

การประมาณค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาและลักษณะการชำรุดเสียหายจากการใช้ งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย

Estimating Repair and Maintenance Costs and Characterizing Failures of Rice Combine Harvesters Used in Thailand

อัปสรรัชช์ น้าทรง (Apsornrat Numsong)* สมชาย ชวนอุดม (Somchai Chuan-Udom)^{1**}

(Received: October 4, 2020; Revised: December 7, 2020; Accepted: December 8, 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประมาณค่าใช้จ่ายและลักษณะการซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) ของการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย โดยมีเป้าหมายในการนำเสนอแบบจำลองในการประมาณค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาที่เหมาะสมกับบริบททางการเกษตรของประเทศไทย ใช้การสัมภาษณ์ผ่านแบบสอบถามกับเจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจำนวน 60 เครื่องเฉพาะเครื่องใหม่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การวิเคราะห์เน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสม (x) และค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาสะสม (y) วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ซอฟต์แวร์ MATLAB (เวอร์ชัน 2015b) จาก 4 แบบจำลอง (linear, polynomial, power and exponential) ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่เหมาะสมในการประมาณค่าซ่อมแซมและค่าบำรุงรักษาของทั้งสองภูมิภาคในระยะเวลาการใช้งาน 10 ปี คือ สมการกำลัง (Power Function) รูปแบบสมการภาคกลางคือ $y = 0.010x^{1.892}$ $R^2 = 0.9631$ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือคือ $y = 0.016x^{1.861}$ $R^2 = 0.9770$ กล่าวได้ว่าสมการกำลังนี้เหมาะกับบริบทของประเทศไทย ซึ่งจะเป็ประโยชน์ช่วยในการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวด

ABSTRACT

This research estimated and characterized the repair and maintenance (R&M) outlay for domestically-made rice combine harvesters. The study was aimed at establishing guidelines for a repair and maintenance cost estimation model suited to the agricultural context of Thailand. Using a questionnaire-based interview format, data on R&M costs were gathered from 60 current farm vehicle owners living throughout the Central Plains and Northeast Thailand (60 vehicles; pre-owned vehicles were excluded). Investigations were focused on determining the relationship between accumulative harvest area (x) and total accumulative repair and maintenance costs (y). Statistical analyses were carried out using MATLAB (2015b version), and linear, polynomial, power, and exponential models were analyzed. The results showed that in order to estimate accumulated R&M costs of Thai rice combine harvesters with a service life of 10 years, the power regression model $Y = 0.010 X^{1.892}$ with $R^2 = 0.9631$ was the best fit for the Central Plains and $Y = 0.016 X^{1.861}$ with $R^2 = 0.9770$ was the best fit for the Northeast. Essentially, the power function-fitted estimation model is most suitable for the Thai agricultural context. This finding will be very useful in farm machinery management, specifically in terms of estimating repair and maintenance costs.

คำสำคัญ: เครื่องเกี่ยวนวดข้าว ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา การจัดการเครื่องจักรกลเกษตร

Keywords: Rice Combine harvesters, Repair and maintenance cost, Machinery management

¹ Corresponding author: somchai.chuan@gmail.com

*นักศึกษาลัทธิสุตรปรัชญาคุณูปบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**นักวิจัย กลุ่มวิจัยวิศวกรรมประยุกต์เพื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัจจุบันการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศไทยนิยมใช้เครื่องเกี่ยวนวด โดยเฉพาะเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยที่ใช้งานในพื้นที่เก็บเกี่ยวมากกว่า 45,000 เครื่อง และมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มขึ้น [1] แม้ปริมาณเครื่องเกี่ยวนวดไทยในประเทศไทยเป็นเพียงการประมาณการแต่ข้อมูลการสำรวจแหล่งผลิตทั้งโรงงานขนาดใหญ่และโรงงานขนาดเล็กในประเทศรวมกันเกือบ 400 โรงงาน [2] วัตถุประสงค์ของการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดเพื่อทดแทนแรงงานที่ขาดแคลนและช่วยลดต้นทุนในการเก็บเกี่ยวต่อพื้นที่ [3] ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการใช้งานของเจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดจึงเป็นจุดที่ได้รับความสนใจในด้านวิชาการและด้านธุรกิจ การประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้งานของเครื่องเกี่ยวนวด แบ่งค่าใช้จ่ายหลัก ไว้ 2 ประเภทคือ ค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายแปรผัน [4] ซึ่งค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาเป็นส่วน of ค่าใช้จ่ายแปรผันซึ่งเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งานและพื้นที่เก็บเกี่ยว

สำหรับประเทศที่เป็นผู้นำเทคโนโลยีทางการเกษตร เช่น อเมริกาหรือประเทศในแถบตะวันตก ให้ความสำคัญกับค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) เพราะเป็นต้นทุนตลอดอายุของเครื่องจักร คิดเป็น 10-25 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุเครื่อง การจัดการค่าใช้จ่าย R&M เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกำไรเพิ่มขึ้นหรือช่วยในการตัดสินใจลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ทดแทน การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องใช้วิธีการที่น่าเชื่อถือ [5] การคาดการณ์แนวโน้มค่าใช้จ่ายที่แม่นยำเป็นสิ่งสำคัญในการบริหารจัดการการใช้งานเครื่องจักรกลเกษตร [6]

เนื่องจากค่าใช้จ่าย R&M มีมูลค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพการทำงานและเวลาจึงไม่สามารถกำหนดออกมาเป็นสูตรการคำนวณสากลมีเพียงการประมาณค่าใช้จ่าย โดยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์การถดถอยตามข้อมูลการใช้งานก่อนหน้านี้ [7] Bower and Hunt [8] Fairbanks *et al.* [9] Ward *et al.* [10] ศึกษาแบบจำลองการถดถอย สมการกำลัง (Power Function) เป็นสมการที่แม่นยำสำหรับการทำนายต้นทุนค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาสะสมตามชั่วโมงการใช้งานสะสม สภาพการทำงาน ความพร้อมเครื่องจักร ทักษะของผู้ปฏิบัติงาน มาตรฐานการซ่อมแซมและบำรุงรักษาเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลเกษตร นักวิจัยจำนวนมากทำการศึกษาสมการการทำนายค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาเพื่อใช้งานในประเทศของตนเอง [11 -13]

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยประเทศ พบการศึกษาศมรรถนะของเครื่องเกี่ยวนวดในด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย [13 -19] หรือศึกษาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน [20-21] ยังไม่พบการศึกษาในลักษณะการสร้างสมการประมาณค่า R&M ของเครื่อง ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองในการประมาณค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เก็บเกี่ยว (x) ที่เป็นตัวแปรอิสระและค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (y) เป็นตัวแปรตาม ในจังหวัดที่มีศักยภาพการปลูกข้าวและนิยมใช้เครื่องเกี่ยวนวดไทยของภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมถึงลักษณะการชำรุดที่เกิดจากการใช้งานและวิธีการซ่อมแซมบำรุงรักษา ผลการวิจัยที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์แก่เจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดสามารถใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยอย่างเหมาะสม หรือ หน่วยงานภาครัฐสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการพิจารณาช่วยเหลือเงิน โบนัสได้อย่างเหมาะสมและได้ประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้ศึกษาแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยรวมถึงลักษณะการชำรุดเสียหายในการใช้งาน วิธีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาเพื่อเป็นแนวทางวางแผนบริหารจัดการในการใช้งาน โดยทำการศึกษาในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งเป็นวิธีการเลือกตัวอย่างที่สอดคล้องกับประเด็นปัญหา [22] โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การเก็บข้อมูลของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไทย

โดยใช้วิธีสุ่มเก็บข้อมูลจากเจ้าของเครื่องจากการสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว ใช้แบบสอบถามรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) และกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ปัญหาและวิธีการแก้ไข วิธีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวของแต่ละเครื่อง วิธีการสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัวเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและง่ายที่สุดในการรวบรวมข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามของการวิจัยเชิงสำรวจ [23] เจ้าของเครื่องมีความพร้อมในการให้ข้อมูล มีสมุดบัญชีการจดบันทึกการค่าใช้จ่ายค่าซ่อมรายปีในการปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวทั้งหมดที่เกิดขึ้น ค่าใช้จ่ายจากกิจกรรมการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน โดยเฉพาะในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวที่ต้องทำงานแข่งกับเวลา ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ในการปฏิบัติงานรวมถึงกิจกรรมการซ่อมแซมและบำรุงรักษาในช่วงการดำเนินการเพื่อเตรียมความพร้อมระหว่างรอการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ค่าใช้จ่าย R&M ข้อมูลพื้นที่เก็บเกี่ยวรายปีตั้งแต่ปีแรกซื้อจนถึงปีปัจจุบันของแต่ละเครื่องเป็นข้อมูลที่สำคัญที่ต้องบันทึกลงในแบบสอบถาม พื้นที่สำรวจในภาคกลางจำนวน 12 จังหวัดได้แก่ สุพรรณบุรี พิจิตร โขงเจียม ชัยนาท พิจิตร นครสวรรค์ กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ พระนครศรีอยุธยา สิงห์บุรี อ่างทอง ปทุมธานีและกรุงเทพมหานคร ภาคตะวันออกเชิงเหนือจำนวน 12 จังหวัดได้แก่ ขอนแก่น มหาสารคาม นครราชสีมา อุรธานี สกลนคร ร้อยเอ็ด บุรีรัมย์ กาฬสินธุ์ สุรินทร์ ยโสธร ศรีสะเกษและอุบลราชธานี โดยเก็บข้อมูลภูมิภาคละ 30 เครื่อง รวมจำนวนทั้งหมด 60 เครื่อง

2. การศึกษาแบบจำลองในการประมาณค่า R&M จากระบบข้อมูลค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาของเจ้าของเครื่องแยกเป็นรายปีตั้งแต่ปีแรกซื้อแต่ละเครื่องจนถึงปีปัจจุบันแล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละปีของแต่ละภูมิภาค ในส่วนการหาพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมหาได้จากการรวบรวมข้อมูลพื้นที่เก็บเกี่ยวแต่ละปีตั้งแต่ปีแรกจนถึงปีใช้งานปัจจุบันและหาค่าเฉลี่ยแต่ละปีของแต่ละภูมิภาค นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เพราะเป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่อจำแนกลักษณะและสรุปข้อมูลที่รวบรวมได้ [23] สำหรับวิธีการประมาณค่าใช้จ่าย R&M ของเครื่องจักรกลเกษตรอ้างอิงจากมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาคือวิธีของ American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) สมการที่ 1 จากนั้นปรับใช้ตามลักษณะการทำงานในแต่ละประเทศที่ศึกษา [24-26] ซึ่งหลักการการคำนวณใช้การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของราคาแรกซื้อ (y) กับค่าเฉลี่ยของชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร (x) เป็นตัวแปรหลัก

$$C_{rm}=RF_1\left(\frac{h}{1000}\right)^{RF_2} \quad \dots(1)$$

เมื่อ C_{rm} คือ ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาสะสมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์ของราคาแรกซื้อ)
 h คือ ชั่วโมงการทำงานสะสมของแต่ละเครื่อง (ชั่วโมง)
 RF_1 และ RF_2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการลากเส้นกราฟผ่านจุดทุกจุดของข้อมูล

เนื่องจากเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยไม่มีมาตรวัดชั่วโมงการทำงาน ถ้านำมาตรฐานการคำนวณ ASAE D497.4 [27] มาใช้ต้องมีค่าพารามิเตอร์ RF_1 และ RF_2 ใหม่สำหรับบริบทการดำเนินงานของประเทศ

เช่นเดียวกับผลการวิจัยในที่ต่างๆ เพราะค่าสัมประสิทธิ์ในการประมาณค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษารักษานั้นขึ้นอยู่กับสภาพการทำงานของแต่ละพื้นที่ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละประเทศ [7, 28-29]

ดังนั้นค่า R&M ของเครื่องเกี่ยววนวดข้าวไทยใช้วิธีคิดในเชิงพื้นที่ ส่วนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นไม่เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของราคาแรกซื้อ เพราะจะทำให้มูลค่าการซ่อมแซมและบำรุงรักษาน้อยกว่าความเป็นจริง เนื่องจากการกำหนดราคาจำหน่ายเครื่องเกี่ยววนวดไทยในตลาดขึ้นอยู่กับข้อกำหนดคุณลักษณะเครื่องจักร (specification) ของผู้ซื้อ เช่น เพิ่มระบบปรับอากาศในห้องผู้ขับ หรือเพิ่มกำลังเครื่องยนต์ ราคาเครื่องจะสูงจากราคาเครื่องแบบปกติ การสร้างแบบจำลองในการประมาณค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาของเครื่องเกี่ยววนวดข้าวไทยตามรูปแบบวิถีของ ASABE โดยกำหนดความสัมพันธ์ให้ ณ จุดใด ๆ ของจำนวนพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมที่เพิ่มขึ้นตามการใช้งาน (x) เป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) และค่าใช้จ่าย R&M (y) เป็นตัวแปรตาม (Dependent variable) ใช้ซอฟต์แวร์ MATLAB (เวอร์ชัน 2015b) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์โดยการปรับโค้งข้อมูล (Curve fitting) กับฟังก์ชัน Linear Polynomial Exponential และ Power แบบจำลองการถดถอยที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดสูงสุด (R^2) ได้รับเลือกให้เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับการประมาณการค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาในทั้ง 2 ภูมิภาค

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การใช้งานเครื่องเกี่ยววนวดข้าวไทย ผลการสำรวจข้อมูลในปี พ.ศ. 2562 ถึงปีพ.ศ. 2563 พบว่าขนาดหน้ากว้างการทำงานของหัวเกี่ยวที่นิยมใช้มีขนาด 2.8 เมตร แต่ไม่เกิน 4 เมตร กำลังเครื่องยนต์อยู่ระหว่าง 195 ถึง 275 แรงม้า ช่วงอายุของกลุ่มตัวอย่างอยู่ระหว่าง 1- 10 ปี (ตารางที่ 1) อายุเครื่องเกี่ยววนวดไทยของกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มในเงื่อนไขอายุทางเศรษฐกิจ (Economic life) หากอายุมากกว่า 10 ปีจะอยู่ในกลุ่มมีความเสี่ยงสูงต่อการเสียหายขณะทำงาน และเมื่อเครื่องจักรเกิดการชำรุด จะมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาสูง [30] ตารางที่ 2 แสดงปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมและค่า R&M สะสม ของเครื่องเกี่ยววนวดไทยภาคกลางระยะเวลา 10 ปี พื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมเท่ากับ 14,300 ไร่หรือเฉลี่ย 1,430 ไร่/ปี และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่ากับ 12,275 ไร่หรือเฉลี่ย 1,227.5 ไร่/ปี เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในแต่ละปี ข้อมูลมีการกระจายตัวน้อยเพราะข้อมูลที่ได้อาจการสำรวจได้มีความใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3) ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยวเฉลี่ยของการศึกษารุ่นนี้น้อยกว่าผลการวิจัยก่อนหน้านี้ [2] เพราะในช่วงสำรวจมีปริมาณพื้นที่ปลูกข้าวลดลงจากปัญหายากแ้งและการส่งเสริมการปลูกพืชใช้น้ำน้อยทดแทนการปลูกข้าวในฤดูนาปรัง

2. ลักษณะการชำรุดเสียหายและการซ่อมแซมและบำรุงรักษาในการใช้งานเครื่องเกี่ยววนวดข้าวไทยในสภาพการทำงานปกติโดยไม่รวมกรณีการเกิดอุบัติเหตุต่างๆ โดยสัดส่วนการเกิดปัญหาจากการใช้งานดังภาพที่ 1 ซึ่งชุดหัวเกี่ยวมีปัญหาชำรุดเสียหายมากที่สุด รองลงมาเป็นชุดนวดและชุดช่วงล่าง อายุเครื่อง ปริมาณการใช้งานประสิทธิภาพของเจ้าของเครื่อง สภาพพืช สภาพดิน ความชำนาญของผู้ขับ การดูแลบำรุงรักษาและเทคโนโลยีการผลิตเครื่องเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย R&M ในทั้ง 2 ภูมิภาคพบปัญหาการชำรุดเสียหายและวิธีการซ่อมแซมเครื่องเกี่ยววนวดเหมือนกัน (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับ อติศักดิ์ [31] แต่ข้อแตกต่างระหว่าง 2 ภูมิภาคคือวิธีการบำรุงรักษาเครื่องเกี่ยววนวด ภาคกลางมีการบำรุงรักษาที่ดีและสามารถซื้ออะไหล่ใหม่ที่มีคุณภาพเปลี่ยนทดแทนอะไหล่ที่ชำรุดได้ง่าย สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการบำรุงรักษาแบบง่ายๆ ใช้วัสดุที่หาได้ตามท้องถิ่นหรืออะไหล่ที่มีสองมาประยุกต์ใช้ เช่น ใช้ไม้แขวนเสื้อเก่าแทนหนวดกึ่งเส้นที่ชำรุด ลักษณะดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องลดลง

3. แบบจำลองในการประมาณค่า R&M ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยแสดงในรูปสมการ Linear, Polynomial, Exponential และ Power (ตารางที่ 5) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R&M กับพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมมีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญและเป็นความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น จากกราฟของแบบจำลอง Power, Polynomial มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่สำรวจได้มากกว่าแบบจำลอง Exponential และ Linear อธิบายจากภาพที่ 2 และภาพที่ 3 กราฟ a, b ค่าใช้จ่าย R&M เพิ่มขึ้นตามพื้นที่เก็บเกี่ยวที่มากขึ้น ในช่วงแรกบางจุดข้อมูลที่สูงจากค่าใช้จ่ายปกติเกิดจากความผิดปกติที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้หรือมีค่าใช้จ่ายต่ำเนื่องจากเครื่องเกี่ยวนวดข้าวยังอยู่ในการรับประกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ การถดถอยเชิงสหสัมพันธ์แบบจำลองด้วยวิธีการปรับเส้นโค้ง (Curve Fitting) สมการกำลังเหมาะสมกับการประมาณ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษามากที่สุด และตรงกับการนำเสนอในหลายๆประเทศเช่น สหรัฐอเมริกา ชูแดน อิหร่าน อินเดีย [27-29, 32-36] ด้วยโครงสร้างของสมการมีความเรียบง่ายสะดวกในการคำนวณ [32-34] รูปแบบจำลอง ในการประมาณการค่า R&M ของภาคกลางคือ $y = 0.010x^{1.892}$ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือคือ $y = 0.016x^{1.861}$ ค่า R^2 เท่ากับ 0.9631 และ 0.9770 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแบบจำลอง Linear ใช้อธิบายเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณและการตีความได้เช่นกัน โดยการประมาณค่าใช้จ่าย R&M ของการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ภาคกลางเฉลี่ยประมาณ 45.67 บาท/ไร่ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 49.23 บาท/ไร่

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยการประยุกต์รูปแบบจำลองของ American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) กับสภาพการทำงานใน 2 ภูมิภาคของประเทศ รวมถึงลักษณะการชำรุดเสียหายในการใช้งานและวิธีการซ่อมแซม บำรุงรักษาเพื่อเป็นแนวทางในวางแผนบริหารจัดการการของเจ้าของเครื่องเกี่ยวนวด พื้นที่เก็บเกี่ยวเฉลี่ยต่อปีของภาค กลางที่ 1,430 ไร่และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1,227.5 ไร่ ผลการศึกษาสมการกำลังเหมาะสมในการประมาณค่า R&M ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย แต่ค่าสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างแสดงให้เห็นว่าเงื่อนไขในขณะปฏิบัติงานและการใช้ ประโยชน์ของเครื่องจักรที่สัมพันธ์กับราคาของเครื่องเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าซ่อมแซมและ บำรุงรักษา ทำให้ไม่สามารถกำหนดค่าสัมประสิทธิ์แบบสากล ผลในการศึกษานี้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์จากสมการกำลัง (Power function) $y = ax^b$ รูปแบบนี้ง่ายต่อการคำนวณและการนำไปใช้งาน ประโยชน์จากการประมาณค่าใช้จ่าย R&M ทำให้เจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการกำหนดราคารับจ้างเกี่ยวต่อไร่ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ดีกว่าการ อ้างอิงข้อมูลราคารับจ้างเกี่ยวต่อไร่ของปีก่อนหน้า ส่วนลักษณะการชำรุดเสียหายและการซ่อมแซมและบำรุงรักษาใน การใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยเป็นประโยชน์สำหรับเจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดรายใหม่สามารถนำไปเป็นแนวทางในการ ปฏิบัติ นอกจากนี้หน่วยงานภาครัฐสามารถนำไปเป็นข้อมูลประกอบเพื่อพิจารณาช่วยเหลือเงินโยกย้ายได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น และกลุ่มวิจัย วิศวกรรมประยุกต์เพื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนวิจัย สำหรับการศึกษานี้



เอกสารอ้างอิง

1. Doungpueng K, Pachanawan A, Chuan-Udom S. Factors Effect on the Effective Field Capacity of Thai Combines Harvesters when Harvesting: A Case Study of the Phitsanulok-2 Rice Variety. *KKU Research J.* 2020; 4:120-132.
2. The Thailand Research Fund [Internet] 2016. Rice Combine Harvester Industry and Custom Hiring Services in the Central Region of Thailand [cited 2019 JAN 12]. Available from <https://www.agripolicyresearch.com>.
3. Hossain MA, Hoque MA, Wohab MA, Miah MAM, Hassan MS. Technical and Economic Performance of Combined Harvester in Farmers' Field. *Bangladesh Journal of Agricultural Research.* 2015; 40(2): 291-304.
4. Chuan-Udom S. Grain Harvesting Machines. Khon Kaen: Khon Kaen University Press.; 2013. [in Thai]
5. Srivastava AK, Georing CE, Rohrbach RP, Buckmaster DR. Engineering Principles of Agricultural Machines. 2006. Second Edition. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Niles Road, St. Joseph, MI, USA.
6. Hunt DR. Farm Power Machinery Management. 2001. Tenth Edition. Iowa State University Press. Ames. Iowa. USA.
7. Rotz CA. A Standard Model for Repair Costs of Agricultural Machinery. *Applied Eng. Agric.* 1987; 3: 3-9.
8. Bowers W, Hunt DR. Application of Mathematical Formulas to Repair Cost Data. *Transactions of ASAE.* 1970; 13: 806-809.
9. Fairbanks GE, Larson GH, Chung DS. The Cost of Using Farm Machinery. *Transactions of ASAE.* 1971; 14: 98-101.
10. Ward S M, McNulty PB, Cunny MB. Repair Costs of 2WD and 4WD Tractors. *Transactions of ASAE.* 1985; 28: 1074-1076.
11. Fereydoun K. Prediction of Repair and Maintenance Costs of Universal 650 Tractors. *World Engineering & Applied Sciences Journal.* 2011; 2 (4): 31-35.
12. Shahram MN, Iraj R, Majid R. Prediction of Repair and Maintenance Costs of John Deere 4955 Tractors in Ardabil Province, Iran. *World Engineering & Applied Sciences Journal.* 2012; 19 (10): 1412-1416.
13. Majid R, Iraj R. Modeling of Repair and Maintenance Costs of John Deere 4955 Tractors in Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.,* 2010; 9 (6): 605-609.
14. Junsiri C, Chinsuwan W. Prediction Equations for Header Losses of Combine Harvesters when Harvesting Thai Hom Mali Rice. *Songklanakarin Journal of Science and Technology.* 2009; 31(6): 613-620.
15. Chuan-Udom S, Chinsuwan W. Threshing Unit Losses Prediction for Thai Axial Flow Rice Combine Harvester. *Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America.* 2009; 40(1): 50-54.
16. Udompetaikul V. Development of a Computer Program for Management of Rice Combine Harvesting Under Custom Operation System [M.Eng.]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 1999. [in Thai]
17. Doungpueng K, Chuan-Udom S. Effects of Guide Vane Inclination Patterns on Threshing Losses and Power Requirement. *Kasetsart Journal (Natural Science).* 2014; 48(1): 313 – 322.
18. Chuan-Udom S, Thongsawatwong P, Saengprachatanarug K, Eiza T. Peg-Tooth Spacing and Guide Vane Inclination of Thai Combine Harvester Affecting Harvesting Losses. *Engineering and Applied Science Research.* 2018; 45(2):107-111.



19. Doungpueng K, Chuan-Udom S, Numsong A, Chansrakoo W. Lost Times of Harvesting Processes of the Thai Combine Harvesters. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019; 301.
20. Pongchompu S, Chantanop S. Economic Aspects of Rice Combine Harvesting Service for Farmer in Northeast Thailand. *Asian Social Science*. 2016; 12(8): 201-211.
21. Numsong A, Doungpue K, Cuan-Udom S. Country-Appropriate Operating Cost Estimation Scheme Based on Curve Fitting for Rice Combine Harvester. IOP Conference Series: Earth and Environment Science. 2019; 301: 1-8.
22. Silpjaru T, SPSS & AMOS, Nonthaburi SR. Printing Massproduction Press.; 2012. [in Thai]
23. Lavrakas PJ. Encyclopedia of Survey Research Methods. California USA: SAGE Publications Inc.; 2008.
24. Calcante A, Fontanini L, Mazzetto F. Repair and Maintenance Costs Of 4WD Tractors in Northern Italy. Transactions of the ASABE. 2013a; 56(2): 355–362.
25. Calcante A, Fontatini L, Mazzetto F. Coefficients of Repair and Maintenance Costs of Self-Propelled Combine Harvesters in Italy. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2013b; 15(3): 141–147.
26. Lips M. Repair and Maintenance Costs for Nine Agricultural Machine Types. Transactions of the ASABE. 2013; 56(4): 1299–1307.
27. ASAE Standards. ASAE D497.4 Agricultural Machinery Management Data. MI: USA; 2009.
28. Al-Suhaibani Saleh A, Mohamed F, Wahby. Grain Harvester Repair and Maintenance Costs. The Canadian Society for Bioengineering, Paper Presented at the CSBE/SCGAB 2008 Annual Conference Vancouver, British Columbia.
29. Frank L. Coefficients of Repair and Maintenance Costs for Axial And Transverse Combine Harvesters In Argentina. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2003; 1(3):81-97.
30. Siemens J, W Bowers RG. Holmes. Machinery Management. Illinois, USA: Deere & Company. 2008.
31. Sawaiamon A. Risk Analysis of a Combine Harvester with The Application of Failure Mode and Effect Analysis. (FMEA) Technique. Master of Engineering Program in Industrial and Manufacturing Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi. 2016. [in Thai]
32. Syamak P. Using Mathematics Modeling to Estimate Repair Costs of Tractors. *Advances in Environtal Biology*. 2014; 8(12): 646-661.
33. Dahab HM, Mohamed AO, Abdalla NO Kheiry. Repair and Maintenance Costs Estimation as Affected by Hours of Use and Age of Agricultural Tractor in New Halfa Area-Sudan. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 2016; 4(5): 824-830.
34. Avinash KG, Shrivastava AK. Development of Mathematical Model for Repair and Maintenance of Some of The Farm Tractors of JNKVV Jabalour India. *Advances in Crop Science and Technology*. 2017; 5(3): 1- 3.
35. Edmund L, Jacek U. Repair Cost of Tractors and Agricultural Machines in Family Farms. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015; 17:152-157.
36. Edwards W. Estimating Farm Machinery Costs. Iowa State University Extension and Outreach, Machinery management series. Ames, Iowa file.2015.



ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเครื่องเกี่ยวข้าวไทยของทั้ง 2 ภูมิภาคช่วงปี พ.ศ.2562-2563 (60 เครื่อง)

ภูมิภาค	อายุ (ปี)	จำนวน (เครื่อง)	ขนาดหน้ากว้างการ ทำงานของหัวเกี่ยว (เมตร)	กำลังเครื่องยนต์ (แรงม้า)
กลาง	0 - 4	7	2.8 -3.75	195 – 275
	5 - 8	19	2.8 -3.75	195 – 275
	9 - 10	4	2.8 -3.75	195 – 275
ตะวันออกเฉียงเหนือ	0 - 4	8	2.8 -3.75	195 – 275
	5 - 8	17	2.8 -3.75	195 – 275
	9 - 10	5	2.8 -3.75	195 – 275

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมกับค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) สะสมของเครื่องเกี่ยวข้าวไทยภาคกลาง ตั้งแต่ปีแรกซื้อถึงปีพ.ศ. 2563 (30 เครื่อง)

อายุ (ปี)	n (เครื่อง)	ค่าเฉลี่ย		S.D.	
		พื้นที่เก็บเกี่ยวสะสม (ไร่)	ค่า R&M สะสม (บาท)	พื้นที่เก็บเกี่ยวสะสม	R&M
1	0	1,335	11,183	1.82	20.07
2	1	2,730	27,310	5.47	27.38
3	2	4,127	57,900	7.30	36.51
4	4	5,428	115,010	3.65	36.51
5	5	6,729	190,268	2.05	45.64
6	10	8,108	273,546	5.19	123.00
7	2	9,425	315,875	2.20	86.10
8	4	10,717	412,833	7.34	81.64
9	3	12,083	532,500	2.88	58.00
10	1	14,300	703,350	0.00	0.00



ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมกับค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) สะสมของเครื่องเกี่ยวนาวดไทยภาคกลาง ตั้งแต่ปีแรกซื้อถึงปีพ.ศ. 2563 (30 เครื่อง)

อายุ (ปี)	n (เครื่อง)	ค่าเฉลี่ย		S.D.	
		พื้นที่เก็บเกี่ยวสะสม (ไร่)	ค่า R&M สะสม (บาท)	พื้นที่เก็บเกี่ยวสะสม	R&M
1	0	1,202	10,250	5.47	23.73
2	2	2,410	26,737	1.82	31.03
3	3	3,680	66,360	3.65	41.99
4	3	4,920	125,127	3.65	39.00
5	4	6,235	184,037	0.91	114.01
6	6	7,518	253,683	1.15	59.00
7	2	8,863	364,163	1.41	56.66
8	3	10,065	432,440	8.94	82.00
9	3	11,180	567,670	23.08	115.00
10	2	12,275	668,000	21.21	81.00



ตารางที่ 4 สรุปปัญหาการชำรุดเสียหายและวิธีซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องเกี่ยวนวดไทย

ชุดทำงานของเครื่อง	อุปกรณ์ส่วนประกอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน	การซ่อมแซมและบำรุงรักษา
ชุดตัดต้นข้าว	ใบมีด	ใบมีดตัดชำรุด ใบมีดตัดบางและแหลมทำให้ตัดต้นข้าวไม่ขาด	ใช้สารหล่อลื่นหยดลงใบมีด
	หัวจรวด	หัวจรวดชำรุด มีระยะห่างระหว่างกันและไม่คมทำให้ต้นข้าวไม่ขาด	ใช้สารหล่อลื่นหยดลงหัวจรวด
	แกนผลุบโผล่	แกนมีลักษณะแหลมสั้นและขนาดเล็กลงทำให้ผลัดต้นข้าวเข้าคอลำเลียงไม่ดี ส่งผลให้ต้นข้าวพันเกลียวลำเลียง	ใช้อุปกรณ์ช่วยเกลี่ยข้าวในขณะเครื่องทำงาน
	หนวดกึ่ง	หนวดกึ่งสึกหรอ ส่วนปลายแหลมและมีขนาดเล็กลงทำให้ขูดข้าวไม่เกลี้ยง	เปลี่ยนเส้นใหม่แทนเส้นชำรุด
	เกลียวลำเลียง	ใบเกลียวบางและเล็กลงทำให้ลำเลียงข้าวได้ไม่ดี ติดขัด	เป่าลมทำความสะอาดหลังใช้งานและเปลี่ยนเมื่อหมดอายุการใช้งาน
	ล้อไน้ม	บุษฐานยึดล้อไน้มคลายตัวทำให้เกิดเสียงดังล้อสั่นและอาจแตกหักในระหว่างใช้งาน	ใช้สารหล่อลื่นหยดบริเวณบุษ
ชุดลูกนวด	ตะแกรงร่อนเมล็ดข้าว	ชำรุดสึกขาดหรือบางลง จากแรงสั่นสะเทือนของเครื่องจักรส่งผลให้ร่อนเมล็ดข้าวได้ไม่ดีมีเศษฟางปะปนกับเมล็ดข้าว	ทำความสะอาดหลังใช้งานและเปลี่ยนเมื่อหมดอายุการใช้งาน
	ซี่รอบบน ล่าง	ซี่รอบบน-ล่างชำรุดเสียหายทำให้นวดเมล็ดข้าวออกจากต้นข้าวไม่หมดทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิต	ยังไม่มีวิธีบำรุงรักษาเปลี่ยนเมื่อหมดอายุการใช้งาน
	ซี่นวด	สึกหรอ ซึ่ขนาดแหลมและมีขนาดเล็กลง ทำให้นวดข้าวได้ไม่ดีเมล็ดข้าวไม่หลุดออกจากต้นข้าวทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิต	ยังไม่มีวิธีบำรุงรักษาเปลี่ยนเมื่อหมดอายุการใช้งาน
	เกลียวลำเลียงเมล็ดข้าวดิบ กลับไปนวดซ้ำ	เกลียวสึกหรอมีขนาดเล็กลงทำให้ลำเลียงเมล็ดข้าวได้ไม่ดีเต็มประสิทธิภาพ เมล็ดข้าวที่ตกลงท่อลำเลียงอาจถูกแรงลมพัดออกไปเกิดการสูญเสียผลผลิต	ยังไม่มีวิธีบำรุงรักษาเปลี่ยนเมื่อหมดอายุการใช้งาน



ตารางที่ 4 สรุปปัญหาการชำรุดเสียหายและวิธีซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องเกี่ยวสวนไทย (ต่อ)

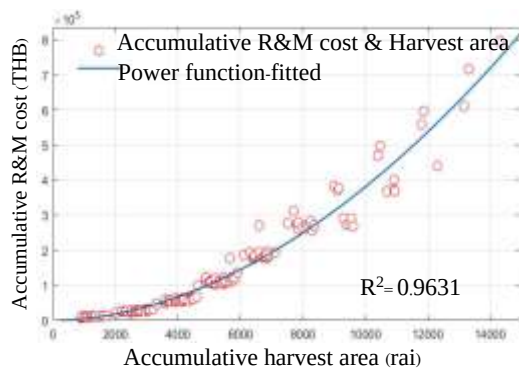
ชุดทำงานของเครื่อง	อุปกรณ์ส่วนประกอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน	การซ่อมแซมและบำรุงรักษา
ชุดขับเคลื่อนซ้าย ขวา	ดินตะขาบ, แผ่นดินตะขาบ	ผิดรูป แตกหัก	เปลี่ยนแผ่นดินตะขาบใหม่แทนแผ่นที่ชำรุด
	ลูกกลิ้งบน-ล่าง	ลูกกลิ้งสึกหรอเป็นร่องลึก ปีกของลูกกลิ้งบางทำให้เคลื่อนที่ได้ไม่ดีในกรณีสึกหรอมากโชอาจหลุดจากรางส่งผลให้เครื่องเกี่ยวสวนต้องหยุดการใช้งาน	หดยดสารหล่อลื่น
	เพลาลูกกลิ้ง	ชำรุดแตกเป็นร่องทำให้น้ำมันรั่วซึม	ตรวจสอบการชำรุดโดยใช้มือจับที่ลูกกลิ้งถ้าลูกกลิ้งขยับได้ง่ายแสดงว่าเกิดการชำรุดเสียหายที่แกนเพลาคควรเติมสารหล่อลื่นในปริมาณที่เพียงพอกับการใช้งาน
	ฝาปิดลูกกลิ้งบน-ล่าง	เกิดการกระแทกขณะขับเคลื่อน	ตรวจสอบก่อนการทำงานหากคลายตัวต้องขันให้แน่น
	รูแกนเพลาลูกกลิ้ง	ทำให้ใส่ลูกปืนได้ไม่ดี ทำให้ลูกปืนและตัวยึดชำรุด	เติมสารหล่อลื่นในปริมาณที่เพียงพอเพื่อลดการเสียดสีของชิ้นส่วนต่างๆที่อยู่ภายใน
	ล้อขับ	สึกหรอมีขนาดของล้อเล็กลงอาจทำให้โชหลุดจากรางหรืออาจเป็นสาเหตุของการชำรุดเสียหายไปยังจุดอื่นๆของชุดขับเคลื่อน	หดยดสารหล่อลื่น ตั้งศูนย์ล้อขับให้ตรง
	เฟืองขับ	ฟันเฟืองสึกหรอระยะห่างระหว่างเกลิยวเพิ่มขึ้นทำให้การขับเคลื่อนของชุดขับเคลื่อนทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	หดยดสารหล่อลื่นและตั้งศูนย์ชุดเฟืองให้ตรง
	บุชข้อต่อโชชำรุด	บุชจะบาง นึกขาดเกิดจากการเสียดสีแกนเพลาลูกกลิ้ง	หดยดสารหล่อลื่น
ชุดเกี่ยวสวน	ซีลฝาปิดรูแกนเพลาลูกกลิ้ง	ผิวชำรุดบางลงหรือนึกขาดทำให้น้ำมันรั่วซึม	หดยดสารหล่อลื่น
	ลูกยางโอริง	สึกหรอทำให้น้ำมันรั่วซึมหรือหดยดลงบนพื้น	เติมสารหล่อลื่นให้มีปริมาณเพียงพอ
โช		สึกหรอทำให้เครื่องเดินสั้น	ซ่อมเฉพาะจุดที่ชำรุด

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์การถดถอยสหสัมพันธ์ค่าใช้จ่าย R&M สะสมและพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสมในแต่ละรูปแบบจำลองของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ช่วงปี พ.ศ.2562-2563

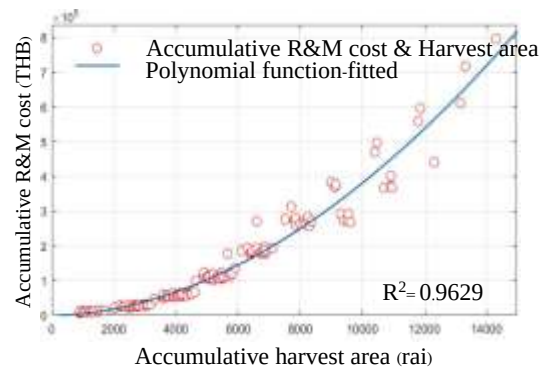
ภูมิภาค	แบบจำลอง	รูปแบบจำลอง	a	b	c	R ²	RMSE
กลาง	Power	$y = ax^b$	0.010	1.892	-	0.9631	2.796e ⁺⁰⁴
	Polynomial	$y = ax^2 + bx + c$	0.0033	4.563	-4686	0.9629	2.812e ⁺⁰⁴
	Exponential	$y = a^{exp(bx)}$	3.393e+04	0.00022	-	0.9185	4.155e ⁺⁰⁴
	Linear	$y = ax + b$	45.67	-94150	-	0.8945	4.726e ⁺⁰⁴
ตะวันออกเฉียงเหนือ	Power	$y = ax^b$	0.016	1.861	-	0.9770	2.101e ⁺⁰⁴
	Polynomial	$y = ax^2 + bx + c$	0.0038	6.501	-6279	0.9766	2.114e ⁺⁰⁴
	Exponential	$y = a^{exp(bx)}$	3.318e+04	0.0025	-	0.9307	3.649e ⁺⁰⁴
	Linear	$y = ax + b$	49.23	-91430	-	0.9182	3.965e ⁺⁰⁴



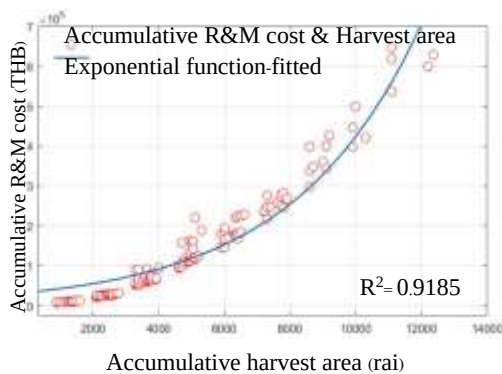
ภาพที่ 1 สรุปลักษณะการเกิดปัญหาในระบบต่าง ๆ จากการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยในการศึกษารุ่นนี้



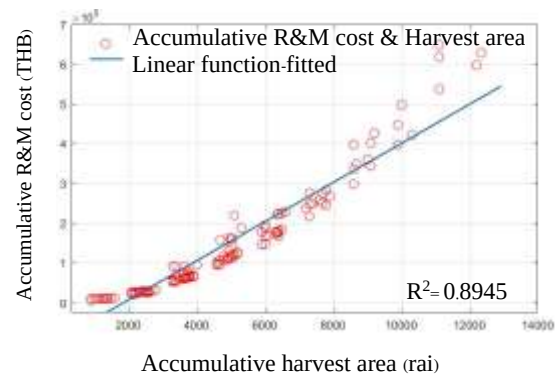
(a)



(b)

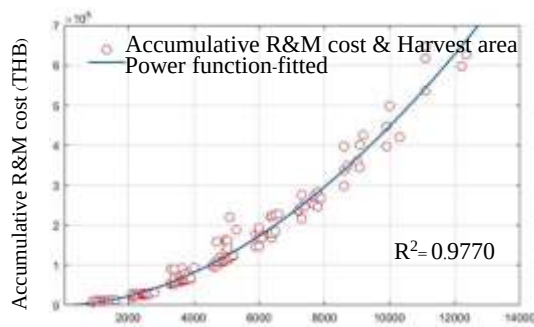


(c)



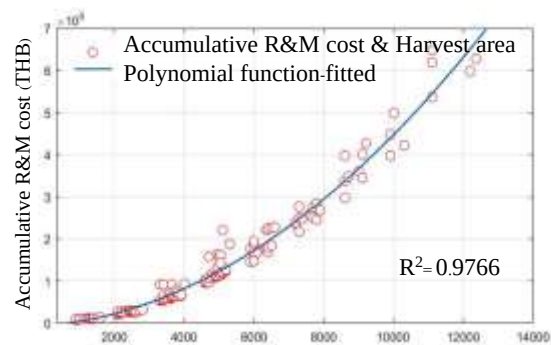
(d)

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสม (x) ที่มีผลต่อค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (y) ของเครื่องเกี่ยวนาวดข้าวไทยภาคกลาง โดย (a) แสดงความสัมพันธ์แบบ Power function (b) Polynomial function (c) Exponential function และ (d) Linear function



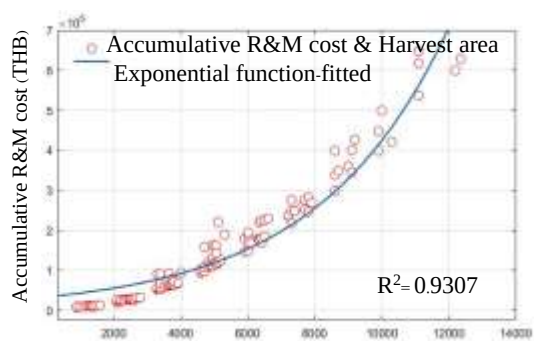
Accumulative harvest area (rai)

(a)



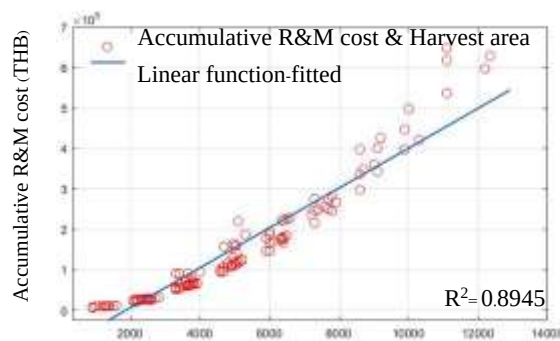
Accumulative harvest area (rai)

(b)



Accumulative harvest area (rai)

(c)



Accumulative harvest area (rai)

(d)

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ปริมาณพื้นที่เก็บเกี่ยวสะสม (x) ที่มีผลต่อค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (y) ของเครื่องเกี่ยวนาวดข้าวไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดย (a) แสดงความสัมพันธ์แบบ Power function (b) Polynomial function (c) Exponential function และ (d) Linear function