ระบบประมาณน้ำหนักสุกรขุนจากภาพมุมสูงของกล้อง Depth Image โดยใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก

วิทยา ทะสุยะ

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมข้อมูลขนาดใหญ่
วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2564

SYSTEM FOR ESTIMATING PIG WEIGHT FROM TOP-VIEW DEPTH IMAGES USING DEEP LEARNING TECHNIQUES

WITTAYA TASUYA

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Big Data Engineering,

College of Innovative Technology and Engineering,

Dhurakij Pundit University

2021

หัวข้อสารนิพนธ์	ระบบประมาณน้ำหนักสุกรขุนจากภาพมุมสูงของกล้อง Depth Image โดยใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก
ชื่อผู้เขียน	วิทยา ทะสุยะ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ธนภัทร ฆังคะจิตร
สาขาวิชา	วิศวกรรมข้อมูลขนาดใหญ่
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

การส่งมอบสุกรขุนที่มีน้ำหนักตรงกับความต้องการของลูกค้าถือเป็นสิ่งสำคัญในเชิงธุรกิจ อย่างไรก็ตามการชั่งน้ำหนักสุกรขุนให้ครบทุกตัวนั้น ใช้เวลาการทำงานที่นานและก่อให้เกิดความเครียดแก่สุกร ดังนั้นจึงใช้วิธีการประมาณน้ำหนักจากประสบการณ์ของพนักงานร่วมกับการสุ่มชั่งน้ำหนักของสุกรประมาณ 30-40% ซึ่งพบปัญหาว่าสุกรที่คัดเลือกนำออกขายนั้น บางส่วนมีน้ำหนักน้อยกว่าหรือมากกว่าน้ำหนักที่ลูกค้าต้องการ

งานนี้จึงเสนอระบบประมาณการน้ำหนักของสุกรที่มีความแม่นยำโดยทำการสร้างแบบจำลองจากภาพมุมสูงที่ได้จากกล้อง Depth Image ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โดยให้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง 1.03 กิโลกรัมจากน้ำหนักจริงที่ชั่งด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานและมีความรวดเร็วในการทำนายน้ำหนักสุกร ดังนั้นการใช้งานระบบนี้ในฟาร์ม ทำให้สามารถคัดเลือกสุกรที่มีน้ำหนักตรงกับความต้องการของลูกค้ามากขึ้นและสามารถลดเวลาการทำงานที่ใช้ในการคัดเลือกสุกรเพื่อออกขายลงได้

Thematic Paper Title	SYSTEM FOR ESTIMATING PIG WEIGHT FROM TOP-VIEW DEPTH IMAGES USING DEEP LEARNING TECHNIQUES
Author	Wittaya Tasuya
Thematic Paper Advisor	Dr. Thanapat Kangkachit
Department	Big Data Engineering
Academic Year	2020

ABSTRACT

Delivering fattening pigs that meet the customer's requirements is a business priority. However, weighing all fattening pigs is the time-consuming task and makes them more stressful. Therefore, a weight estimation method based on employees' experience and a partial sampling of the pigs were used. In some situations, it led to deliver the pigs with less or more weight than specified by the customers.

This work proposes a highly accurate estimation of pig weight by modeling the high-angle images obtained by Depth Image cameras using deep learning techniques. The average predicted deviation is only 1.03 kg from the actual weight. In addition, fast response time can be obtained from our model since using compact model i.e. MobileNetVSmall. As result, in the real situations, our system is capable of selecting pigs with the proper weight specified by customers and reduces processing time.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ โดยการให้ความช่วยเหลือของ ดร.ธนภัทร ฆังคะจิตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรพฤทธิ์ มฤคทัต ที่กรุณาให้เกียรติเป็นประธานโดยมี ผศ.ดร.ดวงใจ จิตคงชื่น เป็นกรรมการในการสอบสารนิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาตรวจแก้ไขสารนิพนธ์ฉบบั นี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และ นางสาวกุลธิดา รอดบุญ รวมถึงเจ้าหน้าที่บัณฑิตมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ทุกท่านที่ให้ความสะดวกด้านอำนวยการ และประสานงาน ในการทำสารนิพนธ์ให้กับผู้เขียน ทำให้การจัดทำสารนิพนธ์ของผู้เขียนในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วิทยา ทะสุยะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง
กิตติกรรมประกาศ..... จ
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญภาพ..... ฌ
บทที่
1. บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3
2.1 การเรียนรู้เชิงลึก..... 3
2.2 Convolutional neural network (CNN) Mobile Net..... 4
2.3 ตัววัดประสิทธิภาพของโมเดล)Mean Absolute Error (MAE)) 5
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
3. ระเบียบวิธีวิจัย..... 9
3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ Depth Image..... 10
3.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับสอนระบบ..... 11
3.3 การสร้างโมเดลประมาณการน้ำหนัก..... 12
3.4 การทำนายน้ำหนักสุกรผ่านโปรแกรม UI..... 15
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย..... 16
4. ผลการศึกษา..... 17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.1 ผลการวัดประสิทธิภาพของโมเดล แบบ Ensemble	18
	4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพของโมเดล เพื่อการเปรียบเทียบ	20
	4.3 ผลจากการนำไปใช้งานจริง	21
	4.4 ผลการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	25
5.	สรุปผลการศึกษา	27
	5.1 สรุปผลการศึกษา	27
	5.2 ข้อสังเกต	28
	5.3 ข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม		31
ภาคผนวก		34
ประวัติผู้เขียน		37

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล..... 18
4.2 ตารางช่วงน้ำหนักสุกร และสัดส่วนของรูปในการใช้พัฒนาโมเดล (Training Data)..... 18
4.3 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงน้ำหนัก..... 19
4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดลที่สอนด้วย MobileNet..... 21
4.5 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดลที่สอนด้วย MobileNet และ FCNN..... 21
4.6 ตารางแสดงการกระจายน้ำหนักของสุกรที่นำมาทดลองใช้จริงกับระบบประมาณน้ำหนัก..... 22
4.7 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลจากการใช้งานจริง..... 22
4.8 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงน้ำหนัก..... 23
4.9 ตารางแสดงผลประโยชน์ที่ได้จากการนำระบบประมาณน้ำหนักสุกรไปใช้งานจริง..... 24

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างเลเยอร์ของแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Vithan Minaphinant 3

2.2 โครงสร้างเลเยอร์ของโมเดล Mobilenet Version3..... 4

2.3 สูตรการคำนวณค่า Mean Square Error..... 5

2.4 แผนผัง System architecture ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1..... 6

2.5 (ซ้าย) ภาพการติดตั้งกล้อง Depth Image (ขวา) ตัวอย่างการหาสัดส่วนสุกร..... 7

2.6 ภาพ System architecture ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3..... 7

2.7 ภาพตัวอย่างการเก็บภาพสุกรของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4..... 8

3.1 ภาพกล้อง Intel® RealSense™ D435i (ซ้าย) ด้านหน้า (ขวา) ด้านหลัง..... 9

3.2 (ซ้าย) การเชื่องต่อกล้องกับคอมพิวเตอร์ (ขวา) โปรแกรมดูภาพ IntelRealSenseViewer..... 10

3.3 (ซ้าย) บริเวณถ่ายภาพสุกรหลังจากชั่งน้ำหนัก (ขวา) กล้องที่ติดตั้ง..... 10

3.4 (ซ้าย) บริเวณถ่ายภาพสุกรหลังจากชั่งน้ำหนัก (ขวา) การบันทึกภาพและกรอกน้ำหนักสุกร..... 11

3.5 แผนผังภาพรวมขั้นตอนการสร้างโมเดล..... 12

3.6 (ซ้าย) ภาพถ่ายก่อนตัดจุดรบกวน (ขวา) ภาพสุกรที่ทำการตัดจุดรบกวน..... 13

3.7 (ซ้าย) การสร้างกรอบเพื่อหาความกว้าง-ความยาว (ขวา) แสดงการหาค่าความสูงของสุกร..... 13

3.8 แสดงขั้นตอนการปรับขนาดรูปสุกรให้อยู่ในระดับเดียวกัน..... 14

3.9 ตัวอย่างโปรแกรมรูปแบบ User Interface ในการนำไปใช้จริง..... 16

4.1 กราฟ Bok-plot แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละช่วงน้ำหนัก..... 19

4.2 แสดงค่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ทำนายกับน้ำหนักจริง..... 20

4.3 กราฟ Bok-plot แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละช่วงน้ำหนัก..... 23

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.4 แสดงค่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ทำนายกับ
น้ำหนักจริง..... 24
4.5 กราฟแสดงผลการวัดความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งาน..... 26
5.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการสอบระบบในขั้นตอนที่ 1.1..... 29
5.2 แสดงแผนผังขั้นตอนการสอบระบบในขั้นตอนที่ 1.2..... 29
5.3 แสดงแผนผังขั้นตอนการสอบระบบในขั้นตอนที่ 2..... 30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สุกรที่ถูกเลี้ยงเพื่อการผลิตเนื้อสำหรับการบริโภคจะเรียกว่า “สุกรขุน” ซึ่งถูกเลี้ยงในโรงเรือนๆละ 650-750 ตัว เลี้ยงเป็นระยะเวลาประมาณ 150 วัน(อายุ 25-26 สัปดาห์) เมื่อถึงกำหนดการนำออกขายจะมีการเข้าไปคัดเลือกสุกรที่มีน้ำหนักตามที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งในการคัดเลือกนี้จะใช้วิธีการประมาณน้ำหนักด้วยสายตาโดยใช้ประสบการณ์ของพนักงาน ร่วมกับการสุ่มชั่งสุกรด้วยเครื่องชั่งแบบมาตรฐาน 30-40% ของสุกรที่จะคัดเลือกเพื่อนำออกขาย เพื่อสุ่มตรวจสอบว่าสุกรมีน้ำหนักได้ตามที่ต้องการ จากขั้นตอนการทำงานข้างต้น พบปัญหาว่าสุกรที่คัดเลือกมานั้นมีทั้งสุกรที่น้ำหนักน้อยกว่าและมากกว่าที่ลูกค้าต้องการ เช่น ลูกต้าต้องการสุกรที่น้ำหนัก 100-120 กิโลกรัม แต่อาจจะมีสุกรที่น้ำหนักน้อยกว่า 100 กิโลกรัม หรือ มากกว่า 120 กิโลกรัมปนไปกับสุกรที่นำออกขาย ซึ่งไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า

เหตุที่ใช้การสุ่มชั่งน้ำหนักแทนที่จะทำการชั่งน้ำหนักสุกรทุกตัวนั้น เป็นเพราะว่าในขั้นตอนการต้อนสุกรออกมาจากคอก เพื่อทำการชั่งน้ำหนักสุกรนั้นใช้เวลาในการทำงานค่อนข้างมาก รวมทั้งการต้อนสุกรเพื่อมาชั่งน้ำหนักจะทำให้เกิดความเครียดและความเหนื่อยล้าต่อทั้งผู้ปฏิบัติงานและตัวสุกร ทั้งยังต้องใช้จำนวนพนักงานในการทำงานที่ค่อนข้างมาก(3-4 คน) นอกจากนี้ยังต้องมีการเคลื่อนย้ายตาชั่งสุกรที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากไปในแต่ละฟาร์มที่จะมีการคัดเลือกสุกร

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลที่จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคัดเลือกสุกรที่มีน้ำหนักในช่วงน้ำหนักที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า ช่วยเพิ่มความสะดวกและลดเวลาในการทำงาน

ของทีมงาน โดยประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก(Deep Learning)คือ **Convolutional neural network (CNN)** โดยใช้โมเดลที่ชื่อ **MobileNetV3Small** ในการสร้างโมเดลสำหรับการเรียนรู้การประมาณน้ำหนักจากภาพถ่ายของสุกร ซึ่งพัฒนาเป็นโปรแกรมในรูปแบบ User Interface เพื่อใช้ร่วมกับกล้อง Depth Image

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อนำเสนอระบบประมาณน้ำหนักสุกรขุน โดยใช้ภาพ Depth Image มุมสูง จากกล้อง Depth Image โดยใช้งานในรูปโปรแกรมแบบ User Interface ในคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ภายในฟาร์มเลี้ยงสุกรขุน บมจ.ซีพีเอฟ(ประเทศไทย) ชื่อโครงการส่งเสริมสุกรขุนกาญจนบุรี
2. ประมาณน้ำหนักสุกรขุนสายพันธุ์ผสม ช่วงอายุ 24-26 สัปดาห์
3. กำหนดมุมกล้องจากด้านบนของตัวสุกร (Top View)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาการการส่งสุกรที่น้ำหนักน้อยหรือมากกว่าความต้องการของลูกค้า
2. ลดเวลาในการทำงานของการคัดเลือกสุกรเพื่อนำออกขาย
3. ลดจำนวนพนักงานในการคัดเลือกสุกรเพื่อนำออกขาย

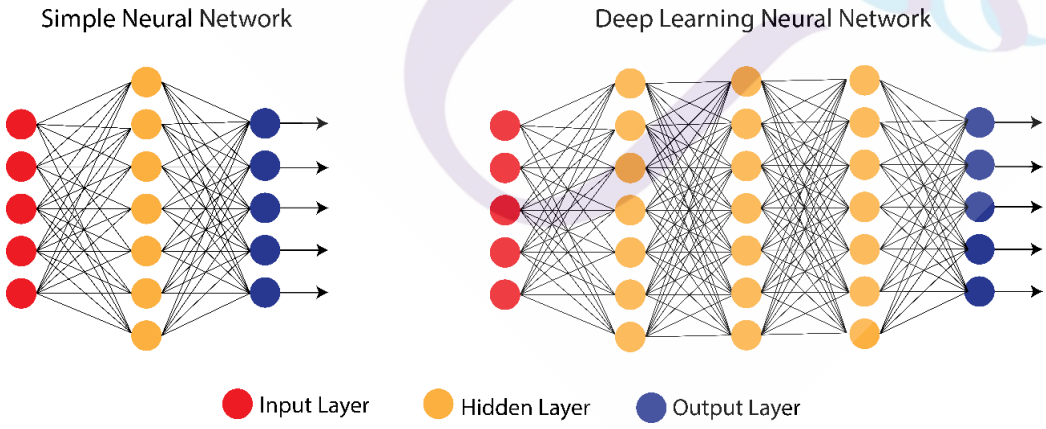
บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการนำเสนอเทคนิคการประมาณน้ำหนักของสุกร ด้วยการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยจำเป็นต้องศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้อง ดังรายการต่อไปนี้

2.1 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

การเรียนรู้เชิงลึกเป็นแขนงย่อยของการเรียนรู้ของเครื่อง(Machine Learning) ซึ่งแต่ละงานแบ่งย่อยและกระจายไปยังแต่ละอัลกอริทึมของการเรียนรู้ของเครื่องที่ถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบของลำดับขั้นที่ต่อเนื่องกัน โดยในแต่ละชั้น(Layer) ถูกสร้างขึ้นตามผลลัพธ์จากชั้นก่อนหน้า จากนั้นแต่ละชั้นประกอบกันเป็นโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งคล้ายกับวิธีการกระจายการแก้ปัญหาของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์ที่แต่ละเซลล์ประสาทเชื่อมต่อซึ่งกันและกัน รวมถึงมีการส่งข้อมูลระหว่างเซลล์ประสาท

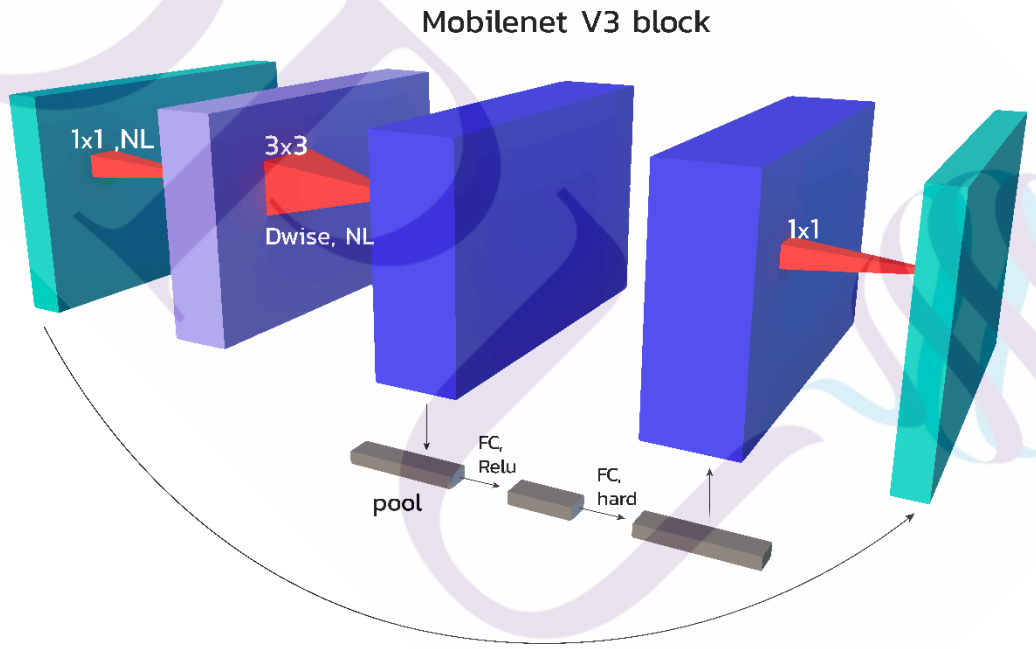


ภาพที่ 2.1 โครงสร้างเลเยอร์ของแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Vithan Minaphinant - 2018)

2.2 Convolutional neural network (CNN) Mobile Net

MobileNet เป็นหนึ่งในโมเดลของ Convolutional neural network (CNN) ที่ถูกพัฒนามาตั้งแต่ในปี ค.ศ.2017 โดยบริษัทกลูเกิ้ล (Google)เพื่อชดเชยปัญหาของโมเดล CNN โดยทั่วไปที่แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพมากแต่ก็ต้องใช้ทรัพยากรต่างๆเช่น หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ(Memory) แบนด์วิธ(Bandwidth)และพลังงาน(Energy) สูงตามไปด้วยเช่นกัน

ทำให้ MobileNet ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลดการใช้ทรัพยากรลง มีขนาดเล็กลง ทำงานได้เร็วขึ้น แม้ว่าความแม่นยำจะลดลงไปบ้างเมื่อเทียบกับโมเดลที่มีขนาดใหญ่ แต่ก็อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งมักนิยมใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เช่น มือถือ หรือแท็บเลต โดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีเวอร์ชั่นที่3 ซึ่งมีขนาดเล็กขึ้น ใช้ทรัพยากรน้อยลง



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างเลเยอร์ของโมเดล Mobilenet Version3 (ดัดแปลงจาก Kavyashree Prasad- 2021)

2.3 ตัววัดประสิทธิภาพของโมเดล (Mean Absolute Error (MAE))

MAE ย่อมาจาก Mean Absolute Error: เป็นการหาผลรวมของ ผลต่างของค่าที่ทำนายได้กับค่าจริง โดยค่าที่ติดลบจะเปลี่ยนให้เป็นบวกด้วย Absolute แล้วคูณกับ 1/n เพื่อให้การคำนวณสุดท้ายออกมาเป็นค่าเฉลี่ย ซึ่ง MAE นี้จะไม่ค่อยอ่อนไหวกับข้อมูลที่มีค่า Outlier.

$$\mathrm{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |y_i - \hat{y}_i|}{n}$$

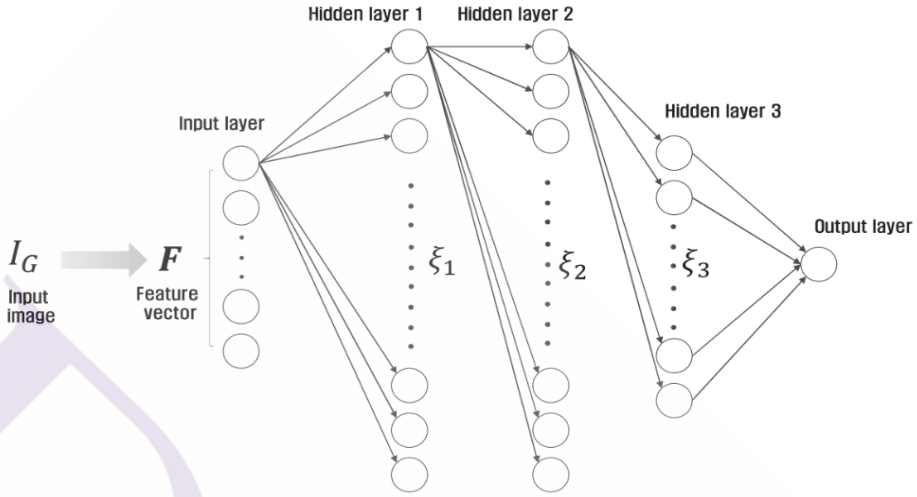
ภาพที่ 2.3 สูตรการคำนวณค่า **Mean Square Error**

ที่มา (https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_ absolute _error)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

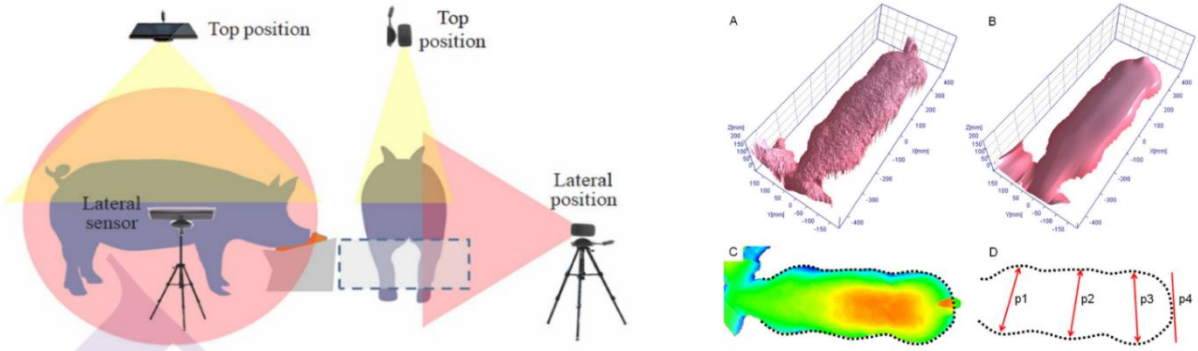
แม้ว่าจะมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการประมาณน้ำหนักของสัตว์มานาน แต่งานวิจัยที่เป็นการประมาณน้ำหนักในสุกรโดยตรงนั้น มีไม่มากนัก ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เหล่านั้นและสรุปได้ดังนี้

2.4.1 Kyungkoo Juna, Si Jung Kimb, Hyun Wook Ji (2018) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโมเดลประมาณน้ำหนัก โดยมีเป้าหมายหลักคือไม่ต้องทำการเข้าจับบังคับตัวสุกร คือไม่ต้องนำสุกรเข้าในช่องแคบเพื่อให้ได้ภาพถ่าย(2D) สุกรที่อยู่ในลักษณะตรง งานวิจัยนี้ได้ใช้ Feature หลักในการคำนวนน้ำหนักคือ พื้นที่ของตัวสุกรในภาพ (Pig area size) ความโค้ง (Curvature) และความเบี่ยงเบน (Deviation) ซึ่งทำให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ประมาณกับน้ำหนักจริงอยู่ที่ 3.15 กิโลกรัม และมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.79$



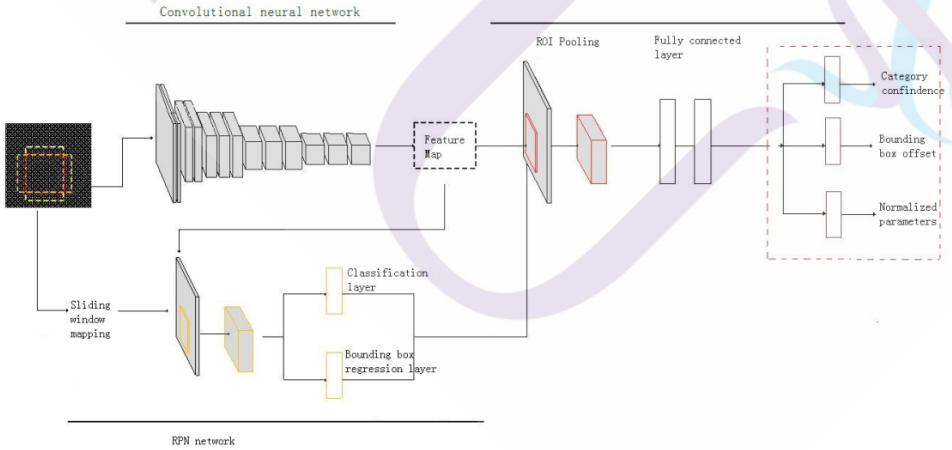
ภาพที่ 2.4 แผนผัง System architecture ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1

2.4.2 Andrea Pezzuoloa, Marcella Guarinob, Luigi Sartoria, Luciano A. Gonzálezc, Francesco Marinello (2018) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการประมาณน้ำหนักสุกร จากภาพที่ถ่ายโดยใช้กล้อง Depth Image ทำให้ได้ข้อมูลเรื่องความสูงของสุกรเพิ่มขึ้นมาในการคำนวนน้ำหนัก (ภาพ 2D จากกล้องทั่วไปที่ไม่มีระยะความสูง) ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบโมเดล 2 แบบระหว่าง Regression แบบ Linear กับ Non-Linear ผลการศึกษาพบว่าโมเดลแบบ Non-Linear ให้ผลที่ดีกว่า Linear และลดความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ประมาณได้กับน้ำหนักที่ชั่งได้จริง ได้มากกว่า 40% คือ จาก 0.82 กิโลกรัม เหลือ 0.48 กิโลกรัมและน้ำหนักที่ได้จากโมเดลมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักที่ชั่งได้จริงที่ R2 = 0.95



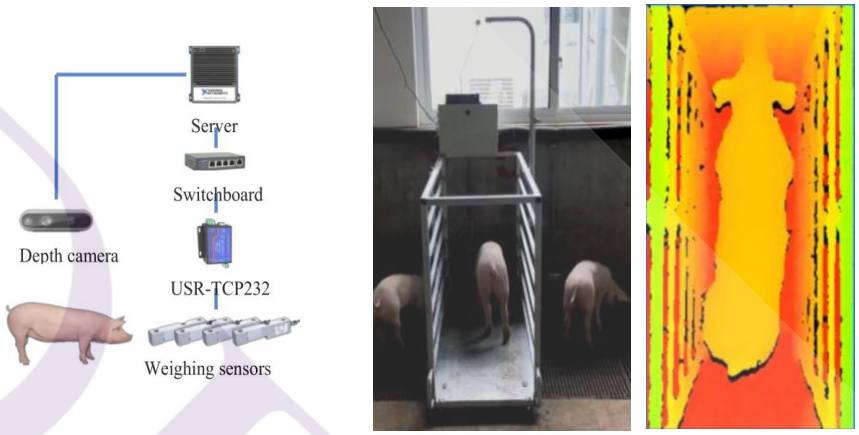
ภาพที่ 2.5 (ซ้าย) ภาพการติดตั้งกล้อง Depth Image (ขวา) ตัวอย่างการหาสัดส่วนสุกร

2.4.3 YAN CANG, HENGXIANG HE, YULONG QIAO (2019) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโมเดลประมาณน้ำหนักสุกรด้วย โมเดล Faster R-CNN โดยใช้ภาพถ่ายจากกล้อง Depth Image ถ่ายภาพจากด้านบนของตัวสุกร (Top View) ซึ่งพบว่าโมเดลประมาณน้ำหนักคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักที่ชั่งได้จริง 0.64กิโลกรัม (ให้ค่าดัชนี Relative error 0.37%)



ภาพที่ 2.6 System architecture ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.4.4 Jianlong Zhang, Yanrong Zhuang, Hengyi Ji and Guanghui Teng (2021) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโมเดลประมาณน้ำหนักสุกรด้วย โมเดล CNN Xception โดยใช้ภาพถ่ายจากกล้อง Depth Image ถ่ายภาพจากด้านบนของตัวสุกร (Top View) โดยทำการศึกษาในสุกรตั้งแต่น้ำหนัก 17 กิโลกรัม – 117 กิโลกรัม ซึ่งพบว่าโมเดลประมาณน้ำหนักคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักที่ชั่งได้จริงเพียง 1.16 กิโลกรัม



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการเก็บภาพสุกรของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

บทที่ 3

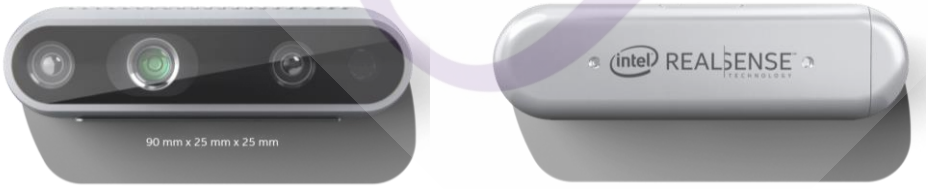
ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเทคนิคการสร้างโมเดลประมาณน้ำหนักของสุกร จากภาพถ่ายด้วยกล้อง Depth Image จากด้านบน (Top View) ของสุกรในโรงเรือนเลี้ยง ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก(Deep learning) โดยมีแนวทางการวิจัยดังนี้

3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ Depth Image

3.1.1 กล้องถ่ายภาพ Depth Image

กล้องที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นกล้องของบริษัท Intel รุ่น Intel® RealSense™ D435i เป็นกล้องที่สามารถถ่ายภาพสองมิติ และ สามมิติได้ การใช้กล้อง Depth Image ทำให้ได้ข้อมูลของระยะของวัตถุกับตัวกล้อง ซึ่งเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้กับงานด้าน Computer Vision ที่ต้องการความเสมือนจริง เช่น งานด้านหุ่นยนต์ งานด้านการสร้างภาพเสมือนจริงอย่าง Virtual Reality (VR) หรือ Augmented Reality (AR) เป็นต้น

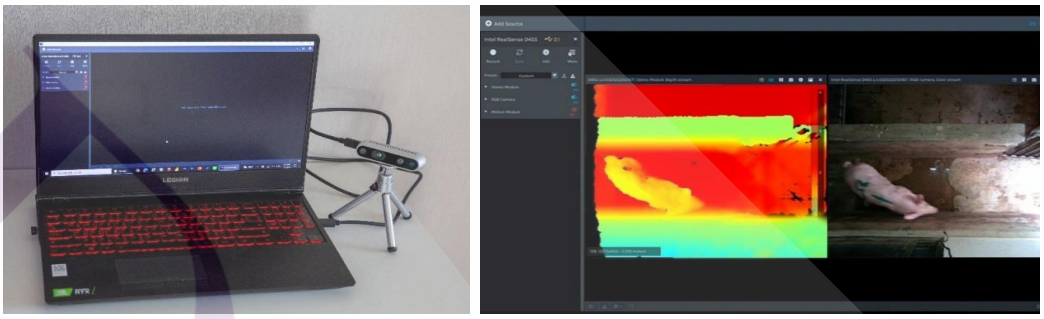


ภาพที่ 3.1 ภาพกล้อง Intel® RealSense™ D435i (ซ้าย) ด้านหน้า (ขวา) ด้านหลัง

ที่มา (https://www.intelrealsense.com/depth-camera-d435)

3.1.2 การเปิดใช้งานและเชื่อมต่อกล้อง Depth Image กับคอมพิวเตอร์

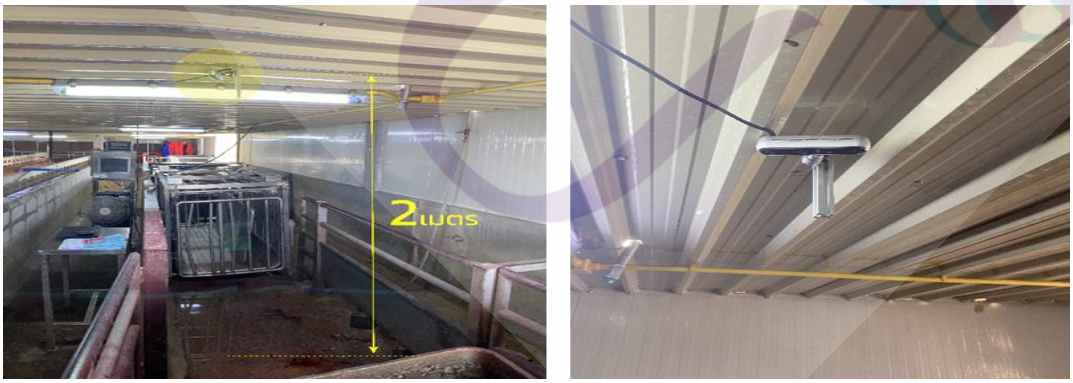
กล้อง Depth Image จะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB Type3.1 Gen 1 เมื่อเชื่อมต่อแล้วจะสามารถเปิดใช้งานผ่านโปรแกรมที่จำเพาะของกล้อง ชื่อ IntelRealSenseViewer



ภาพที่ 3.2 (ซ้าย) การเชื่องต่อกล้องกับคอมพิวเตอร์ (ขวา) โปรแกรมดูภาพ IntelRealSenseViewer

3.1.3 การติดตั้งกล้อง Depth Image

การติดตั้งกล้อง Depth Image เพื่อเก็บภาพในการสอนระบบ จะติดตั้งในตำแหน่งที่สูงจากพื้นประมาณ 2 เมตร ยึดติดกับเพดานของโรงเรือน ซึ่งเป็นบริเวณหลังจากสุกรชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่งปกติ



ภาพที่ 3.3 (ซ้าย) บริเวณถ่ายภาพสุกรหลังจากชั่งน้ำหนัก (ขวา) กล้องที่ติดตั้ง

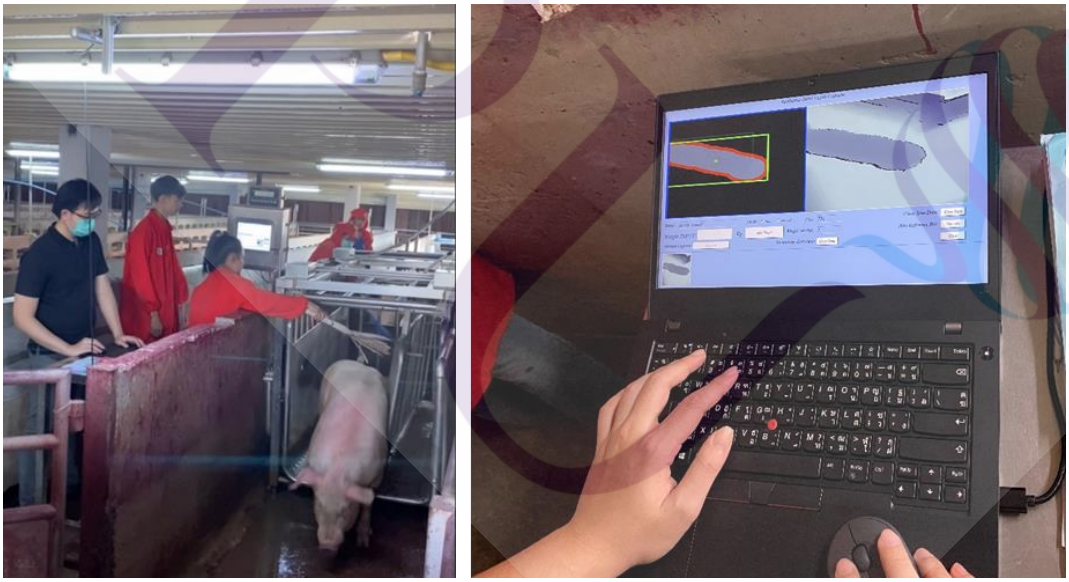
3.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับสอนระบบ

3.2.1 สุกรที่ใช้ในการศึกษา

สุกรที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นสุกรขุน สายพันธุ์ผสมอายุประมาณ 24-26 สัปดาห์ ที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 60 กิโลกรัม – 140 กิโลกรัม จำนวน 1,816 ตัว สุกรแต่ละตัวจะทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานทั้งหมด

3.2.2 การเตรียมรูปสุกรสำหรับสอนระบบ

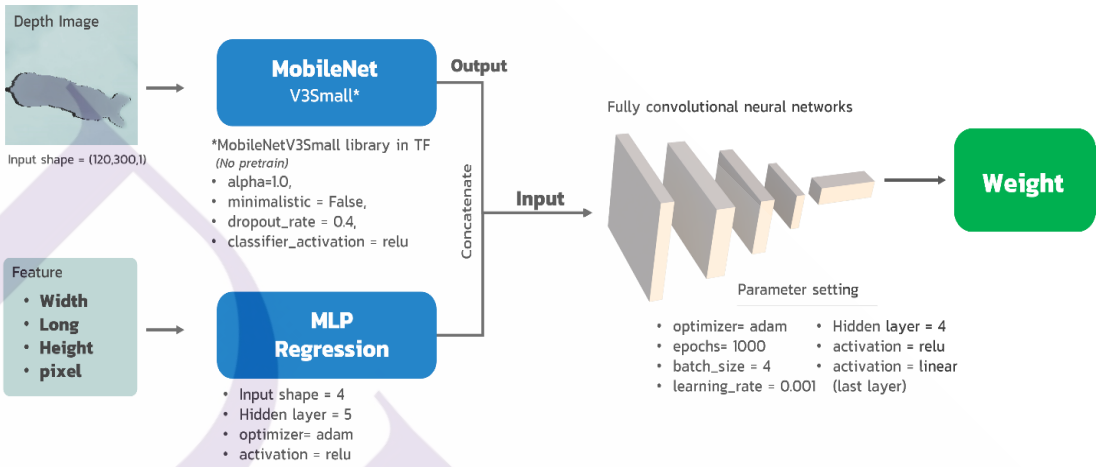
การเก็บข้อมูลรูปสุกรสำหรับสอบระบบ จะทำการเก็บผ่านโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาในรูปแบบ User interface ที่เชื่อมต่อและเรียกการใช้งานผ่าน Depth Image โดยออกแบบให้โปรแกรมทำการถ่ายภาพสุกรเมื่อสุกรเดินเข้ามาในพื้นที่ครบทั้งตัวแล้ว และจะทำการกรอกน้ำหนักของสุกรตัวนั้นๆ ถือเป็นการทำลาเบลน้ำหนักกับภาพไปพร้อมกัน (Weight Label) และบันทึกข้อมูลไว้ทีละตัว ไปเรื่อย ๆ จนครบจำนวน



ภาพที่ 3.4 (ซ้าย) บริเวณถ่ายภาพสุกรหลังจากชั่งน้ำหนัก (ขวา) การบันทึกภาพและกรอกน้ำหนักสุกร

3.3 การสร้างโมเดลประมาณการน้ำหนัก

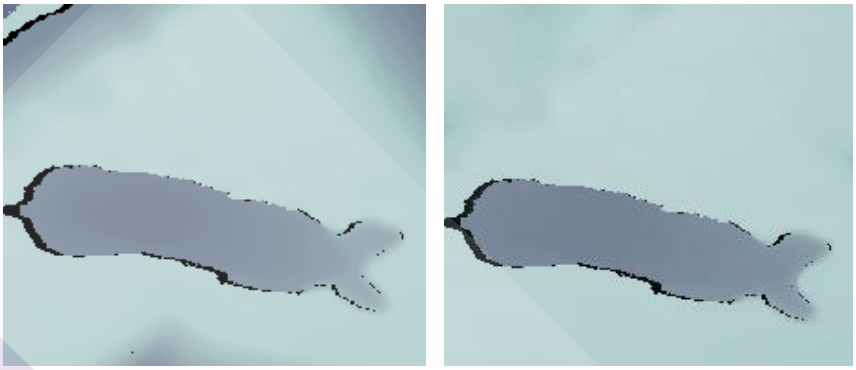
แนวทางการสร้างโมเดลของงานวิจัยในภาพรวม แสดงไว้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แผนผังภาพรวมขั้นตอนการสร้างโมเดล

3.3.1 การตัดจุดรบกวนในภาพออก (Cleansing Noise)

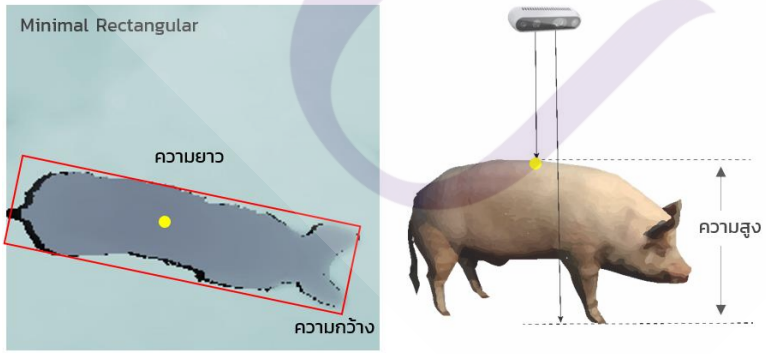
ภาพถ่ายแต่ละภาพจากกล้อง Depth Image ในแต่ละ Pixel จะมีข้อมูลระยะห่างจากกล้องบันทึกไว้ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาหาค่าส่วนต่างของภาพพื้นหลังที่ถ่ายไว้ก่อนหน้า(จะมีการถ่ายภาพที่ไม่มีสุกรไว้ก่อน 1 ภาพเพื่อใช้เป็นข้อมูลระยะห่างของพื้นหลังตั้งต้น) เมื่อมีสุกรเข้ามาภายในภาพ Pixel ที่มีสุกรเข้ามาหรือมีวัตถุอื่นๆ เข้าก็จะมีระยะที่เปลี่ยนไป เมื่อนำค่าระยะห่างของแต่ละ Pixel มาหาส่วนต่างกับค่าตั้งต้น ก็จะทำให้สามารถตัดค่าส่วนต่างที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปเช่น น้อยกว่า 5 ซม., มากกว่า 1.7 เมตร, หรือระยะห่างของวัตถุในภาพที่เกิน 2 เมตร เป็นต้น ทำให้รายละเอียดต่างๆที่ไม่ใช่ตัวสุกรออกในภาพถูกตัดออกไปเกือบทั้งหมด และเมื่อเหลือ Pixel เป็น Area อยู่ภาพ เราทำการเลือก Area ที่ใหญ่ที่สุด (Max Area) ซึ่งก็คือตัวสุกร ส่วน Area ที่เหลือจะตัดออก ทำให้ได้ภาพสุกร



ภาพที่ 3.6 (ซ้าย) ภาพถ่ายก่อนตัดจุดรบกวน (ขวา) ภาพสุกรที่ทำการตัดจุดรบกวน

3.3.2 การสกัดข้อมูล (Feature Extraction)

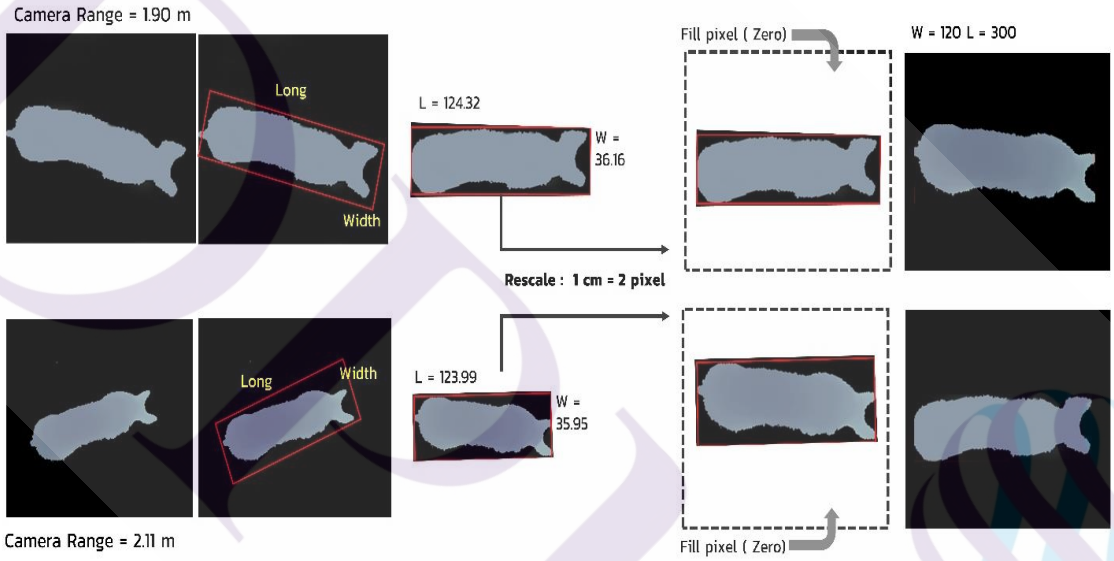
ข้อมูลที่สำคัญ (Feature) ที่ใช้ในการสอนระบบประกอบไปด้วย ความกว้าง ความยาว ข้อมูลความสูงของตัวสุกร และขนาดของภาพที่กำหนดไว้ที่ 120*300 ยรป้าส โดยภาพของสุกรจะมีการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุด (Minimal Rectangular) ล้อมรอบพื้นที่ที่เป็นตัวสุกร เพื่อให้ได้ตำแหน่งของทั้ง 4 มุมและนำจุดทั้ง 4 มาหาค่าความกว้างและความยาวของพื้นที่ตัวสุกร ในส่วนข้อมูลความสูงของสุกรนั้นจะใช้ ผลต่างของระยะห่างของพื้นหลังกับระยะห่างของตัวสุกรตรงจุดกึ่งกลางของภาพตัวสุกร



ภาพที่ 3.7 (ซ้าย) การสร้างกรอบเพื่อหาความกว้าง-ความยาว (ขวา) แสดงการหาค่าความสูงของสุกร

3.3.3 การปรับขนาดรูปของสุกรให้อยู่ในระดับเดียวกัน (Rescale Image**)**

กรณีที่มีการติดตั้งกล้องในระดับความสูงที่แตกต่างกัน พื้นที่ภาพของตัวสุกรจะมีพื้นที่ที่ไม่เท่ากัน จึงมีขั้นตอนการปรับขนาดของภาพให้อยู่ในระดับเดียวกัน โดยปรับจากขนาดความกว้าง ความยาว ของสุกรในแต่ละภาพ จากข้อมูลที่บันทึกไว้ในแต่ละ Pixel จากกล้อง Depth Image แล้วปรับภาพด้วยอัตราส่วนความกว้างหรือความยาว 1 เซนติเมตร : 2 พิกเซล[1] จะทำให้ภาพของสุกรที่ถ่ายมาจากคนละระดับมีขนาดของภาพที่อยู่ในระดับเดียวกัน



ภาพที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการปรับขนาดรูปสุกรให้อยู่ในระดับเดียวกัน

3.3.4 การสร้างโมเดลในการประมาณน้ำหนักสุกร (Estimate Model **แบบ** Ensemble **)**

ข้อมูลที่ได้จากข้อ 3.3.1 (รูป Depth Image) และข้อ 3.3.2 (ข้อมูลความกว้าง ความยาว ความสูง)จะถูกใช้เป็นข้อมูลเพื่อสอนระบบ (Training Data ทั้งหมด 3,632 รูป แบ่งเป็น Training Data

[1] ดัดแปลงและประยุกต์จาก : https://www.pyimagesearch.com/2016/03/28/measuring-size-of-objects-in-an-image-with-opencv/ และ https://www.translatorscafe.com/unit-converter/en/typography/3-7/centimeter-pixel%20(X)/

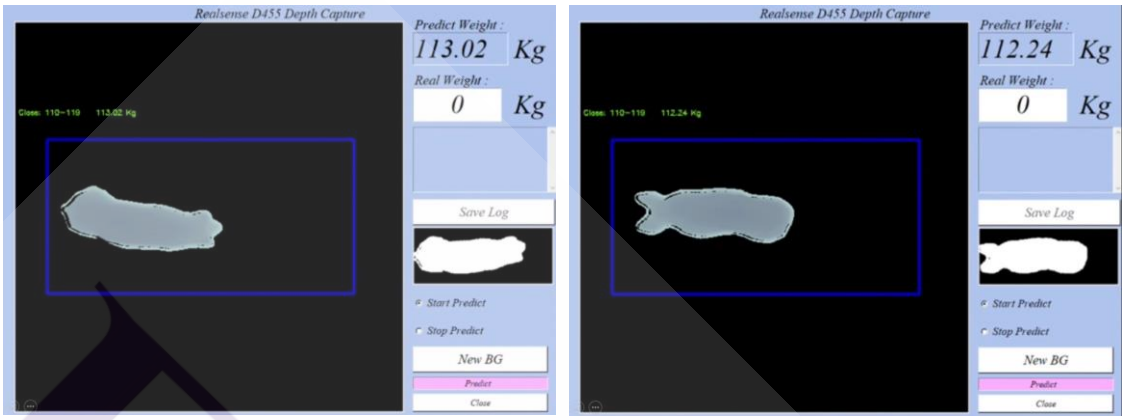
80% (2,905 ภาพ) และใช้ในการ Validate 20%(727 ภาพ))

รูป Depth Image จากข้อ 3.3.1 จะเป็น Input เข้าสู่โมเดล CNN MobileNet V3Small Model ซึ่งเป็น Library ที่มาพร้อมกับ tensorflow v2.4.1 ไม่ได้ผ่านการสอนระบบมาก่อน (No Pre-train) ในขั้นตอนนี้ได้ทำการตั้งค่า (Parameter Setting) ของโมเดลไว้ดังนี้ alpha = 1.0 , minimaliatic = false, dropout_rate = 0.4 ,classifier_activate = relu และค่าผลลัพธ์ที่ได้(Output) มีค่าเดียวคือ ค่าน้ำหนักที่ทำนายได้

ข้อมูลความกว้าง ความยาว ความสูง และขนาดของ pixel จากข้อ 3.3.2 จะเป็น Input เข้าสู่โมเดล MLP Regression Model ซึ่งมี Input เท่ากับ 4 มี hidden layer เท่ากับ 5 ใช้ Optimizer คือ adam และ Activation ด้วย relu จำนวนของโหนดในแต่ละชั้นเท่ากับ 128, 64, 32, 16 และ 8 ตามลำดับ และค่าผลลัพธ์ที่ได้(Output) มีค่าเดียวคือ ค่าน้ำหนักที่ทำนายได้ จากนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองโมเดลจะถูกนำมาเป็น Input ในโมเดล Fully convolutional neural networks(FCNN) เพื่อทำการโหวต เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นน้ำหนักสุกโดยให้ค่า Error เป็นค่า MSE (Loss = MSE) ดังนั้นโมเดลที่ได้ถือเป็นโมเดลการใช้หลักการโหวตหรือที่เรียกว่า การ Ensemble

3.4 การทำนายน้ำหนักสุกรผ่านโปรแกรม UI

ในการนำโมเดลที่ได้จากข้อ 3.3 ไปใช้ทำนายน้ำหนักสุกร จะใช้ผ่านโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาในรูปแบบ User interface โดยโปรแกรมจะมี 2 ส่วนคือ ส่วนแสดงพื้นที่ตัวสุกร และส่วนที่แสดงค่าน้ำหนักที่ประมาณการไว้ในช่องที่ระบุว่า “Predict Weight” ดังในรูปที่ 16 นอกจากนี้เรายังสร้างช่องเพื่อให้สามารถกรอกน้ำหนักจริง สำหรับกรณีที่มีการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งควบคู่ไปด้วยได้ในช่องที่ระบุว่า “Real Weight” (หากต้องการสุ่มตรวจสอบความถูกต้องจากการใช้งานจริง)



ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างโปรแกรมรูปแบบ User Interface ในการนำไปใช้จริง

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.51 ภาษาไพธอน (Python)

Python เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาหนึ่งที่นิยมใช้ และเหมาะสำหรับการทำ Data Science มาก เนื่องจากมี Package ของชุดคำสั่งที่สามารถเลือกให้เหมาะกับงานอยู่มากมาย และภาษายังเข้าใจง่าย เหมาะกับมือใหม่

3.5.2 Jupyter Notebook

เป็นเครื่องมือ opensource ที่ใช้ในการสร้าง Reproducible Document ซึ่งก็คือเอกสารที่ มีคำอธิบายและ code ที่สามารถ execute ได้ เพื่อทำการทดลองซ้ำและสามารถดูผลการทดลองได้ ทั้ง กับข้อมูลชุดเดิมหรือข้อมูลชุดใหม่ได้ โดย Jupyter สามารถเขียน source code เป็น block สั้นๆ และ เขียนอธิบายแต่ละส่วนด้วย markdown ได้ ซึ่ง Jupyter ได้สร้างระบบ kernel ที่ให้นักพัฒนาเขียน configuration เพื่อใช้งานกับภาษาหรือระบบได้หลากหลาย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการพัฒนาโมเดลสำหรับการประมาณน้ำหนักสุกร เพื่อคัดเลือกสุกรที่จะนำออกขาย ให้มีนำหนักตรงกับความต้องการของลูกค้า โดยนำเอาการเรียนรู้เชิงลึก เทคนิค CNN Mobile NetV3Small มาประยุกต์ใช้ในการสร้างโปรแกรมที่ใช้งานได้สะดวกผ่าน User Interface ในคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค ซึ่งผลทดสอบจากการใช้งานมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการวัดประสิทธิภาพของโมเดล แบบ Ensemble

ข้อมูลภาพถ่ายของสุกรที่ทำการเก็บจากสุกรจริงทั้งหมด 1,816 ตัว โดยจะแบ่งตามช่วงน้ำหนักของสุกร ดังตารางที่ 2 ซึ่งรูปทั้งหมดจะทำการเพิ่มจำนวน(Multiply) ด้วยการกลับด้านซ้าย-ขวา (Flip) ทำให้จะมีรูปทั้งหมด 3,632 รูป การโดยจะแบ่งข้อมูลสำหรับการสอนระบบ (Training Data) 80% จำนวน 2,905 รูป และสำหรับการทดสอบโมเดล (Validate Data) 20% จำนวน 727 รูป

จากการทดสอบโมเดลให้ผลการทดสอบให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด(Max Error) คือ 16.68 น้อยที่สุด(Min Error) คือ 0.00 และให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MAE) คือ 1.03 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล

Indicator	Value
Max Error	16.68
MAE	1.03
Min Error	0.00

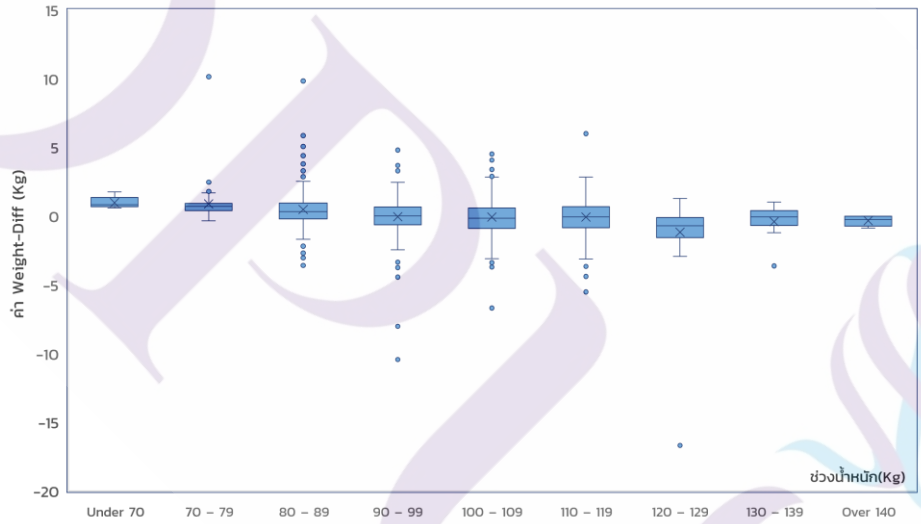
ตารางที่ 4.2 ตารางช่วงน้ำหนักสุกร และสัดส่วนของรูปในการใช้พัฒนาโมเดล **(**Training Data**)**

กลุ่มน้ำหนัก	ช่วงน้ำหนัก (Kg)	จำนวนรูป	
1	< 70	60	2%
2	70 – 79	212	6%
3	80 – 89	1,092	30%
4	90 – 99	880	24%
5	100 – 109	552	15%
6	110 – 119	604	17%
7	120 – 129	160	4%
8	130 – 139	40	1%
9	>140	32	1%
รวม		**3,632**	**100%**

น้ำหนักที่ประมาณการจากโมเดลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดในช่วงน้ำหนัก 120-129 กิโลกรัมคือ 1.43 กิโลกรัม และมีช่วงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในช่วงน้ำหนัก ตั้งแต่ 140 กิโลกรัมคือ 0.32 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 3 และ ภาพที่ 17

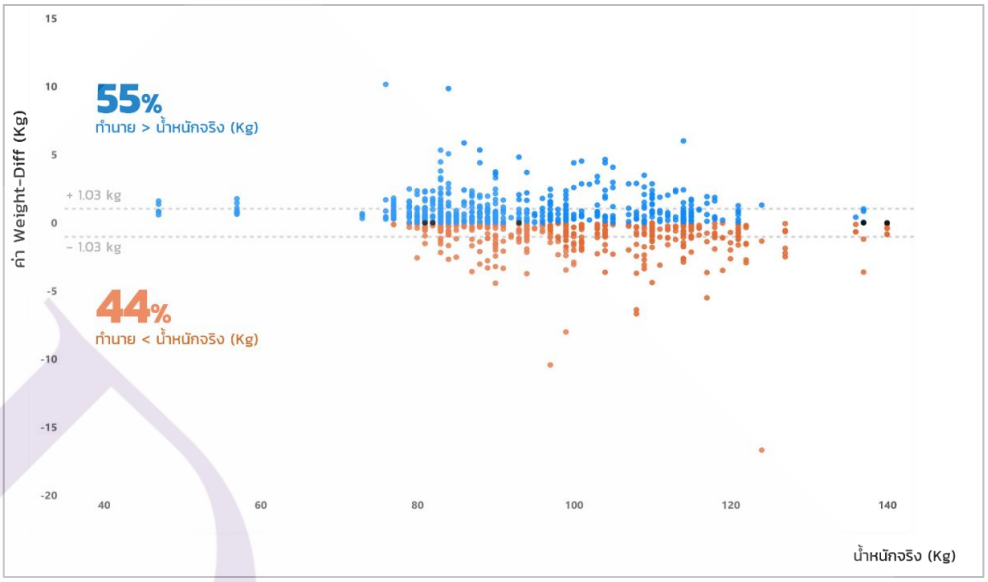
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงน้ำหนัก

	< 70	70 – 79	80 – 89	90 – 99	100 – 109	110 – 119	120 – 129	130 – 139	>140
MAE	0.98	0.93	0.94	0.97	1.30	1.00	1.43	0.86	0.32



ภาพที่ 4.1 กราฟ Bok-plot แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละช่วงน้ำหนัก

นอกจากนี้ เมื่อนำค่าน้ำหนักที่ประมาณการได้จากโมเดลมาหาค่าความคลาดเคลื่อนกับน้ำหนักจริงและแสดงเป็นกราฟ จะพบว่าโมเดลทำนายน้ำหนักออกมามากกว่าค่าน้ำหนักจริง (ให้ค่าคลาดเคลื่อนเป็นบวก) เท่ากับ 55% และทำนายน้ำหนักออกมาน้อยว่าค่าน้ำหนักจริง (ให้ค่าคลาดเคลื่อนเป็นลบ) เท่ากับ 45% และทำนายน้ำหนักออกมาได้เท่ากับน้ำหนักจริง 1%



ภาพที่ 4.2 แสดงค่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ทำนายกับน้ำหนักจริง

4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพของโมเดล เพื่อการเปรียบเทียบ

นอกจากโมเดลในรูปแบบที่ใช้หลักการโหวต(การ Ensemble) ข้างต้น ผู้ศึกษาได้ทำการทดลองการสอนระบบอีก 2 รูปแบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล คือ

4.2.1 การสอนระบบด้วยข้อมูล Depth Image ผ่านโมเดล CNN (MobileNet V3Small)

จากการทดสอบโมเดลให้ผลการทดสอบให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด(Max Error) คือ 49.23 น้อยที่สุด(Min Error) คือ 0.05 และให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MAE) ที่ค่อนข้างสูง คือ 12.29 ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4

4.2.2 การสอนระบบด้วยข้อมูล Depth Image ผ่านโมเดล CNN (MobileNet V3Small) และ Fully Convolutional neural network (FCNN)

จากการทดสอบโมเดลให้ผลการทดสอบให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด(Max Error) คือ 15.27 น้อยที่สุด(Min Error) คือ 0.00 และให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MAE) คือ 1.29 ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดลที่สอนด้วย MobileNet

Indicator	Value
Max Error	**49.23**
MAE	**12.29**
Min Error	**0.23**

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดลที่สอนด้วย MobileNet และ FCNN

Indicator	Value
Max Error	**15.27**
MAE	**1.29**
Min Error	**0.00**

4.3 ผลจากการนำไปใช้งานจริง

เมื่อได้โมเดลประมาณการน้ำหนักที่วัดประสิทธิภาพแล้ว ทำการนำระบบประมาณการไปใช้งานจริงในโรงเรือนเลี้ยงสุกรขุน ที่มีการคัดเลือกสุกรเพื่อนำออกขาย จำนวนสุกรที่คัดเลือกทั้งหมด 908 ตัว โดยสุกรที่ทำการประมาณน้ำหนักนั้นมีการกระจายน้ำหนัก ดังตารางที่ 6

จากการทดสอบโมเดลให้ผลการทดสอบให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด(Max Error) คือ 9.98 น้อยที่สุด(Min Error) คือ 0.05 และให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MAE) คือ 2.04 ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงการกระจายน้ำหนักของสุกรที่นำมาทดลองใช้จริงกับระบบประมาณน้ำหนัก

กลุ่มน้ำหนัก	ช่วงน้ำหนัก (Kg)	จำนวนตัว	เปอร์เซ็นต์
1	< 70	15	2%
2	70 – 79	53	6%
3	80 – 89	214	24%
4	90 – 99	220	24%
5	100 – 109	138	15%
6	110 – 119	151	17%
7	120 – 129	41	5%
8	130 – 139	54	6%
9	>140	22	2%
	รวม	908	

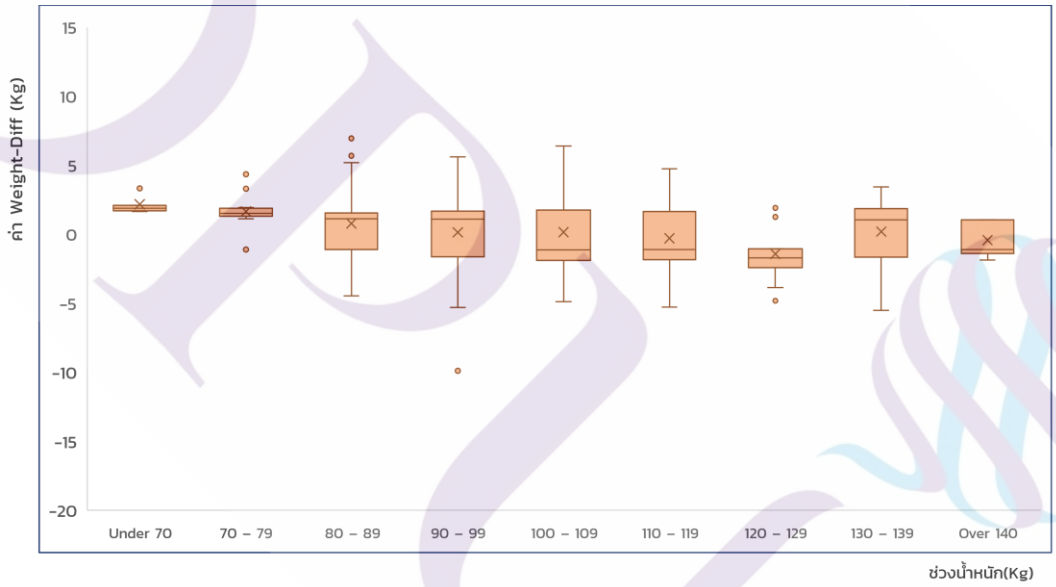
ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลจากการใช้งานจริง

Indicator	Value
Max Error	**9.98**
MAE	**2.04**
Min Error	**0.05**

น้ำหนักที่ประมาณการจากโมเดลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดในช่วงน้ำหนักน้อยกว่า 100-109กิโลกรัมคือ 2.47 กิโลกรัม และมีช่วงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในช่วงน้ำหนัก ตั้งแต่ 140 กิโลกรัมคือ 1.27 กิโลกรัม ดังแสดงตารางที่ 8 และภาพที่ 19

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงน้ำหนัก

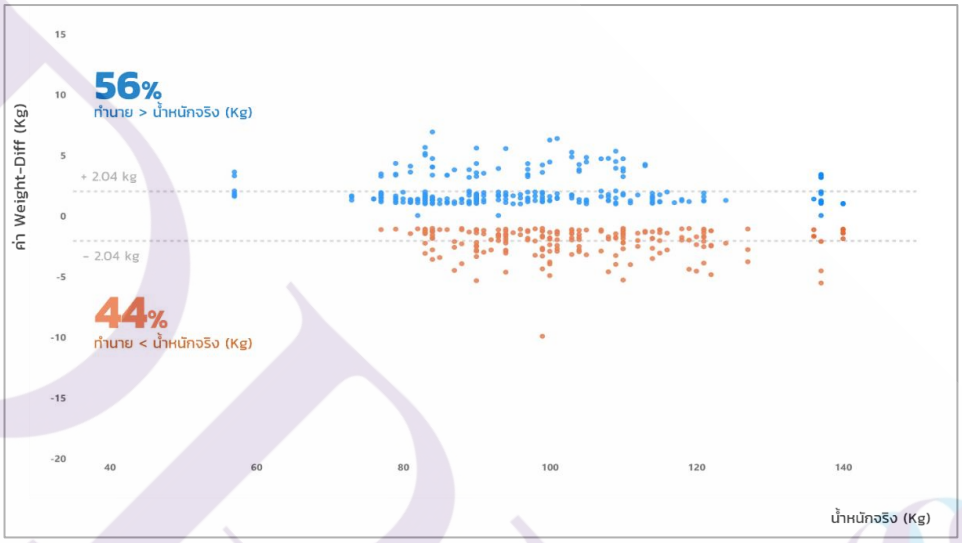
	< 70	70 – 79	80 – 89	90 – 99	100 – 109	110 – 119	120 – 129	130 – 139	>140
MAE	2.17	1.81	1.87	2.05	2.47	2.11	2.06	1.86	1.27



ภาพที่ 4.3 กราฟ Bok-plot แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละช่วงน้ำหนัก

เมื่อนำค่าน้ำหนักที่ประมาณการได้จากโมเดลมาหาค่าความคลาดเคลื่อนกับน้ำหนักจริงและแสดงเป็นกราฟ จะพบว่าโมเดลทำนายน้ำหนักออกมามากกว่าค่าน้ำหนักจริง (ให้ค่าคลาดเคลื่อนเป็นบวก) เท่ากับ 56% และทำนายน้ำหนักออกมาน้อยว่าค่าน้ำหนักจริง (ให้ค่าคลาดเคลื่อนเป็นลบ) เท่ากับ 44% และทำนายน้ำหนักออกมาได้เท่ากับน้ำหนักจริง 0% ดังแสดงในกราฟที่ 20

ทั้งนี้เมื่อนำระบบการประมาณน้ำหนักสุกรไปใช้งานจริง ระบบสามารถทำให้ได้ประโยชน์ในการทำงาน ในเรื่องลดระยะเวลาในการทำงาน ลดจำนวนพนักงานในการทำงาน ลดความเครียดที่เกิดขึ้นกับสุกร (เพราะสุกรไม่ต้องถูกกัก บังคับให้อยู่บนตาชั่ง สุกรสามารถเดินผ่านกล้องไปได้เลย) และยังช่วยพนักงานที่ยังมีประสบการณ์ในการประมาณน้ำหนักไม่มาก เพราะการประมาณน้ำหนักทางสายตาต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการทำงานที่ค่อนข้างสูง ดังข้อมูลในตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.4 แสดงค่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ทำนายกับน้ำหนักจริง

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงผลประโยชน์ที่ได้จากการนำระบบประมาณน้ำหนักสุกรไปใช้งานจริง

	เครื่องชั่งมาตรฐาน	ระบบประมาณน้ำหนักสุกร
จำนวนพนักงาน (คน)	3-4	2
ระยะเวลาการทำงาน	2 ชม. / 100 ตัว	1.2 ชม. / 100 ตัว
การใช้ประสบการณ์	ต้องใช้	ไม่ต้องใช้
ความเครียด (คน – สุกร)	มาก	น้อย

4.4 ผลการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การวัดผลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ทำการวัดผลจากทีมงานฝ่ายขายที่ต้องมีการคัดเลือกสุกรเพื่อนำออกขาย โดยทำการวัดผลด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อและข้อเสนอแนะอีก 1 ข้อ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 คำถาม (Questionnaire**) วัดความพึงพอใจ**

1. โดยรวมแล้ว ท่านชอบโปรแกรมการประมาณน้ำหนักนี้หรือไม่
2. โปรแกรมการประมาณน้ำหนักนี้ ตรงกับความต้องการในการทำงานของท่านหรือไม่
3. โปรแกรมนี้ทำให้การคัดเลือกสุกรเพื่อนำออกขายง่ายขึ้นกว่าวิธีการเดิมของท่านหรือไม่
4. โปรแกรมนี้มีขั้นตอนการใช้งานที่สะดวกและง่ายหรือไม่
5. ท่านคิดว่า ท่านจะแนะนำให้ทีมงานที่ทำงานเดียวกันกับท่านต่อหรือไม่
6. หากท่านต้องซื้อโปรแกรมนี้ ท่านคิดว่ายินดีจ่ายที่ราคาเท่าไร

4.4.2 กลุ่มเป้าหมาย (Target group**) ทั้งหมด 25 คน แบ่งเป็น**

1. ทีมงานฟาร์ม โครงการส่งเสริมกาญจนบุรี จำนวน 5 ท่าน
2. ทีมงานฝ่ายขาย จุดขายสุกรกลางกาญจนบุรี จำนวน 5 ท่าน
3. ผู้บริหารฝ่ายผลิต ภาคตะวันตก จำนวน 3 ท่าน

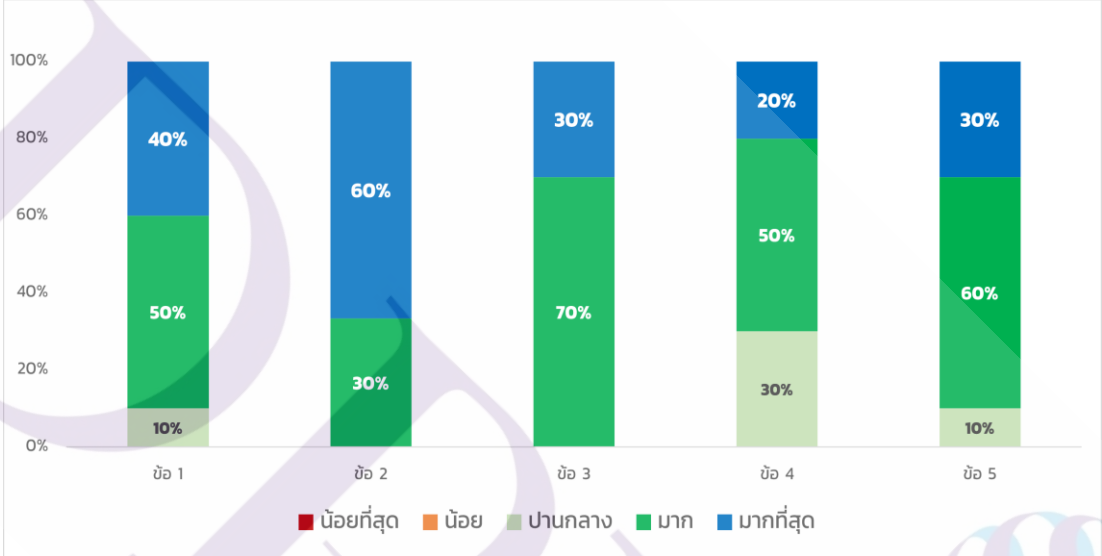
4.4.3 สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับผลิตภัณฑ์

1. ทีมงานฟาร์ม โครงการส่งเสริมกาญจนบุรี จำนวน 5 ท่าน
2. ทีมงานฝ่ายขาย จุดขายสุกรกลางกาญจนบุรี จำนวน 5 ท่าน
3. ผู้บริหารฝ่ายผลิต ภาคตะวันตก จำนวน 3 ท่าน

4.4.4 ผลประเมินความพอใจ

จากผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ได้ทดลองใช้งาน พบว่าโดยรวมแล้ว ผู้ใช้ชอบระบบนี้มากที่สุด 40**%** ชอบมาก 50**%** และชอบปานกลาง 10**%** และระบบนี้เป็นโปรแกรมที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด 60**%** ตรงความต้องการมาก 30**%** นอกจากนี้ผู้ทำงานยังให้คะนนเรื่องระบบนี้ทำให้การคัดเลือกสุกรเพื่อนำออกขายทำงานได้ง่ายขึ้นมากที่สุด 30**%** ง่ายขึ้นมาก 70**%** ส่วนมุมมองต่อการใช้งานของระบบ พบว่าระบบมีการใช้งานที่ง่ายมากที่สุด 20**%** ใช้ง่ายมาก 50**%** และ

ใช้งานง่ายปานกลาง 30% ในข้อสุดท้ายสำหรับการแนะนำให้กับผู้อื่นพบว่า ผู้ใช้งานจะแนะนำต่อแน่นอน(มากที่สุด) 30% จะแนะนำต่อ(มาก) 60% และปานกลาง 10% และราคาเฉลี่ยที่ผู้ทดลองใช้ยอมที่จะยินดีจ่ายเท่ากับ 5,000 บาท (ราคาที่สูงที่สุดคือ 10,000 บาทและน้อยที่สุดคือ 4,500 บาท) โดยคะแนนในภาพรวมแสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลการวัดความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งาน

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาระบบเพื่อช่วยในการประมาณน้ำหนักสุกร เพื่อคัดเลือกสุกรเบื้องต้นในโรงเรือนเลี้ยงเพื่อออกขายให้ได้ตรงกับความต้องการของลูกค้า และช่วยให้เกิดประโยชน์ในการทำงาน ทั้งในเรื่องลดระยะเวลาในการทำงาน การลดจำนวนพนักงานในการทำงาน ลดความเครียดที่เกิดขึ้นกับสุกร และยังช่วยพนักงานที่ยังมีประสบการณ์ในการประมาณน้ำหนักไม่มากสามารถเข้าคัดเลือกสุกรได้ โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ได้พัฒนาโมเดลที่มีประสิทธิภาพในการประมาณน้ำหนักสุกร ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. เป็นการเตรียมรูปที่ได้จากการเก็บภาพมาตัดรายละเอียดในรูปที่ไม่ใช่ตัวสุกรออกไป เหลือเป็นภาพ Depth-Image ที่มีเฉพาะ Pixel ที่เป็นตัวสุกร และทำการ Normalize ให้อยู่ในช่วง -1 ถึง +1 แล้วเป็น Input เข้าสู่โมเดล CNN MobileNetV3Small เพื่อทำนายเป็นค่าน้ำหนักสุกรออกมา

2. เป็นการนำเอา Feature ที่จำเป็นออกมาจากข้อมูลรูปได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูง และขนาดของ pixel ของภาพ และทำการ Normalize ให้อยู่ในช่วง -1 ถึง +1 และทำการนำเข้าสู่โมเดล MLP Regression Model เพื่อทำนายเป็นค่าน้ำหนักสุกรออกมา

3. เป็นการรวมข้อมูล Output (ค่าน้ำหนักที่ทำนาย) จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 นำมาเป็น Input เข้าสู่โมเดล Fully convolutional neural networks ด้วยการทำการโหวต(Ensemble) เพื่อทำนายเป็นค่าน้ำหนักสุกรออกมา

5.1.2 ผลการทดลองให้ความแม่นยำในการประมาณค่าน้ำหนักสุกร ให้ค่า Mean Absolute Error(MAE) เท่ากับ 1.03 kg (มีค่า Max-Error 16.68 kg อยู่ที่ และ Min-Error อยู่ที่ 0.00 kg)

5.1.3 ตัวสุกรที่ประมาณการคลาดเคลื่อนมากกว่าน้ำหนักชั่งได้จริง 55% และน้อยกว่าน้ำหนักที่ชั่งได้จริง 44% และให้ค่าประมาณน้ำหนักที่เท่ากับน้ำหนักจริงเท่ากับ 1%

5.2 ข้อสังเกตุ

5.2.1 ช่วงน้ำหนัก 120-129 kg. มีค่า MAE มากที่สุด = 1.43 kg.

5.2.2 ช่วงน้ำหนัก $\geq$ 140 kg. มีค่า MAE ที่น้อยที่สุด = 0.32 kg.

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรเพิ่มจำนวนของภาพถ่ายสุกร สำหรับสอนระบบในแต่ละช่วงน้ำหนักให้มากขึ้นโดยเฉพาะในช่วงน้ำหนักที่ยังให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด เพื่อเพิ่มความถูกต้องของโมเดล

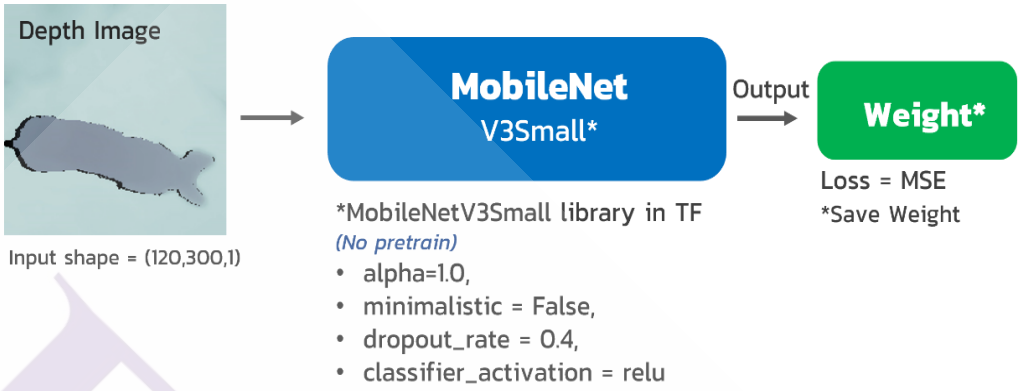
5.3.2 ควรมีการเก็บภาพของสุกรสายพันธุ์อื่นๆ มาสอนระบบเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถใช้โมเดลกับสุกรทุกสายพันธุ์

5.3.3 ควรมีการเก็บภาพสุกรในช่วงอายุอื่นๆ นอกเหนือจากช่วงอายุในการศึกษานี้ (24-26 สัปดาห์) เพื่อให้ระบบสามารถทำการประมาณน้ำหนักกับสุกรในทุกช่วงอายุได้

5.3.3 อาจมีการทดลองเพิ่มเติม (Future Work) ในขั้นตอนของการสอนระบบ โดยทดลองปรับการสอนระบบบโดยใช้โมเดลทั้งสองโมเดล (MoblieNetV3Small และ MLP Regression) ร่วมกัน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

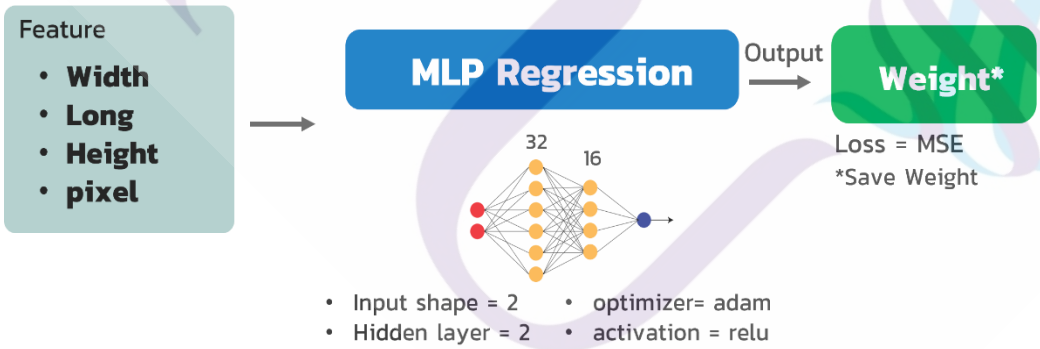
1. การแยก การสอนระบบ (Separate-Training)

1.1 การสอนระบบด้วยโมเดล MoblieNetV3Small ซึ่งใช้ข้อมูลรูป Depth-Image เป็นข้อมูล Input และทำให้ทำการทดสอบและเก็บค่าที่ให้ค่าโมเดลที่ดีที่สุดไว้ โดยให้การวัดประสิทธิภาพคือ MSE (กำหนด Loss = MSE)



ภาพที่ 5.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการสอบระบบในขั้นตอนที่ 1.1

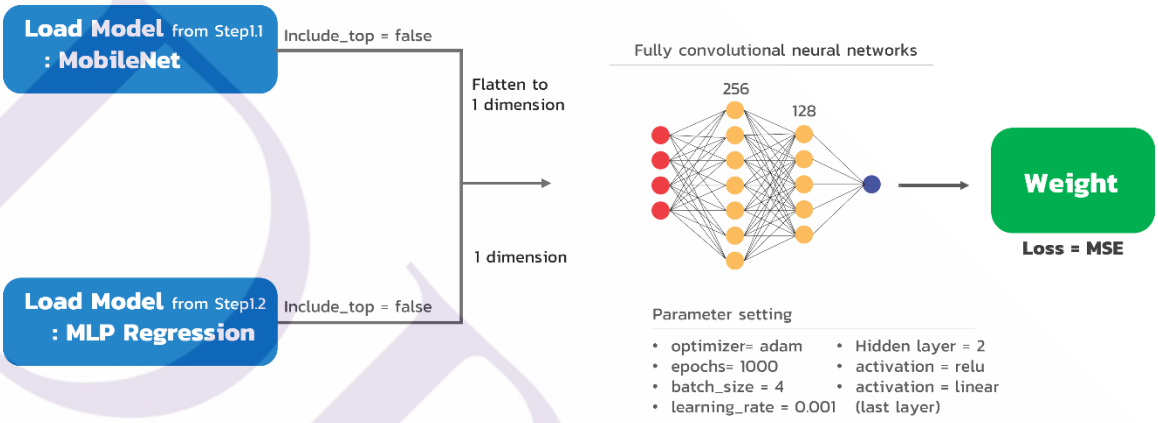
1.2 การสอนระบบด้วยโมเดล MLP Regression ซึ่งใช้ข้อมูลความกว้าง ความยาว ความสุง เป็นข้อมูล Input และทำให้ทำการทดสอบและเก็บค่าที่ให้ค่าโมเดลที่ดีที่สุดไว้ โดยให้การวัดประสิทธิภาพคือ MSE (กำหนด Loss = MSE) ดังแสดงในรูปที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 แสดงแผนผังขั้นตอนการสอบระบบในขั้นตอนที่ 1.2

2. การสอนระบบโดยการรวมโมเดลจากขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสอนระบบด้วยโมเดล MLP โดยการรวม Feature จากโมเดลในขั้นตอนที่ 1.1 และ ขั้นตอนที่ 1.2 เพื่อนำเข้ามาสอนระบบรวมกันด้วยโมเดล MLP Regression เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นน้ำหนักสุกร ดังแสดงในภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 แสดงแผนผังขั้นตอนการสอบระบบในขั้นตอนที่ 2

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

TechTalkThai(2018) : แนะนำ 10 โมเดลของ Deep Learning สำหรับงานด้าน Computer Vision https://www.techtalkthai.com/10-pre-trained-deep-learning-models-in-computer-vision/

Keng Surapong (2020) : MobileNet คืออะไร สอน TensorFlow.js สร้าง Image Classification. https://www.bualabs.com/archives/3439/tensorflow-js-tutorial-build-image-classification-javascript-mobilenet-pretrained-model-tfjs-ep-7/

Nonthakon Jitchiranant(2018) : ใช้ Mobilenet จำแนกรูปใน Keras https://nonthakon.medium.com (หรือ shorturl.at/coCG7)

นางสาวอารีรัตน์ ไกยพันธ(2017):การประมาณน้ำหนักสุกรด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ, สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Jianlong Zhang, Yanrong Zhuang, Hengyi Ji and Guanghui Teng (2021): Pig Weight and Body Size Estimation Using a Multiple Output Regression Convolutional Neural Network: A Fast and Fully Automatic Method.,[MDPI] https://doi.org/10.3390/s21093218.

Yan Cang, Hengxiang He and Yulong Qiao (2019) : An Intelligent Pig Weights Estimate Method Based on Deep Learning inSow Stall Environments., IEEE Access, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2019.2953099.

Kyungkoo Juna, Si Jung Kimb and Hyun Wook Jic (2018): Estimating pig weights from images. without constraint on posture and illumination., Computers and Electronics in Agriculture Volume 153, October 2018, Pages 169-176.

Andrea Pezzuoloa, Marcella Guarinob, Luigi Sartoria, Luciano A. Gonzálezc and Francesco Marinelloa(2018): On-barn pig weight estimation based on body measurements by a Kinect v1 depth camera., Computers and Electronics in Agriculture Volume 148, May 2018, Pages 29-36.

Dr. Sirimonpak Suwannakhun and Dr. Patasu Daungmala (2018): Estimating Pig Weight with Digital Image Processing using Deep Learning., 14th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS).

Mohammadamin Kashiha, Claudia Bahr, Sanne Ott, Christel P.H. Moons, Theo A. Niewold c,Frank Ödberg and Daniel Berckmans(2014): Automatic weight estimation of individual pigs using image analysis., Computers and Electronics in Agriculture 107 (2014) 38–44.

Kavyashree Prasad and Mohamed El -Sharkawy (2021) : Compressed MobileNet V3:A Light Weight Variant for Resource-Constrained Platforms., 2021 IEEE 11th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC) | 978-1-6654-1490-6

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

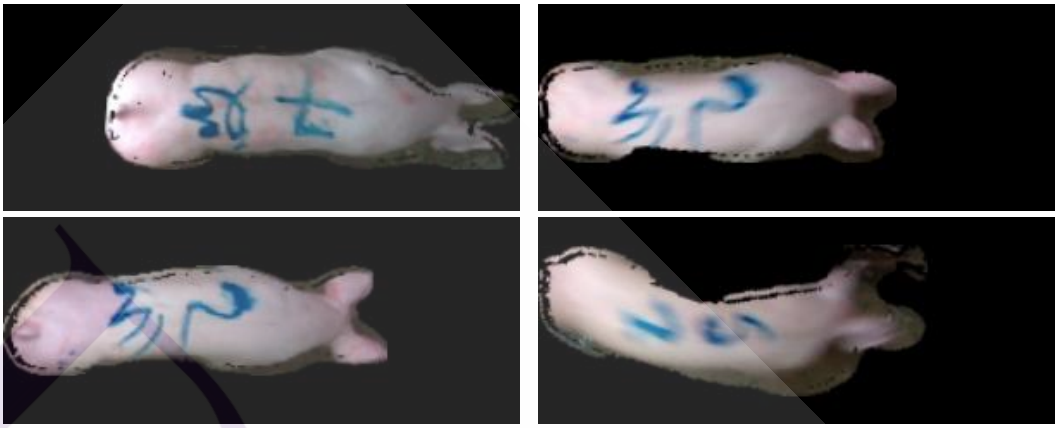
ตัวอย่างสภาพแวดล้อมของชุดข้อมูล (Data-set environment)

1. ขั้นตอนการติดตั้งกล้อง Depth Image และภายในบริเวณที่ทำการเก็บภาพและน้ำหนักสุกร

ภาพที่ 1 (ซ้าย) ภาพการยึดและติดตั้งกล้อง Depth Image (ขวา) ภาพบริเวณการเก็บภาพสุกร

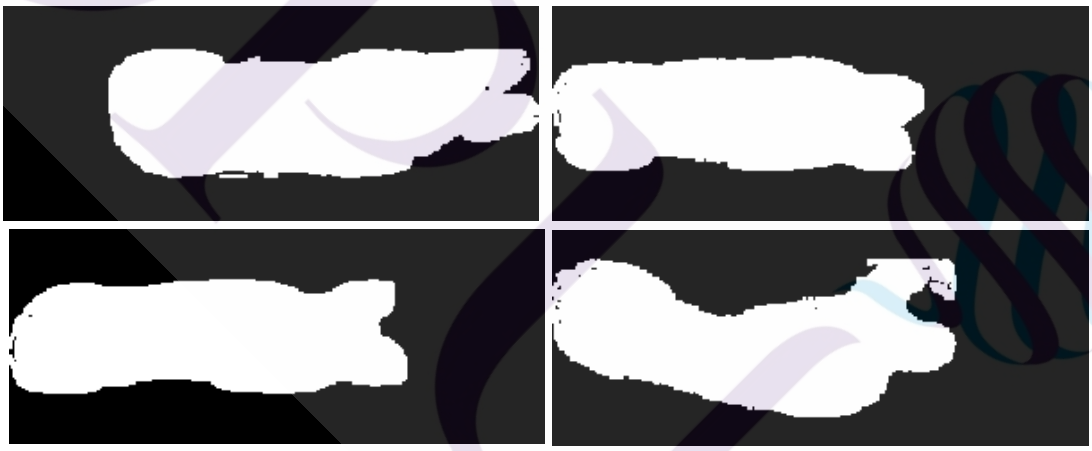
ภาพที่ 2 (ซ้าย) ภาพการติดตั้งกล้องในโรงเรือนสุกร(ขวา) ตัวอย่างการชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่ง

2. ตัวอย่างข้อมูลที่เก็บเพื่อสอนระบบ จากกล้อง Depth Image



ภาพที่ 3 ตัวอย่างภาพถ่ายสุกรจากกล้อง Depth Image

3. ตัวอย่างภาพที่มีการตัดส่วนเกินในภาพออก



ภาพที่ 4 ภาพตัวอย่างการตัดส่วนของ Pixel ที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวสุกร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวิทยา ทะสุยะ
ประวัติการศึกษา	สัตวแพทยศาสตรบัณฑิต คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2550
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน	ผู้ชำนาญการอาวุโส หน่วยงาน สัตวแพทย์บริการวิชาการสุกร บริษัทซีพีเอฟ(ประเทศไทย) จำกัด(มหาชน) ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2551 - ปัจจุบัน