทเทียม โดยเครือข่ายประสาทเทียมดังกล่าวมีหน้าที่ควบคุมการหมุนพวงมาลัยของยานพาหนะให้สามารถเคลื่อนที่อยู่บนถนนในช่องทางเดินรถของตัวเอง รวมไปถึงการควบคุมยานพาหนะในการเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาบนทางแยกถนนได้ โดยใช้ข้อมูลจากกล้องเพียง 1 ตัวร่วมกับตัวตรวจจับความเร่งที่ติดตั้งอยู่บนพวงมาลัยสำหรับฝึกสอนเครือข่าย ระบบควบคุมการเลี้ยวด้วยภาพแบบอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายฟังก์ชันฐานรศมีนี้สามารถควบคุมยานพาหนะให้วิ่งบนทางตรง ทางโค้ง เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาบนถนนจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เทอดศิลป์ โสมูล, 2555)

เฉลิมพล (2550) นำเสนอวิธีการตรวจจับช่องทางเดินรถและการนำวิถีแบบอัตโนมัติโดยใช้แบบจำลองการเทียบเคียงรูปแบบ โดยระบบดังกล่าวจะเป็นการผสมผสานระหว่างการหาแบบจำลองช่องทางเดินรถการใช้แบบจำลองเทียบเคียงรูปแบบ เทคนิคการหาจุดเริ่มต้นของการเกิดแยกการจำแนกประเภทช่องทางเดินรถและการหาค่าควรจะเป็นของช่องทางเดินรถ ระบบที่นำเสนอนี้เป็นระบบการตรวจจับช่องทางเดินรถโดยไม่จำเป็นต้องมีการกำหนดสถานะเริ่มต้นและสามารถทำงานในสภาวะแสงสว่างที่แตกต่างกันได้นอกจากนั้นแล้วระบบนี้ยังสามารถตรวจจับช่องทางเดินประเภทต่าง ๆ ได้เช่น ทางตรง สามแยก และสี่แยก เป็นต้น ระบบการตรวจจับช่องทางเดินรถนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบด้วยกัน คือ 1. ระบบการตรวจจับช่องทางเดินรถในสภาวะยานพาหนะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่เกิดการเลี้ยว 2. ระบบการตรวจจับช่องทางเดินรถในสภาวะยานพาหนะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะเกิดการเลี้ยวซึ่งในงานนี้ได้ใช้แบบจำลองพลาโบล่า มาเป็นตัวอธิบายลักษณะทางกายภาพของช่องทางเดินรถโดยมีฟังก์ชันค่าควรจะเป็นมากที่สุดเป็นตัวกำหนดความเหมาะสมสำหรับแต่ละภาพอย่างอัตโนมัติและใช้เทคนิคการหาจุดเริ่มต้นของการเกิดแยกในการจำแนกประเภทช่องทางเดินรถ เทคนิคที่นำเสนอในครั้งนี้นี้ยังคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น สัญญาณรบกวน เงา เส้นถนนที่ไม่ต่อเนื่อง เป็นต้น ระบบการตรวจจับช่องทางเดินรถนี้ให้ผลการตรวจจับช่องทางเดินรถได้อย่างถูกต้องแม่นยำด้วยอัตราสูงสุดถึง 96 เปอร์เซ็นต์ (เฉลิมพล, 2550)

ทรงกรดและณัฐวุฒิ (2563) นำเสนอการใช้คอมพิวเตอร์ในการจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา 4 ระดับ ได้แก่ ระดับปกติ ระดับแสง ระดับกลาง และระดับรุนแรงจากภาพจอประสาทตา โดยใช้การประมวลผลภาพด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการจำแนกภาพจอตา พบว่าการสร้างแบบจำลองนี้มีความแม่นยำมากกว่าการวิจัยครั้งก่อนโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง นอกจากนี้บทความนี้ยังใช้แบบจำลองที่พัฒนาให้เป็นต้นแบบอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของการจำแนกความรุนแรงของภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาสามารถช่วยให้จักษุแพทย์วินิจฉัยความรุนแรงของภาวะเบาหวานขึ้นจอตาจากภาพจอประสาทตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ทรงกรดและณัฐวุฒิ, 2563)

ธนภัทรและคณะ (2563) นำเสนอเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบการเรียนรู้เชิงลึกด้วยอัลกอริทึมคอนโวลูชันนิวรอนเน็ตเวิร์ค มาพัฒนาแบบจำลองการจำแนกและหาความสัมพันธ์ของกล้วยต่าง โดยแบ่งชุดข้อมูลสำหรับการสอนร้อยละ 70 และข้อมูลสำหรับทดสอบร้อยละ 30 จากนั้นใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกด้วยอัลกอริทึมคอนโวลูชันนิวรอนเน็ตเวิร์คในการประมวลผลภาพเพื่อสร้างแบบจำลอง แล้วนำไปพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาไพธอน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Model of Machine Learning) มาประยุกต์ใช้กับการจำแนกสายพันธุ์กล้วยต่าง และ 2) ประสิทธิภาพด้านความด้านความถูกต้องของแบบจำลองการเรียนรู้ วัดด้วยวิธี F1 score ได้รับค่าความถูกต้องสูงสุดที่ 83.00 (ธนภัทรและคณะ, 2563)

มธุรส (2566) ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) ที่ได้ทำการปรับแต่ง และเลือกใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ในการจำแนกใบสมุนไพรมะเขือเทศ ซึ่งเป็นใบสมุนไพรมะเขือเทศที่มีพิษและไม่มีพิษ โดยเปรียบเทียบอัลกอริทึมในการเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล ประกอบด้วย AdaDelta, AdaGrad, Adam, RMSprop และ SGD พร้อมทั้งเปรียบเทียบการใช้ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) ได้แก่ ReLU, Sigmoid และTanh นอกจากนั้นยังได้ทำการปรับภาพด้วยการกลับภาพ (Flip) และการปรับความสว่างของภาพ (Brightness) เพื่อเพิ่มจำนวนภาพ ผลการทดลองพบว่า ก่อนและหลังการปรับภาพ Optimizer AdaDelta ให้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงสุดคือ 0.937 และ 0.954 ค่าความแม่นยำ (Precision) 0.937 และ 0.955 และค่าอัตราการจำแนกถูกต้องเมื่อข้อมูลเป็นจริง (Recall) 0.937 และ 0.954 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโมเดลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์หรือโมบายแอปพลิเคชันเพื่อจำแนกใบสมุนไพรมะเขือเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจำแนกได้ถูกต้องร้อยละ 95.40

ศศิณาและชลลดา (2565) จำแนกภาพเอ็กซ์เรย์ของปอด ซึ่งจะใช้หลักการ Image Processing มาใช้ในขั้นตอน Pre-process เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลก่อนเข้าไปประมวลผลในโมเดล จากนั้นจึงใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ได้เรียนรู้การจำแนกประเภทของปอด โดยใช้โมเดลที่ผ่านการเรียนรู้มาแล้วที่มี พื้นฐานมาจาก CNN (Convolutional Neural Network) ที่มีชื่อว่า VGG16 ResNet50 และ Inception และทำการวัดและ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพว่า การทำ Pre-processing ช่วยให้การจำแนกภาพเอ็กซ์เรย์ปอดแม่นยำขึ้นหรือไม่ ผลการวัดประสิทธิภาพได้ให้ผลที่น่าพึงพอใจและนำโมเดลปรับใช้ในงาน หลาย ๆ ด้าน (ศศิณาและชลลดา, 2565)

โอฬาริก (2561) เสนอวิธีการหาคุณลักษณะพิเศษเฉพาะพื้นที่เพื่อใช้สำหรับการจัดหมวดหมู่รูปภาพลามกอนาจาร โดยคุณลักษณะพิเศษเฉพาะพื้นที่ใช้เพื่อคำนวณหาข้อมูลที่เป็นเอกลักษณ์ ประกอบด้วย วิธี Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) และ Histogram of Oriented Gradients (HOG) โดยข้อมูลเอกลักษณ์ที่ผ่านการคำนวณจะถูกส่งไปยังขั้นตอนวิธีการ คำนวณเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด K ตำแหน่ง (KNN) และวิธีซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (SVM) เพื่อใช้สำหรับจัดหมวดหมู่รูปภาพลามก อนาจาร ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลชุด TI-UNRAM เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีทั้งหมด จากการทดลองพบว่า วิธี HOG และวิธี SIFT เมื่อใช้งานร่วมกับวิธี SVM ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด เมื่อนำไปเทียบกับวิธี KNN และวิธีการประมวลผลภาพ ดังนั้น วิธีการหาคุณลักษณะพิเศษเฉพาะพื้นที่เมื่อนำมาใช้งานร่วมกับวิธี SVM สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดหมวดหมู่ รูปภาพลามกอนาจาร (โอฬาริก, 2561)

โอฬาริกและกวีพจน์ (2559) นำเสนอการนำวิธีการคำนวณเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด k ตำแหน่ง (k-Nearest Neighbors: kNN) เพื่อใช้ ในงานด้านการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียน เนื่องจาก kNN เป็นขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่นิยมใช้สำหรับการจัดหมวดหมู่ ของข้อมูล และยังเป็นขั้นตอนวิธีที่ไม่มีความซับซ้อน ขั้นตอนวิธี kNN เมื่องานโดยนำข้อมูลมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความ ใกล้เคียงระหว่างข้อมูลที่ต้องการจำแนก และข้อมูลทั้งหมดจากฐานข้อมูล ทั้งนี้ข้อมูลที่มีระยะห่างน้อยที่สุดจำนวนทั้งสิ้น k ข้อมูลจะถูกนำมาพิจารณา คัดเลือกโดยใช้เทคนิคเสียงส่วนใหญ่ ดังนั้น ข้อมูลที่ต้องการจำแนกจะถูกกำหนดกลุ่มโดยพิจารณา จากกลุ่มของข้อมูลที่ปรากฏบ่อยที่สุด จากการสำรวจพบว่า ชุดข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ทางด้านตัวอักษรลายมือเขียนได้เก็บรวบรวม ตัวอักษรลายมือเขียนที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น โครงสร้างของตัวอักษรที่มีความคล้ายคลึงกัน การเขียนตัวอักษรที่มีความ หลากหลาย ตัวอักษรที่เขียนไม่สมบูรณ์ หรือแม้กระทั่งข้อมูลมีจำนวนไม่เพียงพอ เป็นต้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการรู้จำ ตัวอักษรลายมือเขียน ดังนั้นเมื่อนำคุณลักษณะพิเศษที่มีความคงทนต่อตัวอักษรที่เขียนในลักษณะที่แตกต่างกันมาใช้งาน ร่วมกับขั้นตอนวิธี kNN สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียน (โอฬาริกและกวีพจน์, 2559)

จักรินทร์และโอฬาริก (2562) ได้ศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก (Deep Convolutional Neural Network: Deep CNN) เพื่อใช้จำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ

คอนโวลูชัน จำนวน 4 โครงสร้าง ประกอบด้วย LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet และ VGGNet ข้อมูลพรรณไม้ที่นำมาใช้ในการทดสอบ มีจำนวนทั้งสิ้น 3 ชุดข้อมูลคือ PNE, 102 Flower และ Folio ทั้งนี้ชุดข้อมูล PNE และ 102 Flower เป็นรูปภาพที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติทำให้มีพื้นหลังที่ซับซ้อน สำหรับข้อมูลชุด Folio เป็นรูปภาพใบไม้ที่ถ่ายในห้องทดลองโดยกำหนดให้พื้นหลังของภาพเป็นสีขาว จากผลเปรียบเทียบระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกโดยใช้โครงสร้าง GoogLeNet และ VGGNet พบว่า โครงสร้างแบบ GoogLeNet มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในชุดข้อมูล PNE และ 102 Flower และยังใช้เวลาในการเรียนรู้ที่เร็วกว่าเมื่อเทียบกับโครงสร้างแบบ VGGNet โดยใช้จำนวนรอบในการเรียนรู้ 10,000 รอบ แต่ทั้งนี้โครงสร้างแบบ VGGNet มีอัตราความถูกต้องสูงที่สุดในชุดข้อมูล Folio ซึ่งเป็นรูปภาพที่ถ่ายในห้องทดลองที่มีพื้นหลังเป็นสีขาว และใช้จำนวน รอบในการเรียนรู้ เพียง 1,000 รอบ จึงสรุปได้ว่าหากต้องการที่จะสร้างโมเดลเพื่อนำไปใช้ในการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม ทางธรรมชาติควรจะใช้โครงสร้างแบบ GoogLeNet (จักรินทร์ และโอฬาริก, 2562)

Naruenatthanaset (2020) เสนอวิธีใหม่ในการตัดแยกและจำแนกเมล็ดเลือดแดง จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งขั้นตอนเริ่มจากการเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อการเก็บข้อมูลเมล็ดเลือดที่แม่นยำ การปรับสีภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยของสีของพื้นหลัง เพื่อให้โมเดลเรียนรู้ได้อย่างไม่อคติไปทางสี หลังจากนั้นเมล็ดเลือดแดงที่ซ้อนทับถูกตัดแยกด้วยวิธีใหม่โดยการหาจุดเว้าของเมล็ดเลือดแดงและใช้วิธีการหาวงรีที่เหมาะสมในการประมาณรูปทรงของเมล็ดเลือดแดง ในขั้นสุดท้ายคือการจำแนกเมล็ดเลือดแดงออกเป็น 12 ชนิดโดยใช้ EfficientNet-B1 อย่างไรก็ตามในการจำแนกออกเป็นหลายชนิดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก ปัญหาที่พบบ่อยคือความไม่สมดุลของข้อมูลเพราะตัวอย่างที่ปกติมักมีจำนวนมากกว่าตัวอย่างของโรคที่หายาก เทคนิคที่ช่วยในการแก้ปัญหาคือการนำมามีความไม่สมดุลถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อลดในปัญหานี้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการปรับสมดุลของน้ำหนักพร้อมกับเทคนิคการเพิ่มข้อมูลจากข้อมูลเดิม สามารถช่วยแก้ปัญหาคือความไม่สมดุล (Naruenatthanaset, 2020)

ณัฐวุฒิ (2021) การจำแนกภาพเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจในการประมวลผลภาพ โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (Convolutional Neural Network; CNN) เป็นลอการิทึมที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายสำหรับจำแนกภาพ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของ CNN คือ ประสิทธิภาพการจำแนกรูปภาพขึ้นอยู่กับจำนวนรูปภาพที่เข้าสู่กระบวนการฝึกสอน งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกด้วย CNN สำหรับวินิจฉัยโรคโควิด-19 โดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ โดยมีการเปรียบเทียบเทคนิคการเพิ่มภาพในแต่ละ

ละวิธีในการเพิ่มความถูกต้องให้กับกระบวนการฝึกสอนของ CNN ผลของการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีการหมุนภาพ (Rotation) ให้ประสิทธิภาพการฝึกสอนที่ 99.67% ซึ่งมีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกด้วย CNN สำหรับวินิจฉัยโรคโควิด-19 มากกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้ (ณัฐวุฒิ, 2021)

Suvit (2022) นำเสนอโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่รายงานความสามารถในการจำแนกภาพแบบหลายคลาสช่วยให้เราลดเวลาและเพิ่มความแม่นยำในการทำนายของกระบวนการระบุแบบคทีเรีย งานวิจัยนี้ประกอบด้วยแบบคทีเรีย 35 สายพันธุ์ที่แตกต่างกัน และสถาปัตยกรรม Convolutional Neural Network (CNN) 6 แบบ สถาปัตยกรรม Convolutional Neural Network (CNN) คือ LeNet-5, AlexNet, VGG-16, VGG-19, ResNet-18 และ ResNet-34 ผลลัพธ์ยืนยันประสิทธิภาพการรับรู้โดยใช้การตรวจสอบความถูกต้องแบบ Stratified K-fold กับ VGG-16 และสังเกตประสิทธิภาพแบบหลายคลาสด้วยคะแนน AUC-ROC (Suvit, 2022)

งานวิจัยต่างประเทศ

Phelawan และคณะ (2011) ได้ศึกษาเทคนิคการวัดระยะห่างระหว่างรถกับรถด้วยกล้องติดหนึ่รถด้วยการพิจารณาจากแผ่นป้ายทะเบียนรถ ข้อมูลจะมีการเทียบกับภาพใหม่และที่มีข้อมูลเก็บไว้ก่อนหน้าที่เป็นอ้างอิงก่อน เมื่อทราบระยะจึงนำมาควบคุมระบบเบรค

Shah และ Vyas (2014) อธิบายขบวนการตรวจจับวัตถุใช้เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพ และการจัดการข้อมูลเอาต์พุตการเคลื่อนไหวของวัตถุผ่าน Arduino board controller

Duwairi และ Halloush (2022) ใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกต่าง ๆ เพื่อทดสอบความแม่นยำและประสิทธิภาพที่ได้จากการรู้จำภาษามือภาษาอาหรับอัตโนมัติ ในบทความนี้ เราได้จัดทำกรอบการทำงานใหม่สำหรับการตรวจจับภาษามือภาษาอาหรับโดยอัตโนมัติ โดยอิงจากการเรียนรู้แบบถ่ายโอนที่นำไปใช้กับโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกยอดนิยมสำหรับการประมวลผลภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโดยการฝึกอบรมโมเดล AlexNet, VGGNet และ GoogleNet/Inception ควบคู่ไปกับการทดสอบประสิทธิภาพของแนวทางการเรียนรู้แบบต้นโดยใช้ Support Vector Machine (SVM) และอัลกอริธึมเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดเป็นพื้นฐาน ด้วยเหตุนี้ เราจึงเสนอแนวทางใหม่สำหรับการจดจำตัวอักษรอารบิกในภาษามือโดยอัตโนมัติตามสถาปัตยกรรม VGGNet ซึ่งมีประสิทธิภาพเหนือกว่าโมเดลที่ได้รับการฝึกอบรมอื่น ๆ แบบจำลองที่นำเสนอได้รับการตั้งค่าให้นำเสนอผลลัพธ์ที่น่าหวังในการจดจำภาษามือภาษาอาหรับด้วยคะแนนความแม่นยำ 97% โมเดลที่แนะนำได้รับการทดสอบกับชุดข้อมูลล่าสุดของรูปภาพภาษามือภาษาอาหรับที่มีป้ายกำกับ

ทั้งหมด ชุดข้อมูลประกอบด้วยรูปภาพ 54,049 ภาพ ซึ่งถือเป็นชุดข้อมูลจริงชุดแรกขนาดใหญ่ และครอบคลุมของภาษามือภาษาอาหรับเท่าที่เรารู้

Aziz และคณะ (2023) นำเสนอการระบุกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยใช้ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่ล้ำสมัย อัลกอริธึมการเพิ่มประสิทธิภาพวาทแบบฝ่ายค้านที่วุ่นวาย (CO-WOA) และเทคนิคการชุดข้อมูล การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับโมเดลชั้นนำ เช่น Convolutional Neural Networks (CNN) และ VGG-19 จัดทำขึ้นเพื่อยืนยันการบังคับใช้วิธีการ ที่แนะนำ แนวทางการแยกคุณลักษณะที่แนะนำด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่นำเสนอถูกนำมาใช้ ในการวิจัย ซึ่งให้อัตราความแม่นยำ 100 % ประสิทธิภาพยังถูกเปรียบเทียบกับโมเดลการ ประมวลผลภาพที่ล้ำสมัยด้วยความแม่นยำ 98.48 %, 98.58 %, 99.04 %, 98.44 %, 99.18 % และ 99.63 % เช่น Convolutional Neural Networks, ResNet150V2, DenseNet, Visual Geometry Group-19, Inception V3, เอ็กซ์เซปชัน ด้วยการใช้วิธีการเชิงประจักษ์ซึ่งใช้ ประโยชน์จากโครงข่ายประสาทเทียม โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่เสนอถือเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด

El-Sawy และคณะ (2560) นำเสนอเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกที่สามารถนำไปใช้กับ การจดจำตัวเลขที่เขียนด้วยลายมือภาษาอาหรับได้อย่างมีประสิทธิภาพ LeNet-5 ซึ่งเป็นโครงข่าย Convolutional Neural Network (CNN) ที่ได้รับการฝึกอบรมและทดสอบฐานข้อมูล MADBase (ภาพตัวเลขที่เขียนด้วยลายมือภาษาอาหรับ) ซึ่งมีภาพการฝึกอบรม 60,000 ภาพ และภาพทดสอบ 10,000 ภาพ มีการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ และแสดงให้เห็นในตอนท้าย ว่าการใช้ CNN นำไปสู่การปรับปรุงที่สำคัญในอัลกอริธึม และการจำแนกประเภทแมชชีนเลิร์นนิง ต่าง ๆ

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์เพื่อหา องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งได้พบว่า องค์ความรู้และผลการศึกษาที่ได้ทำให้ ผู้วิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการออกแบบวิธีดำเนินงานวิจัย ดังที่จะกล่าวต่อไปใน บทที่ 3

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย ตั้งแต่เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงตามวัตถุประสงค์

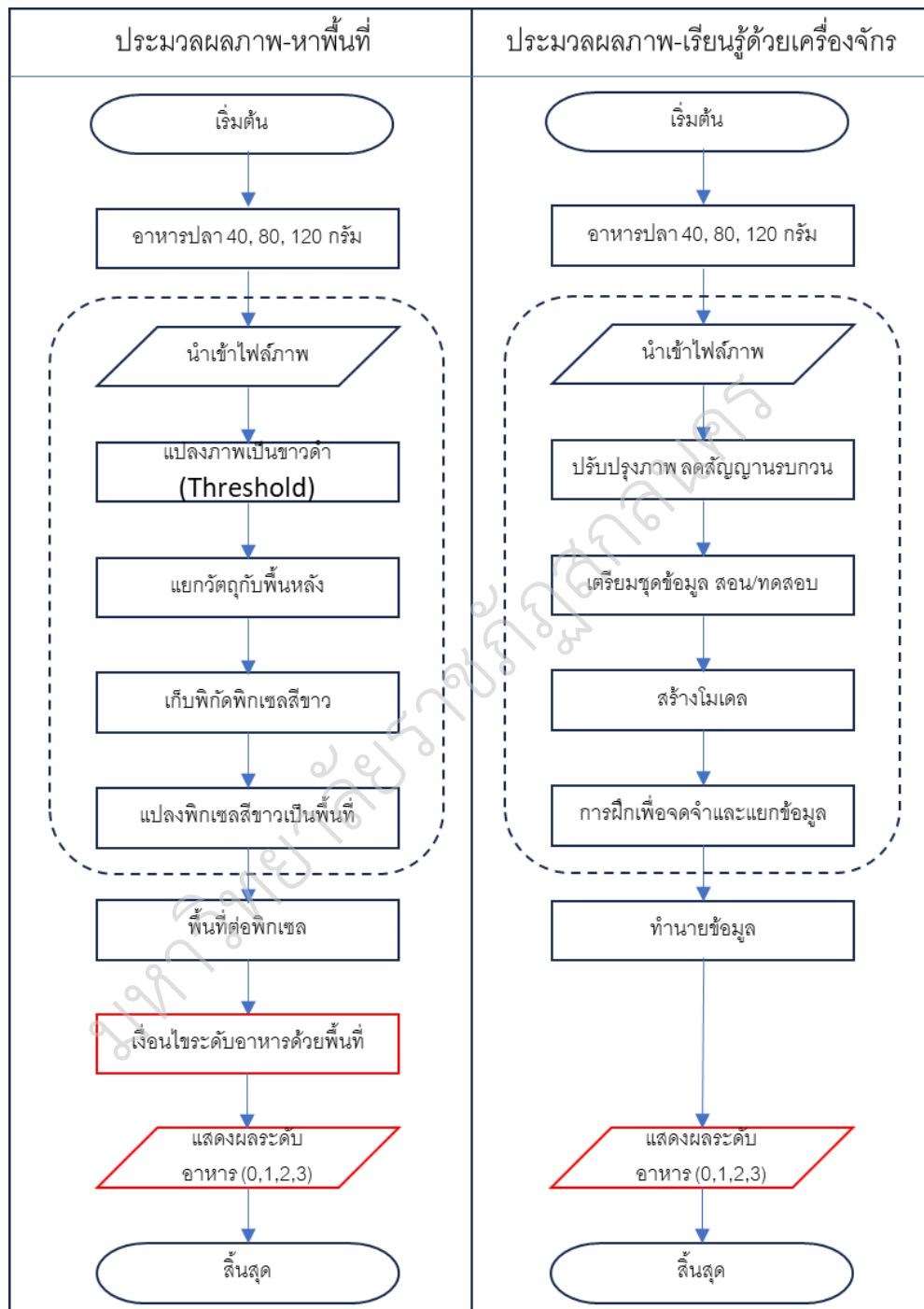
1. ช่วงที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการหาพื้นที่ระหว่างเทคนิคการประมวลผลภาพกับมนุษย์ว่ามีความใกล้เคียงกันหรือไม่ โดยกระบวนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดสามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังภาพประกอบ 22

2. ช่วงที่ 2 เพื่อจำแนกกลุ่ม (Classify) ปริมาณอาหารปลาที่ได้ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ และจากการเรียนรู้ของเครื่องจักร เพื่อพิสูจน์ว่าการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพมีความแม่นยำในแยกวัตถุสิ่งของที่มีลักษณะเป็นกลุ่มเม็ดเล็ก ๆ และรูปทรงที่ไม่แน่นอนได้ โดยกระบวนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมด สามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังภาพประกอบ

23



ภาพประกอบ 22 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยช่วงที่ 1 เปรียบเทียบการหาพื้นที่ระหว่างการประมวลผลภาพกับมนุษย์



ภาพประกอบ 23 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยช่วงที่ 2 การจำแนกกลุ่ม (Classify) ปริมาณอาหารปลาที่ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ และการเรียนรู้ของเครื่องจักร

ช่วงที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการหาพื้นที่ระหว่างเทคนิคการประมวลผลภาพกับมนุษย์

1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1.1. กล้องวงจรปิดภายนอก (IP Camera (Outdoor) VSTARCAM CB54 เป็นกล้องวงจรปิดภายนอกที่มีอุปกรณ์ solar cell พร้อมติดตั้งและให้ภาพคมชัด ดังภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 กล้องวงจรปิดภายนอก (IP Camera (Outdoor) VSTARCAM CB54

ที่มา : <https://www.goodwarranty.co.th>

1.2 แฝให้อาหารปลาแบบลอยน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกำหนดขอบเขตที่ทำการศึกษา แฝมีลักษณะเป็น 4 เหลี่ยมจัตุรัส โดยด้านภายในมีขนาด 51.5 x 51.5 เซนติเมตร ทำจากท่อ PVC สีฟ้า ระยะกล้องสูงจากผิวน้ำประมาณ 69.5 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 แฝให้อาหารปลา

1.3 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง เป็นเครื่องชั่งละเอียดที่นำมาใช้แบ่งกลุ่มประชากร เครื่องชั่งมีความละเอียดถึงตำแหน่ง 0.01 กรัม ดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล Digital SF 400 C Electronic Compact Scale
ที่มา : <https://m.indiamart.com>

1.4. บ่อพลาสติกทรงกลมยี่ห้อ COMOS รุ่น RTO-800-20 ขนาด 800 ลิตร บ่อขนาดใหญ่ใช้จำลองสภาพบ่อปลาแบบไบโอฟล็อก (BioFloc) ดังภาพประกอบ 27

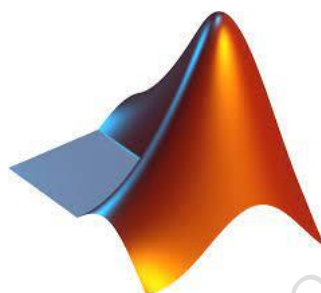


รายละเอียด

- แข็งแรงทนทาน
- เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ขนาด 150 x 52.5 x 52.5 ซม. หนา 5.5 มม
- ความจุ 800 ลิตร
- สีสัน

ภาพประกอบ 27 บ่อพลาสติกทรงกลมยี่ห้อ COMOS รุ่น RTO-800-20
ที่มา : <https://www.thaiwatsadu.com>

1.5. คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมภาษาที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับการประมวลผลทางเทคนิค ซึ่งรวมเอาสภาพแวดล้อมการคำนวณ การสร้างภาพ และการเขียนโปรแกรม เข้าด้วยกัน นอกจากนี้ MATLAB ยังเป็นสภาพแวดล้อมภาษาโปรแกรมสมัยใหม่ มีโครงสร้างข้อมูลที่ ซับซ้อน มีเครื่องมือแก้ไขและดีบักในตัว และสนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ ดังภาพประกอบ 28



ภาพประกอบ 28 โปรแกรม MATLAB

ที่มา : <https://en.wikipedia.org>

2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เริ่มด้วยการเตรียมตัวอย่างอาหารปลา เตรียมอุปกรณ์สำหรับบันทึกภาพ และ อุปกรณ์อื่น ๆ ดังที่กล่าวมาในขั้นตอน 3.1.1 เริ่มทำการหาพื้นที่ด้วยสายตามนุษย์ โดยการนับจำนวนอาหารเม็ดแล้วแปลงเป็นพื้นที่ด้วยการคูณกับพื้นที่ของ 1 เม็ดอาหารปลาที่ขยายตัวอยู่บนผิวน้ำ วิธีนี้จะใช้เป็นค่าอ้างอิงหลักใช้เปรียบเทียบกับพื้นที่อาหารปลาโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งงานวิจัยในช่วงแรกนี้จะใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์และแบบการหาขอบภาพ เมื่อได้ค่าพื้นที่จากทั้งแบบด้วยสายตามนุษย์และแบบประมวลผลภาพแล้ว นำผลพื้นที่ที่ได้ไปเปรียบเทียบหาความแม่นยำเป็นเปอร์เซ็นต์และตรวจวัดหาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ทราบค่า

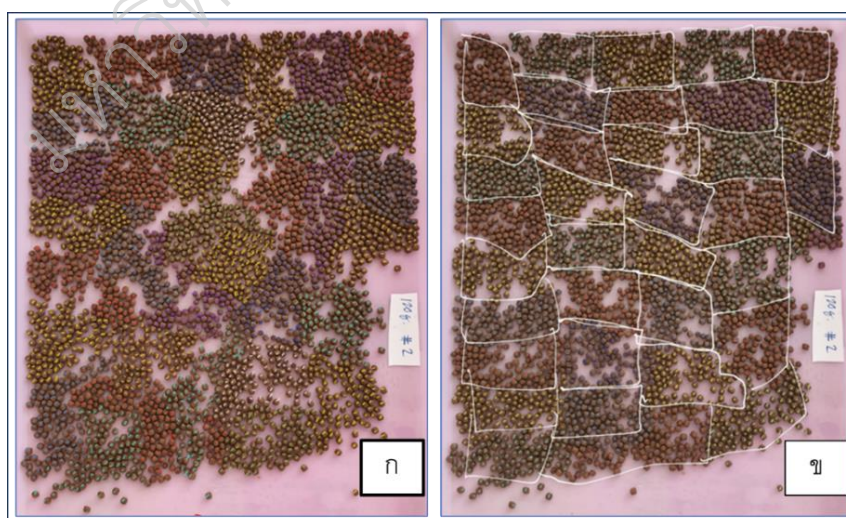
2.1 การหาพื้นที่อาหารปลาจากการนับด้วยสายตามนุษย์ ขั้นตอนวิธีดำเนินงาน

วิจัยดังแสดงในภาพประกอบ 22 เริ่มด้วยการนำอาหารปลาชนิดเม็ดลอยน้ำ ยี่ห้อเบทาโกร 832 มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง สร้างตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ กลุ่มที่ 1 น้ำหนัก 40 กรัม กลุ่มที่ 2 น้ำหนัก 80 กรัม และกลุ่มที่ 3 น้ำหนัก 120 กรัม ดังแสดงในภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 การแบ่งอาหารเม็ดด้วยปริมาณน้ำหนั (40, 80, 120 กรัม)

แล้วนำอาหารเม็ดมากระจายลงบนถาดเรียบ แผ่ไม่ให้เม็ดซ้อนทับกัน ทำการบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัล แล้วนำภาพมานับจำนวนเม็ดอาหารปลาด้วยการใช้สายตาและทำสัญลักษณ์สีเดียวกันลงบนภาพเม็ดอาหารที่นับทุก ๆ 100 เม็ด ดังภาพประกอบ 30 (ก) เมื่อนับครบทั้งถาดจึงทำการรวมจากกลุ่มสีดังกล่าวประกอบ 30(ข) แล้วทำลักษณะเดียวกันกับชุดที่เหลือ เมื่อได้ครบทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างนำมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนเม็ดอาหารปลาของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง



ภาพประกอบ 30 การเรียงและทำสัญลักษณ์สี (ก), การนับอาหารเม็ดในถาด (ข)

ขั้นตอนถัดมา หาพื้นที่ต่อหนึ่งเม็ดอาหารปลาแบบลอยน้ำ โดยทำการหาเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารเม็ดขยายตัวขณะลอยน้ำ ด้วยการนำอาหารเม็ดซึ่งงานวิจัยนี้ใช้จำนวนตัวอย่างละ 20 เม็ด ดังภาพประกอบ 31(ก) ลอยน้ำ 5 นาที ดังภาพประกอบ 31(ข) หลังจากนั้นนำอาหารเม็ดขึ้นมาวางเรียงกันแล้วทำการวัดความกว้างของอาหารเม็ดต่อกัน ดังภาพประกอบ 31(ค)



ภาพประกอบ 31 หาเส้นผ่านศูนย์กลางอาหารเม็ด อาหารเม็ดก่อนลอยน้ำ (ก)
อาหารเม็ดลอยน้ำ (ข) อาหารเม็ดหลังลอยน้ำ (ค)

แล้วจึงทำการหาค่าเฉลี่ยเทียบจำนวนเม็ดทั้งหมดที่เรียงกัน ดังสมการ 3.1

$$\bar{d} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L}{n} \right) \quad (3.1)$$

เมื่อ $\bar{d}$ คือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารเม็ด
 L คือ ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารเม็ด
 n คือ จำนวนอาหารเม็ดทั้งหมดที่ทำการตรวจวัด

โดยที่ได้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารเม็ดแล้วจึงนำไปคำนวณหาพื้นที่ต่อเม็ด (A) ดังสมการ 3.2 หาค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาหารเม็ดที่ขยายตัวแล้ว

$$A = \pi r^2 \quad (3.2)$$

เมื่อ A คือ พื้นที่ของวงกลมอาหารเม็ด
 π คือ อัตราส่วนของความยาวของเส้นรอบวงต่อความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมซึ่งวงกลมทุกวงจะมีอัตราส่วนดังกล่าวเท่ากันหมด คือ 3.14
 r คือ รัศมีของวงกลม

หลังจากได้ข้อมูลจำนวนเม็ดและพื้นที่ต่อเม็ดแล้ว นำจำนวนอาหารเม็ดที่นับได้แต่ละกลุ่มมาคูณกับพื้นที่อาหารเม็ดที่ขยายตัวหลังจากลอยน้ำ แล้วบันทึกผลพื้นที่ที่คำนวณได้แต่ละกลุ่มลงในตารางบันทึกผลการหาพื้นที่จากการวัดด้วยมนุษย์และจากโปรแกรมประมวลผลภาพในช่องการนับด้วยมนุษย์ ตาราง 1

2.2 การหาพื้นที่อาหารปลาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์ (Threshold-Color) ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัยดังแสดงในภาพประกอบ 3.1 ขั้นตอนนี้จะเป็นการหาพื้นที่ด้วยภาพ เริ่มด้วยการเตรียมพื้นที่สำหรับการลอยอาหารเม็ดเพื่อทำการเก็บภาพตัวอย่างกลุ่มอาหารเม็ดลอยน้ำ สำหรับนำไปประมวลผลภาพ พื้นที่จำลองสภาพแวดล้อมธรรมชาติ มีแสงเพียงพอเพื่อให้มองเห็นอาหารปลาลอยน้ำได้อย่างชัดเจน แล้วเติมน้ำลงในบ่อพลาสติกทรงกลมยี่ห้อ COMOS รุ่น RTO-800-20 ขนาด 800 ลิตร พร้อมกับติดตั้งกล้องบันทึกภาพวงจรปิด IP Camera Vstarcam CB54 เพื่อบันทึกภาพ ดังภาพประกอบ 32



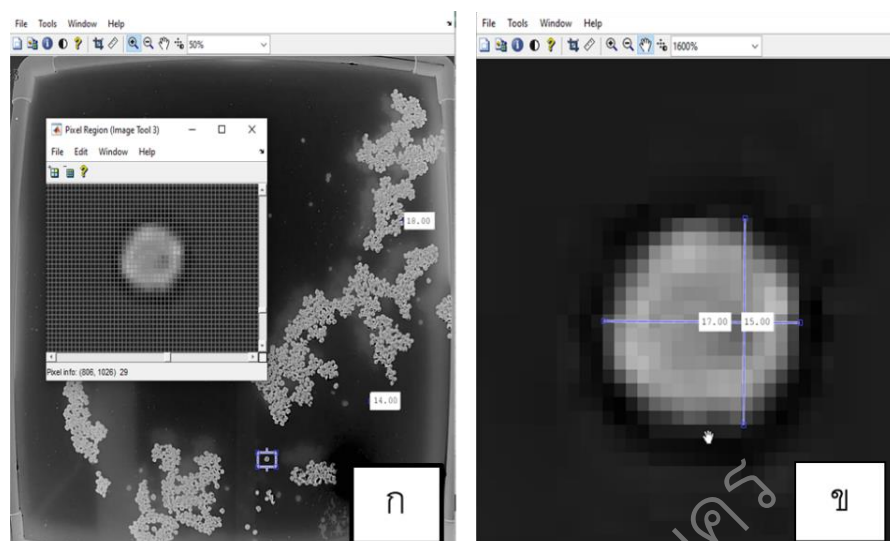
ภาพประกอบ 32 ชุดอุปกรณ์บันทึกภาพ (ก), กล้องบันทึกภาพ (ข), เครื่องชั่งน้ำหนัก (ค), แพนให้อาหารปลา (ง)

แล้วนำอาหารปลาที่เตรียมไว้ของแต่ละกลุ่ม ปริมาณ 40, 80 และ 120 กรัม ลงใน บ่อพลาสติกที่เตรียมไว้ทีละกลุ่ม จำนวน 3 ซ้ำ ทำการบันทึกภาพหลังอาหารปลาลอยน้ำ 5 นาที แล้วนำภาพที่ได้บันทึกลงคอมพิวเตอร์

เมื่อได้ชุดข้อมูลเพื่อการประมวลผลภาพพร้อมแล้ว นำเข้าไฟล์ภาพในระบบสี RGB ที่ได้ทำการบันทึกไว้ ทำการ Crop ภาพเพื่อให้ภาพครอบคลุมพื้นที่อาหารเม็ดที่เป็นพื้นที่ เป้าหมาย ต่อด้วยการปรับแต่งภาพ RGB ให้ได้ภาพขาวดำเพื่อใช้หาจำนวนพิกเซลอาหารเม็ดใน ภาพด้วยโปรแกรม color Thresholder โดยเริ่มด้วยการแปลงภาพ RGB เป็น HSV color space เพื่อให้ง่ายต่อการปรับแต่งโดยปรับค่า threshold ใน channel 1, 2, 3 ของ HSV ทำ การปรับภาพให้ภาพอาหารเม็ดเด่นชัดและคุมพื้นที่อาหารเม็ดทั้งหมด เมื่อปรับได้ค่าน้ำหนักสีที่ เหมาะสมแล้ว ทำเป็นฟังก์ชัน createMask เพื่อนำไปใช้ต่อไป ภาพที่รับเข้ามาเป็น RGB เมื่อทำ การปรับแต่งภาพสำเร็จแล้วจะส่งออกภาพขาวดำ (BW, binary mask) และ ภาพ RGB ที่ถูก ปรับแต่งด้วย mask (maskedRGBImage)

โดยค่าน้ำหนักสีเหล่านี้เป็นค่าจากช่องสัญญาณในระบบสีเอชเอสเอ (HSA Color Space) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในคอมพิวเตอร์กราฟิก ขั้นตอนต่อมาคือ การเปลี่ยนข้อมูลภาพ ขาวดำให้เป็นเชิงปริมาณที่สามารถนำไปคำนวณหาพื้นที่ได้ การหาพื้นที่จะนับจำนวนพิกเซลสี ขาวในภาพขาวดำ จำนวนรวมพิกเซลที่ได้จะนำไปคำนวณหาพื้นที่ด้วยการคูณกับพื้นที่ต่อหนึ่ง พิกเซล ทำการหาจำนวนพิกเซลในแต่ละภาพ เมื่อได้ครบทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างนำมาหาค่าเฉลี่ย จำนวนพิกเซลของแต่ละกลุ่ม

ขั้นตอนถัดมา หาพื้นที่ต่อหนึ่งพิกเซล โดยนำภาพมาแปลงจากภาพสี RGB ให้เป็น ภาพสีเทาโดยใช้สั่ง im2gray ทำการสุ่มเม็ดอาหารโดยเลือกเม็ดอาหารที่ลอยอิสระเม็ดเดียว แล้ว ทำการหาจำนวนพิกเซลที่ต่อกันอยู่บนเส้นผ่านศูนย์กลางของภาพอาหารเม็ด ใช้คำสั่ง imtool ช่วยขยายภาพให้สามารถนับจำนวนพิกเซลได้ ทำการนับทั้งแนวแกน x และ y ดังภาพประกอบ 33 ต่อด้วยการหาค่าเฉลี่ยจำนวน พิกเซล (Pixel) คำนวณย้อนกลับเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง อาหารเม็ดที่ได้จากการหาพื้นที่หนึ่งอาหารเม็ดด้วยสายตามนุษย์ พิกเซลมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม จัตุรัสเมื่อทราบความยาวด้านหนึ่งจึงสามารถใช้วิธีเดียวกับการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อหาพื้นที่ หนึ่งพิกเซลได้



ภาพประกอบ 33 การหาจำนวน Pixel บนเส้นผ่าศูนย์กลางอาหารเม็ด
อาหารเม็ดเดี่ยว (ก) จำนวนพิกเซลแกน X และ Y (ข)

คำนวณหา pixel to square centimeter (px2cm) คำนวณได้จากสมการ 3.3

$$px2cm = \left(\frac{\bar{X}}{\bar{Y}}\right)^2 \quad (3.3)$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางอาหารเม็ดลอยน้ำ
 $\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนพิกเซลบนเส้นผ่านศูนย์กลางอาหารเม็ดลอยน้ำ

ขั้นตอนสุดท้ายคือการแปลงจำนวนรวม Pixel ในภาพให้เป็นพื้นที่ตารางเซนติเมตร ด้วยการนำผลรวมจำนวนพิกเซลที่ประมวลผลได้จากในภาพมาคูณกับขนาดพื้นที่ตารางเซนติเมตรของ 1 Pixel คำนวณได้จากสมการ 3.5 แล้วบันทึกผลพื้นที่ที่คำนวณได้ของแต่ละกลุ่มลงในตารางบันทึกผลการหาพื้นที่จากการวัดด้วยมนุษย์และจากโปรแกรมประมวลผลภาพ ในช่องเทอร์ชโฮล์ ตาราง 1

2.3 การหาพื้นที่อาหารปลาด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบการหาขอบภาพ (Edge Detection) ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัยดังแสดงในภาพประกอบ 3.1 ขั้นตอนนี้จะเป็นการหาพื้นที่ด้วยภาพ โดยขั้นตอนนี้ใช้ชุดข้อมูลเพื่อการประมวลผลภาพเดียวกันกับการ

ประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์ นำเข้าไฟล์ภาพในระบบสี RGB ที่ได้ทำการบันทึกไว้ ทำการ Corp ภาพเพื่อให้ภาพครอบคลุมพื้นที่อาหารเม็ดที่เป็นพื้นที่เป้าหมาย ทำการแยกภาพวัตถุ (อาหารเม็ด) กับภาพพื้นหลัง (พื้นน้ำ) โดยเริ่มทำการแปลงภาพ RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image) จากนั้นทำการตรวจจับขอบภาพของวัตถุที่อยู่ในภาพด้วยวิธีแคนนี่ (Canny) ขั้นตอนต่อมาคือ การเปลี่ยนข้อมูลภาพขาวดำให้เป็นเชิงปริมาณซึ่งดำเนินการวิธีการเดียวกันกับการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์

ขั้นตอนสุดท้ายคือการแปลงจำนวนรวม Pixel ในภาพให้เป็นพื้นที่ตารางเซนติเมตร ด้วยการนำผลรวมจำนวนพิกเซลที่ประมวลผลได้จากในภาพมาคูณกับขนาดพื้นที่ตารางเซนติเมตร ของ 1 Pixel คำนวณได้จากสมการ 3.5 แล้วบันทึกผลพื้นที่ที่คำนวณได้ของแต่ละกลุ่มลงในตาราง บันทึกผลการหาพื้นที่จากการวัดด้วยมนุษย์และจากโปรแกรมประมวลผลภาพ ในช่องการหาขอบภาพ ตาราง 1

ตาราง 1 ตารางบันทึกผลการหาพื้นที่จากการวัดด้วยมนุษย์และจากโปรแกรมประมวลผลภาพ

กลุ่มที่	ปริมาณอาหารปลา (กรัม)	พื้นที่อาหารปลาเฉลี่ย (ตารางเซนติเมตร)		
		การนับด้วยมนุษย์	เทรชโฮล์	การหาขอบภาพ
1	40			
2	80			
3	120			

3. การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลพื้นที่ที่ได้จากการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์และการหาขอบภาพมาหาความสัมพันธ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น (Regression) ดังสมการ 3.4 และหาค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มน้ำหนักและเปรียบเทียบความแม่นยำกับการนับด้วยสายตามนุษย์กับ โดยเปรียบเทียบเป็นค่าร้อยละ (Percentage)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (3.4)$$

เมื่อ y คือ พื้นที่ผลลัพธ์ที่ได้

β_0 คือ ค่าคงที่ของสมการถดถอย ซึ่งเป็นค่าจุดตัด แกน y ของสมการ
 $\beta_1 x$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ของตัวตอบสนอง x

ช่วงที่ 2 เพื่อจำแนกกลุ่ม (Classify) ปริมาณอาหารปลาที่ได้ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ และจากการเรียนรู้ของเครื่องจักร

การวิจัยในช่วงที่ 2 เดิมทีผู้วิจัยจะใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแบบเทรซโฮล์ซึ่งผลจากการทดลองช่วงที่ 1 แสดงให้เห็นว่าให้ผลการหาพื้นที่ใกล้เคียงกับมนุษย์มากกว่าแบบหาขอบภาพ แต่เนื่องจากขั้นตอนการวิจัยมีหลายขั้นตอนคือหาพิกเซลแล้วหาพื้นที่ต่อพิกเซลแล้วจึงนำมาคำนวณรวมกัน จึงเพิ่มวิธีการประมวลผลแบบการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine – Deep Learning) ซึ่งคาดว่าจะใช้ขั้นตอนที่น้อยกว่าด้วยการสร้างโปรแกรมเดียว

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

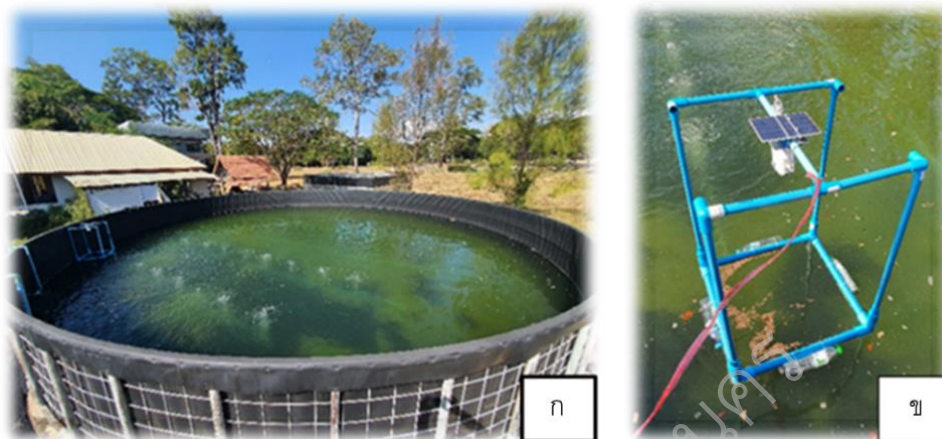
เครื่องมือที่ใช้เกือบทั้งหมดใช้ร่วมกับงานวิจัยช่วงแรกดังระบุในหัวข้อ 3.1.1 มีเพิ่มเติมปรับปรุง 3 รายการ

1.1 แพอาหารปลา โดยทำการเพิ่มส่วนของแท่นยึดกล้องเข้ากับตัวแพให้อาหารปลาเพื่อสะดวกแก่การบันทึกภาพ ดังแสดงในภาพประกอบ 34(ก)



ภาพประกอบ 34 แพให้อาหารปลาและแท่นยึดกล้อง แพพร้อมแท่นยึด (ก),
 ระดับความสูงกล้องจากผิวน้ำ (ข)

1.2 บ่อเลี้ยงปลา BioFloc ภาควิชาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร แสดงในภาพประกอบ 35(ก)



ภาพประกอบ 35 บ่อเลี้ยงปลา BioFloc (ก), แพอาหารปลา (ข)

1.3 คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม COLAB เป็นโปรแกรมภาษาที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นแพลตฟอร์มการเขียนโปรแกรมที่ให้บริการบนคลาวด์ (Cloud) โดยมีการจัดทำโดย Google โดยเฉพาะสำหรับการพัฒนาและฝึกโมเดล Deep Learning โดย Colab มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้ เสถียรภาพและประสิทธิภาพ ใช้พื้นที่คลาวด์ของ Google ที่มีประสิทธิภาพสูง มี GPU และ TPU ที่สามารถใช้งานได้ฟรี ทำให้สามารถฝึกโมเดล Deep Learning ได้โดยไม่ต้องใช้ทรัพยากรภายในเครื่องของตนเอง ทำให้สามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการฝึกโมเดลได้มาก รองรับภาษา Python ซึ่งเป็นภาษาที่นิยมในการพัฒนาและทำงานกับ Deep Learning โดยใช้ไลบรารีหลายตัว เช่น TensorFlow, PyTorch, Keras เป็นต้น การใช้งานง่าย: Colab มีอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่าย สามารถเขียนและรันโค้ด Python ได้โดยตรงบนเบราว์เซอร์ โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์หรือเครื่องมือเสริมเพิ่มเติม



ภาพประกอบ 36 โปรแกรม Colab

ที่มา : <https://colab.research.google.com>

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เริ่มด้วยการเตรียมตัวอย่างอาหารปลา เตรียมอุปกรณ์สำหรับบันทึกภาพ และอุปกรณ์อื่น ๆ ดังที่กล่าวมาในขั้นตอน 3.2.1 เริ่มทำการจัดเตรียมกลุ่มตัวอย่างอาหารปลาตามน้ำหนัก 40 กรัม 80 กรัม และ 120 กรัม เช่นเดียวกับงานวิจัยช่วงที่ 1 นำอาหารปลาไปลอยในอ่างเพื่อทำการเก็บข้อมูลภาพให้มีความหลากหลายโดยบันทึกภาพพร้อมระบุปริมาณกลุ่มอาหารของทุกภาพ เพื่อนำมาประมวลผลและทดสอบการจำแนกระดับอาหาร โดยวิธีแรกการจำแนกระดับอาหารด้วยวิธีประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์ จะใช้ค่าตัวแปรการประมวลผลภาพ เช่นเดียวกับการทดลองช่วงที่ 1 อ้างอิงสมการ 3.3 และ 3.4 โดยเพิ่มเงื่อนไขในการแบ่งระดับอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยพื้นที่ที่ได้จากผลการทดลองช่วงที่ 1 ด้วยวิธีประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์ แล้วทำการเทียบวัดความแม่นยำเป็นเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการจำแนกระดับอาหารได้ถูกต้องตามภาพและกลุ่มระดับอาหาร ในส่วนวิธีการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักรผู้วิจัยได้ปรับใช้ภาพจากสภาพแวดล้อมจริง บ่อเลี้ยงปลา BioFloc ภาควิชาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ซึ่งมีปัจจัยเพิ่มเติมในเรื่องของคลื่นน้ำจากระบบให้ออกซิเจน เงานบนผิวน้ำ เริ่มด้วยการปรับคุณภาพของภาพที่นำเข้าด้วยการลดสัญญาณรบกวน เตรียมชุดข้อมูลเพื่อการฝึกสอนและทดสอบ สร้างโมเดลที่จะใช้ฝึกการเรียนรู้ ตรวจสอบผลการฝึก เมื่อสร้างโมเดลแล้วจึงนำเข้าภาพเพื่อการจำแนก แล้วทำการเทียบวัดความแม่นยำเป็นเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการจำแนกระดับอาหารได้ถูกต้องตามภาพและกลุ่มระดับอาหาร เมื่อได้ผลแล้วทำการบันทึกผลการเปรียบเทียบความแม่นยำการจำแนกกลุ่มด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์และเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร โดยบันทึกลงในช่องประมวลผลภาพเรียนรู้เครื่องจักร (ตาราง 2)

2.1 เทคนิคการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์ (Threshold-Color) บน

โปรแกรม Matlab ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัยดังแสดงในภาพประกอบ 23 เช่นเดียวกันกับหัวข้อ 3.1.2.2 เริ่มด้วยการ Crop ภาพจากภาพต้นฉบับเพื่อให้ได้พื้นที่ขอบเขตที่จะทำการประมวลผล นำภาพมาปรับ Threshold – HSV Color เพื่อให้ได้ภาพที่แยกอาหารปลาออกจากพื้นหลังทำภาพสีเทา Gray scale และ ภาพขาวดำ Black and White Image หาจำนวนพิกเซลสีขาวในภาพ หาค่าพื้นที่ต่อ 1 พิกเซล นำมาคูณเพื่อคำนวณหาปริมาณพื้นที่อาหารทั้งหมดในภาพ ขั้นตอนงานวิจัยนี้มีเพิ่มเติมในส่วนการจำแนก โดยสร้างเงื่อนไขโดยพิจารณาจากผลพื้นที่ที่ประมวลผลได้ งานวิจัยนี้จำแนกออกเป็น 4 ระดับโดยตามอิงพื้นที่ตามปริมาณตัวอย่างอาหารเม็ด

- ระดับ 0 คือไม่มีอาหารหรือน้อยมาก
- ระดับ 1 คือพื้นที่อาหารระหว่าง ไม่มีอาหารหรือน้อยมากและพื้นที่อาหาร 40 กรัม
- ระดับ 2 คือพื้นที่อาหารระหว่าง พื้นที่อาหาร 40 กรัมและพื้นที่อาหาร 80 กรัม
- ระดับ 3 คือพื้นที่อาหารระหว่าง พื้นที่อาหาร 80 กรัมและพื้นที่อาหาร 120 กรัม

เมื่อได้ผลแล้วทำการบันทึกผลตารางเปรียบเทียบความแม่นยำการจำแนกกลุ่มด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพแบบเทอร์ชโฮล์และเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร โดยบันทึกผลในช่องประมวลผลภาพเทอร์ชโฮล์ (ตาราง 2)

2.2 เทคนิคการประมวลผลภาพแบบใช้การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร (Machine-Deep Learning) บนโปรแกรม Colab ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมในการนำมาสร้างโมเดลสำหรับ Machine-Deep Learning และสะดวกในการประมวลผลเนื่องจากใช้หน่วยประมวลผลภายนอก ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัยดังแสดงในภาพประกอบ 23 โดยเริ่มเตรียมภาพสำหรับการฝึกสอนและทดสอบการเรียนรู้ก่อน งานนี้เก็บข้อมูลโดยการถ่ายภาพอาหารปลาลอยน้ำ โดยเป็นบ่อ BioFloc ขนาดใหญ่ที่เลี้ยงปลานิลมีการขับของคิวน้ำจากการเปิดออกซิเจน บ่ออยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมที่โล่งแจ้งแสงแดดปกติ แล้วจึงทำการ Crop ภาพจากภาพต้นฉบับเพื่อให้ได้พื้นที่ขอบเขตที่จะทำการประมวลผลด้วยภาษา Python ต่อด้วยการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยการลดสัญญาณรบกวนบนภาพ ต่อด้วยเตรียมภาพสำหรับการนำไปฝึกสอนและทดสอบ ต่อด้วยการสร้างโมเดล โดยงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงโมเดล LeNet-5 ซึ่งเป็นโมเดลที่เรียนรู้ภาพลักษณะเฉพาะเจาะจง เช่นภาพลายมือ ทำการฝึกสอนและทดสอบโมเดล ตรวจสอบผลความแม่นยำ โดยระดับกลุ่มอาหารถูกจำแนกตามกลุ่มตัวอย่างที่นำเข้าฝึกสอน เมื่อเรียนรู้เสร็จทำการบันทึกอัลกอริทึมที่ใช้ในการฝึกการเรียนรู้ไว้สำหรับสร้างเป็น Function จำแนกภาพระดับอาหารต่อไป

ขั้นตอนถัดมา นำอัลกอริทึมที่สร้างจากโมเดลการเรียนรู้มาสร้างเป็น Function นำเข้าภาพเพื่อทำการจำแนกระดับอาหาร

เมื่อได้ผลแล้วทำการบันทึกผลตารางเปรียบเทียบความแม่นยำการจำแนกกลุ่มด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพแบบเทอร์ชโฮล์และเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร โดยบันทึกลงในช่องประมวลผลภาพเทอร์ชโฮล์ (ตาราง 2)

ตาราง 2 ตารางเปรียบเทียบความแม่นยำการจำแนกกลุ่มด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพแบบเทอร์ชโฮล์และเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร

กลุ่มที่ (Class)	ปริมาณอาหารปลา (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำการจำแนกกลุ่ม % (จำนวนแยกถูก/จำนวนทั้งหมด)	
		ประมวลผลภาพ เทอร์ชโฮล์	ประมวลผลภาพ เรียนรู้เครื่องจักร
0	0		
1	40		
2	80		
3	120		

3. การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะตรวจสอบความสามารถของการแยกกลุ่ม โดยจะทำการเปรียบเทียบเป็นค่าร้อยละ (Percentage) ระหว่างจำนวนภาพที่จำแนกกลุ่มโดยโปรแกรม Colab และ MatLab ถูกต้องกับกลุ่มตัวอย่างที่มีการจัดระดับแล้วของแต่ละภาพ ว่าสอดคล้องกันหรือไม่

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสามารถการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพกับการใช้มนุษย์ในการหาพื้นที่และรวมถึงใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในวิธีแตกต่างกัน เพื่อให้ทำการแยกระดับอาหารปลาบนผิวน้ำที่เหลือจากการกิน ซึ่งอาหารปลาเหล่านี้ไม่ได้อยู่ในรูปแบบเรขาคณิตที่คำนวณหรือแยกได้โดยวิธีปกติปกติ ซึ่งการแยกระดับอาหารปลาได้ยังสามารถต่อยอดเพื่อประยุกต์ใช้กับเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติในการส่งจ่ายอาหารปลาแบบแปรผันตามความต้องการบริโภคจริงของปลา การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. เทคนิคการประมวลผลภาพมีความสามารถในการหาพื้นที่ใกล้เคียงกับการหาพื้นที่ด้วยสายตามนุษย์
2. เทคนิคการประมวลผลภาพสามารถแยกระดับอาหารปลาที่เหลือได้ทั้งรูปแบบการหาพื้นที่และการเรียนรู้ของเครื่องจักร

ผลการศึกษาข้อมูลการวิจัย

1. ส่วนที่ 1 การวิจัยหาพื้นที่และเปรียบเทียบเทคนิคการประมวลผลภาพมีความสามารถในการหาพื้นที่ใกล้เคียงกับการหาพื้นที่ด้วยสายตามนุษย์ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการหาพื้นที่ 2 รูปแบบ 3 วิธี หาพื้นที่ด้วยสายตามนุษย์นับ หาพื้นที่ด้วยการประมวลผลจากภาพถ่ายแบบเทอร์ซโฮล์ และหาพื้นที่ด้วยการประมวลผลภาพแบบวัดขอบ มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1.1 หาพื้นที่ด้วยสายตามนุษย์ ใช้วิธีการนับจำนวนเม็ดอาหารปลาคูณกับค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาหารปลาหนึ่งเม็ด โดยที่อาหารปลานั้นต้องผ่านการลอยน้ำมาแล้ว 5 นาที เนื่องจากการประมวลผลภาพถ่ายจะเป็นการถ่ายภาพอาหารปลาลอยน้ำหลังจากปลากินเหลือซึ่งจากข้อมูลเจ้าหน้าที่ควบคุมบ่อปลาจะเริ่มหยุดกินอาหารหลังจาก 5 นาทีผ่านไป ในการสร้างตัวอย่างเพื่อให้การวิจัยครอบคลุมหลายขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 0 จนถึง 100% ที่ 120 กรัมต่อการให้อาหารปลา 1 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการชั่งน้ำหนักเม็ดก่อนนับ แบ่งออกเป็น 3 ขนาด 40 กรัม,

80 กรัม และ 120 กรัม น้ำหนักมากขึ้นจำนวนเม็ดก็มากขึ้นซึ่งเมื่อคูณด้วยพื้นที่ก็จะได้พื้นที่มากขึ้นด้วย จะช่วยให้มีตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า 1 ตัวอย่าง หลังจากนั้นจึงเริ่มนับจำนวนแล้วบันทึกผล ดังแสดงผลในตาราง 3 ต่อด้วยการสุ่มวัดหาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางอาหารเม็ดลอยน้ำ 5 นาทีเพื่อทำการหาพื้นที่ต่อ 1 อาหารเม็ดดังแสดงผลในตาราง 4 เมื่อได้ผลการนับจำนวนเม็ดและพื้นที่ต่อเม็ดอาหาร ทำการคูณกันและบันทึกผลตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนเม็ดอาหารปลาต่อน้ำหนักนับด้วยสายตามนุษย์

การนับ ครั้งที่	จำนวนเม็ดอาหาร (เม็ด)		
	40 กรัม	80 กรัม	120 กรัม
1	1160	2305	3530
2	1163	2338	3514
3	1184	2274	3492
ค่าเฉลี่ย	1169	2306	3512

ตาราง 4 พื้นที่ต่อเม็ดอาหาร

การวัด ครั้งที่	ความยาวที่ 20 เม็ด (เซนติเมตร)	รัศมีต่อเม็ดอาหาร (เซนติเมตร)	พื้นที่เม็ดอาหาร (ตารางเซนติเมตร)
1	9.9	0.25	0.19
2	10	0.25	0.20
3	10	0.25	0.20
4	10	0.25	0.19
ค่าเฉลี่ย	9.95	0.25	0.19

ตาราง 5 พื้นที่จากอาหารปลาจากการนับด้วยมนุษย์

การนับ ครั้งที่	พื้นที่ (ตารางเซนติเมตร)		
	40 กรัม	80 กรัม	120 กรัม
1	226	448	686
2	226	455	683
3	230	442	679
ค่าเฉลี่ย	227	448	683

1.2 หาพื้นที่โดยการประมวลผลภาพ ใช้เทคนิค Threshold-Color บนโปรแกรม Matlab ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลภาพ วิธีการคือหาพื้นที่ ของภาพที่เป็นอาหารเม็ดแปลงให้เป็นขาวดำ ส่วนที่เป็นสีขาวคืออาหาร หาจำนวน Pixel สีขาวคูณกับพื้นที่ต่อหนึ่งตาราง Pixel เริ่มต้นที่นำอาหารปลาที่ชั่งน้ำหนักตามที่แบ่งกลุ่มไว้เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่เช่นเดียวกับนับด้วยสายตามนุษย์ 40 กรัม, 80 กรัม และ 120 กรัม เทลงในแพอาหารปลา บนบ่อจำลองขนาด 800 ลิตร ติดตั้งกล้องระยะห่างประมาณ 69 เซนติเมตรให้ครอบคลุมพื้นที่รอบของแพอาหาร เริ่มบันทึกภาพหลังจากอาหารปลาลอยน้ำ 5 นาที นำภาพที่ได้บันทึกลงคอมพิวเตอร์ เข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลเพื่อแปลงภาพ RGB เป็นขาวดำแล้วหาจำนวน Pixel อาหารปลาสีขาวในภาพ ดังแสดงผลในตาราง 6 ต่อด้วยการสุ่มวัดจำนวน Pixel บนเส้นผ่านศูนย์กลางอาหารเม็ดซึ่งทราบค่าจากการวัดด้วยสายตามนุษย์เพื่อทำการหาพื้นที่ต่อ 1 Pixel ดังแสดงผลในตาราง 7 เมื่อได้ข้อมูลที่เป็นอินพุตเข้าโปรแกรมแล้วใช้โปรแกรมประมวลผลผ่าน Function ที่สร้างขึ้นแล้วทำการบันทึกพื้นที่ที่ได้ลงตารางที่ 8

ตาราง 6 จำนวนพิกเซลสีขาวต่อน้ำหนัก

การนับ ครั้งที่	จำนวนพิกเซลของภาพ (พิกเซล)		
	40 กรัม	80 กรัม	120 กรัม
1	151341	256192	516955
2	200445	430236	601394
3	203327	286729	533129
ค่าเฉลี่ย	185038	324386	550493

ตาราง 7 พื้นที่ต่อพิกเซล

ตัวอย่างที่	จำนวนพิกเซลต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง	
	X (พิกเซล)	Y (พิกเซล)
1	15	13
2	18	18
3	12	14
4	17	15
5	13	14
6	17	17
7	15	17
8	18	16
9	13	13
ค่าเฉลี่ย (พิกเซล)	15	
พื้นที่/พิกเซล (ตารางเซนติเมตร)	0.00111	

ตาราง 8 พื้นที่จากอาหารปลาจากการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์

การนับ ครั้งที่	พื้นที่ (ตารางเซนติเมตร)		
	40 กรัม	80 กรัม	120 กรัม
1	168	285	574
2	223	478	668
3	226	319	592
ค่าเฉลี่ย	206	361	611

1.3 หาพื้นที่โดยการประมวลผลภาพ ใช้เทคนิค Edge detection บนโปรแกรม MATLAB วิธีการคือหาพื้นที่ขอบของอาหารเม็ดแปลงให้เป็นขาวดำ ส่วนที่เป็นสีขาวคืออาหาร หาจำนวน Pixel สีขาวคูณกับพื้นที่ต่อหนึ่งตาราง Pixel ในการวิจัยเทคนิคนี้ผู้วิจัยใช้

ภาพชุดเดียวกับเทคนิคแบบเทอร์ชโฮล์ เริ่มด้วยการดึงภาพขึ้นมาจากคอมพิวเตอร์ เข้าสู่ขบวนการประมวลผลเพื่อหาพื้นที่ขอบด้วยวิธี Canny แล้วหาจำนวน Pixel อาหารปลาสีขาวในภาพ ดังแสดงผลในตาราง 9 พื้นที่ต่อพิกเซลใช้ข้อมูลเดียวกันกับการประมวลผลแบบเทอร์ชโฮล์ เมื่อได้ข้อมูลที่เป็นอินพุตเข้าโปรแกรมแล้วใช้โปรแกรมประมวลผลผ่าน Function ที่สร้างขึ้นแล้ว ทำการบันทึกพื้นที่ที่ได้ลงตารางที่ 10

ตาราง 9 จำนวนพิกเซลสีขาวต่อน้ำหนัก

การนับ ครั้งที่	จำนวนพิกเซลของภาพ (พิกเซล)		
	40 กรัม	80 กรัม	120 กรัม
1	113699	138131	176466
2	112122	131501	193736
3	93905	116522	176463
ค่าเฉลี่ย	106575	128718	182222

ตาราง 10 พื้นที่จากอาหารปลาจากการประมวลผลภาพแบบหาขอบภาพ

การนับ ครั้งที่	พื้นที่ (ตารางเซนติเมตร)		
	40 กรัม	80 กรัม	120 กรัม
1	126	153	196
2	125	146	215
3	104	129	196
ค่าเฉลี่ย	118	143	202

2. ส่วนที่ 2 การจำแนกแยกระดับอาหารด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยได้ทำ
เลือกใช้ 2 วิธีในการแบ่งกลุ่ม ใช้วิธีหาให้โปรแกรมประมวลผลหาพื้นที่แล้วสร้างเงื่อนไขในการ
แยกตามปริมาณ และการใช้การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร

2.1 จำแนกโดยพื้นที่ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการประมวลผลภาพแบบเทอร์ชโฮล์ซึ่ง
ให้ผลการอ่านค่าพื้นที่ใกล้เคียงกับสายตามนุษย์ โดยเขียนโปรแกรมเพื่อหาพื้นที่แต่ละภาพที่

นำเข้าประมวลผล เพิ่มเติมด้วยการกำหนดเงื่อนไขช่วงระดับอาหารออกเป็น 4 กลุ่มระดับ ตั้งแต่ 0 คือน้อยมากหรือไม่มี จนไปถึง 100% ที่ให้อาหารปลาแต่ละครั้งที่ 120 กรัม

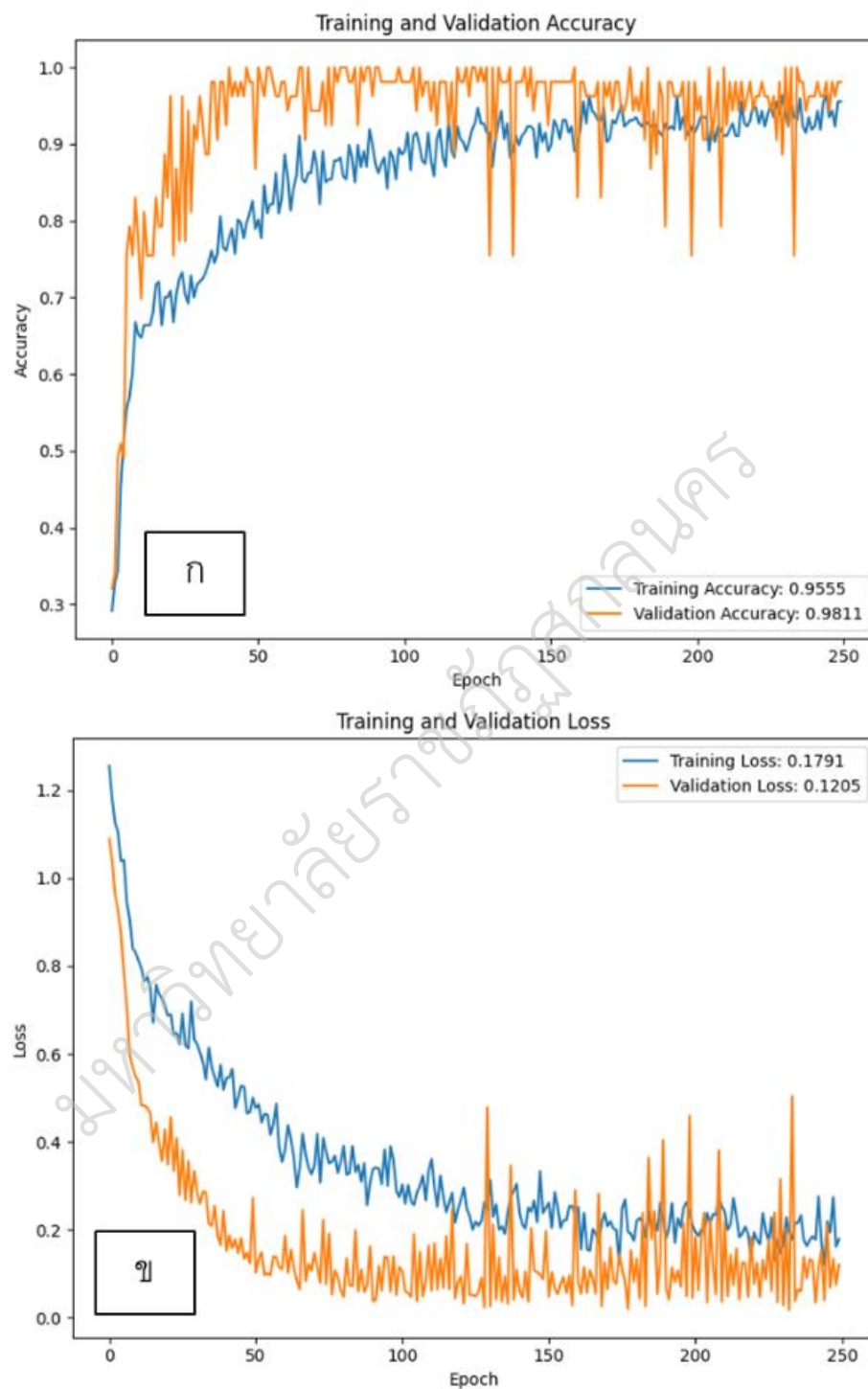
- ระดับ 0 คือไม่มีอาหารหรือน้อยมาก
- ระดับ 1 คือพื้นที่น้อยมากไปจนถึงพื้นที่เฉลี่ยอาหาร 40 กรัม
- ระดับ 2 คือพื้นที่เฉลี่ยอาหาร 40 กรัมไปจนถึงพื้นที่เฉลี่ยอาหาร 80 กรัม
- ระดับ 3 คือพื้นที่มากกว่าพื้นที่เฉลี่ยอาหาร 80 กรัม

เนื่องจากงานวิจัยนี้จะเป็นการจำแนก ผู้วิจัยเก็บภาพอาหารปลาเพิ่มเป็นจำนวน 113 ภาพเพื่อให้มีตัวอย่างมากขึ้นในการจำแนกกลุ่ม วิธีการแปลงภาพ RGB เป็นขาวดำ การหาพื้นที่สีขาวอาหารเมื่อการตั้งค่าใช้เช่นเดียวกับวิธีแบบเทอร์ชโฮลในหัวข้อ 4.1.1

ตาราง 11 ความแม่นยำจำแนกระดับอาหารปลาจากการประมวลผลภาพแบบเทอร์ชโฮลด์

ระดับที่	พื้นที่	จำนวนกลุ่มอาหารแต่ละระดับ	จำนวนกลุ่มของอาหารแยกได้ตรง	ความแม่นยำ (%)
0	0-5	14	14	100%
1	6-227	28	26	93%
2	228-448	38	35	92%
3	>=449	33	31	94%

2.2 จำแนกโดยการเรียนรู้ของเครื่องจักร ผู้วิจัยเลือกใช้ภาพจากสถานที่จริง จำนวน 354 แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตัวอย่างเพื่อให้เครื่องจักรได้เรียนรู้ โมเดลการเรียนรู้ ใช้โมเดล LeNet-5 ซึ่งเหมาะสมกับงานที่เกี่ยวกับภาพขนาดเล็ก: LeNet-5 เป็นโมเดลที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทภาพที่มีขนาดเล็ก เช่น ภาพเลขมือหรือตัวหนังสือ ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับภาพที่มีขนาดเล็ก ๆ และต้องการความแม่นยำในการจำแนกประเภท ในการฝึกสอนเลือกให้มีการฝึกหลายรอบโดยตั้ง epochs 250 รอบและขนาด batch size 32 ตัวโปรแกรมยังได้มีการทำการสร้างกราฟเพื่อตรวจสอบค่าความแม่นยำดังแสดงในภาพประกอบ 37



ภาพประกอบ 37 ค่าความแม่นยำบอกว่าโมเดลมีความสามารถในการจำแนกประเภทข้อมูลได้ถูกต้อง (ก), ค่าสูญเสียบอกถึงความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าเป้าหมาย (ground truth) และค่าทำนาย(prediction) ของโมเดล (ข)

เมื่อโมเดลการฝึกหัดแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแยกได้แล้ว จึงเริ่มทดลองกับภาพที่เตรียมไว้ผลการวิจัยพบว่า การประมวลผลภาพของเครื่องจักรให้ผลการแยกได้ 100% โดยกลุ่มทดสอบเป็นคนละชุดข้อมูลกับการฝึก

ตาราง 12 ความแม่นยำจำแนกระดับอาหารปลาจากการประมวลผลภาพแบบเรียนรู้ของเครื่องจักร

ระดับที่	จำนวนกลุ่มอาหาร แต่ทดสอบละระดับ	จำนวนกลุ่มของอาหาร แยกได้ตรง	ความแม่นยำ (%)
0	3	3	100%
1	8	8	100%
2	8	8	100%
3	7	7	100%

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ในส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถในการหาพื้นที่ระหว่างการประมวลผลภาพและมนุษย์ ผลการวิเคราะห์พบว่า การประมวลผลภาพสามารถอ่านค่าพื้นที่ได้ใกล้เคียงกับการนับด้วยสายตาของมนุษย์ โดยวิเคราะห์จากเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำพบว่า การใช้เทคนิคประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลด์จากอาหารปลา 40 กรัม 80 กรัม 120 กรัม มีพื้นที่เฉลี่ย 206, 361 และ 611 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ มีค่าความแม่นยำ 81-91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการนับด้วยสายตาของมนุษย์ คือ 227, 448 และ 683 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เฉลี่ยอาหารปลาจากการหาขอบภาพ คือ 118, 143 และ 202 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ มีค่าความแม่นยำ 30-52 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 13 และ 14

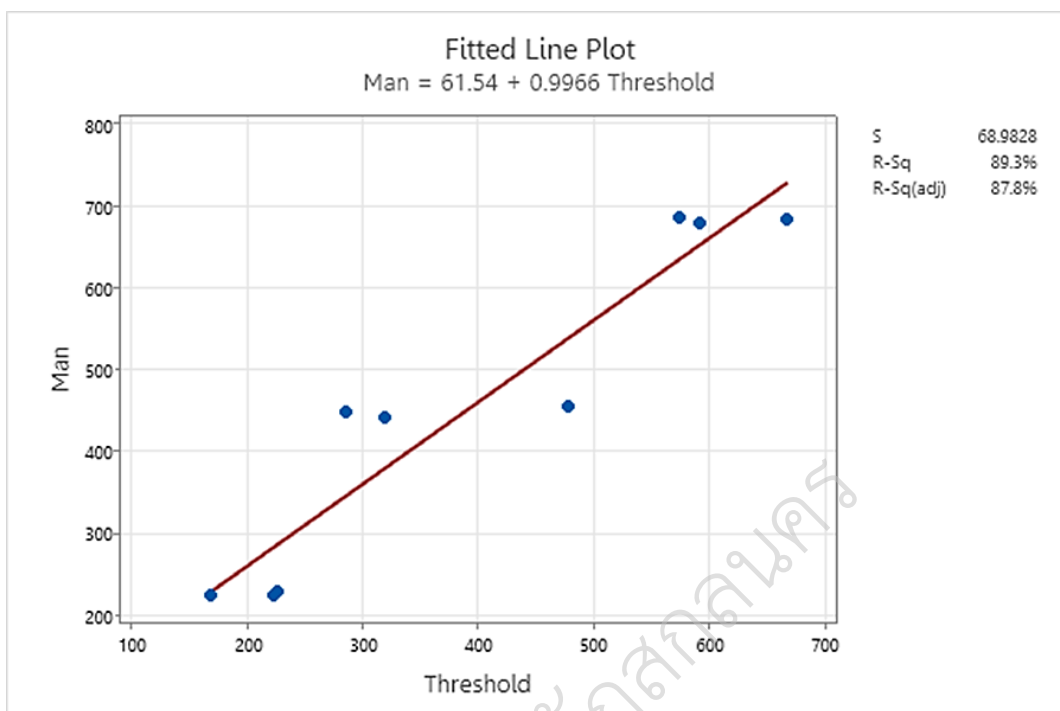
ตาราง 13 พื้นที่ของอาหารปลาจากการนับด้วยสายตามนุษย์และการประมวลผลภาพ

กลุ่มที่	ปริมาณอาหารปลา (กรัม)	พื้นที่อาหารปลาเฉลี่ย (ตารางเซนติเมตร)		
		การนับด้วยมนุษย์	เทรซโฮลด์	การหาขอบภาพ
1	40	227	206	118
2	80	448	361	143
3	120	683	611	202

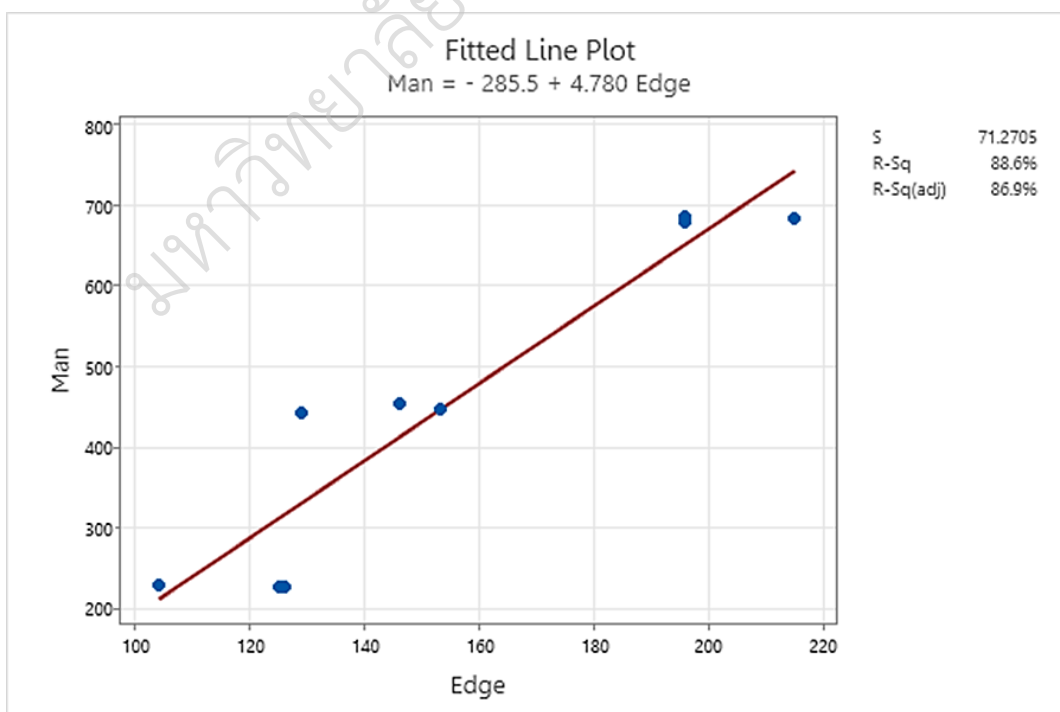
ตาราง 14 ความแม่นยำของข้อมูลจากการประมวลผลภาพแบบเทรซโฮลด์และการหาขอบภาพ
เปรียบเทียบข้อมูลอ้างอิงด้วยวิธีการนับด้วยมนุษย์

กลุ่มที่	ปริมาณอาหารปลา (กรัม)	ความแม่นยำ (%)	
		เทรซโฮลด์	การหาขอบภาพ
1	40	91	52
2	80	81	32
3	120	89	30

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเส้นถดถอย (Linear Regression) เพื่อดูว่าข้อมูลพื้นที่ที่การประมวลผลภาพอ่านได้นั้นมีความสัมพันธ์และสามารถอ่านได้ใกล้เคียงในทุกระดับปริมาณอาหารซึ่งข้อมูลให้ผลไปในทิศทางเดียวกันแสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งที่อ่านได้ด้วยสายตามนุษย์และการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพโดยเทคนิคแบบเทรซโฮลด์ให้ผลที่เป็นเส้นตรงมากกว่าดังที่แสดงในค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยที่เข้าใกล้ 1 มากกว่าแบบหาขอบภาพ



ภาพประกอบ 38 สมการเชิงเส้นถดถอย มนุษย์ - ประมวลผลภาพแบบเทรชโฮล์



ภาพประกอบ 39 สมการเชิงเส้นถดถอย มนุษย์ - ประมวลผลภาพแบบหาขอบภาพ

2. ในส่วนที่ 2 การจำแนกระดับอาหารด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ผลการวิเคราะห์พบว่า การประมวลผลภาพทั้ง 2 วิธีสามารถแยกระดับอาหารปลาได้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำสูง 92%-100% ด้วยวิธีใช้การประมวลผลภาพหาพื้นที่แบบเทรชโฮลส์ และ 100% ด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักร ดังแสดงที่ตาราง 15

ตาราง 15 ความแม่นยำของข้อมูลจากการประมวลผลภาพแบบเทรชโฮลส์และการเรียนรู้ของเครื่องจักร

ระดับ	ปริมาณอาหารปลา (กรัม)	ความแม่นยำ (%)	
		เทรชโฮลส์	การเรียนรู้ของเครื่องจักร
0	0	100	100
1	40	93	100
2	80	92	100
3	120	94	100

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นสามารถหาพื้นที่และจัดกลุ่มอาหารปลาซึ่งมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนลอยกระจายและยากแก่การคำนวณด้วยวิธีปกติ ได้ใกล้เคียงกับมนุษย์ โดยในช่วงแรกของงานวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการประมวลผลภาพกับมนุษย์ ซึ่งให้ความแม่นยำสูง 81-91% ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพเทรซโฮล์ โดยการเปรียบเทียบครอบคลุมทุกระดับตั้งแต่พื้นที่ที่เกิดขึ้นจากการลอยอาหารเม็ดในปริมาณน้อยไปจนถึงพื้นที่ที่เกิดจากการให้อาหารเต็มปริมาณที่ให้ในแต่ละรอบอาหาร (120 กรัม) และในส่วนที่สองเพื่อจำแนกแบ่งระดับของอาหารซึ่งการวิจัยในส่วนที่สองนี้สามารถนำไปต่อยอดพัฒนาเครื่องให้อาหารปลาแบบแปรผันได้ โดยในส่วนที่สองนี้ได้ทดลองด้วยเทคนิคเทรซโฮล์สามารถแยกระดับและให้ความแม่นยำสูง 92-100% แต่เนื่องจากวิธีนี้มีหลายขั้นตอนทางผู้วิจัยได้เพิ่มการทดลองด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจักรและใช้ภาพเพื่อการประมวลผลจากสถานที่และสิ่งแวดล้อมจริงซึ่งก็สามารถแยกระดับและให้ความแม่นยำสูงถึง 100% ความสามารถในการหาพื้นที่หรือแยกระดับของอาหารปลาได้นั้น จะส่งผลให้การจัดการอาหารปลาที่ให้ในแต่ละวันมีการจัดการได้อย่างเหมาะสมแปรผันสอดคล้องกับการต้องการบริโภคของปลาจริงและเมื่อบริโภคเหมาะสมพอดีก็ไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพและของเสียในน้ำ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัยส่วนที่ 1

จากผลที่ได้ในการทดสอบเพื่อศึกษางานวิจัยส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบการประมวลผลภาพกับมนุษย์ในการหาพื้นที่ จากการวิจัยพบว่าการประมวลผลภาพเพื่อหาพื้นที่อาหารปลาแบบเทรซโฮล์สามารถแสดงค่าพื้นที่อาหารปลาได้ใกล้เคียงกับการนับด้วยสายตาของมนุษย์ โดยมีค่าความแม่นยำ 81-91 เปอร์เซนต์ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลจากการเบียดรวมกันของอาหารหรือแตกตัวออกหลังจากอาหารยุ่ยจากการแช่น้ำ แต่เมื่อนำค่าพื้นที่ของแต่ละภาพมาหาความสัมพันธ์เชิงถดถอยและแทนค่า พบว่าค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้นมากกว่า 94 เปอร์เซนต์ โดยพบว่ามีความสัมพันธ์ในแต่ละรูปภาพที่คงที่ ซึ่งเป็นลักษณะของการ

คาดเคลื่อนที่มีค่าบางอย่างคล้ายกันในทุกภาพ, บางภาพอาจมีความคาดเคลื่อนในเรื่องจับภาพอาหารที่จะใช้วัดแล้วแปลงเป็นพื้นที่ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากแสงสะท้อนกับผิวหนัง ทำให้บางบริเวณที่เป็นอาหารปลาไม่มีสีแตกต่างจากสีอาหารปลาปกติสีน้ำตาล ทำให้ไม่สามารถแยกภาพบริเวณนั้นออกจากผิวหนังได้ชัดเจน จนทำให้การประมวลผลผิดพลาด ซึ่งการทำ Optimize ที่เหมาะสมจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของการวัด การปรับคุณภาพของภาพด้วยการทำ Filter การลด Noise สามารถปรับคุณภาพของภาพให้สามารถตรวจวัดจำนวนรวมฟิชเซลล์ของอาหารปลา และขนาดฟิชเซลล์ต่อหนึ่งตารางเมตรในภาพได้ละเอียดมากขึ้น รวมทั้งการเพิ่มจำนวนภาพให้ครอบคลุมตัวอย่างมากขึ้นเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า และให้ค่าความแม่นยำของข้อมูลมากขึ้น

สรุปและอภิปรายผลการวิจัยส่วนที่ 2

จากผลที่ได้ในการทดสอบเพื่อศึกษางานวิจัยส่วนที่ 2 การจำแนกระดับอาหาร จากการวิจัยพบว่าการประมวลผลภาพเพื่อการจำแนกระดับอาหารแบบเทอร์ชโฮล์นั้นทำได้แม่นยำถึง 92-100% ซึ่งยืนยันผลการวิจัยในส่วนที่ 1 ว่าการหาพื้นที่จากการประมวลผลภาพสามารถเปรียบเทียบได้ใกล้เคียงกับการหาพื้นที่โดยอ้างอิงมนุษย์ แต่ด้วยวิธีแบบเทอร์ชโฮล์หาพื้นที่และแบ่งกลุ่มจะมีขั้นตอนที่มากกว่าเนื่องด้วยต้องมีขั้นตอนการหาขนาดพื้นที่ของฟิชเซลล์ ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มเทคนิคการประมวลผลภาพแบบการเรียนรู้เครื่องจักรซึ่งจะเป็นการเรียนรู้และคัดแยกจำนวนกลุ่มตามที่ระบุจำนวนกลุ่มที่ต้องการ โดยขั้นตอนและขบวนการทั้งหมดอยู่ในขั้นตอนการโปรแกรมเดียวซึ่งผลที่ได้มีความแม่นยำ 100% โดยได้ทดลองกับภาพจากสภาพแวดล้อมที่ให้อาหารจริง แม้ผลที่ได้จากการประมวลผลด้วยเทคนิคการเรียนรู้เครื่องจักรจะแม่นยำถึง 100% แต่แหล่งของข้อมูลมาจากแหล่งเดียว หากได้ตัวอย่างเพิ่มเติมจากหลากหลายสภาพแวดล้อมคาดว่าจะเพิ่มเติมประสิทธิภาพการเรียนรู้และการจำแนกให้ครอบคลุมมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองเทียบความแม่นยำในการฝึก (Training accuracy) ด้วยวิธีการเพิ่มจำนวนภาพฝึกมากขึ้น ผลความแม่นยำในการฝึกเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนภาพ (ภาคผนวก ก. ภาพประกอบ ก-20(ก-ง))

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

ผลงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถการประมวลผลภาพเพื่อหาพื้นที่และเพื่อแยกกลุ่มระดับสีของที่สนใจ ซึ่งในงานวิจัยนี้คืออาหารปลาชนิดเม็ดลอยน้ำ งานวิจัยนี้แม้จะเก็บข้อมูลจากสถานที่สิ่งแวดล้อมจริงรวมถึงการทดลองใช้งานกับปริมาณอาหารในปริมาณต่าง ๆ ที่แตกต่างกันให้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถอ่านได้อยู่ในขอบเขต ± 1 ระดับ (ภาคผนวก ก. ภาพประกอบ ก-21) แต่การวิจัยขอบเขตอยู่ที่การจำแนกกลุ่มระดับอาหารปลา การวิจัยนี้จะมีประโยชน์ยิ่งขึ้นหากนำไปต่อยอดติดตั้งและสร้างเป็นเงื่อนไขร่วมกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เพื่อใช้งานจริงต่อไป เช่น นำไปประมวลผลภาพอาหารปลาที่เหลือจากการให้อาหารแต่ละครั้ง แล้วส่งผลที่ได้ไปสร้างเงื่อนไขในการเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติส่งจ่ายอาหารในรอบถัดไป ซึ่งจะเป็นการให้อาหารแบบแปรผันตามการบริโภคจริง

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

งานวิจัยในครั้งต่อไปนั้น สามารถพัฒนาต่อยอดจากโปรแกรมซอฟต์แวร์สู่อุปกรณ์จริง นอกจากนั้นการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องสภาพแวดล้อมที่หลากหลายที่จะมีผลต่อภาพถ่าย เช่น ฝนตกบนผิวน้ำ การจับภาพในระยะที่สูงขึ้น และอื่น ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของเครื่องจักร หรือการประยุกต์การประมวลผลภาพกับวัตถุชนิดอื่น ๆ เช่น เมล็ดผัก ลูกปลา และอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กลุ่มสถิติการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง. (2566). *ประมาณการผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการประมงของประเทศไทย พ.ศ. 2564 - 2566*. เข้าถึงได้จาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20210705093649_1_file.pdf 12 มกราคม 2566.
- จักรินทร์ สุนกแสน, & โอฟาริก สุรินตะ (2019). โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกสำหรับการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ. *Journal of Science & Technology MSU*, 38(2).
- ฤทัยชนก จริงจิตร. (2556). *เจาะลึก “Smart Farmer” แค่แนวคิดใหม่หรือจะพลิกโฉมการเกษตรไทย*. เข้าถึงได้จาก <http://www.tpsoc.moc.go.th/sites/default/files/1074-img.pdf> 12 มกราคม 2566.
- เฉลิมพล (2550). *การตรวจจับของทางเดินรถและการนำวิถีแบบอัตโนมัติ โดยใช้แบบจำลองการเทียบเคียงรูปแบบ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ไชยยันต์ สิริกุล และเกรียงไกร แซ่มสีม่วง. (2564). การพัฒนาระบบฉีดพ่นปุ๋ยน้ำแบบแปรผันอัตราได้ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายแบบติดตั้งบนรถแทรกเตอร์ไร้คนขับสำหรับพื้นที่ปลูกอ้อยสมัยใหม่. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*, 2(2564), 19-26.
- ณัฐภูมิ สุดแก้ว (2564) *หุ่นยนต์ให้ปุ๋ยทางใบสำหรับแปลงผักยกสูงในโรงเรือนปลูกพืชแบบเกษตรเมือง ด้วยการประมวลผลภาพดัชนีพืชพรรณ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์. (2021). Improvement the Performance of the Chest X-ray Image Classification with Convolutional Neural Network Model by Using Image Augmentations Technique for COVID-19 Diagnosis. *วารสาร วิชาการ พระจอมเกล้า พระนครเหนือ*, 31(1), 109-117.
- เดชาอาวุฒิและคณะ. (2558). ขั้นตอนวิธีนับจำนวนเชื้อบนแผ่นฮีโมซีโตมิเตอร์ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพและดีปีสแกน. *วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 11(2), 56-61.

บรรณานุกรม

- เทอดศิลป์ โสมูล. (2555). ระบบควบคุมการเลี้ยงด้วยภาพแบบอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียม (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ธนภัทร มัชวาท, สุทธิพงษ์ ดวงสุภา, & รัตนาดี พานทอง. (2563). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อจำแนกกล้วยต่างด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง. *วารสาร วิชาการ" การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ"*, 8(2), 56-66.
- บุญธรรม ภัทราจารกุล (2556). การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ปกรณ แก้วตระกูลพงษ์ (2559). การประยุกต์อัลกอริทึมแมชชีนวิชันโดยใช้ NI Vision. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรเมนทร์และคณะ. พศ.(2560). การคัดพันธุ์ข้าวเปลือกไทยด้วยวิธีวิเคราะห์ภาพถ่าย. *วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 7(2), 145-155.
- ปรีชาและมหศักดิ์. (2563). การนับจำนวนยาบ้าโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ. *วารสาร พิชัยและวราห์*. (2555). *การนับจำนวนลูกปลาโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล*. การประชุมทาง วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาสัตว, สาขาสัตว แพทยศาสตร์, สาขาประมง. กรุงเทพฯ. 2555. (หน้า 368-374). กรุงเทพมหานคร.
- ทรงกรด พิมพิศาลและ ญัฐวดี ศรีวิบูลย์. (2563). การประมวลผลภาพสำหรับการจำแนก รูปภาพพันธุ์โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก. *Journal of Information Science & Technology*, 10(2).
- พีรณัฐและคณะ. (2564). การประเมินปริมาณของเมล็ดข้าวในภาพถ่ายโดยใช้เทคนิคประมวลผล ภาพ. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ*, 7(1), 60-70.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. (2564). บทความวิจัยเรื่องการเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุน. เข้าถึง ได้จาก <https://www.pbru.ac.th/pbru/news/20416> 12 มกราคม 2566.
- มธุรส ผ่านเมือง. (2023). การจำแนกภาพใบสมุนไพรรด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก. *SCIENCE AND TECHNOLOGY NAKHON SAWAN RAJABHAT UNIVERSITY JOURNAL*, 15(22), 51-65.
- รัตนพลและคณะ. (2558). เครื่องจำแนกสีและนับจำนวนโคโลนีโดยใช้การประมวลผลภาพ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล*, 3(1), 35-39.

บรรณานุกรม

- วิศรุต ศรีรัตน์. (2554). *เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด
ยูเคชั่น.
- วุฒิพงษ์และทิพา. (2557). นำเสนอการจำแนกประเภทตามขนาดของเม็ดข้าวด้วยวิธีการ
ประมวลผลภาพดิจิทัลจากกล้องซีซีดี. *วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
อีสาน*, 7(2), 40-49.
- ศักรินทร์ โสันทะ. (2553). *เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ศศิณา โสภาคกุล, & ชลลดา ต่านกลาง. (2565). ระบบสนับสนุนการวินิจฉัยโควิด-19 ด้วย เทคนิค
การประมวลผลภาพ.
- สมเกียรติ อุดมธรรษากุล. (2554). *การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ:
บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.
- สรารุณและณัฐวุฒิ. (2563). การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอก
ด้วยการใช้การประมวลผลภาพ. *วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 10(2),
101-109.
- สิทธิโชคและคณะ. (2550). การศึกษาวิธีการตรวจสอบบราวนบนผิวเนื้ออย่างแม่นยำโดยใช้วิธีการ
ประมวลผลภาพ. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 10(2), 51-61.
- สุทธิการและคณะ. (2566). ระบบวินิจฉัยโรคกระดูกข้อเข่าเสื่อมในภาพเอกซเรย์โดยใช้เทคนิค
การประมวลผลภาพดิจิทัล. การประชุมทางวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์
ครั้งที่ 15. (หน้า 496-499). หัวหิน.
- สัตถาภูมิและคณะ. (2557). การออกแบบระบบประเมินพื้นที่ใบพืชด้วยวิธีการประมวลผลภาพ
ร่วมกับการวิเคราะห์ความถดถอย. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
สุวรรณภูมิ*, 2(1), 23-31.
- สุริยา วรวงศ์ และ เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. (2560). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยแบบ
แม่นยำในไร้อยู่ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ*, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรม
เกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10.
- โอฬาริก สุรินทร์. (2561). การหาคุณลักษณะพิเศษเฉพาะพื้นที่สำหรับการจัดหมวดหมู่รูปภาพ
ลามกอนาจาร. *Journal of Science & Technology MSU*, 37(3).

บรรณานุกรม

- โอฬาริก สุรินตะ, & กวีพจน์ บรรลือวงศ์. (2557). การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนโดยใช้ตัวจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการคำนวณเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด k ตำแหน่ง-วิจัยเชิงสำรวจ. *Journal of Science & Technology MSU*, 36(1).
- เอกรัตน์และคณะ. (2565). ระบบวิเคราะห์การสุกของผลไม้ด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ. *วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 12(1), 61-66.
- เอกลักษณ์และคณะ. (2557). การหาพื้นที่ของรูปทรงสองมิติบนระบบแอนดรอยด์ด้วยการประมวลผลภาพ. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง*, 7(2), 127-137
- Aziz, R. M., Mahto, R., Das, A., Ahmed, S. U., Roy, P., Mallik, S., & Li, A. (2023). CO-WOA: novel optimization approach for deep learning classification of fish image. *Chemistry & Biodiversity*, 20(8), e202201123.
- David Houcque. (2005). *Introduction to Matlab for Engineering Students*. Retrieved from <https://www.mccormick.northwestern.edu/documents/students/undergraduate/introduction-to-matlab.pdf> January 12th, 2023.
- Devid J. Eck. (2021). *Pixels, Coordinates, and Colors*. Retrieved from <https://math.hws.edu/graphicsbook/c2/s1.html> January 12th, 2023.
- Dr Anil Kumar Maini. (2019). *Image Processing Using MATLAB: Basic Operations*. Retrieved from <https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/image-processing-using-matlab-part-1> January 12th, 2023.
- Duwairi, R. M., & Halloush, Z. A. (2022). Automatic recognition of Arabic alphabets sign language using deep learning. *International Journal of Electrical & Computer Engineering* (2088-8708), 12(3).
- El-Sawy, A., El-Bakry, H., & Loey, M. (2017). CNN for handwritten arabic digits recognition based on LeNet-5. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics 2016* 2 (pp. 566-575). Springer International Publishing.

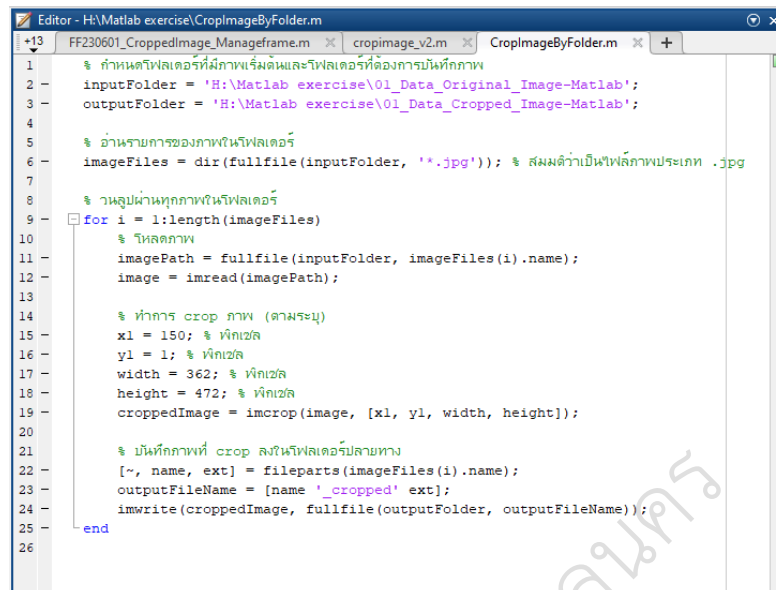
บรรณานุกรม

- Harshit Dwivedi. (2023). How to Use Google Colab for Deep Learning – Complete Tutorial. เข้าถึงได้จาก <https://neptune.ai/blog/how-to-use-google-colab-for-deep-learning-complete-tutorial>
- Natthawat Phongchit. (2018). เข้าถึงได้จาก <https://medium.com/@natthawatphongchit/มาลองดูวิธีการคิดของ-cnn-กัน-e3f5d73eebaa>
- Naruenatthanaset, K. (2020). Red blood cell segmentation and classification from microscopic images using machine learning.
- Noreen Garrison. (2018). *Methods for Measuring Distance in Images*. Retrieved from <https://silo.tips/download/chapter-4-4-methods-for-measuring-distance-in-images> January 12th, 2023.
- Phelawan, J. Et al. (2011) A new technique for distance measurement of between vehicles to vehicles by plate car using image processing. *Procedia Engineering*, 32 (2012), 18 – 24.
- Suvit Poomrittigul; Wanwalee Chomkwah; Tananan Tanpatanan; Sakda Sakornthanant; Treesukon Treebupachatsakul. (2022, July). A comparison of deep learning CNN architecture models for classifying bacteria. In *2022 37th International technical conference on circuits/systems, computers and communications (ITC-CSCC)* (pp. 290-293). IEEE.
- Shah, P. และ Vyas, T. (2014). Interfacing of MATLAB with Arduino for Object Detection Algorithm Implementation using Serial Communication. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3(10), 1067-1071.
- The University of Edinburgh. (2000). *Image Processing Learning Resources*. เข้าถึงได้จาก <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/threshld.htm> 12 มกราคม 2566.
- University of Tartu. (2014). *Digital Image Processing*. Retrieved from <https://sisu.ut.ee/imageprocessing/book/1> January 12th, 2023.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โปรแกรมและการแสดงผล

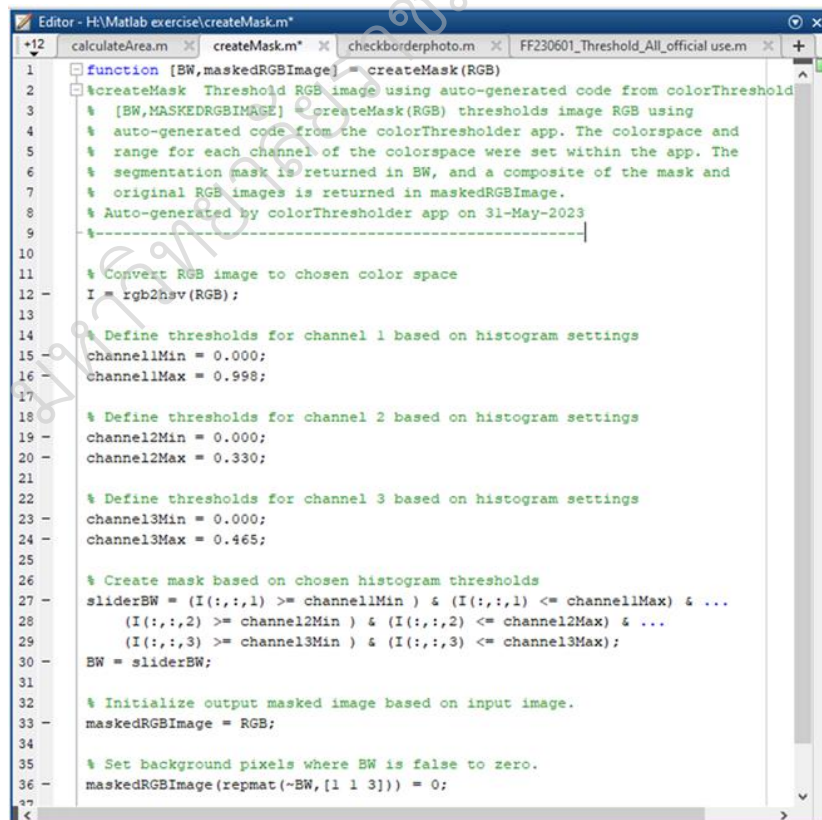


```

1  % กำหนดโฟลเดอร์ที่มีภาพเริ่มต้นและโฟลเดอร์ที่ต้องการบันทึกภาพ
2  inputFolder = 'H:\Matlab exercise\01_Data_Original_Image-Matlab';
3  outputFolder = 'H:\Matlab exercise\01_Data_Cropped_Image-Matlab';
4
5  % อ่านรายการของภาพในโฟลเดอร์
6  imageFiles = dir(fullfile(inputFolder, '*.jpg')); % สมมติว่าเป็นไฟล์ภาพประเภท .jpg
7
8  % วนลูปผ่านทุกภาพในโฟลเดอร์
9  for i = 1:length(imageFiles)
10     % โหลดภาพ
11     imagePath = fullfile(inputFolder, imageFiles(i).name);
12     image = imread(imagePath);
13
14     % ทำการ crop ภาพ (ตามระบุ)
15     x1 = 150; % พิกเซล
16     y1 = 1; % พิกเซล
17     width = 362; % พิกเซล
18     height = 472; % พิกเซล
19     croppedImage = imcrop(image, [x1, y1, width, height]);
20
21     % บันทึกภาพที่ crop ลงในโฟลเดอร์ปลายทาง
22     [~, name, ext] = fileparts(imageFiles(i).name);
23     outputFileName = [name '_cropped' ext];
24     imwrite(croppedImage, fullfile(outputFolder, outputFileName));
25 end
26

```

ภาพประกอบ ก-1 ชุดคำสั่ง Matlab-Corp ภาพ



```

1  function [BW,maskedRGBImage] = createMask(RGB)
2  %createMask Threshold RGB image using auto-generated code from colorThreshold
3  % [BW,MASKEDRGBIMAGE] = createMask(RGB) thresholds image RGB using
4  % auto-generated code from the colorThresholder app. The colorspace and
5  % range for each channel of the colorspace were set within the app. The
6  % segmentation mask is returned in BW, and a composite of the mask and
7  % original RGB images is returned in maskedRGBImage.
8  % Auto-generated by colorThresholder app on 31-May-2023
9  %-----
10
11  % Convert RGB image to chosen color space
12  I = rgb2hsv(RGB);
13
14  % Define thresholds for channel 1 based on histogram settings
15  channel1Min = 0.000;
16  channel1Max = 0.998;
17
18  % Define thresholds for channel 2 based on histogram settings
19  channel2Min = 0.000;
20  channel2Max = 0.330;
21
22  % Define thresholds for channel 3 based on histogram settings
23  channel3Min = 0.000;
24  channel3Max = 0.465;
25
26  % Create mask based on chosen histogram thresholds
27  sliderBW = (I(:,:,1) >= channel1Min ) & (I(:,:,1) <= channel1Max) & ...
28  (I(:,:,2) >= channel2Min ) & (I(:,:,2) <= channel2Max) & ...
29  (I(:,:,3) >= channel3Min ) & (I(:,:,3) <= channel3Max);
30  BW = sliderBW;
31
32  % Initialize output masked image based on input image.
33  maskedRGBImage = RGB;
34
35  % Set background pixels where BW is false to zero.
36  maskedRGBImage(repmat(~BW,[1 1 3])) = 0;
37

```

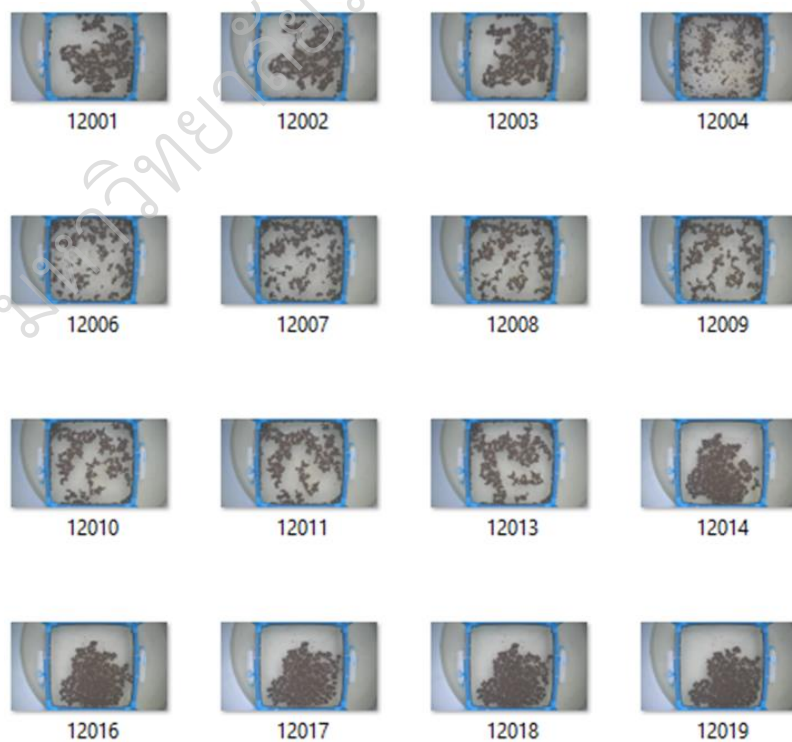
ภาพประกอบ ก-2 ชุดคำสั่ง Matlab-CreateMask (RGB >>> BW)

```

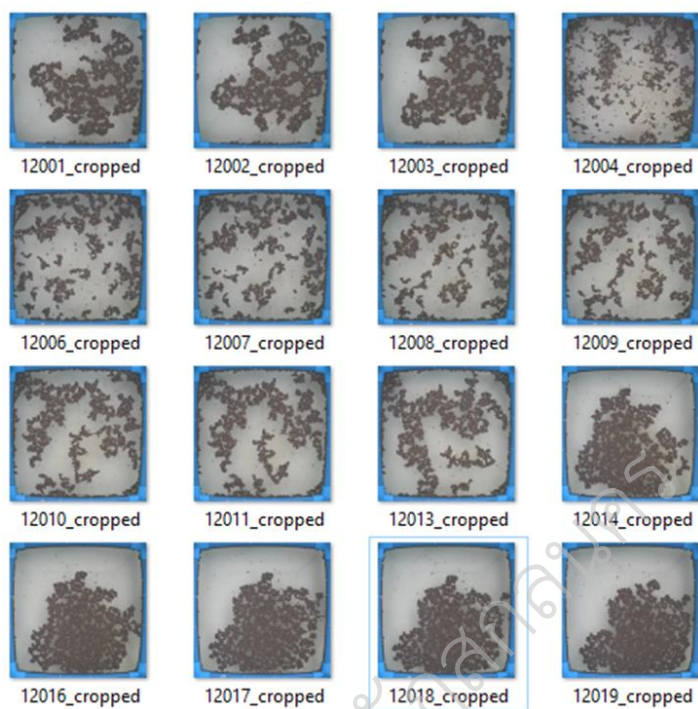
Editor - H:\Matlab exercise\CalculateAreaAndClassifyLargeByFolder.m
+13 CropLargeImageByFolder.m AdjustLargeImageByFolder.m CalculateAreaAndClassifyLargeByFolder.m +
1 function results = calculateArea(I)
2 % Segment
3 BW = createMask(I);
4
5 % Area in pixels
6 props = regionprops("table", BW, "Area");
7 areaPixels = sum(props.Area);
8
9 % Area in cm^2
10 px2cm = (0.5/15)^2;
11 areaCmsq = round(areaPixels * px2cm);
12
13 % Classify based on area
14 if areaCmsq >= 0 && areaCmsq <= 5
15     class = 0;
16 elseif areaCmsq >= 6 && areaCmsq <= 227
17     class = 1;
18 elseif areaCmsq >= 228 && areaCmsq <= 448
19     class = 2;
20 else
21     class = 3;
22 end
23
24 % Format into structure
25 results.BW = BW;
26 results.areaCmsq = areaCmsq;
27 results.class = class;
28 end

```

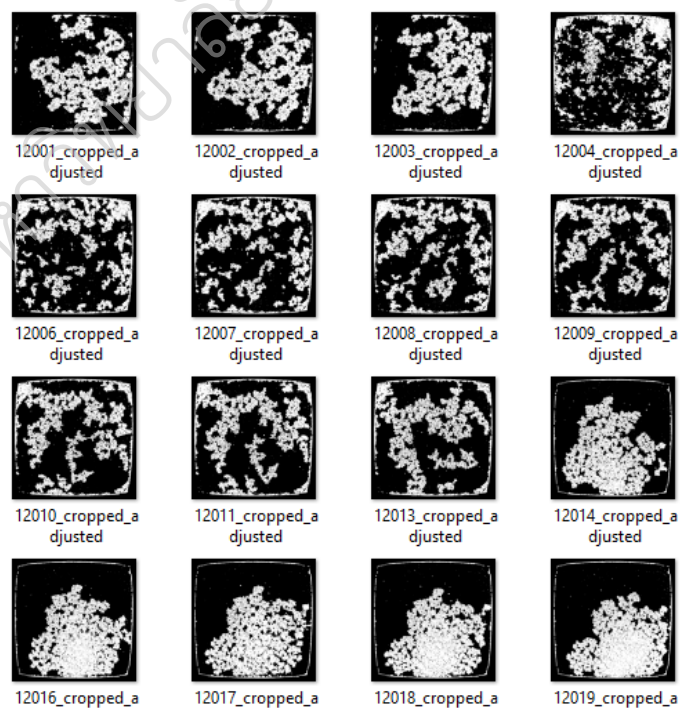
ภาพประกอบ ก-3 ชุดคำสั่ง Matlab-หาพื้นที่และจำแนกกลุ่ม



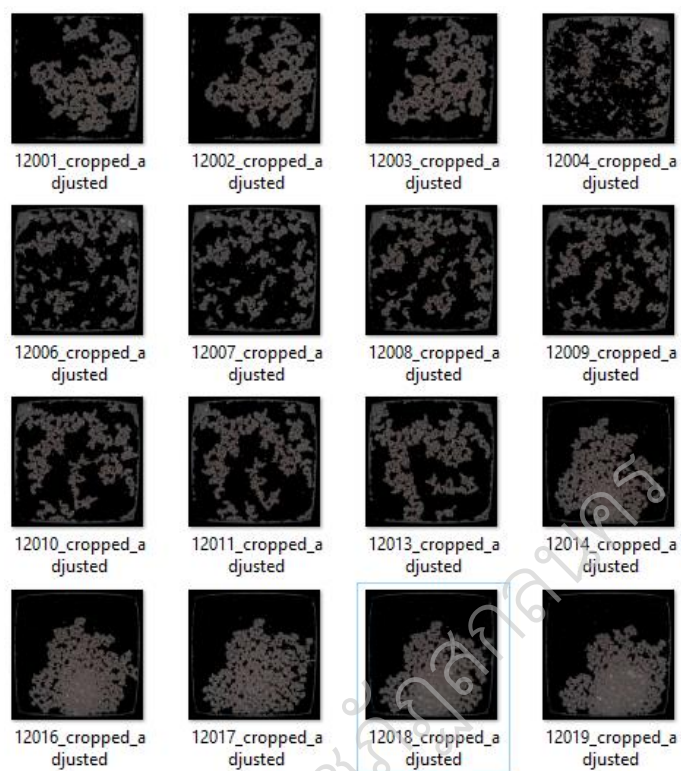
ภาพประกอบ ก-4 ภาพที่กล้องบันทึกได้ (ภาพตั้งต้น)



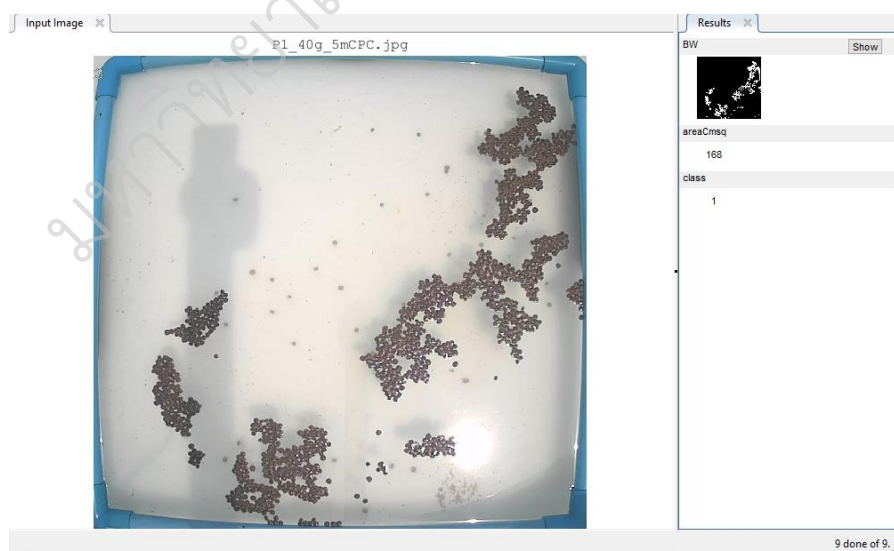
ภาพประกอบ ก-5 ภาพหลัง Matlab-Corp



ภาพประกอบ ก-6(ก) ภาพหลัง Matlab-CreateMask เทรซโฮล์ (BW)



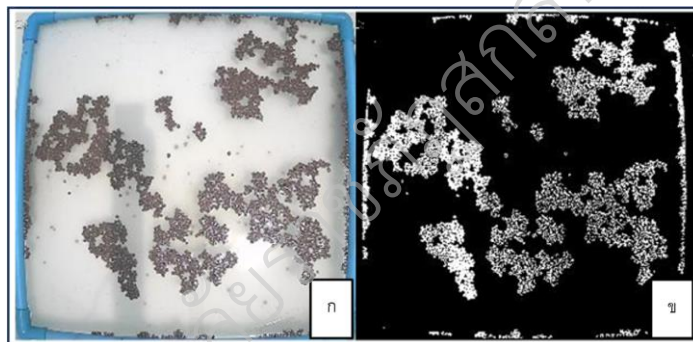
ภาพประกอบ ก-6(ข) ภาพหลัง Matlab-CreateMask เทรซโฮล์ (RGB)



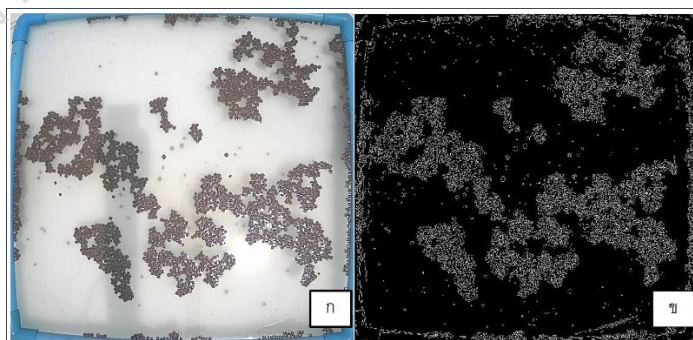
ภาพประกอบ ก-7(ก) ภาพ Matlab แสดงผล พื้นที่ และ กลุ่มจำแนก (Screen)

areaCmsq	class	fileName
319	2	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P3_80g_5mCPC.jpg'
574	3	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P1_120g_10mCPC.jpg'
168	1	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P1_40g_5mCPC.jpg'
285	2	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P1_80g_5mCPC.jpg'
668	3	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P2_120g_5mCPC.jpg'
223	1	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P2_40g_5mCPC.jpg'
478	3	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P2_80g_5mCPC.jpg'
592	3	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P3_120g_5mCPC.jpg'
226	1	'H:\Matlab exercise\Edge Method\P3_40g_5mCPC.jpg'

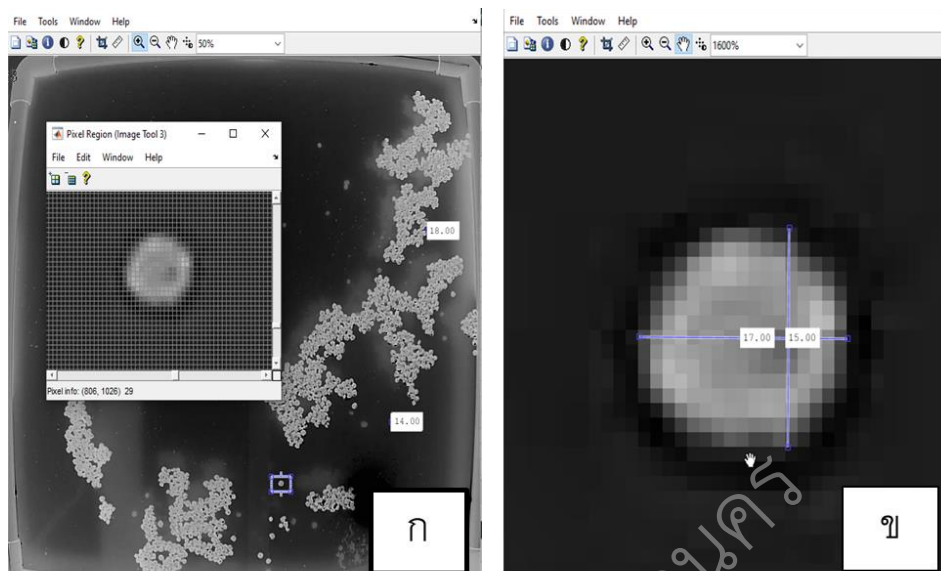
ภาพประกอบ ก-7(ข) ภาพ Matlab แสดงผล พื้นที่ และ กลุ่มจำแนก (Text)



ภาพประกอบ ก-6 ภาพ RGB ที่บันทึกโดยกล้องบันทึก (ก), ตัวอย่างภาพ Matlab เทรชโวล์ที่ปรับค่าสีแล้ว (ข)



ภาพประกอบ ก-7 ภาพ RGB ที่บันทึกโดยกล้องบันทึก (ก), ตัวอย่างภาพ Matlab หาขอบภาพขาวดำที่ปรับค่าสีแล้ว (ข)



ภาพประกอบ ก-8 การหาจำนวน Pixel บนเส้นผ่าศูนย์กลางอาหารเม็ด
อาหารเม็ดเดี่ยว (ก) จำนวนพิกเซลแกน X และ Y (ข)

```
# @title Step 2: Remove Noise In Image
def Processed_Image(input_folder_path, output_folder_path):

    # Sort class folders alphabetically
    class_folders = sorted(os.listdir(input_folder_path))

    # Loop through each class folder
    for class_folder in os.listdir(input_folder_path):
        class_path_input = os.path.join(input_folder_path, class_folder)
        class_path_output = os.path.join(output_folder_path, class_folder)

        # Create the class output folder if it doesn't exist
        if not os.path.exists(class_path_output):
            os.makedirs(class_path_output)

        # Loop through each image in the class folder
        for image_name in os.listdir(class_path_input):
            input_img_path = os.path.join(class_path_input, image_name)
            output_img_path = os.path.join(class_path_output, image_name)
```

```

# Read the image using OpenCV
input_img = cv2.imread(input_img_path)

# Convert image to RGB
input_img = cv2.cvtColor(input_img, cv2.COLOR_BGR2RGB)

# Perform cropping
left, top, right, bottom = 535, 20, 1785, 1260
# Crop the image
cropped_img = input_img[top:bottom, left:right]

# Resize the image to 640x480
resized_crop_img = cv2.resize(cropped_img, (640, 480))

# Apply filter2D (vertical Sobel filter)
kn_verti = np.array([[1, 0,-1],
                    [1, 0,-1],
                    [1, 0,-1]])

# Apply filter2D (horizontal Sobel filter)
kn_hori = np.array([[ 1, 1,-1],
                    [ 0, 0, 0],
                    [-1,-1,-1]])

filtered_img = cv2.filter2D(resized_crop_img, -1, kn_verti)
filtered_img = cv2.filter2D(filtered_img, -1, kn_hori)

#Blurr Image Remove noise
blurr_img = cv2.GaussianBlur(filtered_img, (3, 3), 0)

# Save the thresholded image to the new folder
cv2.imwrite(output_img_path, blurr_img)

print("Resizing and noise removal complete.")

Processed_Image(input_folder_path, output_folder_path)

```

```

# @title Step 4: Preprocess the dataset

def load_images_and_labels(dataset_path, image_size):
    images = []
    labels = []

    class_counts = {} # Dictionary to store the count of images for each class

    # Sort class folders alphabetically
    class_folders = sorted(os.listdir(dataset_path))

    for idx, class_folder in enumerate(class_folders):
        class_path = os.path.join(dataset_path, class_folder)
        if os.path.isdir(class_path):
            class_images = [] # List to store images for each class
            for image_file in os.listdir(class_path):
                image_path = os.path.join(class_path, image_file)
                img = cv2.imread(image_path)
                img = cv2.resize(img, image_size)
                img = img / 255.0
                images.append(img)
                labels.append(class_folder)
                class_images.append(img)

            class_counts[class_folder] = len(class_images)

    print("Class Index\tClass Name\tNumber of Images")
    for idx, (class_name, count) in enumerate(class_counts.items()):
        print(f"{idx}\t\t{class_name}\t\t{count}")

    print(f"\nNumber of images: {len(images)}")
    print(f"Number of classes: {len(set(labels))}")

    return np.array(images), np.array(labels)

#dataset_path
dataset_path = output_folder_path

```

```

# Set the desired image size
#image_size = (128, 128)
image_size = (256, 256)
#image_size = (300, 300)

X, y = load_images_and_labels(dataset_path, image_size)

label_encoder = LabelEncoder()
y_encoded = label_encoder.fit_transform(y)
y_one_hot = to_categorical(y_encoded)

X_train, X_temp, y_train, y_temp = train_test_split(X, y_one_hot, test_size=0.3,
random_state=42)
X_val, X_test, y_val, y_test = train_test_split(X_temp, y_temp, test_size=0.5,
random_state=42)

# Save the label encoder
joblib.dump(label_encoder, '/content/drive/My Drive/Colab
Notebooks/Model/250_label_encoder.pkl')

```

ภาพประกอบ ก-10 ชุดคำสั่ง Colab-Preprocess the dataset

```

# @title Step 5 : Build and Compile the LeNet-5 model

def build_lenet5_model(input_shape, num_classes):
    model = models.Sequential()
    model.add(layers.Conv2D(16, kernel_size=(5, 5), activation='relu',
input_shape=input_shape))
    model.add(layers.MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
    model.add(layers.Conv2D(32, kernel_size=(5, 5), activation='relu'))
    model.add(layers.MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
    model.add(layers.Flatten())
    model.add(layers.Dense(256, activation='relu'))
    model.add(layers.Dropout(0.5))
    model.add(layers.Dense(128, activation='relu'))
    model.add(layers.Dropout(0.5))

```

```

model.add(layers.Dense(num_classes, activation='softmax'))
return model

input_shape = (*image_size, 3) # Adjust based on your dataset

num_classes = len(label_encoder.classes_)

model = build_lenet5_model(input_shape, num_classes)

model.compile(optimizer=Adam(learning_rate=0.0001), loss='categorical_crossentropy',
metrics=['accuracy'])

# Print the model summary
model.summary()

# Print the class index and names
print("Class Index\tClass Name")
for idx, class_name in enumerate(label_encoder.classes_):
    print(f"{idx}\t\t{class_name}")

```

ภาพประกอบ ก-11 ชุดคำสั่ง Colab-Build and Compile the LeNet-5 model

```

# @title Step 6: Train the model with data augmentation
datagen = ImageDataGenerator(
    rotation_range=20,
    width_shift_range=0.2,
    height_shift_range=0.2,
    shear_range=0.2,
    zoom_range=0.2,
    horizontal_flip=True,
    fill_mode='nearest'
)

#epochs = 280
#epochs = 250
epochs = 250

```

```

batch_size = 32

history = model.fit(
    datagen.flow(X_train, y_train, batch_size=batch_size),
    epochs=epochs,
    validation_data=(X_val, y_val)
)

test_loss, test_accuracy = model.evaluate(X_test, y_test)
print(f'Test Accuracy: {test_accuracy}')

# Save Model
model.save('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Model/250_lenet5_model_2.h5')

# Save History
history_path = ('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Model/250_training_history_2.pkl')
joblib.dump(history.history, history_path)

```

ภาพประกอบ ก-12 ชุดคำสั่ง Colab- Train the model with data augmentation

```

# @title Step 6: Plot accuracy and loss from loaded history

# Load History
loaded_history = joblib.load(history_path)

# Get the final Value
final_train_accuracy = loaded_history['accuracy'][-1]
final_val_accuracy = loaded_history['val_accuracy'][-1]
final_train_loss = loaded_history['loss'][-1]
final_val_loss = loaded_history['val_loss'][-1]

# Set a larger figure size
plt.figure(figsize=(15, 6))

# Plot accuracy
plt.subplot(1, 2, 1)

```

```

plt.plot(loader_history['accuracy'], label=f'Training Accuracy: {final_train_accuracy:.4f}')
plt.plot(loader_history['val_accuracy'], label=f'Validation Accuracy: {final_val_accuracy:.4f}')
plt.xlabel('Epoch')
plt.ylabel('Accuracy')
plt.title('Training and Validation Accuracy')
plt.legend()

# Plot loss
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(loader_history['loss'], label=f'Training Loss: {final_train_loss:.4f}')
plt.plot(loader_history['val_loss'], label=f'Validation Loss: {final_val_loss:.4f}')
plt.xlabel('Epoch')
plt.ylabel('Loss')
plt.title('Training and Validation Loss')
plt.legend()

# Adjust layout to prevent overlapping
plt.tight_layout()

# Display the plot
plt.show()

```

ภาพประกอบ ก-13 ชุดคำสั่ง Colab- Plot accuracy and loss from loader history

```

# @title Step 1: Mount Google Drive and Set path

drive.mount('/content/drive')

# Load model
model_path = ('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Model/250_lenet5_model_2.h5')
model = load_model(model_path)

# Load label encoder
label_encoder_path = ('/content/drive/My Drive/Colab
Notebooks/Model/250_label_encoder.pkl')
label_encoder = joblib.load(label_encoder_path)

```

```
# Load the history object using joblib
history_path = ('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Model/250_training_history_2.pkl')
history = joblib.load(history_path)
```

ภาพประกอบ ก-14 ชุดคำสั่ง Deploy Colab-Mount Google Drive and Set path

```
# @title Step 2: Plot accuracy and loss from loaded history

# Get the final Value
final_train_accuracy = history['accuracy'][-1]
final_val_accuracy = history['val_accuracy'][-1]
final_train_loss = history['loss'][-1]
final_val_loss = history['val_loss'][-1]

# Set a larger figure size
plt.figure(figsize=(15, 6))

# Plot accuracy
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(history['accuracy'], label=f'Training Accuracy: {final_train_accuracy:.4f}')
plt.plot(history['val_accuracy'], label=f'Validation Accuracy: {final_val_accuracy:.4f}')
plt.xlabel('Epoch')
plt.ylabel('Accuracy')
plt.title('Training and Validation Accuracy')
plt.legend()

# Plot loss
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(history['loss'], label=f'Training Loss: {final_train_loss:.4f}')
plt.plot(history['val_loss'], label=f'Validation Loss: {final_val_loss:.4f}')
plt.xlabel('Epoch')
plt.ylabel('Loss')
plt.title('Training and Validation Loss')
plt.legend()
```

```
# Adjust layout to prevent overlapping
plt.tight_layout()

# Display the plot
plt.show()
```

ภาพประกอบ ก-15 ชุดคำสั่ง Deploy Colab-Plot accuracy and loss from loaded history

```
# @title Step 3: Build Function

# Function to display images
def display_images(original_img, processed_img):
    plt.figure(figsize=(10, 5))

    # Original Image
    plt.subplot(1, 2, 1)
    plt.imshow(original_img)
    plt.title('Original Image')
    plt.axis('off')

    # Processed Image
    plt.subplot(1, 2, 2)
    plt.imshow(processed_img)
    plt.title('Processed Image')
    plt.axis('off')
    plt.show()

# Function to process image
def process_image(input_img):

    # Perform cropping
    left, top, right, bottom = 535, 20, 1785, 1260

    # Crop the image
    cropped_img = input_img[top:bottom, left:right]
```

```

# Resize the image to 640x480
resized_crop_img = cv2.resize(cropped_img, (640, 480))

kn_verti = np.array([[1, 0, -1],
                    [1, 0, -1],
                    [1, 0, -1]])

kn_hori = np.array([[1, 1, -1],
                   [0, 0, 0],
                   [-1, -1, -1]])

filtered_img = cv2.filter2D(resized_crop_img, -1, kn_verti)
filtered_img = cv2.filter2D(filtered_img, -1, kn_hori)

blurr_img = cv2.GaussianBlur(filtered_img, (3, 3), 0)

return blurr_img

# Function to upload images
def upload_images():
    uploaded = files.upload()
    file_names = list(uploaded.keys())
    image_data_list = [uploaded[file] for file in file_names]
    return image_data_list, file_names

```

ภาพประกอบ ก-16 ชุดคำสั่ง Deploy Colab-Build Function

```

# @title Step 3: Predictions Any Upload images

image_data_list, file_names = upload_images()

# Continue with the rest of your code
for image_data, file_name in zip(image_data_list, file_names):
    # Process the image_data as needed (e.g., convert to OpenCV format, etc.)
    input_img = cv2.imdecode(np.frombuffer(image_data, np.uint8), -1)
    input_img = cv2.cvtColor(input_img, cv2.COLOR_BGR2RGB)

```

```

# Process Image
processed_img = process_image(input_img)

# Display the images
#display_images(input_img, processed_img)

# Resize the processed image to match the model input size
image_size = (256, 256)
resize_filtered_img = cv2.resize(processed_img, image_size)
img_array = image.img_to_array(resize_filtered_img)
img_array = np.expand_dims(img_array, axis=0)
img_array /= 255.0 # Normalize pixel values

# Make predictions
predictions = model.predict(img_array)

# Get the predicted class index
predicted_class_index = np.argmax(predictions)
predicted_class_name = label_encoder.classes_[predicted_class_index]

# Display the image with the predicted class name as the title
plt.imshow(input_img) # Display the original image
plt.title(f'File Name: {file_name}\nPredicted Class: {predicted_class_name}')
plt.axis('off')
plt.show()

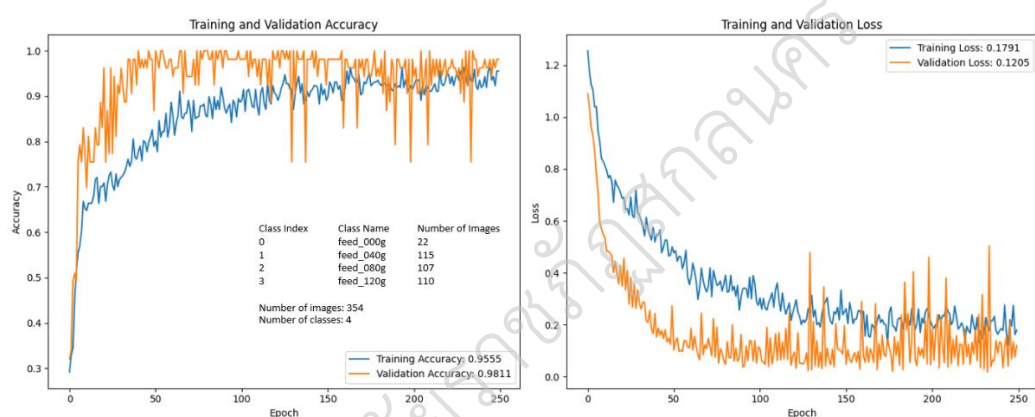
# Print all predicted class indices and corresponding class names
print("Predicted Probabilities:")
for class_index, prob in enumerate(predictions[0]):
    class_name = label_encoder.classes_[class_index]
    print(f'Class Index: {class_index}, Class Name: {class_name}, Probability: {prob:.2f}')

```

ภาพประกอบ ก-17 ชุดคำสั่ง Deploy Colab-Predictions Any Upload images

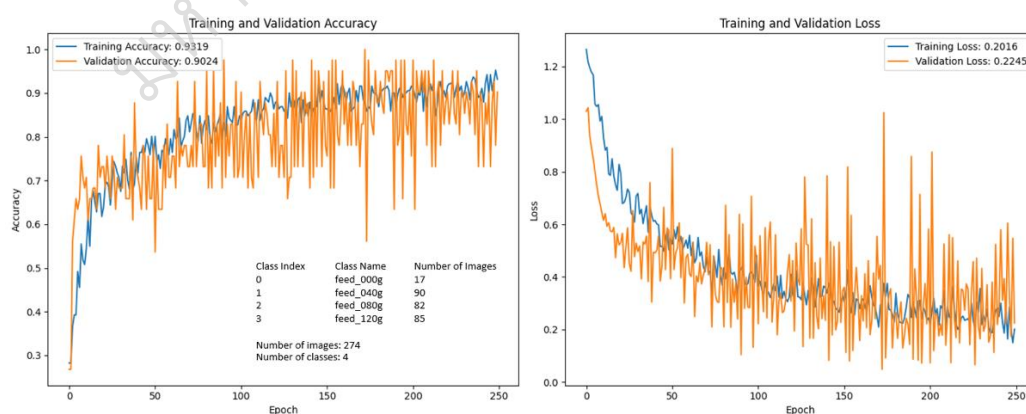
ตาราง ก-1 การทดสอบความแม่นยำในการฝึกการเรียนรู้โดยนำเข้าจำนวนภาพ

จำนวนภาพ	ความแม่นยำในการฝึกการเรียนรู้
114	0.8354
194	0.8593
274	0.9319
354	0.9555



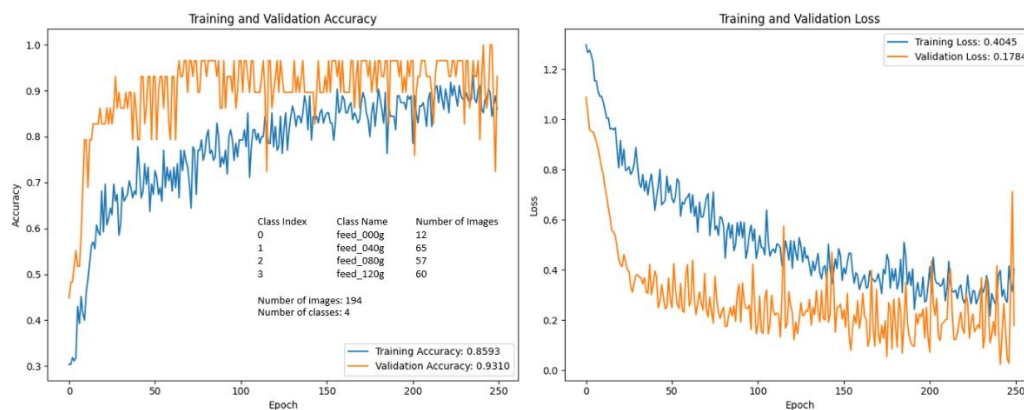
ภาพประกอบ ก-20(ก) การฝึกอบรมและความถูกต้องแม่นยำ/

การสูญเสียในการตรวจสอบ จำนวนรวม 354 ภาพ



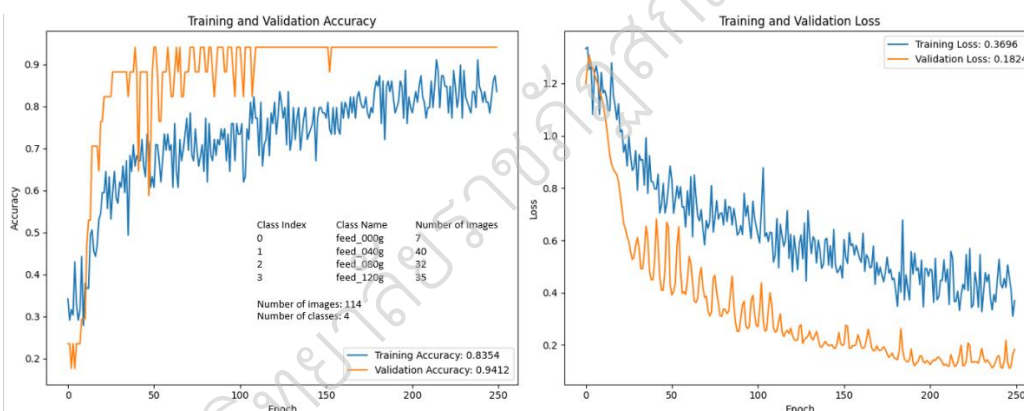
ภาพประกอบ ก-20(ข) การฝึกอบรมและความถูกต้องแม่นยำ/

การสูญเสียในการตรวจสอบ จำนวนรวม 274 ภาพ



ภาพประกอบ ก-20(ค) การฝึกอบรมและความถูกต้องแม่นยำ/

การสูญเสียในการตรวจสอบ จำนวนรวม 194 ภาพ



ภาพประกอบ ก-20(ง) การฝึกอบรมและความถูกต้องแม่นยำ/

การสูญเสียในการตรวจสอบ จำนวนรวม 114 ภาพ

ตาราง ก-2 การทดสอบใช้งานโปรแกรมการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักรจำแนกปริมาณอาหารในปริมาณที่แตกต่างกัน

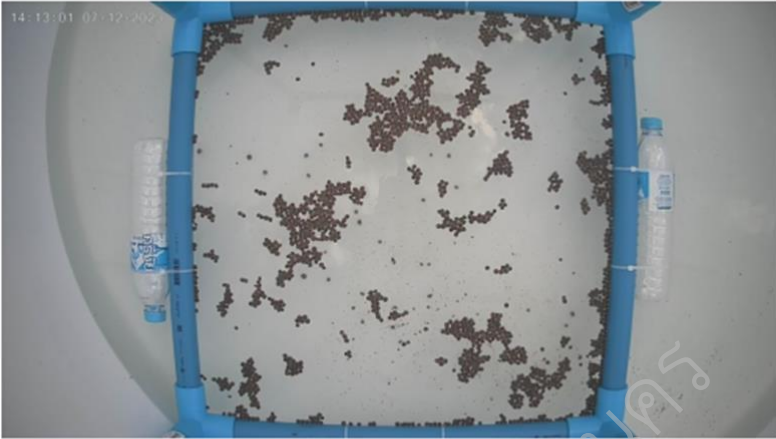
ระดับ	ปริมาณอาหารปลา (กรัม)	ความสามารถในการจำแนกปริมาณอาหารปลาที่แตกต่างกัน (%)						
		0 (กรัม)	20 (กรัม)	40 (กรัม)	60 (กรัม)	80 (กรัม)	100 (กรัม)	120 (กรัม)
0	0	100%						
1	40		100%	100%	20%			
2	80				80%	100%	60%	
3	120						40%	100%



1/1 [=====] - 0s 73ms/step

File Name: 6011.jpg
Predicted Class: feed_wh_040g

14:13:01 07-12-2023



Predicted Probabilities:

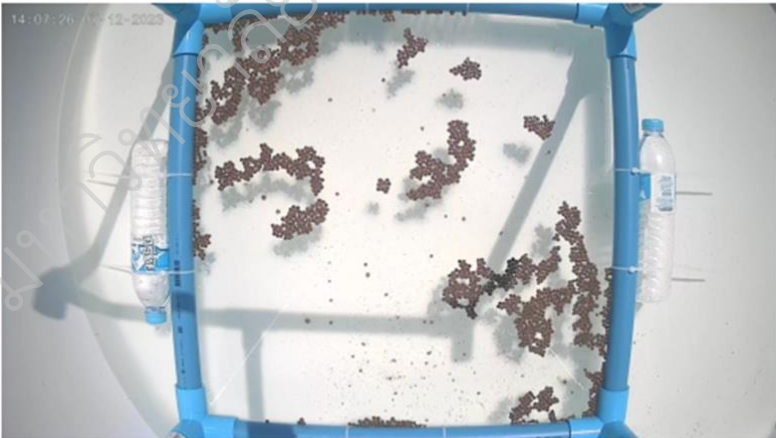
Class Index: 0,	Class Name: feed_wh_000g,	Probability: 0.00
Class Index: 1,	Class Name: feed_wh_040g,	Probability: 0.90
Class Index: 2,	Class Name: feed_wh_080g,	Probability: 0.10
Class Index: 3,	Class Name: feed_wh_120g,	Probability: 0.00

๑

1/1 [=====] - 0s 180ms/step

File Name: 6002.jpg
Predicted Class: feed_wh_080g

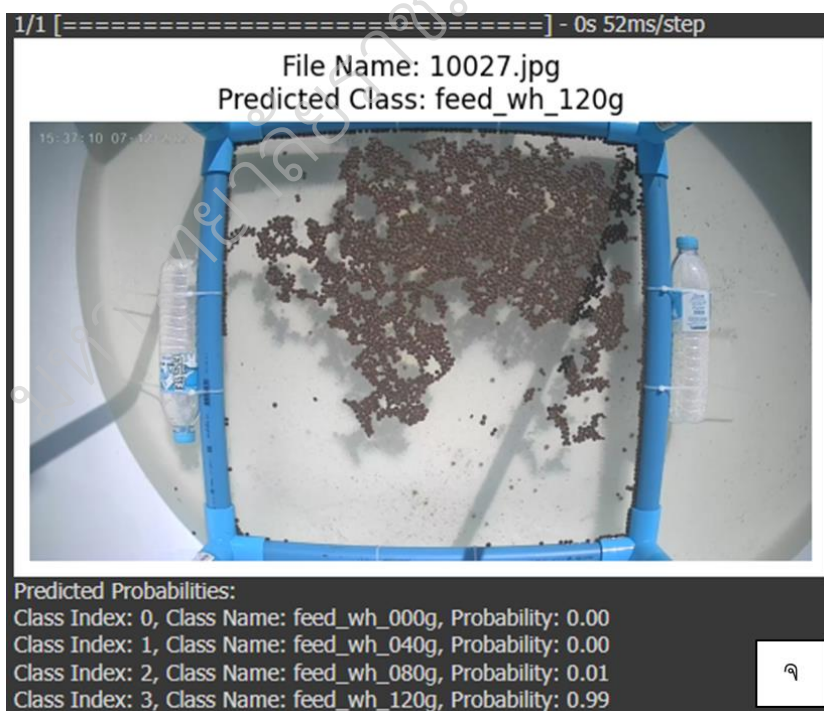
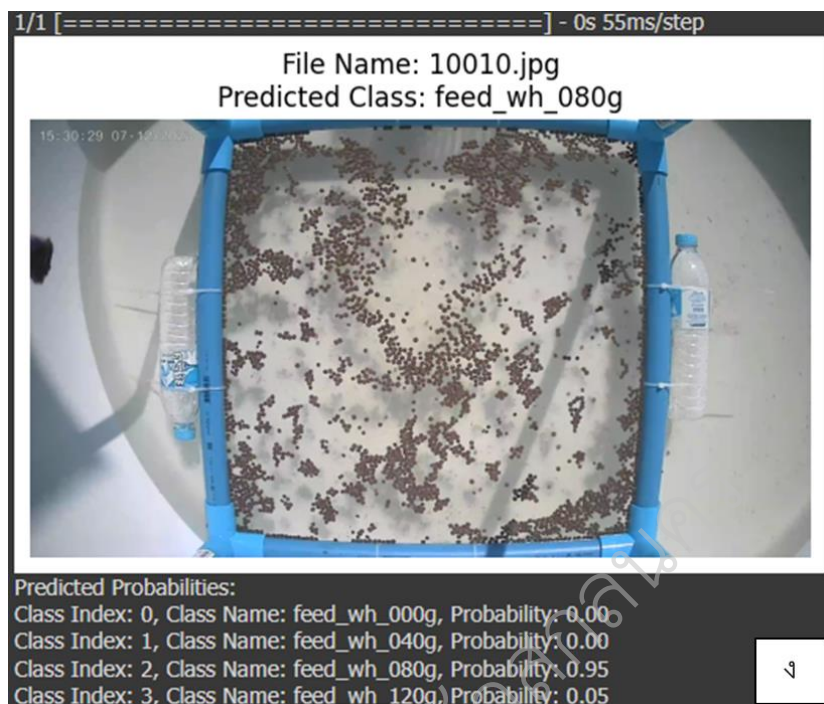
14:07:26 07-12-2023



Predicted Probabilities:

Class Index: 0,	Class Name: feed_wh_000g,	Probability: 0.00
Class Index: 1,	Class Name: feed_wh_040g,	Probability: 0.01
Class Index: 2,	Class Name: feed_wh_080g,	Probability: 0.98
Class Index: 3,	Class Name: feed_wh_120g,	Probability: 0.01

๒



ภาพประกอบ ก-18 ตัวอย่างผลการทดสอบใช้งานโปรแกรมการเรียนรู้ด้วยเครื่องจักรจำแนก
ปริมาณอาหารในปริมาณที่แตกต่างกัน ภาพ 40 กรัมจำแนก 40 กรัม (ก),
ภาพ 60 กรัมจำแนก 40 กรัม (ข), ภาพ 60 กรัมจำแนก 80 กรัม (ค), ภาพ

100 กรัมจำแนก

80 กรัม (ง), ภาพ 100 กรัมจำแนก 120 กรัม (จ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

CB-54

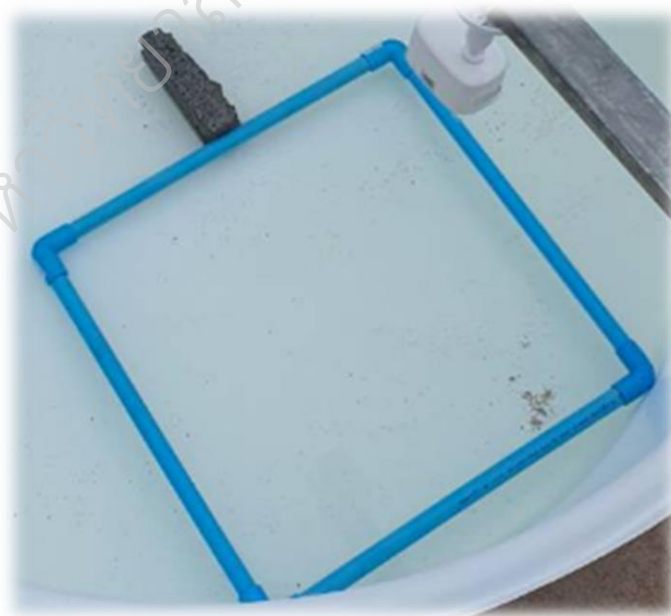


- 1080P 2 megapixel, H264+
- Pir Human detection ,Full Color Vision
- IP66 Waterproof
- 1/2.9 CMOS/ 110°
- Built-in 5000 mAh battery, Solar 3.5W
- Support AI, AP , Two way audio
- Dual IR-CUT Filter
- Support TF Card up to 256G

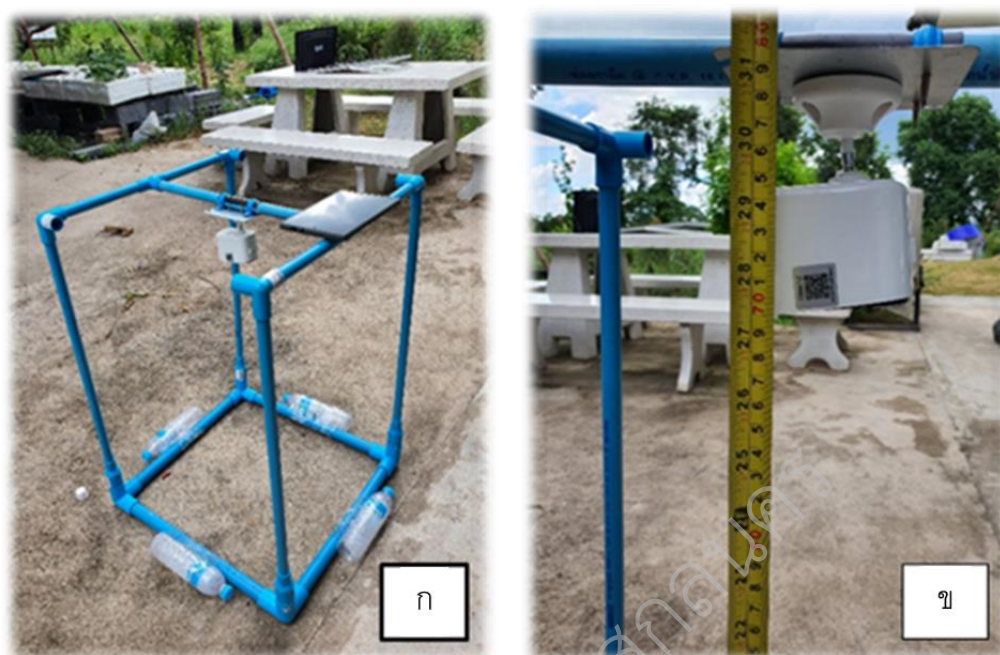


ภาพประกอบ ข-1 กล้องวงจรปิดภายนอก IP Camera (Outdoor) VSTARCAM CB54

ที่มา : <https://www.goodwarranty.co.th>



ภาพประกอบ ข-2 แผ่ให้อาหารปลา



ภาพประกอบ ข-3 แพให้อาหารปลาและแท่นยึดกล้อง แพพร้อมแท่นยึด (ก),
ระดับความสูงกล้องจากผิวน้ำ (ข)



ภาพประกอบ ข-4 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล Digital SF 400 C Electronic Compact Scale
ที่มา : <https://m.indiamart.com>

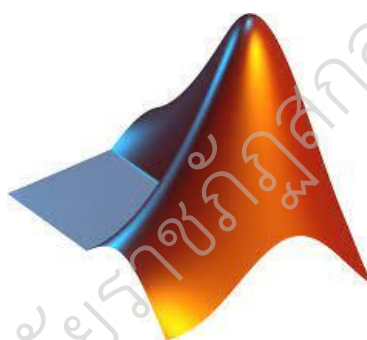


รายละเอียด

- แข็งแรงทนทาน
- เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ขนาด 150 x 52.5 x 52.5 ซม. หน้า 5.5 มม
- ความจุ 800 ลิตร
- สีน้ำเงิน

ภาพประกอบ ข-5 บ่อพลาสติกทรงกลมยี่ห้อ COMOS รุ่น RTO-800-20

ที่มา : <https://www.thaiwatsadu.com>



ภาพประกอบ ข-6 โปรแกรม Matlab

ที่มา : <https://en.wikipedia.org>

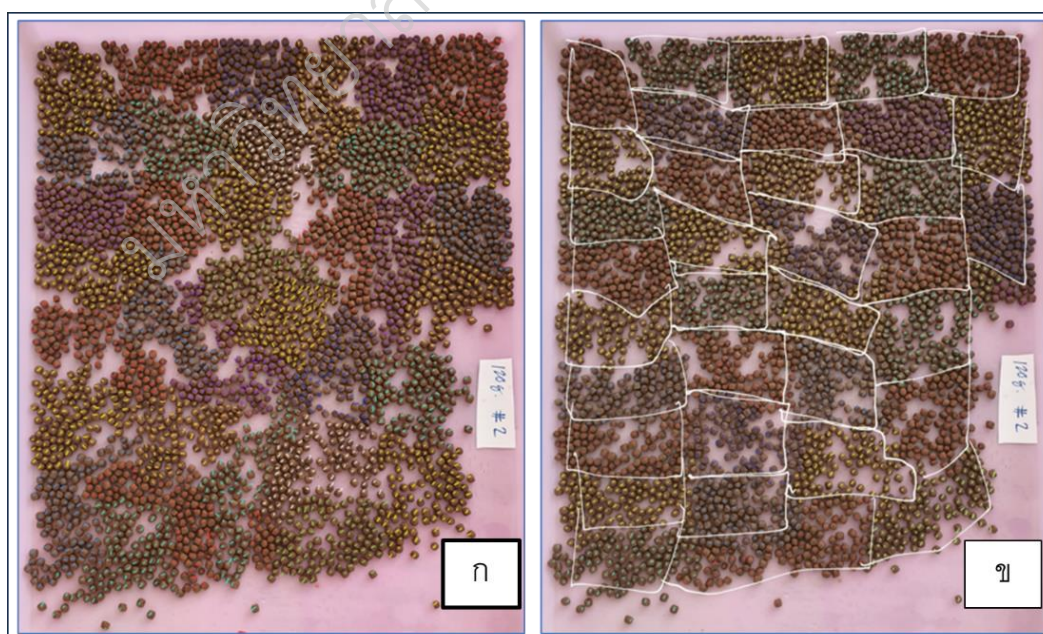


ภาพประกอบ ข-7 โปรแกรม Colab

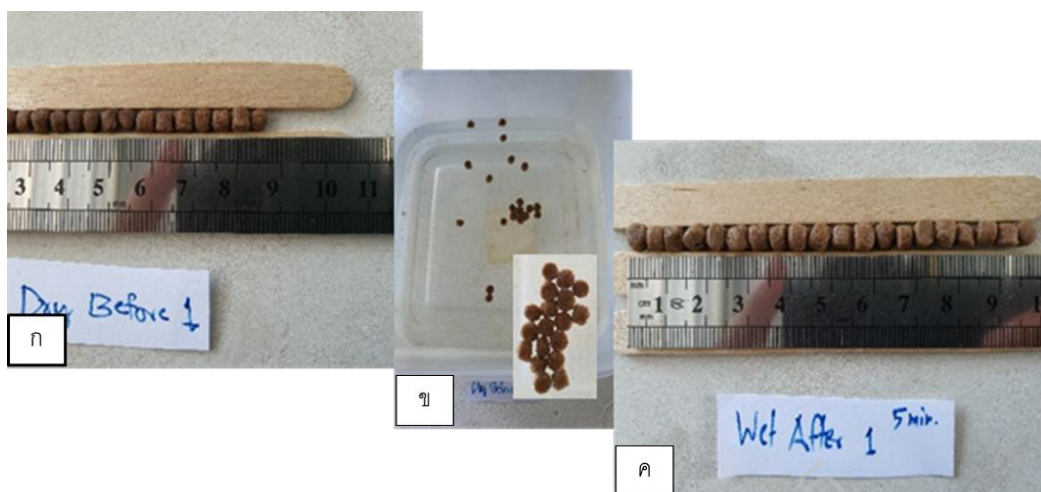
ที่มา : <https://colab.research.google.com>



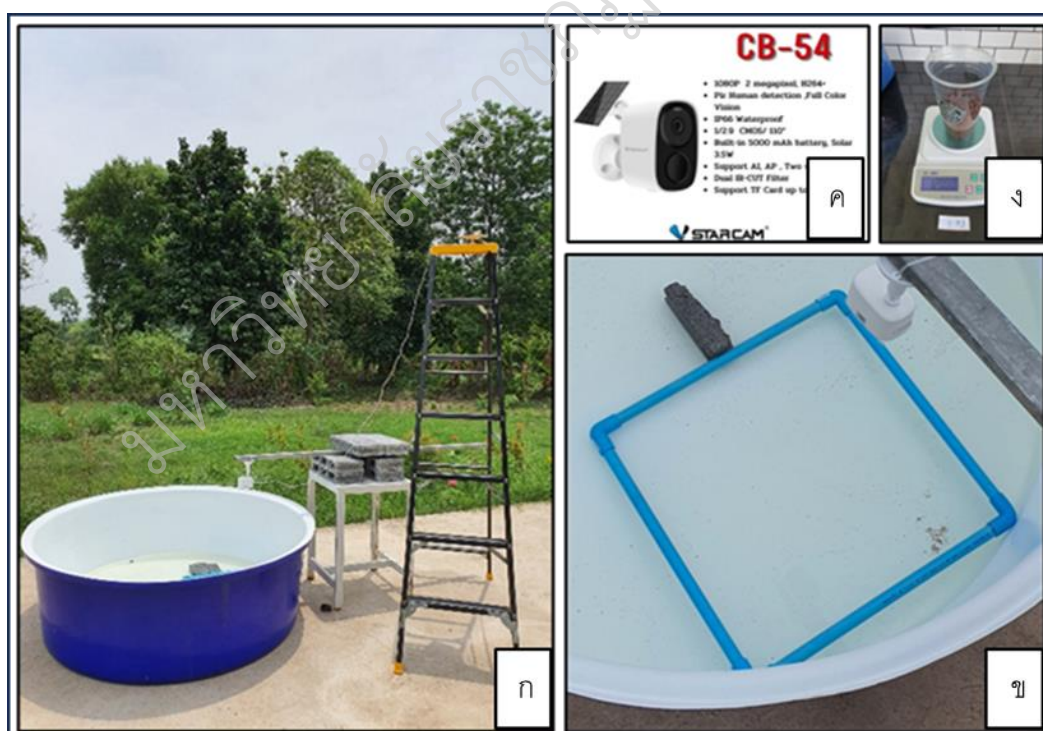
ภาพประกอบ ข-8 แบ่งอาหารเม็ดด้วยปริมาณน้ำหนัก (40, 80, 120 กรัม)



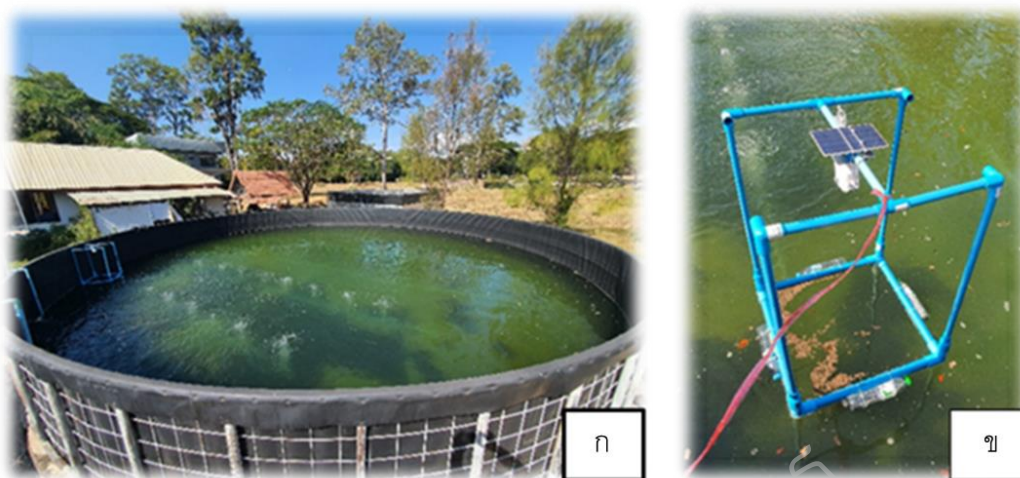
ภาพประกอบ ข-9 การเรียงและทำสัญลักษณ์สี (ก), การนับอาหารเม็ดในถาด (ข)



ภาพประกอบ ข-10 หาเส้นผ่านศูนย์กลางอาหารเม็ด อาหารเม็ดก่อนลอยน้ำ (ก)
อาหารเม็ดลอยน้ำ (ข) อาหารเม็ดหลังลอยน้ำ (ค)



ภาพประกอบ ข-11 ชุดอุปกรณ์บันทึกภาพ (ก), กล้องบันทึกภาพ (ข),
เครื่องชั่งน้ำหนัก (ค), แพ้ให้อาหารปลา (ง)



ภาพประกอบ ข-12 บ่อเลี้ยงปลา BioFloc (ก), แพอาหารปลา (ข)

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายจักรกริช โสมรักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	9 เมษายน 2520
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	680 ซอยสุวรรณนิล ถ.รัฐบำรุง ต.ธาตุเชิงชุม อ.เมือง จ.สกลนคร 47000
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักศึกษาปริญญาโท มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
สถานที่ทำงาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2537	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร
พ.ศ. 2541	ปริญญาตรี วศ.บ. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
พ.ศ. 2567	ปริญญาตรี วศ.ม. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2541	วิศวกรอุตสาหกรรม บริษัท THAI ELECTRONIC INDUSTRY (PUBLIC) CO., LTD ทำหน้าที่ปรับปรุงกระบวนการและสายการผลิต, ผลิตภัณฑ์ PCB, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ. 2542	วิศวกรกระบวนการผลิต บริษัท ADVANCE MAGNETIC MATERIALS (THAILAND) CO., LTD. ทำหน้าที่ปรับปรุงและทดสอบผลิตภัณฑ์, ผลิตภัณฑ์แม่เหล็ก NdFeB
พ.ศ. 2543	วิศวกรผลิตภัณฑ์ บริษัท ASIA PACIFIC COMPONENTS CO., LTD. ทำหน้าที่ดูแลและปรับปรุงผลิตภัณฑ์และประสานงานกับลูกค้าต่างประเทศ, ผลิตภัณฑ์ เบาะรถยนต์และอุปกรณ์ตกแต่งภายใน
พ.ศ. 2547	วิศวกรอาวุโส บริษัท SEAGATE TECHNOLOGY (THAILAND) LTD. ทำหน้าที่ประสานงานระหว่างลูกค้าและบริษัท ดูแลคุณภาพผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ปัญหา เตรียมการสำหรับลูกค้าเยี่ยมชมโรงงาน และโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วน, ผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์บันทึก Hard Disc Drive

ผลงานวิจัย

จักรกริช โสมรักษ์, กฤษฎา พรหมพินิจ และ ไวรุจน์ อิมโพ, “การประยุกต์ใช้เทคนิคการ
ประมวลผลภาพในการหาพื้นที่และจัดกลุ่มอาหารปลา,” *การประชุม
วิชาการระดับชาตินานาชาติ ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 7*, 14-16
พฤศจิกายน 2566, หน้า 99-106.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร