ระบบประมาณน้ำหนักสุกรขุนจากภาพมุมสูงของกล้องถ่ายรูประยะชัดลึก โดยใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก

System for estimating pig weight from top-view images from depth cameras using deep learning techniques.

วิทยา ทะสุยะ*

ดร.ธนภัทร ฆังคะจิตร**

บทคัดย่อ

การส่งมอบสุกรขุนที่มีน้ำหนักตรงกับความต้องการของลูกค้าถือเป็นสิ่งสำคัญในเชิงธุรกิจ อย่างไรก็ตามการชั่งน้ำหนักสุกรขุนให้ครบทุกตัวนั้น ใช้เวลาการทำงานที่นานและก่อให้เกิดความเครียดแก่สุกร ดังนั้นจึงใช้วิธีการประมาณน้ำหนักจากประสบการณ์ของพนักงานร่วมกับการสุ่มชั่งน้ำหนักของสุกรประมาณ 30-40% ซึ่งพบปัญหาว่าสุกรที่คัดเลือกนำออกขายนั้น บางส่วนมีน้ำหนักน้อยกว่าหรือมากกว่าน้ำหนักที่ลูกค้าต้องการ

งานนี้จึงเสนอระบบประมาณการน้ำหนักของสุกรที่มีความแม่นยำโดยทำการสร้างแบบจำลองจากภาพมุมสูงที่ได้จากกล้องถ่ายรูประยะชัดลึกด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โดยให้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเพียง 1.03 กิโลกรัมจากน้ำหนักจริงที่ชั่งด้วยเครื่องชั่งมาตรฐานและมีความรวดเร็วในการทำนายน้ำหนักสุกร ดังนั้นการใช้งานระบบนี้ในฟาร์ม ทำให้สามารถคัดเลือกสุกรที่มีน้ำหนักตรงกับความต้องการของลูกค้ามากขึ้นและสามารถลดเวลาการทำงานที่ใช้ในการคัดเลือกสุกรเพื่อออกขายลงได้

คำสำคัญ : การประมาณน้ำหนักสุกร การประมวลผลภาพ การเรียนรู้เชิงลึก แมชชีนวิชั่น

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

*นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมข้อมูลขนาดใหญ่

**ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

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.

Keywords: Pig Weight estimation Image processing Neural network Machine learning

บทนำ

สุกรที่ถูกเลี้ยงเพื่อการผลิตเนื้อสำหรับการบริโภคหรือ “สุกรขุน” จะถูกเลี้ยงในโรงเรือนๆละ 650-750 ตัว เลี้ยงเป็นระยะเวลาประมาณ 150 วัน(อายุ 25-26 สัปดาห์) เมื่อถึงกำหนดการนำออกขาย จะมีการเข้าไปคัดเลือกสุกรที่มีน้ำหนักตามที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งจะใช้วิธีการประมาณน้ำหนักด้วยสายตาโดยใช้ประสบการณ์ของพนักงาน ร่วมกับการสุ่มชั่งสุกรด้วยเครื่องชั่งแบบมาตรฐาน ประมาณ 30-40% ของสุกรที่จะคัดเลือกเพื่อนำออกขาย เพื่อสุ่มตรวจสอบว่าสุกรมีน้ำหนักได้ตามที่ต้องการ

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้น พบปัญหาว่าสุกรที่คัดเลือกมานั้นมีทั้งสุกรที่น้ำหนักน้อยกว่า และมากกว่าที่ลูกค้าต้องการ เช่น ลูกค้าต้องการสุกรที่น้ำหนักอยู่ในช่วง 100-120 กิโลกรัม แต่อาจจะมีสุกรที่น้ำหนักน้อยกว่า 100 กิโลกรัม หรือ มากกว่า 120 กิโลกรัม ซึ่งไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า การแก้ปัญหาโดยการชั่งน้ำหนักสุกรทุกตัวก่อนส่งให้ลูกค้าเป็นสิ่งที่กระทำได้ยากเนื่องจากในขั้นตอนการต้อนสุกรออกมาจากคอกนั้นใช้เวลาในการทำงานค่อนข้างมาก รวมทั้งจะทำให้เกิดความเครียดในสุกรและความเหนื่อยล้าต่อทั้งผู้ปฏิบัติงานและตัวสุกร ทั้งยังต้องใช้จำนวนพนักงานในการทำงานที่ค่อนข้างมาก (3-4 คน) นอกจากนี้ยังต้องมีการเคลื่อนย้ายเครื่องชั่งสุกรที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากไปในแต่ละฟาร์มที่จะมีการคัดเลือกสุกร

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลที่จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคัดเลือกสุกรที่มีน้ำหนักในช่วงน้ำหนักที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า ช่วยเพิ่มความสะดวกและลดเวลาในการทำงานของพนักงาน โดยประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) คือ Convolutional

neural network(CNN) โดยใช้โมเดลที่ชื่อ MobileNetV3Small[1] ในการสร้างโมเดลสำหรับการเรียนรู้การประมาณน้ำหนักจากภาพถ่ายของสุกร ซึ่งพัฒนาเป็นโปรแกรมในรูปแบบ User Interface เพื่อใช้ร่วมกับกล้องถ่ายรูประยะชัดลึก

วัตถุประสงค์

เพื่อนำเสนอระบบประมาณน้ำหนักสุกรขุน โดยใช้ภาพ Depth Image มุมสูง โดยใช้งานในรูปแบบ User Interface ในคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค

ขอบเขตของการวิจัย

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

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาการส่งสุกรที่น้ำหนักน้อยหรือมากกว่าความต้องการของลูกค้า
2. ลดเวลาในการทำงานของการคัดเลือกสุกรเพื่อนำออกขาย

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการนำเสนอเทคนิคการประมาณน้ำหนักของสุกร ด้วยการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยจำเป็นต้องศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องดังรายการต่อไปนี้

---

[1] Kavyashree Prasad and Mohamed El -Sharkawy (2021) : Compressed MobileNet V3:A Light Weight Variant for Resource-Constrained Platforms

1. 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

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

Andrea Pezzuoloa, Marcella Guarinob, Luigi Sartoria, Luciano A. Gonzálezc, Francesco Marinello (2018) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการประมาณน้ำหนักสุกร จากภาพที่ถ่ายโดยใช้กล้องถ่ายรูประยะชัดลึก ทำให้ได้ข้อมูลความสูงของสุกรเพิ่มขึ้นมาในการคำนวนน้ำหนัก (ภาพ 2D จากกล้องทั่วไปที่ไม่มีข้อมูลความสูง) ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบโมเดล 2 แบบระหว่าง Regression แบบ Linear กับ Non-Linear ผลการศึกษาพบว่าโมเดลแบบ Non-Linear ให้ผลที่ดีกว่า Linear และลดความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ประมาณได้กับน้ำหนักที่ชั่งได้จริง ได้มากกว่า 40% คือ จาก 0.82 กิโลกรัมเหลือ 0.48 กิโลกรัมและน้ำหนักที่ได้จากโมเดลมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักที่ชั่งได้จริงที่ $R^2 = 0.95$

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

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเทคนิคการสร้างโมเดลประมาณน้ำหนักของสุกร จากภาพถ่ายด้วยกล้องถ่ายรูประยะชัดลึก จากด้านบน (Top View) ของสุกรในโรงเรือนเลี้ยง ด้วยเทคนิคกการเรียนรู้เชิงลึก(Deep learning) โดยมีแนวทางการวิจัยดังนี้

1.) การติดตั้งอุปกรณ์ Depth Image

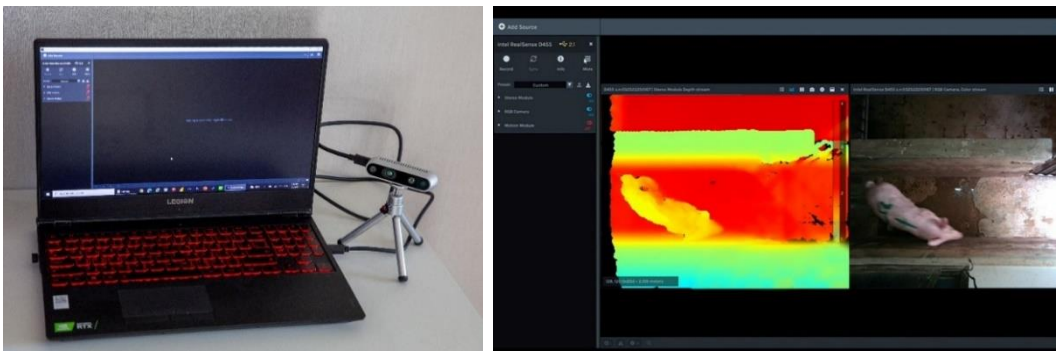
1. กล้องถ่ายรูประยะชัดลึก

กล้องที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นกล้องของบริษัท Intel **รุ่น** Intel® RealSense™ D435i เป็นกล้องที่สามารถถ่ายภาพสองมิติ และ สามมิติได้ การใช้กล้องถ่ายรูประยะชัดลึก ทำให้ได้ข้อมูลของระยะของวัตถุกับตัวกล้อง ซึ่งเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้กับงานด้าน Computer Vision ที่ต้องการความเสมือนจริง

ภาพที่ 1 ภาพกล้อง Intel® RealSense™ D435i (ซ้าย) ด้านหน้า (ขวา) ด้านหลัง

2. การเปิดใช้งานและเชื่อมต่อกล้องถ่ายรูประยะชัดลึก กับคอมพิวเตอร์

กล้องถ่ายรูประยะชัดลึก จะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB Type3.1 Gen 1 เมื่อเชื่อมต่อแล้วจะสามารถเปิดใช้งานผ่านโปรแกรมที่จำเพาะของกล้อง ชื่อ IntelRealSenseViewer



ภาพที่ 2 (ซ้าย) การเชื่องต่อกล้องกับคอมพิวเตอร์ (ขวา) โปรแกรมดูภาพ IntelRealSenseViewer
การติดตั้งกล้องถ่ายรูประยะชัดลึก

การติดตั้งกล้องถ่ายรูประยะชัดลึก เพื่อเก็บภาพในการสอนระบบ จะติดตั้งในตำแหน่งที่สูงจากพื้นประมาณ 2 เมตร ยึดติดกับเพดานของโรงเรือน ซึ่งเป็นบริเวณหลังจากสุกรชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งปกติ

2.) การเตรียมข้อมูลสำหรับสอนระบบ

1.สุกรที่ใช้ในการศึกษา

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

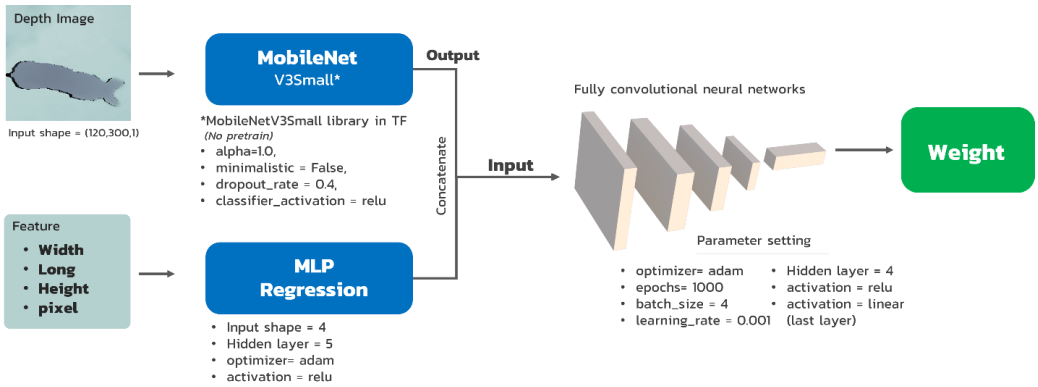
2. การเตรียมรูปสุกรสำหรับสอนระบบ

การเก็บข้อมูลรูปสุกรสำหรับสอนระบบ จะทำการเก็บผ่านโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาในรูปแบบ User interface ที่เชื่อมต่อและเรียกการใช้งานผ่านกล้องถ่ายรูประยะชัดลึก โดยออกแบบให้โปรแกรมทำการถ่ายภาพสุกรเมื่อสุกรเดินเข้ามาในพื้นที่ครบทั้งตัวแล้ว และทำการกรอกน้ำหนักของสุกรตัวนั้นๆไปพร้อมกัน ถือเป็นการทำลาเบลน้ำหนักกับภาพ (Weight Label) และบันทึกข้อมูลไว้ทีละตัว ไปเรื่อย ๆ จนครบจำนวน

ภาพที่ 3 (ซ้าย) บริเวณถ่ายภาพสุกรหลังจากชั่งน้ำหนัก (ขวา) การบันทึกภาพและกรอกน้ำหนักสุกร

3.) การสร้างโมเดลประมาณการน้ำหนัก

แนวทางการสร้างโมเดลของงานวิจัยในภาพรวม แสดงไว้ดังภาพที่ 4 ซึ่งจะแสดงขั้นตอนการทำงานในการพัฒนาโมเดลทั้งหมด ตั้งแต่การนำข้อมูลภาพ Depth Image และข้อมูล Feature ทั้งหมดเข้าสู่โมเดล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สุดท้ายเป็นค่าน้ำหนักที่ทำนายออกมา โดยมีขั้นตอนดังนี้

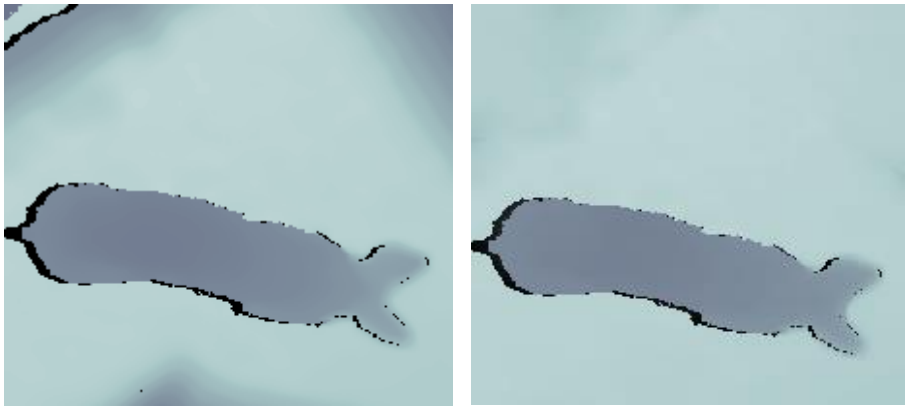


ภาพที่ 4 แผนผังการสร้างโมเดล

1. การตัดจุดรบกวนในภาพออก (Cleansing Noise)

ภาพถ่ายแต่ละภาพจะมีข้อมูลระยะห่างจากกล้องบันทึกไว้ในแต่ละพิกเซล ข้อมูลเหล่านี้จะ

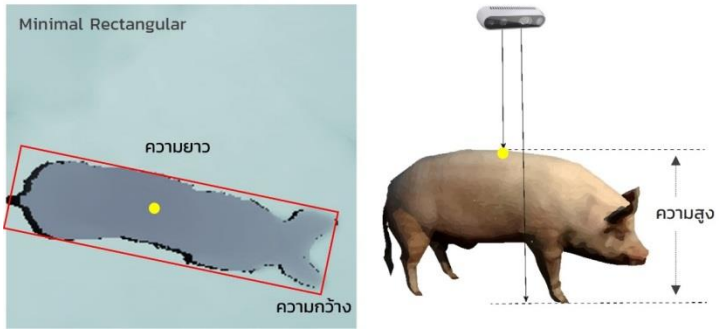
ถูกนำมาหาค่าส่วนต่างกับภาพพื้นหลังที่ถ่ายไว้ก่อนหน้า เมื่อมีสุกรเข้ามาภายในภาพพิกเซล ที่มีสุกรเข้ามาจะมีระยะที่เปลี่ยนไป เมื่อนำค่าระยะห่างของแต่ละพิกเซล มาหาส่วนต่างกับค่าตั้งต้น ก็จะทำให้สามารถตัดค่าส่วนต่างที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป เช่น น้อยกว่า 5 ซม., มากกว่า 1.7 เมตร เป็นต้น ทำให้รายละเอียดต่างๆที่ไม่ใช่ตัวสุกรออกในภาพถูกตัดออกไปเกือบทั้งหมด และเหลือพิกเซลที่เป็นพื้นที่ของตัวสุกร



ภาพที่ 5 (ซ้าย) ภาพถ่ายก่อนตัดจุดรบกวน (ขวา) ภาพสุกรที่ทำการตัดจุดรบกวน

2. การสกัดข้อมูล (Feature Extraction)

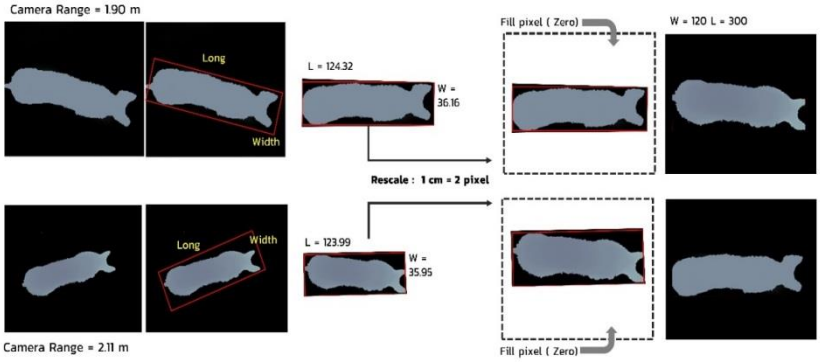
ข้อมูลที่สำคัญ (Feature) ที่ใช้ในการสอนระบบประกอบไปด้วย ความกว้าง ความยาว ความสูงของตัวสุกร และขนาดของภาพที่กำหนดไว้ที่ 120 x 300 พิกเซล โดยภาพของสุกรจะมีการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุด (Minimal Rectangular) ล้อมรอบพื้นที่ที่เป็นตัวสุกร เพื่อให้ได้ตำแหน่งของทั้ง 4 มุมและนำจุดทั้ง 4 มาหาค่าความกว้างและความยาวของพื้นที่ตัวสุกร ในส่วนข้อมูลความสูงของสุกรนั้นจะใช้ผลต่างของระยะห่างของพื้นหลังกับระยะห่างของตัวสุกรตรงจุดกึ่งกลางที่สูงที่สุดของภาพตัวสุกร



ภาพที่ 6 (ซ้าย) การสร้างกรอบล้อมรอบตัวสุกรเพื่อหาความกว้าง และความยาว (ขวา) แสดงการตำแหน่งในหาค่าความสูงของตัวสุกร

3. การปรับขนาดรูปภาพของสุกรให้อยู่ในระดับเดียวกัน (Rescale Image)

กรณีที่มีการติดตั้งกล้องในระดับความสูงที่แตกต่างกัน พื้นที่ภาพของตัวสุกรจะมีพื้นที่ที่ไม่เท่ากัน จึงมีขั้นตอนการปรับขนาดของภาพให้อยู่ในระดับเดียวกัน โดยปรับจากขนาดความกว้าง ความยาว ของสุกรในแต่ละภาพ จากข้อมูลที่บันทึกไว้ในแต่ละพิกเซลจากกล้อง แล้วปรับภาพทั้งความกว้างและความยาวด้วยในอัตราส่วน 1 เซนติเมตร : 2 พิกเซล จะทำให้ภาพของสุกรที่ถ่ายมาจากคนละระดับมีขนาดของภาพที่อยู่ในระดับเดียวกัน ดังแสดงขั้นตอนในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงขั้นตอนการปรับขนาดรูปสุกรให้อยู่ในระดับเดียวกัน

4. การสร้างโมเดลในการประมาณน้ำหนักสุกร (Estimate Model)

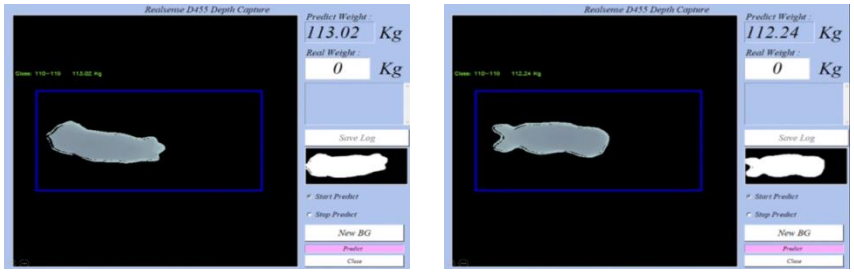
ข้อมูล Depth Image และข้อมูลความกว้าง ความยาว ความสูง จะถูกใช้เป็นข้อมูลเพื่อสอนระบบ โดยรูปภาพ Depth Image ทั้งหมด 3,632 รูป แบ่งเป็น Training Data 80% (2,905 ภาพ) และใช้ในการ Validate 20% (727 ภาพ) รูปภาพ Depth Image จะเป็น Input เข้าสู่โมเดล CNN MobileNet

V3Small Model ซึ่งเป็น Library ที่มาพร้อมกับ tensorflow v2.4.1 โดยไม่มีการสอนระบบมาก่อน (No Pre-train) และทำการตั้งค่า (Parameter Setting) คือ alpha = 1.0 , minimaliatic = false, dropout_rate = 0.4 ,classifier_activate = relu ซึ่งค่าผลลัพธ์ที่ได้(Output) มีค่าเดียวคือ ค่าน้ำหนักสุกรที่ทำนายได้

ข้อมูลความกว้าง ความยาว ความสูง และขนาดของพิกเซล จะเป็น Input เข้าสู่โมเดล MLP Regression Model ซึ่งมี Input เท่ากับ 4 และมี hidden layer เท่ากับ 5 ใช้ Optimizer คือ adam และ Activation ด้วย relu จำนวนของโหนดในแต่ละชั้นเท่ากับ 128, 64, 32, 16 และ 8 ตามลำดับ และค่าผลลัพธ์ที่ได้(Output) มีค่าเดียวคือ ค่าน้ำหนักสุกรที่ทำนายได้ จากนั้นจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองโมเดลมาเป็น Input ในโมเดล Fully convolutional neural networks(FCNN) เพื่อทำการโหวต (Ensemble) ให้ได้ผลลัพธ์เป็นน้ำหนักสุกร โดยให้ค่า Error เป็นค่า MSE (Loss = MSE)

4.) การนำโมเดลไปใช้งานทำนายน้ำหนักสุกร

การใช้งานจะใช้งานโดยการเชื่อมต่อกล้องกับคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค แล้วนำกล้องไปติดตั้งในส่วนทางเดินของสุกรภายในโรงเรือน เพื่อให้สุกรเดินผ่านกล้องที่ติดตั้งไว้ ซึ่งโมเดลที่ใช้ทำนายน้ำหนักสุกร จะใช้ผ่านโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาในรูปแบบ User-interface โปรแกรมจะแสดงค่าน้ำหนักที่ประมาณการไว้ในช่องที่ระบุว่า “Predict Weight” สำหรับกรณีที่ต้องการระบุน้ำหนักที่ชั่งด้วยเครื่องชั่ง จะใส่ได้ในช่องที่ระบุว่า “Real Weight”



ภาพที่ 8 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำไปใช้จริง

ผลการวิจัย

1. ผลการวัดประสิทธิภาพความถูกต้องของโมเดล

จากการทดสอบโมเดลให้ผลการทดสอบ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด(Max Error) คือ 16.68 น้อยที่สุด(Min Error) คือ 0.00 และให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MAE) คือ 1.03

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล

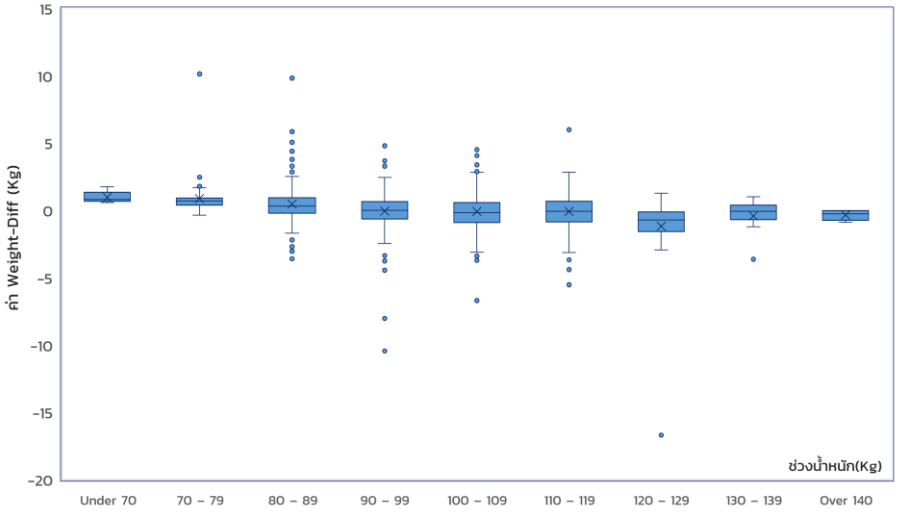
Indicator	Value (Kg)
Max Error	16.68
MAE	1.03
Min Error	0.00

ทั้งนี้น้ำหนักที่ประมาณได้จากโมเดล ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดในช่วงน้ำหนัก 120-129 กิโลกรัมคือ 1.43 กิโลกรัม และมีช่วงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในช่วงน้ำหนักตั้งแต่ 140 กิโลกรัมขึ้นไป คือ 0.32 กิโลกรัม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

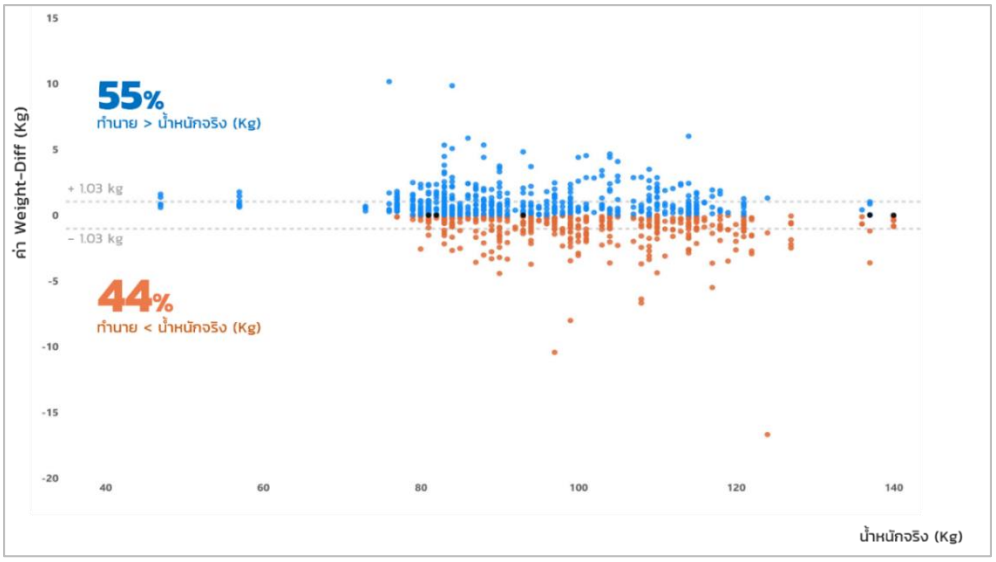
ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงน้ำหนัก

	< 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

นอกจากนี้ เมื่อนำค่าน้ำหนักที่ประมาณการได้จากโมเดลมาหาค่าความคลาดเคลื่อนกับน้ำหนักจริงและแสดงเป็นกราฟ จะพบว่าโมเดลทำนายน้ำหนักออกมาได้มากกว่าค่าน้ำหนักจริง (ให้ค่าคลาดเคลื่อนเป็นบวก) มีสัดส่วนเท่ากับ 55% และทำนายน้ำหนักออกมาน้อยว่าค่าน้ำหนักจริง (ให้ค่าคลาดเคลื่อนเป็นลบ) มีสัดส่วนเท่ากับ 45% ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละช่วงน้ำหนัก



ภาพที่ 10 กราฟแสดงค่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ทำนายกับน้ำหนักจริง

2. ผลจากการนำไปใช้งานจริง

จากการทดสอบโมเดลให้ผลการทดสอบ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด(Max Error) คือ 9.98 น้อยที่สุด(Min Error) คือ 0.05 และให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (MAE) คือ 2.04

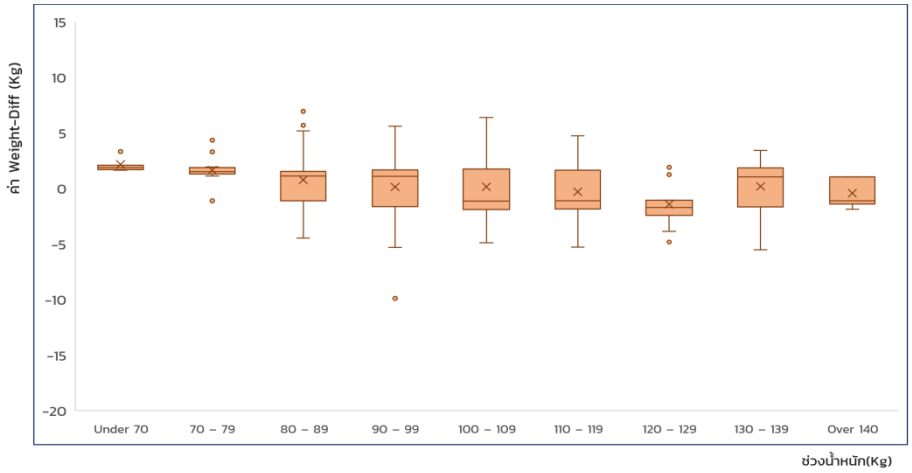
ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลจากการใช้งานจริง

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

น้ำหนักที่ประมาณได้จากโมเดลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดในช่วงน้ำหนัก 100-109 กิโลกรัมคือ 2.47 กิโลกรัม และมีช่วงที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในช่วงน้ำหนัก ตั้งแต่ 140 กิโลกรัมขึ้นไปคือ 1.27 กิโลกรัม

ตารางที่ 4 ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละช่วงน้ำหนัก

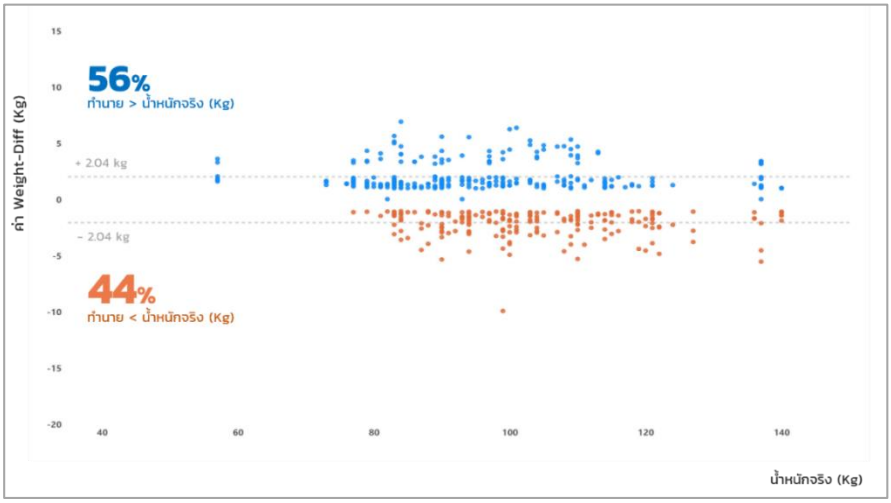
	< 70	70 – 79	80 – 89	90 – 99	100 – 109	110 – 119	120 – 129	130 – 139	>140
MAE	2.17	1.81	1.87	2.05	2.47	2.11	2.06	1.86	1.27



ภาพที่ 11 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละช่วงน้ำหนัก

เมื่อนำค่าน้ำหนักที่ประมาณการได้มาหาค่าความคลาดเคลื่อนกับน้ำหนักจริงและแสดงเป็นกราฟ พบว่าโมเดลทำนายน้ำหนักออกมามากกว่าค่าน้ำหนักจริง (จุดที่ฟ้า) เท่ากับ 56% และทำนายน้ำหนักออกมาน้อยว่าค่าน้ำหนักจริง (จุดสีส้ม) เท่ากับ 44%

ทั้งนี้เมื่อนำระบบการประมาณน้ำหนักสุกรไปใช้งานจริง ระบบสามารถทำให้ได้ประโยชน์ในการทำงาน ในเรื่องลดระยะเวลาในการทำงาน และยังช่วยพนักงานที่มีประสบการณ์น้อยในการประมาณน้ำหนักสามารถทำงานได้ เพราะการประมาณน้ำหนักทางสายตาต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการทำงานที่ค่อนข้างสูง ดังข้อมูลในตารางที่ 5



ภาพที่ 12 แสดงค่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ทำนายกับน้ำหนักจริง

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลประโยชน์ที่ได้จากการนำระบบประมาณน้ำหนักสุกรไปใช้งานจริง

	เครื่องชั่งมาตรฐาน	**ระบบประมาณน้ำหนักสุกร**
ระยะเวลาการทำงาน	**2 ชม. / 100 ตัว**	**1.2 ชม. / 100 ตัว**
การใช้ประสบการณ์	**ต้องใช้**	**ไม่ต้องใช้**

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาระบบเพื่อช่วยในการประมาณน้ำหนักสุกร เพื่อคัดเลือกสุกรเบื้องต้นในโรงเรือนเลี้ยงเพื่อออกขายให้ได้ตรงกับความต้องการของลูกค้า โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การพัฒนาโมเดลในการประมาณน้ำหนักสุกร ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : เป็นการเตรียมรูปภาพ Depth Image ที่ได้จากการเก็บภาพมาตัดรายละเอียดที่ไม่ใช่ตัวสุกรออกไปเหลือเป็นภาพ Depth-Image ที่มีเฉพาะพิกเซลที่เป็นตัวสุกร และทำการ Normalize ให้อยู่ในช่วง -1 ถึง +1 แล้วเป็น Input เข้าสู่โมเดล CNN MobileNetV3Small เพื่อทำนายเป็นค่าน้ำหนักสุกรออกมา

ขั้นตอนที่ 2 : เป็นการนำเอา Feature ที่จำเป็นออกมาจากข้อมูลรูปได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูง และขนาดของพิกเซลของภาพ และทำการ Normalize ให้อยู่ในช่วง -1 ถึง +1 และทำการนำเข้าสู่โมเดล MLP Regression Model เพื่อทำนายเป็นค่าน้ำหนักสุกรออกมา

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

2. ผลการทดลองของโมเดล

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

3. ค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณการน้ำหนัก

โมเดลประมาณการมากกว่าน้ำหนักชั่งได้จริง 55% และน้อยกว่าน้ำหนักที่ชั่งได้จริง 44% และให้ค่าประมาณน้ำหนักที่เท่ากับน้ำหนักจริงเท่ากับ 1%

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มจำนวนของภาพถ่ายสุกร สำหรับสอนระบบ (Training Data) ในแต่ละช่วงน้ำหนักให้มากขึ้นโดยเฉพาะในช่วงน้ำหนักที่ยังให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุด เพื่อเพิ่มความถูกต้องของโมเดล

2. ควรมีการเก็บภาพของสุกรสายพันธุ์อื่นๆ มาสอนระบบ (Training Data) เพิ่มเติม เพื่อให้สามารถใช้โมเดลกับสุกรทุกสายพันธุ์

3. ควรมีการเก็บภาพสุกรในช่วงอายุอื่นๆ นอกจากช่วงอายุในการศึกษานี้คือ 24-26 สัปดาห์ เพื่อให้ระบบสามารถทำการประมาณน้ำหนักกับสุกรในทุกช่วงอายุได้

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)**

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, Frank O. 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