

การแก้ปัญหาด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อลดเวลา ในขั้นตอนการตัดท่อนมันสำปะหลัง

Problem-Solving Engineering Design for Reducing Time in the Process of Cutting Cassava Logs

ณราวดี สิทธิเดชธำรง*

สาขาวิศวกรรมกระบวนการและอุตสาหกรรม สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530
E-mail: Narawadee@mut.ac.th*

Narawadee Sitthidetchtamrourng*

Department of Process and Industrial Engineering, School of Engineering and Industrial Technology,
Mahanakorn University of Technology. Krathum Rai, Nong Chok, Bangkok 10530
E-mail: Narawadee@mut.ac.th*

Received 8 Oct 2025; Revised 11 Mar 2026

Accepted 16 Jun 2026; Available online 30 Jun 2026

บทคัดย่อ

การผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการปลูกใหม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเพาะปลูกโดยตรง อย่างไรก็ตาม การตัดท่อนพันธุ์ด้วยแรงงานคนยังมีข้อจำกัดด้านเวลา ความแม่นยำ และประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตัด โดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแนวคิด ECRS ในการวิเคราะห์และปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยศึกษาวิธีการทำงานเดิมด้วยการจับเวลาในสภาพปฏิบัติงานจริง วิเคราะห์เวลาปกติและเวลามาตรฐานด้วยวิธี Westinghouse System of Rating และออกแบบพัฒนาเครื่องต้นแบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ ผลการทดลองพบว่าสามารถลดเวลาในการตัดจาก 332.20 วินาทีต่อรอบ เหลือ 21.91 วินาทีต่อรอบ คิดเป็นการลดลงร้อยละ 93.40 สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมในการพัฒนากระบวนการผลิตทางการเกษตร

คำหลัก: การลดเวลา, การปรับปรุงงาน, เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

Abstract

The production of cassava stem cuttings for replanting directly influences cultivation efficiency. Manual cutting processes present limitations in processing time, accuracy, and operational performance. This study aims to reduce processing time and enhance cutting efficiency by applying Engineering Design principles integrated with the ECRS concept to analyze and improve the workflow. The existing method was evaluated through a time study under actual operating conditions. Normal and standard times were determined using the Westinghouse System of Rating. A prototype cutting machine was then designed,

developed, and experimentally tested. The results show that cutting time decreased from 332.20 seconds to 21.91 seconds per cycle, representing a 93.40% reduction. The findings confirm the effectiveness of engineering-based process improvement in enhancing productivity in agricultural production systems.

Keywords: Time reduction, Work improvement, Cassava stem cutting machine

1. บทนำ

ตามรายงาน Agricultural Statistics of Thailand ปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับ 3 ของโลกรองจากไนจีเรียและคองโก โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยว 9.92 ล้านไร่ โดยมีตลาดหลักในการส่งออกคือจีนและญี่ปุ่น [1] โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่เพาะปลูกหลัก เนื่องจากลักษณะดินร่วนปนทรายและดินเค็มที่เหมาะสมกับการปลูกมันสำปะหลัง [2] ในปี พ.ศ. 2563 มีรายงานว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเนื้อที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดของประเทศรวม 5.3 ล้านไร่ จากพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั่วประเทศ 9.4 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 57 ของประเทศ โดยจังหวัดที่ปลูกมากที่สุดตามภูมิภาคนี้ ได้แก่ นครราชสีมาและชัยภูมิ [3]

การปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ชุมชนบ้านวังกะทะ อำเภอนองบัวระเหว จังหวัดชัยภูมิ ยังคงอาศัยแรงงานคนเป็นหลักในทุกขั้นตอนของกระบวนการเพาะปลูก ซึ่งส่งผลให้ต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมันสำปะหลังเป็นพืชที่มีฤดูการเพาะปลูกที่แน่นอน หากไม่สามารถดำเนินการปลูกได้ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม อาจทำให้ท่อนพันธุ์เสื่อมคุณภาพ ไม่งอก หรือตาย ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งในด้านค่าใช้จ่าย แรงงาน และผลผลิตโดยรวมของเกษตรกร

จากการสำรวจสภาพการทำงานของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาพบว่า กระบวนการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังดำเนินการด้วยแรงงานคนทั้งหมด โดยเฉลี่ยใช้เวลา 332.20 วินาทีต่อรอบการทำงาน ซึ่งในหนึ่งชั่วโมงสามารถตัดได้เพียงประมาณ 10.83 รอบเท่านั้น หากพิจารณาการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง จะสามารถดำเนินการได้ประมาณ 86 รอบต่อวัน ส่งผลให้ต้องใช้แรงงานจำนวนมากในช่วงฤดูเพาะปลูก ปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดผลกระทบหลายประการ ได้แก่ ต้นทุนแรงงานสูงขึ้นในช่วงฤดูกาลเร่งด่วน ความล่าช้าในการเตรียม

ท่อนพันธุ์ส่งผลต่อระยะเวลาการปลูก ความไม่สม่ำเสมอของขนาดท่อนพันธุ์ ซึ่งอาจส่งผลต่ออัตราการงอก ความเหนียวล้าของแรงงานและความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้มีดหรือเครื่องมือตัดแบบดั้งเดิม เมื่อพิจารณาเชิงประสิทธิภาพ พบว่ากระบวนการเดิมมีลักษณะการทำงานที่ประกอบด้วยกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non-Value Added Activities) เช่น การวัดซ้ำ การจัดตำแหน่งลำต้นหลายครั้ง และการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น ซึ่งสะท้อนถึงโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการด้วยหลักการทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม

จากปัญหาความล่าช้าและการใช้แรงงานจำนวนมากในขั้นตอนการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง คณะผู้จัดทำจึงได้พัฒนาแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการออกแบบและจัดทำเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเตรียมพันธุ์ โดยนำหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ถูกนำมาใช้ร่วมกับหลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบ ทั้งนี้เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรในด้านความรวดเร็ว ความสะดวก และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงในภาคเกษตรกรรม การออกแบบดังกล่าวคาดว่าจะช่วยลดระยะเวลาในการตัดท่อนพันธุ์ ลดการฟุ้งพาดแรงงานคน รวมทั้งเพิ่มความสม่ำเสมอของขนาดท่อนพันธุ์ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพและความพร้อมของพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับการเพาะปลูก ทั้งนี้ การพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจึงถือเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการยกระดับกระบวนการผลิตของเกษตรกรในชุมชนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษากระบวนการทำงานและวิเคราะห์สาเหตุของความล่าช้าในขั้นตอนการตัดท่อนพันธุมันสำปะหลัง เพื่อออกแบบและจัดทำเครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลัง

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การศึกษาการทำงาน (Work Study)

การศึกษากการทำงาน (Work Study) คือ การศึกษาวิธี (Method Study) และการวัดผลงาน (Work Measurement) ซึ่งใช้ในการศึกษากระบวนการทำงานเพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น และพัฒนามาตรฐานการทำงาน และรวมไปถึงการนำเครื่องมือไปประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมให้บุคลากรมีประสิทธิภาพในการทำงาน การศึกษางานจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มผลผลิตและการปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยมี 2 เทคนิคดังนี้ [4], [5]

3.1.1 การศึกษาวิธี (Method Study) เป็นการศึกษาเพื่อหาวิธีการทำงานที่ง่ายที่สุด สะดวกรวดเร็ว ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาใช้แทนวิธีการทำงานเดิม

3.1.2 การวัดผลงาน (Work Measurement) คือ เทคนิคในการวัดปริมาณงานออกมาเป็นหน่วยเวลา หรือจำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำงานหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ซึ่งเป็นประโยชน์ในแง่ต่าง ๆ เช่น การวางแผนการผลิต การปรับปรุงคุณภาพของสายการผลิต การวัดผลงานเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน การศึกษาเพื่อลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น ส่วนการวัดผลงานเป็นการศึกษาเพื่อลดเวลาที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าในสายการผลิต [5]

3.2 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษาเวลาหรือการวัดงาน คือ เทคนิคที่นำมาใช้ในการควบคุมการจัดการในการพัฒนาการทำงานกับปริมาณการผลิตซึ่งเกี่ยวกับการวัดผลงานซึ่งผลที่ได้จะมีหน่วยเป็นนาที่หรือวินาทีที่คนงานหนึ่งคนสามารถทำงานนั้น ๆ ได้ตามวิธีการที่กำหนดให้ เทคนิคของการวัดงาน

3.2.1 การศึกษาเวลาโดยตรงเป็นเทคนิควัดผลงานอย่างหนึ่งโดยผู้ทำการวัดผลงานต้องศึกษาการปฏิบัติงานของคนงานและจับเวลาในการทำงาน

3.2.2 เครื่องมือการศึกษาเวลาโดยตรง อาศัยการจับ

เวลาด้วยเครื่องมือบันทึกเวลา และแผ่นบันทึกข้อมูล [4], [6]

3.3 การประเมินอัตราเร็วของพนักงาน

หรือการประเมินประสิทธิภาพในการทำงาน วิธีประเมินอัตราการทำงานใช้ Westinghouse System of Rating โดยพิจารณาจากองค์ประกอบ 4 อย่าง คือ

3.3.1 ทักษะหรือความชำนาญ (Skill) คือ ความชำนาญในงานที่ทำ

3.3.2 ความพยายาม (Effort) คือ ความตั้งใจหรือสมรรถภาพของบุคคลซึ่งสามารถที่จะทำการกิจ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานได้เป็นผลสำเร็จ

3.3.3 สภาพเงื่อนไขการทำงาน (Condition) คือ สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปในการทำงานนั้น ๆ

3.3.4 ความสม่ำเสมอ (Consistency) คือ การรักษาความเร็วจังหวะหรือระดับของผลในการทำงานการประเมินอัตราความเร็วของพนักงานจะให้คะแนนขององค์ประกอบทั้ง 4 ตัวนี้ [4]

3.4 การคำนวณหาเวลาปกติ (Normal Time)

การหาเวลาปกติในการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการทำงานจริงเฉลี่ย (Selected-Time) และหาค่าประสิทธิภาพในการทำงาน (Rating Factor) ดังนั้นสามารถหาเวลาปกติของงานย่อย ๆ ได้โดยวิธีการคำนวณดังนี้ [4]

$$NT = ST \times RF \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ NT คือ เวลาปกติ (Normal Time)

ST คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานจริง (Selected Time)

RF คือ ประสิทธิภาพในการทำงาน (Rating Factor)

3.5 คำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)

ในการศึกษาเพื่อหาเวลามาตรฐานควรเริ่มจากการวิเคราะห์สภาพการทำงานตามปกติของงาน และเลือกพนักงานที่มีความชำนาญ ด้วยความเร็วที่สม่ำเสมอจากนั้นจึงนำเวลาเฉลี่ยที่ได้มาทำการคำนวณกับอัตราเร็วและค่าเผื่อเวลา เพื่อหาเวลาปกติและเวลามาตรฐานของขั้นตอนกระบวนการ [4]

$$\text{Standard Time (Std)} = \text{NT} \times (1 + A) \quad (2)$$

NT = เวลาปกติ (Normal Time)

A = เวลาเผื่อ (Allowance)

3.6 เทคนิค ECRS

การศึกษาวิธีการ เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานนั้น จะวิเคราะห์รายละเอียดขององค์ประกอบงานเหล่านั้น และทำการค้นหาแนวทางปรับปรุงวิธีการทำงานนั้น ๆ อย่างเป็นระบบ ด้วยหลักการ ECRS คือ การกำจัด องค์ประกอบงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate) การรวมหลาย ๆ องค์ประกอบงานให้ทำได้ในสถานที่เดียวกันหรือทำ ไปพร้อม ๆ กัน (Combine) การจัดเรียงลำดับ องค์ประกอบงานใหม่ ให้การไหลของงานราบรื่นขึ้น (Rearrange) และการหาแนวทางทำให้องค์ประกอบงาน ทำได้ง่ายกว่าเดิม (Simplify) ดังนั้นสามารถทำ องค์ประกอบงานนั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเสร็จเร็ว ขึ้นและง่ายขึ้นนอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการ ออกแบบวิธีการทำงานหรือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ใหม่หรือการให้บริการใหม่ [6], [7], [8]

3.7 การออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นขั้นตอน ที่นำมาใช้ในการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา ซึ่ง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้จะเริ่มจากการระบุ ปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์ เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้ วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงวางแผนและพัฒนาสิ่งของ เครื่องใช้หรือวิธีการ เมื่อสร้างขึ้นงานหรือวิธีการ เรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบ หากมีข้อบกพร่องก็ให้ทำ การปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้ วิธีการนั้น สามารถใช้แก้ปัญหาได้ [9-10]

3.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากผลการวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการพัฒนาและ นำเสนอเทคนิคที่หลากหลายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ กระบวนการทำงาน ทั้งในมิติของการบริหารจัดการ ภายในองค์กร การควบคุมต้นทุน การจัดสรรทรัพยากร ตลอดจนการลดระยะเวลาในกระบวนการผลิต โดยมี เป้าหมายสำคัญเพื่อให้องค์กรสามารถนำเสนอ

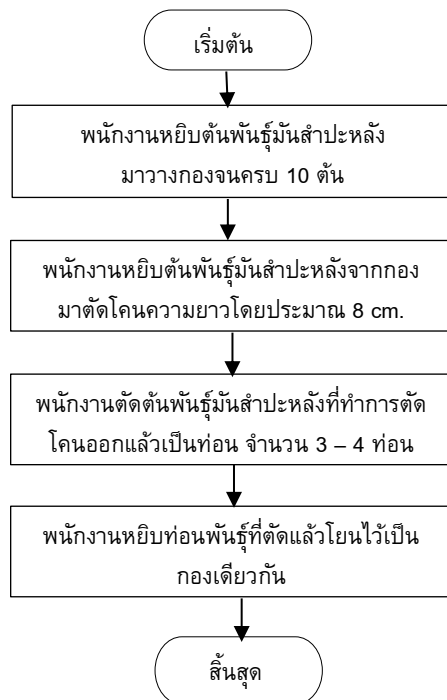
ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงในราคาที่สามารแข่งขันได้ใน ตลาดโลก แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความ จำเป็นที่องค์กรต้องพัฒนาและปรับปรุงผลผลิตอย่าง ต่อเนื่อง เพื่อรองรับความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและ การแข่งขันทางธุรกิจที่รุนแรงขึ้น [11] การปรับปรุง กระบวนการผลิตมิได้เป็นเพียงการลดขั้นตอนการ ทำงานเท่านั้น หากแต่เป็นการจัดข้อจำกัดและความ สูญเปล่าที่เกิดขึ้นในระบบการผลิต เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ ที่มีคุณภาพสูงขึ้นและปริมาณผลผลิตที่มากขึ้น ตลอดจน การเพิ่มขีดความสามารถในการทำกำไรขององค์กร [12] งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนหนึ่งได้แสดงให้เห็นถึง งานวิจัยที่มุ่งเน้นการลดเวลาการเปลี่ยนรุ่นการผลิตของ กระบวนการฉีดพลาสติก แนวทางการแก้ไขและ ปรับปรุงงานได้รับการพัฒนาขึ้นตามหลักการ ECRS ผลลัพธ์จากการดำเนินการพบว่าเวลาการเปลี่ยนรุ่นการ ผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จาก 3,960 วินาที เหลือ 3,582 วินาที คิดเป็นการลดลง 378 วินาที หรือร้อยละ 9.54 [13] และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนหนึ่งได้แสดง ให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้หลักการศึกษางาน (Work Study) และการวิเคราะห์กระบวนการผลิต (Process Analysis) โดยมุ่งเน้นการทำความเข้าใจการไหลของ วัตถุดิบ บุคลากร และอุปกรณ์ในระบบการผลิต การ ประยุกต์ใช้หลักการ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) สามารถช่วยลดขั้นตอนการ ทำงานลง ตัวอย่างเช่น งานวิจัยหนึ่งสามารถลดจำนวน ขั้นตอนเหลือเพียง 20 และ 25 ขั้นตอน ลดเวลาการ ทำงานลงเหลือ 23.14 นาที/ห้อง และ 31.56 นาที/ห้อง รวมถึงลดจำนวนพนักงานจากเดิมเหลือเพียง 4 คน ส่งผลให้สามารถประหยัดต้นทุนด้านแรงงานได้มากถึง 9,000 บาทต่อเดือน [14] นอกจากนี้ หลักการปรับปรุง กระบวนการยังเชื่อมโยงกับแนวคิดการลดความสูญ สูญเปล่า (Waste Elimination) ตามที่ Lean Production กล่าวถึงความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ ได้แก่ การผลิต เกินความต้องการ (Overproduction) การรอคอย (Waiting) การขนย้าย (Transportation) กระบวนการที่ ไม่จำเป็น (Over-processing) สินค้าคงคลังเกิน (Inventory) การเคลื่อนไหวที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Motion) และของเสีย (Defects) การวิจัยบางชิ้นได้ มุ่งเน้นการลดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า (Non-Value

Added Activities) โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ เช่น 5W1H (What, Why, Where, When, How) เพื่อประเมินความจำเป็นของแต่ละกระบวนการและหาแนวทางปรับปรุงที่เหมาะสม ร่วมกับการใช้หลักการ ECRS เพื่อออกแบบกระบวนการใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [15] ในอีกด้านหนึ่ง การนำแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) มาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาทางอุตสาหกรรม ช่วยให้นักวิจัยและผู้ปฏิบัติงานสามารถระบุปัญหาที่แท้จริงได้อย่างเป็นระบบ ประเมินความซับซ้อนและความเชื่อมโยงของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสามารถกำหนดและประเมินทางเลือกในการแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีเหตุผล วิธีการดังกล่าวไม่เพียงช่วยให้การปรับปรุงกระบวนการผลิตมีความเป็นวิทยาศาสตร์และเชิงระบบมากขึ้น แต่ยังทำให้แนวทางการแก้ปัญหาที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในภาคอุตสาหกรรม [16] นอกจากนี้ การออกแบบเชิงวิศวกรรมยังสามารถนำแนวคิดการออกแบบไปสร้างเครื่องปั้นถ้วยชาม ในกระบวนการแปรรูปทางการเกษตร ส่งผลให้การออกแบบเครื่องปั้นและใบมีดของเครื่องปั้น สามารถช่วยให้ประหยัดต้นทุน ลดเวลางาน สามารถแปรรูปถ้วยชามให้เป็นผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็วขึ้น เพิ่มกำลังการผลิตส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น [17]

จากการทบทวนวรรณกรรม แม้ว่าจะงานวิจัยก่อนหน้านี้จะมีการประยุกต์ใช้แนวคิด Lean และ ECRS ในการลดเวลาและความสูญเสียในกระบวนการผลิต แต่ยังขาดงานวิจัยที่นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเฉพาะสำหรับการตัดท่อนพันธู่มันสำหรับในระดัชมุมชนของเกษตรกรโดยตรง อีกทั้งยังไม่มีกรณีศึกษาที่แสดงผลเชิงเวลา ประสิทธิภาพการผลิต และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร่วมกันอย่างชัดเจน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวโดยพัฒนาเครื่องต้นแบบและประเมินผลอย่างเป็นระบบ

4. วิธีการวิจัยและดำเนินงาน

4.1 ศึกษาขั้นตอนการตัดท่อนพันธู่มันสำหรับ



รูปที่ 1 ขั้นตอนการตัดท่อนพันธู่มันสำหรับ

4.2 การศึกษาด้านเวลาในการทำงาน

การศึกษาเวลาการทำงานของขั้นตอนการตัดท่อนพันธู่มันสำหรับ จะทำการจับเวลาเพื่อหาค่าเฉลี่ยในการทำงาน 10 รอบ ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลไม่เกิน $\pm 5\%$ ภายใน 95 % ของความเชื่อมั่น

การจับเวลาในแต่ละขั้นตอนจะจับมาทั้งหมด 10 รอบ ซึ่งเพียงพอแล้ว โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้มีการจับเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอน จึงได้นำเอาข้อมูลมาเพื่อคำนวณค่าพิสัย (R) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และทำการคำนวณ $R/\bar{X}$ เพื่อหาขอบการจับเวลาที่เหมาะสม โดยอ้างอิงจากตาราง Maytag ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รอบที่เหมาะสมเท่ากับ 6, 7, 2, 4 รอบ ตามลำดับ แสดงว่าการจับ 10 รอบ นั้นมีความเพียงพอที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

4.3 คำนวณหาเวลามาตรฐาน

นำเวลาเฉลี่ยที่ได้จากการจับเวลาข้างต้น มาทำการคำนวณกับอัตราเร็วและค่าเผื่อเวลา เพื่อหาเวลาปกติและเวลามาตรฐานของขั้นตอนโดยการประเมินอัตราความเร็ว (Rating Factor; RF) ใช้วิธีการประเมินและกำหนดระดับคะแนนการทำงานตามวิธีของ Westinghouse System of Rating ได้ประเมินคะแนนของกรณีศึกษาทั้ง 4 ด้านดังนี้ [4]

- 1.ทักษะ(Skill) $C1=+0.06$
- 2.ความพยายาม(Effort) $C2=+0.02$
- 3.สภาพการทำงาน(Condition) $D=+0.00$
- 4.ความสม่ำเสมอ(Consistency) $C=+0.01$

รวมคะแนน +0.09

โดยค่าที่ได้จากการประเมินเป็นค่าบวกแสดงว่าพนักงานทำงานเร็วปกติโดยค่า +0.09 จะถูกนำไปรวมกับค่าคงที่เท่ากับ 1 ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากับ 1.09 หรือร้อยละ 1.09 และได้กำหนดเวลาเผื่อ (Allowance Time; A) จากตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงานเท่ากับ 1.13 จากนั้นได้คำนวณหาเวลาปกติและเวลามาตรฐาน ในสมการที่ (1) และ (2) ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เวลามาตรฐานของขั้นตอนการตัดท่อนพันธู่มันสำเร็จ (ก่อนปรับปรุง)

ขั้นตอน	S.T.	R.F	N.T	%A	Std.
1	34.0	1.09	37.1	1.13	41.9
2	56.3	1.09	61.3	1.13	69.3
3	130.6	1.09	142.3	1.13	160.8
4	18.1	1.09	19.7	1.13	22.3
รวม					332.2

ขั้นตอนการตัดท่อนพันธู่มันสำเร็จทั้งหมด 4 ขั้นตอน ใช้เวลาทั้งหมด 332.2 วินาที พบว่าขั้นตอนที่ใช้เวลาในการทำงานมากที่สุดในกระบวนการคือขั้นตอนที่ 3 พนักงานตัดต้นพันธู่มันสำเร็จจำนวน 3 – 4 ท่อนใช้เวลา 160.8 วินาที

จากนั้นจึงนำหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) มาการวิเคราะห์ระบุปัญหาและ

แนวทางแก้ปัญหา

4.4 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาโดยการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

4.4.1 ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

ใช้การตั้งคำถามด้วยหลัก 5W1H เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงวิธีการทำงานสามารถลดเวลาการตัดท่อนพันธู่มันได้โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ควบคู่กับการพิจารณาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการตามหลัก ECRS โดยพิจารณาขั้นตอนย่อยที่ 3 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การตั้งคำถาม 5W1H และแนวทางปรับปรุงตามหลัก ECERS ในขั้นตอนที่ 3

คำถาม 5W1H	คำตอบ 5W1H	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECERS
Who	พนักงานใช้เวลาในการตัดต้นพันธู่มันสำเร็จหลังงาน	การกำจัด (Eliminate) พิจารณากำจัดวิธีการตัดต้นพันธู่มันด้วยการให้
What	เวลาในการตัดท่อนพันธู่มันสำเร็จหลังงาน	พนักงานใช้มีดตัด โดยพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธู่มัน
When	ขั้นตอนการตัดท่อนพันธู่มันสำเร็จหลัง	-
Where	เกษตรกรปลูกมันสำเร็จหลัง ชุมชนบ้านวังกะทะ	-
Why	เพื่อต้องการท่อนพันธู่มันสำเร็จหลังสำหรับการปลูกใหม่	-
How	พัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธู่มันสำเร็จหลัง เพื่อช่วยลดเวลาในขั้นตอนการตัดท่อนพันธู่มันสำเร็จหลัง	การทำให้่ง่าย (Simplify) โดยพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธู่มันช่วยเพิ่มความรวดเร็วความแม่นยำในการตัด

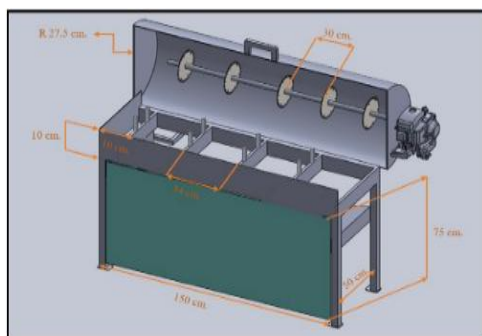
4.4.2 ขั้นที่ 2 รวบรวมแนวคิดแก้ไขปัญา (Related Information Search)

การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้กรอบคำถาม 5W1H จากการศึกษากระบวนการตัดท่อนพันธู่มันสำเร็จหลังใน

สภาพการปฏิบัติงานจริง พบว่ากระบวนการดังกล่าวใช้แรงงานคนเป็นหลักในการตัดทอนพันธุ์ด้วยมีด ส่งผลให้ใช้เวลาในการทำงานค่อนข้างนานและมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพการทำงาน และได้นำแนวคิด ECRS มาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยมุ่งเน้นการ กำจัด (Eliminate) ขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออก ได้แก่ การตัดทอนพันธุ์ด้วยมีดแบบเดิมซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลามาก และดำเนินการ ทำให้ง่าย (Simplify) โดยการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดทอนพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อช่วยลดขั้นตอนการทำงานและเพิ่มความสะดวกในการปฏิบัติงาน

4.4.3 ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

การออกแบบพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธู์ เพื่อลดเวลาในการตัดท่อนพันธู์นั้นสำปะหลังนั้นได้คำนึงถึงลักษณะของการนำไปใช้งานจริงของเกษตรกร จึงมีการพิจารณาในด้านขนาดและลักษณะของอุปกรณ์ และได้กำหนดคุณสมบัติของเครื่องตัดท่อนพันธู์ แสดงดังรูปที่ 2

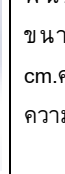
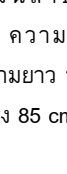
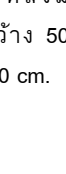


รูปที่ 2 เครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังที่ออกแบบ

4.4.4 ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

ในการวางแผนและดำเนินการแก้ไขผู้วิจัยได้
กำหนดรายละเอียดแต่ละส่วนของเครื่องตัดท่อนพุน้ำมัน
สำเร็จแล้ว แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดแต่ละส่วนของเครื่องตัดท่อนพินธุ์มัน
สำปะหลัง

ชิ้นส่วน	รายละเอียด
	โครงสร้างเครื่องตัดท่อน พันธุ์มันสำปะหลัง มี ขนาด ความกว้าง 50 cm.ความยาว 150 cm. ความสูง 85 cm.
	ฝาครอบด้านบน มีขนาด เส้นผ่าน ศูนย์กลาง 55 cm. ความยาว 160 cm. ความหนา 0.3 cm.
	เครื่องยนต์เบนซินขนาด เล็ก 2 จังหวะ
	แกนเพลลาที่ใช้เชื่อมต่อ ใบมีดกับมอเตอร์ มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางด้าน นอก 28 mm.
	ใช้ใบเลื่อยวงเดือน มีขนาด เส้นผ่าน ศูนย์กลาง 30 cm. จำนวน 80 ฟัน

หลังจากออกแบบรายละเอียดขนาดของอุปกรณ์ ผู้วิจัยได้เลือกวัสดุมาสร้างเครื่องตัดทอนพันธุ์มันสำปะหลัง โดยแบ่งเป็นการสร้างชิ้นส่วนบางชิ้นส่วนเองและซื้อชิ้นส่วนสำเร็จปรมาติดตั้ง แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายละเอียดชิ้นส่วนและวัสดุเพื่อทำเครื่องตัดท่อน
พันธุ์มันสำปะหลัง

ชิ้นส่วน	วัสดุ	วิธีการ
โครงสร้าง เครื่อง	เหล็ก SS400 มี ความแข็งแรง	สร้างเอง
ฝาครอบ ด้านบน	สามารถเชื่อมต่อได้ ง่าย	
เครื่องยนต์ ขนาดเล็ก	-	ซื้อ สำเร็จรูป
แกนเพลลา	เหล็ก SNCM439 มีความแข็งแรงสูง มาก ด้านทานการ สึกหรอและการล้า ได้ดี	สร้างเอง
ใบเลื่อย วงเดือน	-	ซื้อ สำเร็จรูป

ตารางที่ 5 ขั้นตอนและเวลาในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง
โดยใช้เครื่องตัด (หลังปรับปรุง)

ขั้นตอน	เวลา (วินาที)
1. พนักงานเปิดเครื่องตัดท่อนพันธุ์มัน สำปะหลัง	2.40
2. พนักงานหยิบต้นท่อนพันธุ์จำนวน 10 ต้นวางตามตำแหน่งของเครื่อง	6.04
3. พนักงานใช้มือซ้ายจับที่ด้ามจับของ ฝาเครื่องและมือขวาใช้ในการกดสวิตช์ เพื่อควบคุมการหมุนของแกนเพลลา โดยมือทั้งสองข้างจะทำการควบคุมฝา เครื่องให้เลื่อนลงมาตัดต้นพันธุ์มัน สำปะหลังให้เป็นท่อนมีขนาดความยาว 30 cm.	9.35
รวม	17.79

4.4.5 ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

จากการจัดทำสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มัน
สำปะหลังเรียบร้อยแล้ว ได้ให้เกษตรกรทำการทดลอง
ใช้เครื่องตัดท่อนมันสำปะหลังและประเมินผลในด้าน
ของเวลาที่ใช้ในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ทำการ
จับเวลาในแต่ละขั้นตอนหลังการปรับปรุงแสดงดังตาราง
ที่ 5 และคำนวณเวลามาตรฐานดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เวลามามาตรฐานของขั้นตอนการตัดท่อนพันธุ์มัน
สำปะหลังโดยใช้เครื่องตัด (หลังปรับปรุง)

ขั้น ตอน	S.T.	R.F	N.T	%A	Std.
1	2.40	1.09	2.62	1.13	2.96
2	6.04	1.09	6.58	1.13	7.44
3	9.35	1.09	10.19	1.13	11.51
รวม					21.91



รูปที่ 3 การทดสอบใช้เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าขั้นตอนในการตัดท่อน
พันธุ์มันสำปะหลังก่อนการปรับปรุงมีขั้นตอนทั้งหมด 4
ขั้นตอน หลังปรับปรุงสามารถลดเหลือ 3 ขั้นตอน และ
เวลาทั้งหมดของกระบวนการก่อนการปรับปรุงใช้เวลา
332.20 วินาที หลังการปรับปรุงใช้เวลา 21.91 วินาที
เวลาที่ลดลงเท่ากับ 311.01 วินาที คิดเป็น 93.40%
ฉะนั้นผลการปรับปรุงสามารถลดเวลาในขั้นตอนที่
พนักงานตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลังได้

4.5.6 ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน (Presentation)

ผลการปรับปรุงในการแก้ปัญหาเวลา
ที่พนักงานตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลังใช้เวลานาน หลังการ
ปรับปรุงหรือการแก้ไขปัญหา สามารถลดเวลาในเวลา

ในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้ โดยใช้เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ดังตารางที่ 7 ส่งผลให้เกษตรกรสามารถตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้เร็วยิ่งขึ้น



รูปที่ 4 พนักงานใช้มีดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง (ก่อนปรับปรุง)



รูปที่ 5 พนักงานใช้เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง (หลังปรับปรุง)

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

การทำงาน	ก่อน	หลัง	ผลปรับปรุง	% ผลปรับปรุง
ขั้นตอนทั้งหมดของกระบวนการตัด	4	3	1	25.00
เวลาทั้งหมดของกระบวนการตัด	332.20 Sec.	21.91 Sec.	311.01 Sec.	93.40

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการลดเวลาในขั้นตอนการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับ

การปลูกใหม่ โดยเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาที่ส่งผลให้กระบวนการตัดท่อนพันธุ์ใช้เวลานาน จากนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลกระบวนการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพการทำงานจริง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของความล่าช้าในแต่ละขั้นตอน

ผลการวิเคราะห์พบว่ากระบวนการตัดท่อนพันธุ์ที่ใช้แรงงานคนและมีดในการตัดเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและมีความไม่สม่ำเสมอของขนาดท่อนพันธุ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ร่วมกับหลักการ ECRS ซึ่งมุ่งเน้นการกำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น (Eliminate) และทำให้งานง่ายขึ้น (Simplify)

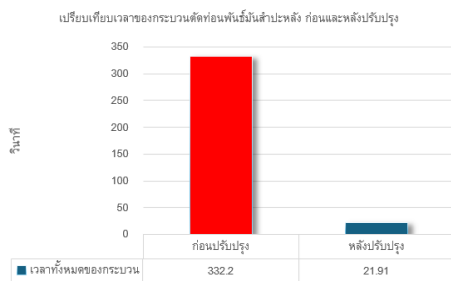
การปรับปรุงดังกล่าวได้ออกแบบและสร้างเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อช่วยในการจำลองและออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องตัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด หลังการพัฒนาพบว่าสามารถลดเวลาในกระบวนการตัดท่อนพันธุ์ได้โดยเวลาทั้งหมดของกระบวนการก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 332.20 วินาที และหลังการปรับปรุงลดลงเหลือเพียง 21.91 วินาที คิดเป็นการลดลงของเวลา 311.01 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 93.40

วิเคราะห์ผลผลิตภายใต้เวลาปฏิบัติงานวันละ 8 ชั่วโมง พบว่ากระบวนการตัดเดิมสามารถตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังได้เพียง 86.64 รอบต่อวัน ขณะที่ภายหลังการปรับปรุงโดยใช้เครื่องตัดท่อนพันธุ์สามารถเพิ่มผลผลิตเป็น 1,314.24 รอบต่อวัน หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 15.17 เท่า คิดเป็นการเพิ่มผลผลิตมากกว่าร้อยละ 1,417 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการผลิตต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

และจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าเครื่องต้นแบบมีต้นทุนการสร้างเท่ากับ 15,984 บาท ขณะที่สามารถสร้างมูลค่าการประหยัดแรงงานได้ประมาณ 3,542.50 บาทต่อวัน ส่งผลให้มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4.51 วันทำงาน หรือประมาณ 5 วันทำงาน

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแนวคิด ECRS

สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการลดเวลาแสดงดังรูปที่ 6 และเพิ่มปริมาณการผลิตต่อหน่วยพื้นที่สำหรับพื้นที่หลังต่อรอบการทำงาน รวมทั้งความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระยะสั้นอย่างชัดเจน



รูปที่ 6 เปรียบเทียบเวลาในขั้นตอนการตัดทอนพื้นที่สำหรับพื้นที่ก่อนและหลังปรับปรุง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design)

สามารถลดเวลาการตัดทอนพื้นที่สำหรับพื้นที่หลังลงได้ร้อยละ 93.40 ซึ่งการลดลงดังกล่าวไม่ได้เกิดจากการเพิ่มความเร็วของผู้ปฏิบัติงาน แต่เกิดจากการออกแบบกระบวนการใหม่ตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ที่มุ่งเน้นการลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non-Value Added Activities)

5.2.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการทดลองในพื้นที่เกษตรกรรมเพียงแห่งเดียว และทดสอบภายใต้สภาพการทำงานจริงในช่วงเวลาจำกัด จึงอาจมีความแตกต่างเมื่อประยุกต์ใช้ในบริบทพื้นที่หรือสายพื้นที่สำหรับพื้นที่ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังไม่ได้ศึกษาความทนทานของเครื่องจักรในระยะยาว

5.2.3 แนวทางวิจัยในอนาคต

พัฒนาเครื่องให้รองรับหลายขนาดลำต้นเพิ่มระบบป้องกันอันตรายในการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. รายงานสถิติรายปีประเทศไทย [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 2568 กรกฎาคม 4]. เข้าถึงได้จาก: <https://shorturl.asia/AsmSb>
- [2] Ploddee P, S Phoona and B Mokmoor. Soil Capacity Assessment Guidelines for Planting Cassava in Nakhon Ratchasima. Land Development Department Bangkok: 2017. (in Thai).
- [3] Office of Agricultural Economics. Agricultural Statistics of Thailand. Office of Agricultural Economics Bangkok: 2021. (in Thai).
- [4] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคุณ. การศึกษาทางอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์ท็อป; 2562.
- [5] วันชัย ริจิรวณิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555.
- [6] มงคล กิตติญาณขจร มณีมนต์ วงหัจจ และมัทนา สุขสมบูรณ์. การประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็วและ ECRS เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร: กรณีศึกษา กระบวนการผลิตหัวเชื้อเครื่องตีผสมดินผง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2563; 27(1): 1-11.
- [7] Pongchairerks P. Benefits and applications of methods engineering. Kasetsart Engineering Journal. 2013; 83(26): 84-91.
- [8] Authayarat W, Ariyajunya B. The Application of Service Design Thinking and Work Study in Process Improvement of Community Enterprise Manufacture: A Case Study of Granola Bar Production Process. Naresuan University Engineering Journal. 2021; 16(1): 39-52.

- [9] Clinton G, Hokanson B. Creativity in the training and practice of instructional designers: the Design/Creativity Loops model. Educational Technology Research and Development. 2012; 60(1): 111-130.
- [10] Middleton H. Creative thinking values and design and technology education. International journal of technology and design education. 2005; 15(1): 61-71.
- [11] Centre for the Study of Living Standards. International Productivity Monitor [Internet]. 2017 [cited 2024 July 4] available from: <https://shorturl.asia/DYOQ1>
- [12] Mazumder S, Kabir G, Hasin M, Ali S. Productivity Benchmarking Using Analytic Network Process (ANP) and Data Envelopment Analysis (DEA). Big Data and Cognitive Computing. 2018; 27: 1-14.
- [13] รัตนภรณ์ วงษ์ทอง ชีรวิทย์ เชื้อนแก้ว เอกองค์การ น้อมมนัส ปรวิทย์ เจียนตอน ปรเมศวร์เป้าวรรณ และเฉลิมชัย กุลเสียบ. การลดเวลาการเปลี่ยนรูป การผลิตของกระบวนการฉีดพลาสติก: กรณีศึกษา. วารสารเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ. 2568; 4(1): 35-44.
- [14] ธรรมศักดิ์ ค่วยเทศ ชีรพล เกื้อนแพ และนิศาชล จันทรานภาสวัสดิ์. การลดความสูญเปล่าใน กระบวนการทำงานของอุตสาหกรรมบริการด้าน โรงแรมโดยแผนภูมิการไหล. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2564; 31(1): 180-192.
- [15] Hines P, Rich N. The seven value stream mapping tools. International journal of operations & production management. 1997; 17(1): 46-64.
- [16] Wonsiri N, Pantapalangkoor B, Ketsing J. Developing ninth graders' complex problem solving competency via engineering design problem-based learning. Journal of education naresuan university. 2022; 24(3): 147-157.
- [17] ก้องภพ จันทรแดง กิตติชนม์ เมืองเกตุ ชาติชาย สนเสริม บัญชา พุทธากุล และอดิศักดิ์ ไสวอมร. การออกแบบและสร้างเครื่องปั้นกัล้วยสุก. Industrial Technology Journal. 2567; 9(2): 153-163.