

ระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้อง

Guarding System of The Abnormal Symptom of Pregnant Sow

วิรัช กาฬภักดี¹, เยาวเรศ กาฬภักดี²

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารและการจัดการ มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา^{1, 2}

Wiruch Karapukdee¹, Yaowares Karapukdee²

Department of Business Computer, Faculty of Administration and Management, Chaopraya University^{1, 2}

E-mail: ruch9995@hotmail.com^{1, 2}

Received: January 15, 2020; Revised: May 27, 2020; Accepted: June 10, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยทดลองเพื่อ 1) พัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ และ 2) ประเมินผลระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง การวิจัยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน *ส่วนแรก* เป็นการศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนไหวกของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง *ส่วนที่สอง* เป็นการพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง และ *ส่วนที่สาม* เป็นการทดลองใช้งานระบบและประเมินระบบ ผลการวิจัยแสดงว่า (1) ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับสัญญาณพฤติกรรมเคลื่อนไหวกของแม่สุกรจากเซ็นเซอร์และสามารถประมวลผลข้อมูลพฤติกรรมแม่สุกรเพื่อตรวจสอบอาการผิดปกติได้อย่างแม่นยำ โดยเมื่อตรวจสอบพบอาการผิดปกติของแม่สุกร ระบบสามารถแจ้งเตือนอาการผิดปกติผ่านทาง Application LINE และสามารถส่งรายงานพฤติกรรมแม่สุกรเป็นรายวันตามเวลาที่กำหนด ไปยังอีเมลในรูปแบบไฟล์ PDF โดยอัตโนมัติ และ (2) จากการประเมินผลการทำงานของระบบ แสดงว่าระบบทำงานถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ระบบเฝ้าระวัง อาการผิดปกติ แม่สุกรระยะอุ้มท้อง

ABSTRACT

The purpose of this experimental study was twofold: first, to develop the Guarding System of the abnormal symptom of pregnant sows (GSAS-PS) by using sensor technology; and second, to experiment and evaluate the guarding system of abnormal symptom of pregnant sow. Three operational parts were designed: Part I studying the movement behaviors of pregnant sow, Part II developing watching system of abnormal symptom of pregnant sow by utilizing the sensor technology, and Part III experimenting and evaluating the system at work. Research findings revealed that (1) the developed system using sensor technology could follow the movement behaviors of pregnant sow, and could detect the abnormal symptoms of pregnant sow accurately. The system could send warning sign of the abnormal symptoms of pregnant sow via Application LINE and automatically send

daily behavioral reports of pregnant sow to E-mail in PDF file; and (2) the result of evaluation showed that the developed guarding system of the abnormal symptom of pregnant sows (GSAS-PS) worked 100 percent accurate. (164)

KEYWORDS: Guarding System, Abnormal Symptom of Sow, Sow in Pregnant Period

บทนำ

การเลี้ยงสุกรนับเป็นอีกหนึ่งธุรกิจที่สามารถสร้างรายได้และเป็นอาชีพที่มีความสำคัญของเกษตรกรไทย ซึ่งรูปแบบการเลี้ยงสุกรของไทยในปัจจุบันได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างชัดเจน จากระบบการเลี้ยงแบบพื้นบ้านปรับเปลี่ยนมาเป็นการเลี้ยงแบบการค้าหรืออุตสาหกรรมมากขึ้น กล่าวคือการเลี้ยงสุกรของเกษตรกรไทยแต่เดิมเป็นการเลี้ยงแบบหลังบ้านเป็นส่วนใหญ่ คือผู้เลี้ยงหมูประเภทนี้เลี้ยงไว้โดยให้กินเศษอาหารที่มีอยู่ หรือที่เก็บรวบรวมได้ตามบ้าน ดังนั้นผู้เลี้ยงประเภทนี้ จึงเลี้ยงหมูเป็นจำนวนมากไม่ได้ จะเลี้ยงไว้เพียงบ้านละ 2-3 ตัวเท่านั้น ผู้เลี้ยงเป็นอาชีพจริง ๆ มีน้อยมาก หรือแทบจะไม่มีเลย ผู้เลี้ยงไว้เป็น จำนวนมาก ๆ ได้มักทำอาชีพอื่น ๆ อยู่ด้วย เช่น เป็นเจ้าของโรงสี เป็นต้น (เครือข่ายกาญจนนาภิเษก, 2537) ปัจจุบันการเลี้ยงสุกรนับว่าก้าวหน้ากว่าแต่ก่อนมาก การเลี้ยงดูตลอดจนการปรับปรุงพันธุ์มีการศึกษาและพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ปัจจุบันพบว่าการเลี้ยงสุกรในประเทศไทยมีรูปแบบการ เลี้ยงอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ ผู้เลี้ยงสุกรรายอิสระ ผู้ประกอบการสุกรแบบครบวงจร และผู้เลี้ยงสุกรพันธะสัญญากับผู้ประกอบการครบวงจรทั้งแบบรับจ้างเลี้ยง และแบบประกันราคา โดยสัดส่วนการผลิตในกลุ่มของผู้ประกอบการแบบครบวงจรจะอยู่ในระดับต่ำกว่ากลุ่มผู้เลี้ยงอิสระ แต่ก็มีแนวโน้มปรับเปลี่ยนขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลจากการเลี้ยงสุกรที่มีการลงทุนสูงอีกทั้งธุรกิจต้องเผชิญกับปัจจัยเสี่ยงค่อนข้างมาก โดยเฉพาะปัญหาด้านระดับราคาที่ผันผวน และปัญหาโรคระบาดทำให้ผู้เลี้ยงสุกรอิสระบางรายต้องประสบกับภาวะขาดทุนและเลิกกิจการไปเป็นจำนวนมาก หรือในบางรายต้องปรับการเลี้ยงมาอยู่

ในรูปแบบพันธะสัญญากับผู้ประกอบการครบวงจรแทน (จิราพร เรืองทวีศิลป์, 2557)

ในการผลิตสุกรนั้น การคลอด(Farrowing หรือ Parturition) เป็นช่วงหนึ่งที่มีความสำคัญมาก ในขบวนการผลิตลูกสุกรซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของทั้งแม่และลูกสุกรมีปัญหาหลายอย่างที่เกิดขึ้นทั้งในช่วงก่อนคลอด ระหว่างคลอด และหลังคลอดซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการตายขึ้นกับลูกสุกรและแม่หรืออย่างน้อยที่สุดก็ทำให้ประสิทธิภาพของแม่และลูกสุกรลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เลี้ยงจะต้องรับทราบเมื่อแม่สุกรมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นจะได้สามารถวินิจฉัยและแก้ไขปัญหาได้อย่างทันเหตุการณ์

เซ็นเซอร์ (sensor) เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับปริมาณสัญญาณทางฟิสิกส์ โดยอาศัยหลักการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซ็นเซอร์สามารถกำเนิดสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสิ่งที่ต้องการตรวจจับได้ โดยการแปลงสัญญาณทางด้านอินพุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางด้านเอาต์พุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้าเพื่อป้อนให้กับระบบหรือกระบวนการ แล้วนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป (นวกัธรา หนูนาถ และทวีพล ชื่อสัตย์, 2555) ในแง่ของการเกษตร ปัจจุบันเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ราคาถูกลงมากทำให้มีการปรับใช้กับการเกษตรมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มผลผลิต หรือช่วยในการบริหารจัดการ เช่น การวัดความชื้นดิน การวิเคราะห์ความแข็งแรงของต้นพืช เป็นต้น (สำราญ แสนสุโพธิ์, 2559) แต่จากการศึกษายังไม่พบว่ามีหรือนำเทคโนโลยีเซ็นเซอร์มาประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกร ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีเซ็นเซอร์มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับพฤติกรรมของแม่สุกร

สำหรับพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติ ของ
แม่สุกรระยะอุ้มท้อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง โดยการประยุกต์เทคโนโลยีเซ็นเซอร์
2. เพื่อประเมินผลระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้องที่พัฒนาขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. กลุ่มผู้เลี้ยงสุกรมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในการเฝ้าระวังและตรวจสอบอาการความผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง
2. เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย นักศึกษาหรือผู้สนใจทั่วไปนำข้อมูลจากผลการศึกษาไปเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเรื่องที่เกี่ยวข้องต่อไป

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยใช้วงจรการพัฒนาาระบบ(Systems Development Life Cycle) ในการพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

- การวางแผนระบบ(Systems Planning) จะอธิบายถึงปัญหาหรือความต้องการในการเปลี่ยนแปลงระบบสารสนเทศหรือวิธีการประมวลผล จุดมุ่งหมายคือการกำหนดคุณสมบัติและขอบเขตของโอกาสทางธุรกิจหรือปัญหาอย่างชัดเจน โดยการสำรวจเบื้องต้น หรืออาจเรียกว่าการศึกษาความเป็นไปได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะจะมีผลกระทบต่อเนื่องกับกระบวนการพัฒนาระบบต่อไปทั้งหมด

- การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) มีจุดมุ่งหมาย คือ ความเข้าใจความต้องการ และการสร้างแบบจำลองเชิงตรรกะของระบบใหม่ ขั้นแรกคือ การกำหนดรูปแบบความต้องการ ให้คำจำกัดความและบรรยายถึงการประมวลผล การกำหนดรูปแบบความต้องการจะเกี่ยวเนื่องกับการสังเกตการณ์ในระยะของการวางแผนระบบ และ

เกี่ยวข้องกับเทคนิคในการค้นหาความจริงหลายอย่าง เช่น การสัมภาษณ์ การสำรวจ การสังเกต และการสุ่มตัวอย่าง เป็นต้น ภารกิจถัดไป คือ การสร้างแบบจำลองข้อมูล แบบจำลองการประมวลผล และแบบจำลองวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาจัดทำแบบจำลองทางตรรกะของกระบวนการทางธุรกิจ ซึ่งอาจประกอบด้วยประเภทของ แผนภูมิที่หลากหลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระเบียบวิธีที่เลือกใช้ ผลผลิตขั้นสุดท้ายของระยะนี้ คือ การจัดทำเอกสารความต้องการระบบที่อธิบายถึงวิธีการจัดการและความต้องการผู้ใช้ การวางแผนสำหรับทางเลือกอื่นงบประมาณและข้อเสนอแนะ หากจะมองไปถึงของระยะของการออกแบบและติดตั้งระบบ มีหลายแนวทางที่เป็นไปได้คือ การพัฒนาระบบใหม่ขึ้นเอง การสั่งซื้อโปรแกรมสำเร็จหรือการปรับปรุงแก้ไขระบบมีอยู่เดิม

- การออกแบบระบบ (System Design) เป็นการสร้างแบบพิมพ์เขียวของระบบใหม่ตามความต้องการในเอกสารความต้องการระบบ ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาขึ้นมาเองหรือการสั่งซื้อโปรแกรมสำเร็จรูปก็ตาม โดยในระหว่างการออกแบบระบบนี้ จะต้องกำหนดสิ่งที่จำเป็น เช่น อินพุต เอาท์พุต ส่วนต่อประสานผู้ใช้ และการประมวลผล เพื่อประกันความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องแม่นยำ การบำรุงรักษาได้ และความปลอดภัยของระบบ

- การทำให้ระบบเกิดผล (System Implement) ระบบงานใหม่จะถูกสร้างขึ้น ไม่ว่าผู้พัฒนาจะใช้การวิเคราะห์เชิงโครงสร้างหรือเชิงวัตถุประสงค์ตาม ขั้นตอนจะเหมือนกันคือ การเขียนโปรแกรม การทำการทดสอบ การจัดทำเอกสาร และการนำระบบลงติดตั้งเพื่อใช้งานจริง หากซื้อโปรแกรมสำเร็จรูป นักวิเคราะห์ระบบจะต้องเตรียมการเพื่อดัดแปลงในสิ่งที่จำเป็น และพิจารณาโครงแบบ (Configuration) ที่ต่างกันวัตถุประสงค์ คือ การส่งมอบระบบงานสารสนเทศที่สามารถปฏิบัติงานได้ อย่างสมบูรณ์พร้อมเอกสารระบบงาน สรุปลงถึงตอนนี้คือ ระบบพร้อมสำหรับการใช้งาน การจัดเตรียมในขั้นสุดท้าย

รวมถึงการโอนถ่ายข้อมูลเข้าเพิ่มข้อมูลของระบบใหม่ การจัดการฝึกอบรมผู้ใช้ และการปฏิบัติการในช่วงต่อของการเปลี่ยนแปลงระบบเก่ากับระบบใหม่ รวมถึงขั้นการประเมินผลที่เรียกว่า การประเมินผลระบบ (System Evaluation) เพื่อตัดสินระบบอย่างเหมาะสมและเพื่อคาดการณ์เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่จะได้รับ

- การปฏิบัติงานและสนับสนุนระบบ ในช่วงการปฏิบัติงานและสนับสนุนระบบ (Systems operation and Support) ต้องทำหน้าที่ดูแลรักษาและเสริมสร้างระบบ โดยการดูแลรักษา คือ การแก้ไขข้อผิดพลาดและการปรับเปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อม การเสริมสร้างคือการเพิ่มลักษณะ เฉพาะใหม่ ๆ และสิ่งที่จะเป็นประโยชน์กับระบบ วัตถุประสงค์คือ การคืนผลของการลงทุนทางไอทีให้ มากที่สุด ระบบที่ออกแบบเป็นอย่างดีจะมีความเชื่อถือได้ สามารถบำรุงรักษาได้ และสามารถปรับ ขนาดตามความเหมาะสมได้ (กิตติมา เจริญศิริ, 2550)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์ชมพู และคณะ (2546) ได้ศึกษาพฤติกรรมของแม่สุกรก่อนคลอดถึงเลี้ยงลูก และพฤติกรรมของลูกสุกรตั้งแต่แรกคลอดถึงหย่านมในการศึกษาพฤติกรรมนี้ ได้ทำการบันทึกภาพวิดีโอของแม่สุกรตั้งแต่ก่อนคลอดถึงเลี้ยงลูก และพฤติกรรมของลูกสุกรหลังคลอดถึงหย่านมรวมเวลาทั้งสิ้น 19 วัน (บันทึกต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน) พบว่าสภาวะร่างกายมีอิทธิพลต่อความถี่ของพฤติกรรมที่แม่และลูกสุกรแสดงออกพฤติกรรมการยืนของแม่สุกร ในช่วงก่อนคลอด 8 ชั่วโมง จะยืนมากที่สุด 28 ครั้ง ช่วงหลังคลอดวันที่ 16-20 ยืนมากที่สุด 20 ครั้งต่อวัน พฤติกรรมครั้งหนึ่งครั้งยืนช่วงก่อนคลอด 8 ชั่วโมง มากที่สุด 33 ครั้ง พฤติกรรมการนอนช่วงก่อนคลอด 8 ชั่วโมง มากที่สุด 29 ครั้ง ช่วงหลังคลอด 8 ชั่วโมง มากที่สุด 7 ครั้ง พฤติกรรมการกลับตัวช่วงก่อนคลอด 8 ชั่วโมง มากที่สุด 19 ครั้ง ช่วงหลังคลอดวันที่ 11-15 มากที่สุด 24 ครั้งต่อวัน พฤติกรรมการต็มน้ำ

ช่วงหลังคลอด 24 ชั่วโมง มากที่สุด 4 ครั้ง ช่วงหลังคลอดวันที่ 6-10 มากที่สุด 13 ครั้งต่อวัน พฤติกรรมการกินอาหารช่วงหลังคลอดวันที่ 11-15 มากที่สุด 20 ครั้งต่อวัน พฤติกรรมการปัสสาวะ ช่วงก่อนคลอด 24 ชั่วโมง มากที่สุด 4 ครั้ง ช่วงหลังคลอดวันที่ 6-10,11-15 มากที่สุด 3 ครั้งต่อวัน พฤติกรรมการอุจจาระช่วงก่อนคลอด 16 ชั่วโมง มากที่สุด 7 ครั้ง และ น้อยที่สุดก่อนคลอด 8 ชั่วโมงคือ 0 ครั้งอัตราการหายใจช่วงก่อนคลอด 16 ชั่วโมง มากที่สุด 114 ครั้งต่อนาที และ ช่วงหลังคลอด 24 ชั่วโมง มากที่สุด 42 ครั้งต่อนาที ช่วงหลังคลอดวันที่ 11-15 มากที่สุด 63 ครั้งต่อ นาที

Jensen (1993) ได้ศึกษาสภาพการเลี้ยงแม่สุกรในของคลอด พบว่า แม่สุกรที่ใกล้คลอดจะแสดงพฤติกรรมผิดปกติเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจาก ความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอล (ความเครียด) สูงกว่าปกติจึงทำให้แม่สุกรแสดงพฤติกรรมแบบ ซ้ำๆ แต่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ได้แก่ การกัดบาร์เหล็ก การกัดเล่นอุปกรณ์ให้น้ำหรือให้อาหาร

Helwatkar Helwatkar, Riordan and Walsh (2014) ได้ศึกษาเรื่องเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ สำหรับการตรวจสุขภาพสัตว์ โดยได้ดำเนินการเพื่อสร้างเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบสุขภาพสัตว์ในฟาร์มอัตโนมัติ ซึ่งได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์อาการที่เกี่ยวข้องกับโรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับวัวนมในเชิงลึก และนำข้อมูลมาแมกับเซ็นเซอร์ ซึ่งจะตรวจสอบอยู่ 3 ส่วนหลักด้วยกัน คือ อุณหภูมิ ความแรงของการเคลื่อนไหว และเสียง จากนั้นนำมาข้อมูลที่ตรวจสอบได้ซึ่งจะรวบรวมข้อมูลทางประสาทสัมผัสที่เกี่ยวข้องเช่นกิจกรรมและการเปลี่ยนแปลงในการเคลื่อนไหวของศีรษะและคอจากเซ็นเซอร์ทั้งสามชนิดไปทำนายหรือระบุเหตุการณ์สุขภาพของวัว โดยระบบจะช่วยให้ตรวจสุขภาพสัตว์โดยอัตโนมัติ ทำให้เพิ่มผลผลิตโดยรวมและค่าใช้จ่าย และเวลาในการดูแลสุขภาพสัตว์ในระยะยาว

อเนชา และคณะ (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การสร้างเครื่องนับจำนวนครั้งในการลุก-นั่ง เพื่อ

สร้างเครื่องนับจำนวนครั้งในการ ลุก – นั่ง และ เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องนับจำนวนครั้งในการ ลุก – นั่ง (Sit – Up) ซึ่งสามารถอธิบายหลักการออกแบบ โดยสรุปได้ดังนี้ การทำงานของ Sensor จะทำงานโดยการส่งสัญญาณเมื่อมีวัตถุตัดผ่านลำแสงระหว่างตัว Sensor กับฉากสะท้อนลำแสง จำนวน 2 ครั้ง คือ ไป-กลับ เครื่องจะส่งสัญญาณไปที่CounterPLCประมวลผล และแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขจำนวนครั้ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยหาความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และความเที่ยงตรงเฉพาะหน้า (Face Validity) จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และทดสอบความเชื่อมั่นของเครื่องนับจำนวนครั้งในการลุก-นั่ง โดยวิธีการวัดซ้ำของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ครั้ง และเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติ t-test (Paired-Samples Test) ในระยะเวลาห่างจำนวน 1 สัปดาห์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน คนละ 10 ครั้ง รวมทั้งสิ้นจำนวน 100 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า การวัดซ้ำของกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกัน ซึ่งเครื่องนับจำนวนครั้งในการลุก-นั่ง สามารถนำมาใช้ในการนับจำนวนครั้งในการลุก-นั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของการทดสอบเท่ากับ 1.00 นัฐพล และคณะ (2562) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง เครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 2 โดยเครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 2 ที่ออกแบบนั้นจะใช้มอเตอร์เกียร์เป็นตัวขับเคลื่อนลำเลียงเมตยาป้อนให้กับเซ็นเซอร์เพื่อนับจำนวนเมตยา การทดสอบการทำงานของเครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 2 คณะผู้จัดทำวิจัยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น สองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการทดสอบนับจำนวนเมตยาต่างกัน 4 ชนิด และนำมาเปรียบเทียบับเครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 1 จากการทดสอบตั้งค่าจำนวนเมตยา 50 เมต ทั้ง 4 ชนิด ผลปรากฏว่ายาลดกรด ใช้เวลานับน้อยกว่าเครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 1 ประมาณ 19 วินาที โดยนับได้ 50 เมต เท่ากัน ยาพาราเซตามอล ใช้เวลานับน้อยกว่า

เครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 1 ประมาณ 21 วินาที โดยนับได้ 50 เมต เท่ากัน ยาเมโทร 200 มิลลิกรัม ใช้เวลานับน้อยกว่าเครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 1 ประมาณ 13 วินาที แต่เครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 2 นับได้มากกว่า 1 เมต ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 2 เปอร์เซ็นต์ ยาแก้อักเสบ ใช้เวลานับมากกว่าเครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 1 ประมาณ 2 วินาที โดยเครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 2 นับได้มากกว่า 2 เมต ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความผิดพลาดนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ของเมตยาซ้อนกัน ทำให้เซ็นเซอร์ตรวจนับได้ไม่ทัน ส่วนที่สองเป็นการประเมินโดยผู้ เชี่ยวชาญ 3 ท่านจากโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดตาก และสถานประกอบการร้านบ้านยา โดยการประเมินแบ่งเป็นสองด้าน คือ ด้านโครงสร้างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.08 คะแนน ด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.44 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งภาพรวมของเครื่องนับเมตยา รุ่นที่ 2 ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับเกณฑ์ดี สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่ตั้งไว้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “ระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้อง” นี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied research) โดยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ซึ่งสามารถอธิบายรูปแบบการวิจัยแต่ละส่วนได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาข้อมูลพฤติกรรม การเคลื่อนไหวของแม่สุกรระยะอุ้มท้องจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Non-Structure Interview or Unstructured Interview) กับกลุ่มเป้าหมายซึ่งได้แก่ เจ้าของฟาร์มสุกรผู้มีประสบการณ์ในการเลี้ยงแม่สุกรมานานกว่า 10 ปี และค้นคว้าจากแหล่งข้อมูล ทุติยภูมิ (Secondary source) ได้แก่ หนังสือ ตำรา งานวิจัย และวารสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นได้ทำการตรวจสอบข้อมูล เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง และทำการ

วิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายของการวิจัย โดยการนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากหนังสือ ตำรา งานวิจัย และวารสารต่าง ๆ และข้อมูลภาคสนามจากการสัมภาษณ์ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุป

ส่วนที่ 2 พัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้อง โดยการประยุกต์ใช้ความรู้และวิทยาการด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ ร่วมกับเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ชนิดใช้แสงและเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต เพื่อพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง ซึ่งพัฒนาตามทฤษฎีวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบหรือ Software Development Life Cycle (SDLC) โดยใช้โปรแกรม MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล และใช้โปรแกรม Visual Studio 2010 เป็นส่วนเชื่อมประสานกับผู้ใช้และการโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

ส่วนที่ 3 การประเมินผลระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้องที่พัฒนาขึ้นขั้นตอนนี้ได้ประเมินผลของระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกร โดยทำการทดลองใช้งานระบบกับแม่สุกรในพื้นที่จริง รวมทั้งสิ้นจำนวน 50 ครั้ง โดยใช้ “แบบบันทึกผลการทดสอบ” ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล โดยบันทึกผลการแจ้งเตือนพฤติกรรมผิดปกติของแม่สุกรของระบบ การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ ได้ใช้สถิติเบื้องต้นในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคิดเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ของการทำงานถูกต้องของระบบเพื่อหาประสิทธิภาพผลของระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้อง

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาพฤติกรรมแม่สุกรจากการศึกษาพฤติกรรมของแม่สุกรตั้งท้องโดยการลงพื้นที่สัมภาษณ์เจ้าของฟาร์มสุกรและค้นคว้าจากหนังสือ ตำรา งานวิจัย และวารสารต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า แม่สุกรจะมีระยะตั้งท้องนับจากวันที่ได้รับการผสมครั้งแรกจนถึงวันคลอดปกติจะเฉลี่ย 114 วัน หรือ 3 เดือน 3 อาทิตย์ และ 3 วัน ซึ่งจะ

มีความแตกต่างกันตั้งแต่ 109-122 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและการจัดการ ปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของระยะอุ้มท้องนั้นยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัด แม่สุกรเมื่อผสมพันธุ์แล้วจะถูกแยกมาเลี้ยงในช่องอุ้มท้อง เพื่อความสะดวกสบายในการดูแลและความปลอดภัยของแม่สุกรและลูกสุกรในท้องพอถึงช่วงใกล้คลอดประมาณ 7 – 15 วันก่อนครบกำหนดคลอด ก็จะทำให้การย้ายแม่สุกรไปอยู่ของคลอด แม่สุกรท้องปกติขณะอยู่ในคอกคลอดจะนอนเป็นส่วนใหญ่ จะลุกขึ้นยืนตอนกินอาหาร ขับถ่าย หรือมีสิ่งกระตุ้นจากภายนอกเท่านั้น สำหรับอาการผิดปกติของแม่สุกรท้องจะมีอาการผิดปกติอยู่ 2 กรณีหลัก คือ

- ป่วย แม่สุกรที่ป่วยจะแสดงพฤติกรรมพื้นฐานหลักๆ คือ นอนหรือยืนซึม หรือ เบื่อทานอาหารไปจนถึงไม่ทานอาหาร นอกจากอาการพื้นฐานนี้ก็จะเป็นการเฉพาะโรคที่แตกต่างกันออกไป เช่น ข้อบวม ไอ ตัวสั่น ชัก เป็นต้น

- ใกล้คลอด แม่สุกรที่ใกล้คลอดส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมหลัก ๆ คือ กระวนกระวาย ไม่อยู่นิ่ง ผุดลุกผุดนอน กัดคอก ตะกุกพื้นคอก นอกจากนี้ก็อาจจะมีพฤติกรรมอื่นๆ ในแม่สุกรบางตัว เช่น ส่งเสียงร้อง ตื่นน้ำ ถ่ายปัสสาวะหรือถ่ายอุจจาระบ่อยขึ้น เป็นต้น

2. ผลการพัฒนาระบบ ได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้อง ดังนี้

1) โครงสร้างอุปกรณ์รับสัญญาณพฤติกรรมแม่สุกรผ่านเซ็นเซอร์ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

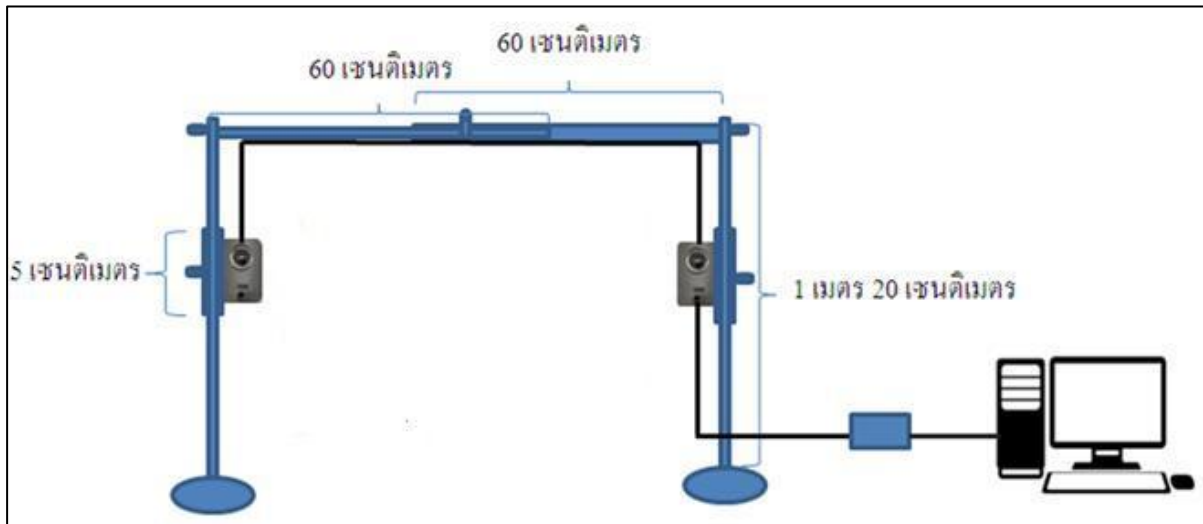
- เซ็นเซอร์อินฟราเรด สำหรับประตูล้อมท แบบสองจุด (เล็ก) สำหรับตรวจจับสัญญาณพฤติกรรมของแม่สุกร

- สาย UTP CAT5E ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์เพื่อรับสัญญาณพฤติกรรมแม่สุกรที่ตรวจจับได้

- สาย Parallel Cables ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อรับสัญญาณ ต่อจากสาย UTP CAT5E

- กล่องแปลงหัวสัญญาณจาก UTP CAT5E ไปเป็น Parallel Cables
- โครงเหล็กสำหรับยึดติดอุปกรณ์ เซ็นเซอร์ ความสูง 1 เมตร 20 เซนติเมตร กว้าง 1 เมตร 20 เซนติเมตร สามารถปรับระดับความกว้าง

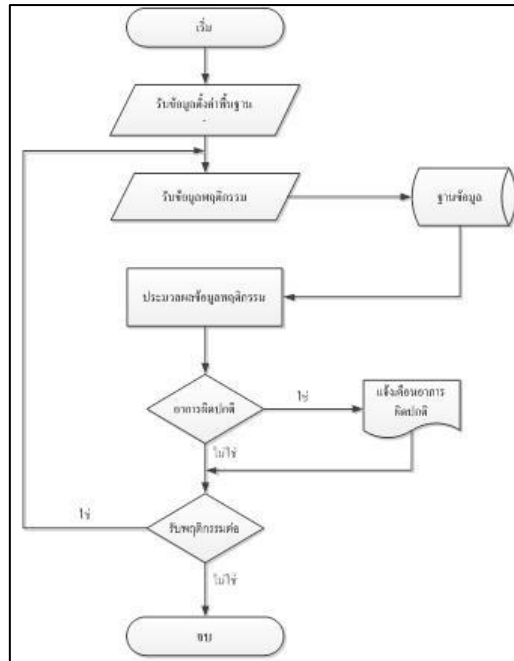
ได้ตามขนาดกรงแม่สุกร แทนยึดตัวอุปกรณ์ เซ็นเซอร์ความยาว 5 เซนติเมตร สามารถปรับระดับตำแหน่งความสูงได้ตามสัดส่วนความสูงของแม่สุกร ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างอุปกรณ์รับสัญญาณพฤติกรรมแม่สุกรผ่านเซ็นเซอร์

2) ผังงาน (Flow Chat) ระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้องมีขั้นตอนดังนี้
 ขั้นตอนที่ 1 ระบบรับข้อมูลการตั้งค่าพื้นฐานต่าง ๆ ของระบบได้แก่ ข้อมูลการตั้งค่าการส่งรายงานทางอีเมล ข้อมูลการตั้งค่าแจ้งเตือนพฤติกรรมผิดปกติ ข้อมูลการตั้งค่าแจ้งเตือนอาการนอนผิดปกติ ข้อมูลการตั้งค่าแจ้งเตือนอาการยืนผิดปกติ ข้อมูลพอร์ตรับข้อมูล และข้อมูลกรงสุกร
 ขั้นตอนที่ 2 ระบบรับข้อมูลสัญญาณพฤติกรรมแม่สุกรที่ส่งมาจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์แล้วทำการแปลงสัญญาณดังกล่าวให้เป็นข้อมูล

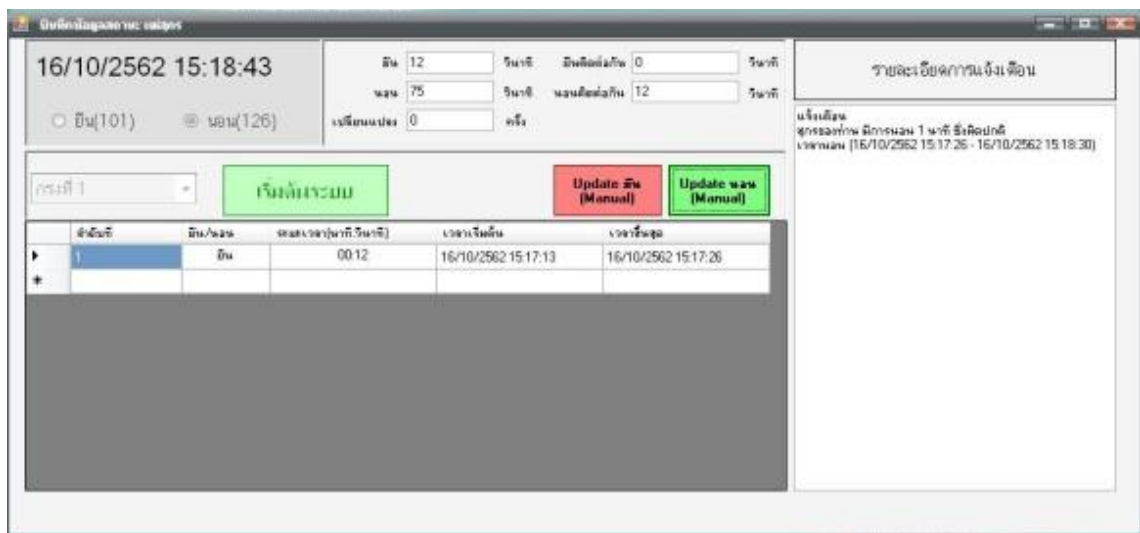
พฤติกรรมการยืน-การนอนของแม่สุกรแล้วนำมาจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล
 ขั้นตอนที่ 3 ระบบนำข้อมูลพฤติกรรมของแม่สุกรและข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ จากฐานข้อมูลมาประมวลผลตามเงื่อนไขเพื่อวิเคราะห์หาอาการผิดปกติของแม่สุกร หากพบว่าแม่สุกรมีอาการผิดปกติจะทำการแจ้งเตือน
 ขั้นตอนที่ 4 ระบบตรวจสอบสถานการณ์สั่งงานระบบว่าให้ทำงานต่อหรือไม่ ถ้าให้ทำงานต่อก็จะไปทำงานขั้นตอนที่ 2 - 4 รอบต่อไป แต่ถ้าไม่ให้ทำงานต่อก็จะหยุดการทำงาน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผังงานระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สูทนมที่ท้อง

3) ส่วนเชื่อมประสานผู้ใช้ (User Interfaces) ได้ดำเนินการพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สูทนมที่ท้องโดยใช้

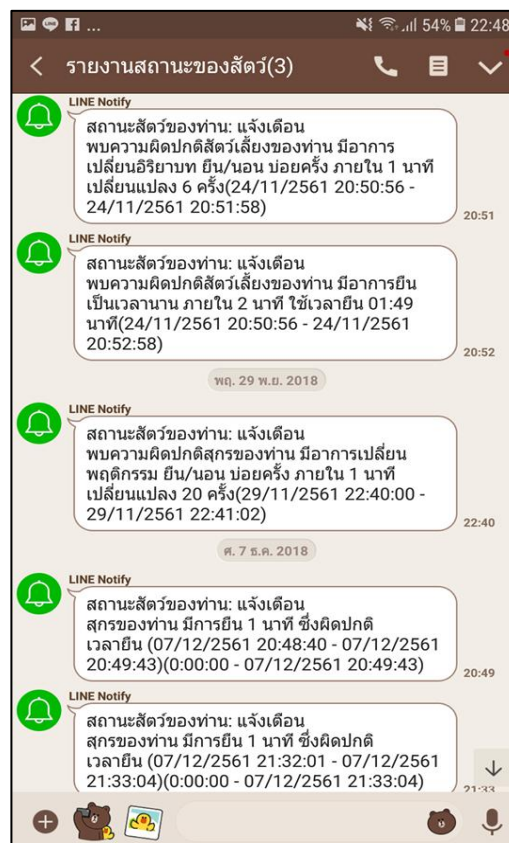
โปรแกรม Visual Studio 2010 ในการพัฒนาระบบ และใช้โปรแกรม MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล แสดงตัวอย่างหน้าจอ ดังภาพที่ 3 - 5



ภาพที่ 3 หน้าจอบันทึกเหตุการณ์และประมวลผลอาการผิดปกติของแม่สูทนม

รายงานพฤติกรรมแม่สุกร 100 : กรงที่ 1				
วันที่ 21/11/2018 - 22/11/2018				
ลำดับที่	พฤติกรรม	ระยะเวลา/นาที	เริ่มเวลา	เวลาสิ้นสุด
1	นอน	00:07	22/11/2561 17:28:17	22/11/2561 17:28:25
2	ยืน	00:00	22/11/2561 17:28:25	22/11/2561 17:28:26
3	นอน	00:00	22/11/2561 17:28:26	22/11/2561 17:28:26
4	ยืน	00:06	22/11/2561 17:34:55	22/11/2561 17:35:01
5	นอน	00:03	22/11/2561 17:35:01	22/11/2561 17:35:04
6	ยืน	00:01	22/11/2561 17:35:04	22/11/2561 17:35:05
7	นอน	00:00	22/11/2561 17:35:05	22/11/2561 17:35:06
8	ยืน	00:00	22/11/2561 17:35:06	22/11/2561 17:35:07
9	นอน	00:04	22/11/2561 17:35:07	22/11/2561 17:35:12
10	ยืน	00:02	22/11/2561 17:35:12	22/11/2561 17:35:15
11	นอน	00:00	22/11/2561 17:35:15	22/11/2561 17:35:15
การเปลี่ยนพฤติกรรมทั้งหมด			11 ครั้ง	
พฤติกรรมการยืนทั้งหมดจำนวน			5 ครั้ง	00:09 นาที
พฤติกรรมการนอนทั้งหมดจำนวน			6 ครั้ง	00:14 นาที

ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงรายงานพฤติกรรมแม่สุกร



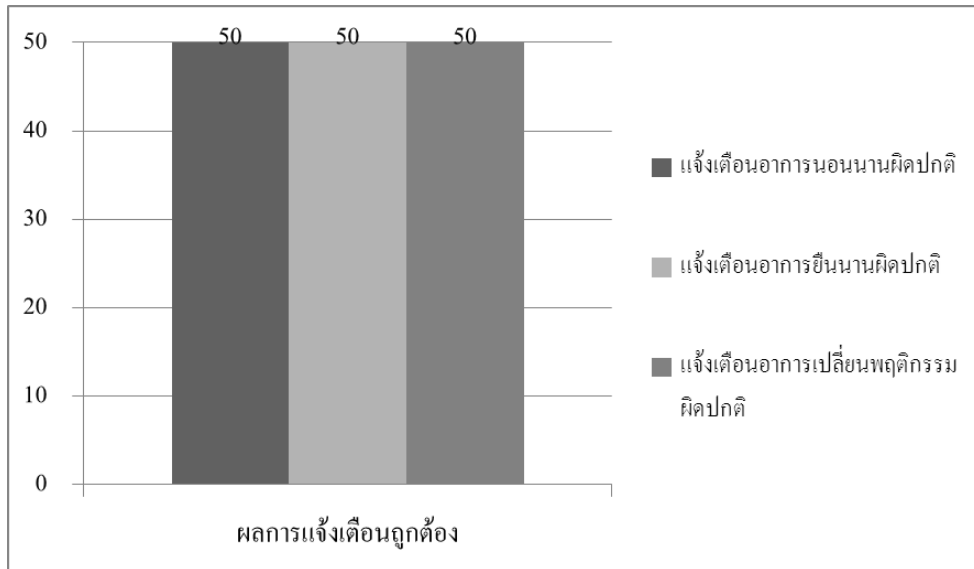
ภาพที่ 5 หน้าจอการแจ้งเตือนอาการผิดปกติของแม่สุกรผ่านทาง Application LINE ของผู้ใช้งานโดยอัตโนมัติ

3. การประเมินผลระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้อง หลังจากที่ได้พัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้องเสร็จสิ้น

ตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้เรียบร้อยแล้ว ได้ทำการติดตั้งระบบและทดลองใช้งานกับแม่สุกรในพื้นที่จริงรวมทั้งสิ้นจำนวน 50 ครั้ง พบว่า ระบบ

สามารถตรวจจับพฤติกรรม การยืน การนอน และ ประมวลผลข้อมูลดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์อาการ ผิดปกติ และแจ้งเตือนอาการผิดปกติ ซึ่งได้แก่ อาการนอนนานผิดปกติ (เกิดขึ้นเมื่อแม่สุกรมี ระยะเวลาในการนอนติดต่อกันมากกว่าเวลานอน ปกติที่กำหนดไว้ในระบบฯ) อาการยืนนานผิดปกติ (เกิดขึ้นเมื่อแม่สุกรมีระยะเวลาในการยืนติดต่อกัน

มากกว่าเวลายืนปกติที่กำหนดไว้ในระบบฯ) และ อาการเปลี่ยนพฤติกรรมผิดปกติ (เกิดขึ้นเมื่อแม่ สุกรมีความถี่ในการเปลี่ยนพฤติกรรมในเวลา ที่ กำหนดมากกว่าจำนวนความถี่ในการเปลี่ยน พฤติกรรมปกติที่กำหนดไว้ในระบบฯ) ได้ถูกต้อง ทั้งหมด 50 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ดังแสดงใน ภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลการทดลองใช้งานระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้อง



ภาพที่ 7 การทดลองใช้งานระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติกับแม่สุกรอุ้มท้องในพื้นที่จริง

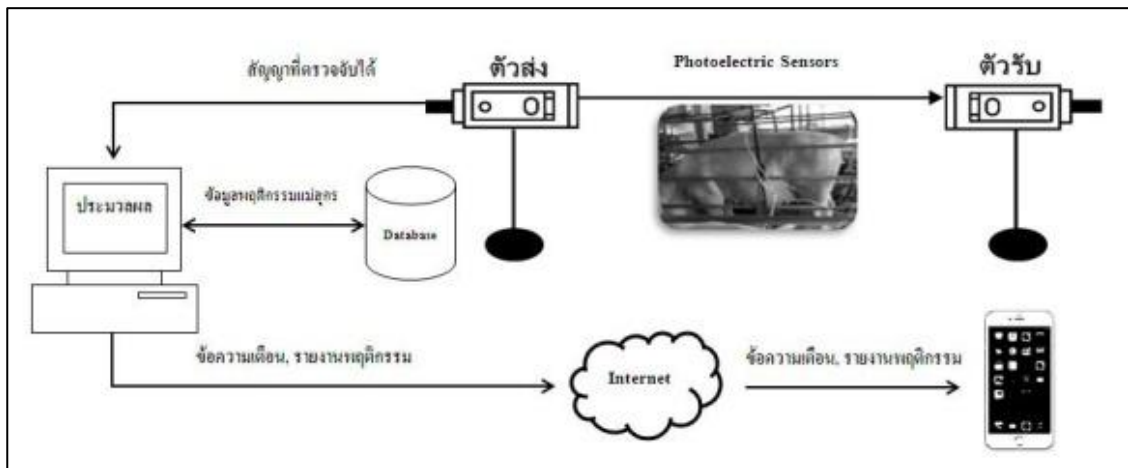
สรุปและผลอภิปราย

สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 “เพื่อพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่ สุกรระยะอุ้มท้องโดยการประยุกต์เทคโนโลยี เซ็นเซอร์” จากการประยุกต์ใช้ความรู้และ วิทยาการด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ ร่วมกับ

เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต เพื่อพัฒนาระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่ สุกรระยะอุ้มท้องนั้น พบว่าสามารถพัฒนาระบบที่ สามารถบริหารจัดการข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับ ระบบ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลกรงแม่สุกร ข้อมูลพอร์ต Parallel ข้อมูลการแจ้งเตือนการ

เปลี่ยนพฤติกรรม ข้อมูลการแจ้งเตือนอาการนอนผิดปกติ ข้อมูลการยืนผิดปกติ ข้อมูลการส่งรายงานพฤติกรรมแม่สุกรทางอีเมล ข้อมูลผู้ดูแลระบบ ข้อมูลพฤติกรรมแม่สุกร โดยระบบสามารถตรวจจับและรับพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของแม่สุกรจากเซ็นเซอร์ได้ และสามารถประมวลผลข้อมูลพฤติกรรมแม่สุกรเพื่อตรวจสอบอาการผิดปกติของแม่สุกรได้อย่างแม่นยำ เมื่อตรวจสอบ

พบอาการผิดปกติของแม่สุกรระบบสามารถแจ้งเตือนอาการผิดปกติผ่านทาง Application LINE และสามารถส่งรายงานพฤติกรรมแม่สุกรเป็นรายวันตามเวลาที่กำหนดไปยังอีเมลในรูปแบบไฟล์ PDF โดยอัตโนมัติ รวมถึงสามารถออกรายงานพฤติกรรมแม่สุกรตามช่วงเวลาที่ต้องการได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีสถาปัตยกรรมของระบบดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 สถาปัตยกรรมของระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้อง

ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Helwatkar, et al. (2557) ที่ทำการศึกษารื่องเทคโนโลยีเซ็นเซอร์สำหรับการตรวจสอบสุขภาพสัตว์ โดยได้ดำเนินการเพื่อสร้างเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบสุขภาพสัตว์ในฟาร์มอัตโนมัติ โดยระบบช่วยให้ตรวจสอบสุขภาพสัตว์โดยอัตโนมัติ ทำให้เพิ่มผลผลิตโดยรวม ลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการดูแลสุขภาพสัตว์ในระยะยาว

สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 “เพื่อประเมินผลระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรระยะอุ้มท้องที่พัฒนาขึ้น” จากการทดลองใช้งานระบบเฝ้าระวังอาการผิดปกติของแม่สุกรอุ้มท้อง กับแม่สุกรในพื้นที่จริงรวมทั้งสิ้นจำนวน 50 ครั้ง พบว่าระบบสามารถตรวจจับพฤติกรรม และแจ้งเตือนอาการผิดปกติ ได้ถูกต้องทั้งหมด 50 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของอนเนชา และคณะ (2555) ที่ทำ

การศึกษาเรื่องการสร้างเครื่องนับจำนวนครั้งในการ ลูก-นึ่ง โดยการออกแบบการดำเนินงานวิจัยได้เขียนโปรแกรม Programmable Logic Controller (PLC) ระหว่าง Counter กับการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของ Sensor ผลการศึกษพบว่า เครื่องนับจำนวนครั้งในการลูก-นึ่ง สามารถนำมาใช้ในการนับจำนวนครั้งในการลูก-นึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของการทดสอบเท่ากับ 1.00

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

เนื่องจากระบบใช้สาย UTP CAT5E เป็นสื่อกลางในการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ เซ็นเซอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนั้นเพื่อให้การรับ-ส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพ เครื่องคอมพิวเตอร์

ที่ติดตั้งระบบไม่ควรอยู่ห่างจากกรงแม่สุกรเกิน 100 เมตร

พัฒนาการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์เป็นแบบระบบไร้สาย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- เพื่อลดข้อจำกัดในเรื่องระยะห่างระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบกับกรงแม่สุกร และเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ควร

- เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลในการนำไปใช้งานยิ่งขึ้น ควรพัฒนาให้ระบบสามารถพยากรณ์ชนิดของโรคจากอาการผิดปกติที่ตรวจสอบพบได้

เอกสารอ้างอิง

กิตติมา เจริญศิริ. (2550). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ*. กรุงเทพฯ: ท้อป.

จิราพร เรืองทวีศิลป์. (2557). *ธุรกิจสุกร*. สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2562, จาก https://www.lhbank.co.th/Files/economic/economic_20161206154257.pdf.

ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์ชมพู และคณะ. (2546). *ข้อมูลพื้นฐานทางด้านพฤติกรรมในแม่สุกรสาวตั้งแต่อ่อนคลอดถึงระยะเลี้ยงลูกและลูกสุกรหลังคลอดถึงหย่านม*. สืบค้นเมื่อ 19 มกราคม 2562, จาก http://www.thaifeedmill.com/Portals/0/pdf/tfma_090_2003.pdf.

นวกัทธา หนูนาค และทวีพล ชื้อสตัย. (2555). *การวัดและเครื่องมือวัดประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร*. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นัฐพล มาเกาะ และคณะ. (2557). *เครื่องนับเม็ดยารุ่น 2*. สืบค้นเมื่อ 19 มกราคม 2562, จาก www.kaewpanya.rmutl.ac.th/.../243.เครื่องนับเม็ดยา%20%20รุ่นที่%202.pdf.

สำราญ แสนสุโพธิ์. (2559). *เซ็นเซอร์เพื่อการเกษตร*. สืบค้นเมื่อ 19 มกราคม 2562, จาก <http://www.agit.in.th/?p=563>.

อเนชา เพียรทอง และคณะ. (2555). *การสร้างเครื่องนับจำนวนครั้งในการลุก-นั่ง*. เอกสารการประชุมวิชาการแห่งชาติครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. หน้า 2394-2401. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

Helwatkar, Amruta, Daniel Riordan, & Joseph Walsh. (2014). Sensor Technology for Animal Health Monitoring. Proceedings of the 8th international conference on sensing technology, 2-4 September 2014. Liverpool. pp. 266-271.

Jensen, P. (1993). Nest building in domestic sows: the role of external stimuli. *Anim. Behav*, 45, 351-358.