



## การพัฒนาเครื่องคันหูกเส้นไหมด้วยเทคนิค ECRS

## The Development of Silk Weft Preparation Machine by ECRS Technique

มานนช ธิติโย<sup>1\*</sup> นิคม ลนขุนทด<sup>2</sup> อรุณ อุ่นไธสง<sup>2</sup> วิทยา อินทร์สอน<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

<sup>2</sup> คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

<sup>3</sup> วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์

Manote Rithinyo<sup>1\*</sup> Nikom Lonkuntos<sup>2</sup> Arun Ounthaisong<sup>2</sup> Withaya Insorn<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD student Program in Industrial Technology, Surindra Rajabhat University

<sup>2</sup> Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University

<sup>3</sup> Surin Technical College

\* Corresponding author.

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

E-mail: manote@muti.ac.th; Telephone: 08 6651 4669

### บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องคันหูกเส้นไหมด้วยเทคนิค ECRS มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาเครื่องคันหูกเส้นไหมให้สามารถคันหูกเส้นไหมได้ความยาว 44 เมตร และการลดการใช้พลังงานของผู้ปฏิบัติงานในขณะการคันหูกเส้นไหม โดยใช้เทคนิคการคิดหาวิธีการปรับปรุงงานแบบ ECRS จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่าการคันหูกเส้นไหมด้วยอุปกรณ์คันหูกเส้นไหม (แบบเดิม) ทำให้กำลังการผลิตต่ำ และผลการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตต่ำ คือ ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้าขณะดำเนินการคันหูกเส้นไหม วิธีการทำงานผิดหลักการยศาสตร์ รวมถึงมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี การวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องคันหูกเส้นไหมด้วยการตัดทอนขั้นตอนการทำงานและลดการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดความสูญเปล่า (E-Eliminate) การรวมขั้นตอนการเตรียมเส้นไหมเข้าด้วยกัน (C-Combine) และการปรับปรุงวิธีการคันหูกเส้นไหมให้ง่ายขึ้น (S-Simplify)

ผลการพัฒนาเครื่องคันหูกเส้นไหมด้วยเทคนิค ECRS พบว่า สามารถลดเวลาการคันหูกเส้นไหม ขนาด 7 ฟืน 11 ฟืน และ 17 ฟืน ลงได้เท่ากับร้อยละ 56.45 62.12 และ 67.01 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาการคันหูกเส้นไหมด้วยอุปกรณ์คันหูกเส้นไหม (แบบเดิม) และสามารถลดการใช้พลังงานของผู้ปฏิบัติงานในการคันหูกเส้นไหมขนาด 7 ฟืน 11 ฟืน และ 17 ฟืน ลงได้ เท่ากับร้อยละ 17.35 16.28 และ 31.59 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหมด้วยอุปกรณ์คันหูกเส้นไหม (แบบเดิม)

### คำสำคัญ

เครื่องคันหูกเส้นไหม หลักการยศาสตร์ เทคนิค ECRS

### Abstract

This study aims at developing the silk weft preparation machine which can produce 44 meter length weft as well as reducing workers' energy while they are working. ECRS technique was used to improve the machine. According to problem analysis, the researcher found that the traditional silk weft preparation tool could produce low number of productions. After consideration on problems found, the most important problem affecting low number of production were 1) Human fatigue, 2) Ergonomics risk and 3) the limitation of technology. This study developed the silk weft preparation machine, based on ECRS techniques, which could help 1) cutting working steps and reducing movement that cause time wasting

to get silk together in the weft (E-Eliminate), 2) combining some steps (C-Combine), and 3) developing easier silk weft preparation (S-Simplify).

The results of the study found that the silk weft preparation machine using ECRS technique reduced the time for weft preparation with the following amount, 7 pieces (14 meters), 11 pieces (22 meters), and 17 pieces (31 meters) at 56.45%, 62.12% and 67.01% respectively. Moreover, it helped reducing the workers' energy at 17.35%, 16.28% and 31.59% respectively comparing to the result of using traditional weft preparation tool.

## Keywords

silk weft preparation machine; ergonomics; ECRS technique

## 1. บทนำ

ที่ผ่านมา รัฐบาลตั้งเป้าหมายให้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม วิสาหกิจรายย่อย และวิสาหกิจชุมชน มีรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 100,000 ล้านบาท ถือว่าเป็นรายได้จำนวนมากสำหรับประเทศไทย ซึ่งผู้เกี่ยวข้องจึงต้องหาแนวทางการพัฒนากลุ่มดังกล่าวให้มีศักยภาพการแข่งขันในตลาดต่างประเทศ [1] การเพิ่มศักยภาพการแข่งขันนั้นจำเป็นต้องมุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถการใช้ทุนมนุษย์ ทุนกายภาพ และทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับสินค้าและบริการ (Value Creation) และการเพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency) ในกระบวนการผลิต ซึ่งรวมกันเรียกว่าผลิตภาพการผลิต (Productivity) ถือว่าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญของการแข่งขัน [2]

ผ้าไหมเป็นหนึ่งในสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ประเภทผ้าและเครื่องแต่งกาย ถึงแม้ว่าผ้าไหมมีราคาสูงแต่ยังเป็นที่ยอมรับเพราะมีความสวยงามและมีเอกลักษณ์ ดังนั้นผู้ผลิตควรดำรงรักษาลวดลายเอกลักษณ์ของแต่ละท้องถิ่นให้คงอยู่คู่กับการพัฒนาลวดลายใหม่ ๆ ที่ทันสมัย เพื่อขยายกลุ่มของผู้บริโภคให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคเลือกซื้อผ้าไหมคือ คุณภาพของผ้าไหม และประเภทของเส้นไหมที่นิยมมากที่สุดคือ เส้นไหมพันธุ์พื้นเมือง [3] ถึงแม้ว่าอาชีพทอผ้าไหมจะมีกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย แต่ผ้าไหมที่มีชื่อเสียงส่วนใหญ่อยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [4] เนื่องจากชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความสามารถด้านการสร้างสรรค์การทอผ้าไหม ภูมิปัญญาอีสานเหล่านั้นนับว่าเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่มีคุณค่า และการสืบทอดมาหลายชั่วอายุคน ทำให้ชุมชนในพื้นที่ชนบทของภาคตะวันออกเฉียงเหนือหลายแห่งยังคงมีการทอผ้าไหมเป็นวิถีชีวิตและวิถีวัฒนธรรมมาจนถึงทุกวันนี้

เมื่อพิจารณาภาพรวมปัญหาของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม วิสาหกิจรายย่อย และวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตสินค้า OTOP พบว่าสินค้าหรือบริการที่มีความเป็นนวัตกรรมมีจำนวนน้อย ส่วนใหญ่เกิดจากการลอกเลียนแบบกัน ปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต และการพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถการแข่งขัน คือปัญหาด้านการผลิต ปัญหาการขาดเทคโนโลยีการผลิต และไม่มีทักษะการผลิต [5-9] จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นสามารถสรุปปัญหาสำคัญของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ทอผ้าไหมทอมือ คือประสิทธิภาพการผลิตต่ำ ซึ่งมีสาเหตุมาจากขาดการพัฒนากระบวนการเตรียมเส้นไหมสำหรับการผลิตผ้าไหมทอมือ จากการศึกษาต่อไปพบว่าขั้นตอนที่มีความสำคัญของกระบวนการเตรียมเส้นไหม คือ ขั้นตอนการคันหูกเส้นไหม ซึ่งเป็นขั้นตอนการจัดเรียงเส้นไหมยืนสำหรับการทอผ้าไหม และจากการศึกษาขั้นตอนการคันหูกเส้นไหมของกลุ่มผู้ทอผ้าไหมทอมือ จังหวัดสุรินทร์ พบว่าขั้นตอนการคันหูกเส้นไหมเป็นขั้นตอนหนึ่งที่ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ปฏิบัติ จากการศึกษาต่อไปพบว่าปัญหาของขั้นตอนการคันหูกเส้นไหม คือ กำลังการผลิตต่ำ ซึ่งมีสาเหตุจากผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้าขณะดำเนินการคันหูกเส้นไหม และการออกแบบอุปกรณ์คันหูกเส้นไหมไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การคันหูกเส้นไหมลายโฮล ความกว้าง 1.02 เมตร ความยาว 23.75 เมตร หรือ 11 ผืน ผู้ปฏิบัติต้องคันหูกเส้นไหมจำนวน 196 รอบ ใช้เวลาการคันหูกเส้นไหม 254 นาที 24 วินาที [10] นฤดม ทาดี และคณะ วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องคันหูกเส้นฝ้ายสำหรับเส้นฝ้ายยืน โดยศึกษาหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาล้าและความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานด้วยหลักการของการศึกษางาน ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน พบว่าสามารถลดระยะทางการปฏิบัติงานลงได้ร้อยละ 99.64 และ

ลดเวลาการทำงานลงได้ร้อยละ 11.25 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำงานแบบเดิม และ [11] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร และคณะ วิจัยและพัฒนาเครื่องคันทุกลเส้นไหม ใช้ข้อมูลกลุ่มสตรีทอผ้าไหมจังหวัดนครราชสีมาและสุรินทร์ ซึ่งสามารถพัฒนาเครื่องคันทุกลเส้นไหมให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น โดยลดผู้ปฏิบัติงานจากเดิม 2 คนเหลือ 1 คน และคันทุกลเส้นไหมด้วยเครื่องคันทุกลเส้นไหมได้ความยาว 40 เมตร วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องคันทุกลเส้นไหมให้สามารถคันทุกลเส้นไหมได้ความยาว 44 เมตร และลดการใช้พลังงานของผู้ปฏิบัติงานในขณะการคันทุกลเส้นไหม โดยใช้เทคนิคการคิดหาวิธีการปรับปรุงงานแบบ ECRC

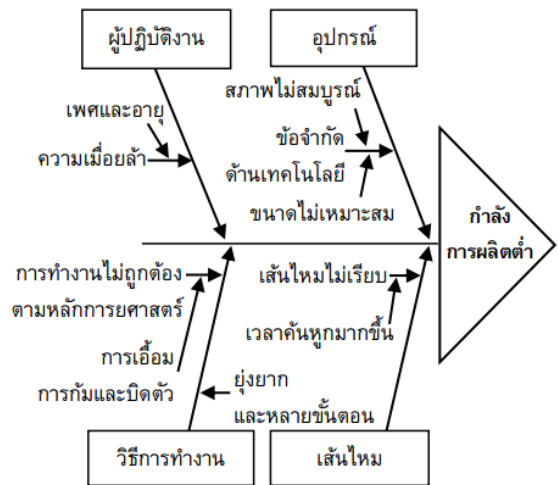
## 2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### 2.1 การวิเคราะห์ปัญหาการคันทุกลเส้นไหม

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเวลาการคันทุกลเส้นไหม สำหรับการทอผ้าไหมคลุมไหล่ ขนาด 7 ฟืน การทอผ้าไหมทางกระรอก ขนาด 11 ฟืน และการทอผ้าไหมผืน ขนาด 17 ฟืน จำนวน 30 ข้อมูล ณ กลุ่มทอผ้าไหมจังหวัดสุรินทร์ ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4.223 3.055 และ 2.870 ตามลำดับ และ ค่า p-value = 0.567 0.317 และ 0.807 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 0.05 หมายความว่าข้อมูลเวลาการคันทุกลเส้นไหม ทั้ง 3 ประเภท มีการกระจายตัวแบบปกติ โดยมีเวลาเฉลี่ยการคันทุกลเส้นไหมสำหรับการทอผ้าไหมคลุมไหล่ ขนาด 7 ฟืน = 60.69 วินาทีต่อรอบ การทอผ้าไหมทางกระรอก ขนาด 11 ฟืน = 73.79 วินาทีต่อรอบ และการทอผ้าไหมผืน ขนาด 17 ฟืน = 94.49 วินาทีต่อรอบ

จากรูปที่ 1 การศึกษากระบวนการคันทุกลเส้นไหม สามารถกำหนดปัญหาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยผังแสดงเหตุและผล ซึ่งพบว่าปัญหาของกระบวนการคันทุกลเส้นไหม คือ กำลังการผลิตต่ำ ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยผังแสดงเหตุและผล ดังนี้

- 1) ผู้ปฏิบัติงาน การคันทุกลเส้นไหมด้วยอุปกรณ์คันทุกลเส้นไหมใช้ผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 2 คน ด้วยการนั่งกับพื้น และหันหน้าเข้าหากัน ดังรูปที่ 2 จากการสำรวจข้อมูลของผู้ปฏิบัติงานการคันทุกลเส้นไหม พบว่ามีอายุเฉลี่ย 55 ปี ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ซึ่งต้องปฏิบัติงานใน



รูปที่ 1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการคันทุกลเส้นไหม



รูปที่ 2 อุปกรณ์คันทุกลเส้นไหม [11]

ลักษณะนั่งและใช้มือซ้ายและขวาจับเส้นไหมดึงพันกับหลักคันทุกลเส้นไหมด้านซ้ายและขวา ทำให้ต้องมีการเคลื่อนไหวในลักษณะการเอื่อม การก้ม และบิดตัวสลับซ้ายขวายอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดความเมื่อยล้า ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานคันทุกลเส้นไหมช้าลง

- 2) อุปกรณ์คันทุกลเส้นไหม มีขนาดความกว้าง 110 เซนติเมตร ความยาว 125 เซนติเมตร ทำด้วยไม้ ส่วนใหญ่มีสภาพไม่สมบูรณ์ เช่น ไม่แข็งแรง ชิ้นส่วนต่าง ๆ ถูกติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่เที่ยงตรง
- 3) วิธีการทำงาน การคันทุกลเส้นไหม มีขั้นตอนดังนี้ 1) การเตรียมอุปกรณ์ ประกอบด้วย การเสียบหลอดเส้นไหม การเตรียมชุดพาดเส้นไหมซึ่งทำจากก้านกล้วยและไม้ไผ่ และการพาดเส้นไหม และ 2) การคันทุกลเส้น

ใหม่ จากการศึกษาพบว่า การคันหูกเส้นไหมมีวิธีการทำงานไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานอยู่ในลักษณะนั่งและใช้มือซ้ายและขวาจับเส้นไหมตึงพันกับหลักคันหูกเส้นไหมด้านซ้ายและขวา ทำให้ต้องมีการเคลื่อนไหวที่ในลักษณะการเอี้ยว การก้ม และบิดตัวสลับซ้ายขวาตามจังหวะการคันหูกเส้นไหม

- 4) เส้นไหม ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบข้อบกพร่องเส้นไหมของกลุ่มผู้ทอผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์ ณ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติจังหวัดนครราชสีมา พบว่าขนาดเส้นไหมยืนที่นิยมใช้มากที่สุดคือขนาด 125 ดีเนียร์ จากการเก็บข้อมูลข้อบกพร่องของเส้นไหมพบว่า เส้นไหมมีขนาดไม่สม่ำเสมอ มีปมปม เส้นไม่เรียบ มีรอยต่อจากการขาดในขณะสาวเส้นไหม และผลการทดสอบเพื่อจัดชั้นคุณภาพของเส้นไหมดิบพบว่าขนาดเส้นไหมมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 47.73 ซึ่งจัดชั้นคุณภาพของเส้นไหมอยู่ในเกณฑ์ชั้นคุณภาพ C ผลจากเส้นไหมมีขนาดไม่สม่ำเสมอ มีปมปม เส้นไม่เรียบ ทำให้การคันหูกเส้นไหมซึ่งต้องดึงเส้นไหมผ่านชุดพาดเส้นไหมใช้เวลามากขึ้น

จากรูที่ 1 พบว่า ปัญหาของกระบวนการคันหูกเส้นไหม คือ กำลังการผลิตต่ำ ซึ่งมีสาเหตุจากผู้ปฏิบัติงาน อุปกรณ์คันหูกเส้นไหม วิธีการทำงาน และ เส้นไหม การประเมินความสำคัญของสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode Effects

Analysis : FMEA) เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมในกระบวนการคันหูกเส้นไหม โดยการระดมสมองของผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประธานกลุ่มทอผ้าไหมพื้นเมือง ตัวแทนกลุ่มทอผ้าไหมพื้นเมือง และนักวิชาการ จำนวน 15 ท่าน เพื่อพิจารณาคุณลักษณะในระดับความรุนแรงของปัญหา (Severity: S) มีค่าตั้งแต่ 1-5 จากรุนแรงน้อยไปรุนแรงมาก ความถี่ของปัญหา (Occurrence หรือ Frequency: O) มีค่าตั้งแต่ 1-5 ความถี่น้อยไปหาความถี่มาก และความเป็นไปได้การแก้ปัญหา (Detection: D) มีค่าตั้งแต่ 1-5 จากการแก้ไขปัญหาง่ายไปหาแก้ไขยาก เพื่อจัดลำดับความสำคัญและข้อบกพร่องตามตัวเลขกำหนดก่อนหลังความเสี่ยง (RPN : Risk Priority Number) =  $S \times O \times D$  ดังตารางที่ 1

จากการประเมินสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาทำให้ทราบสาเหตุที่ทำให้กำลังการผลิตต่ำ คือ ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้าขณะดำเนินการคันหูกเส้นไหมวิธีการทำงานผิดหลักการยศาสตร์รวมถึงข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี

## 2.2 การออกแบบเครื่องคันหูกเส้นไหม

การพัฒนาเครื่องคันหูกเส้นไหม โดยอาศัยเทคนิคการคิดหาวิธีการปรับปรุงงานแบบ ECRS ซึ่งใช้เฉพาะ E C และ S รายละเอียดดังนี้

2.2.1 E-Eliminate มุ่งเน้นตัดทอนขั้นตอนการทำงานและลดการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดความสูญเปล่า ได้แก่ การลดการเคลื่อนไหวตำแหน่งของแขนขา ลำตัวเบี่ยงเบนออกจากท่าปกติ และการทำงานด้วยท่าทางไม่เหมาะสม เช่น การยกแขน

ตารางที่ 1 การประเมินความสำคัญของสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหา

| ปัจจัย                                                     | คะแนนที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตต่ำ |                     |                              | RPN | ลำดับ |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------|-----|-------|
|                                                            | ความรุนแรงของปัญหา (S)          | ความถี่ของปัญหา (O) | ความเป็นไปได้การแก้ปัญหา (D) |     |       |
| 1. ปกรณ์คันหูกเส้นไหม<br>- ข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี           | 4                               | 5                   | 4                            | 80  | 3     |
| 2. วิธีการคันหูกเส้นไหม<br>- วิธีการทำงานผิดหลักการยศาสตร์ | 5                               | 5                   | 4                            | 100 | 2     |
| - ยุ่งยากและหลายขั้นตอน                                    | 3                               | 3                   | 3                            | 27  | 5     |
| 3. ผู้ปฏิบัติงาน<br>- ความเมื่อยล้า                        | 5                               | 5                   | 5                            | 125 | 1     |
| 4. เส้นไหม<br>เส้นไหมไม่เรียบ                              | 4                               | 4                   | 4                            | 64  | 4     |

ขึ้นเหนือศีรษะ การก้ม บิด เอี้ยวลำตัว ทำให้ลดการเคลื่อนไหวของผู้ปฏิบัติงานลงได้ รวมทั้งลดผู้ปฏิบัติงานเหลือเพียง 1 คน และออกแบบเครื่องคั่นทูกเส้นไหมให้สามารถคั่นทูกเส้นไหมได้ปริมาณมากขึ้นจากเดิม 23 เมตร เป็น 44 เมตร ซึ่งทำให้สามารถลดจำนวนครั้งของการสับทูกเส้นไหมให้น้อยลง

2.2.2 C-Combine มุ่งเน้นรวมการทำงานคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน โดยออกแบบชุดการเตรียมเส้นไหม ซึ่งประกอบด้วย การเสียบหลอดเส้นไหม การเตรียมชุดพาดเส้นไหม และการพาดเส้นไหม รวมอยู่ในอุปกรณ์เดียวกัน ทำให้สามารถใช้งานสะดวกและรวดเร็ว

2.2.3 S-Simplify มุ่งเน้นการปรับปรุงวิธีการคั่นทูกเส้นไหมให้ง่ายขึ้น ดังนี้

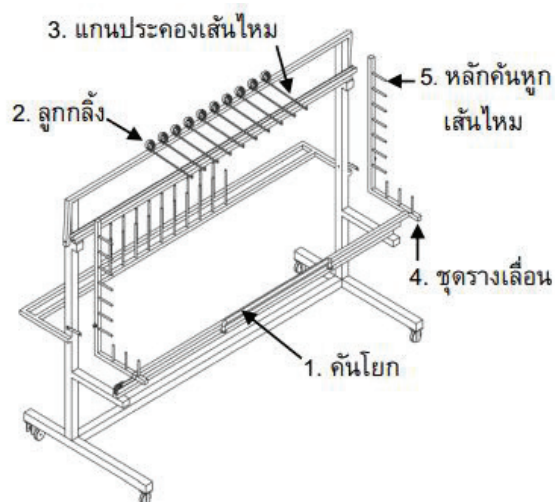
1) การออกแบบการเคลื่อนที่ของเส้นไหมผ่านลูกกลิ้งและแกนประคองเส้นไหมด้วยแรงดึงของผู้ปฏิบัติงานให้เส้นไหมเคลื่อนที่พันหลักคั่นทูกเส้นไหม

2) การออกแบบชุดรางเลื่อนให้มีลักษณะตัวแอลในลักษณะมุมฉาก มีความยาวตัวแอล ด้านยาว ระหว่าง 62 ถึง 83 เซนติเมตร และความยาวตัวแอลด้านสั้น ระหว่าง 30 ถึง 39 เซนติเมตร มีความกว้าง 214 เซนติเมตร และออกแบบหลักคั่นทูกเส้นไหมยึดติดอยู่ จำนวนด้านละ 10 หลัก โดยหลักคั่นทูกเส้นไหมหลักที่ 1 มีระยะห่างจากพื้นระหว่าง 45 เซนติเมตร และหลักคั่นทูกเส้นไหมหลักที่ 10 มีระยะห่างจากพื้นระหว่าง 174 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อลดการเคลื่อนที่ที่สลับซ้ายขวา การก้มและบิดตัวของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้สามารถลดความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานลงได้

การออกแบบเครื่องคั่นทูกเส้นไหมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยอาศัยเทคนิคการคิดหาวิธีการปรับปรุงงานแบบ ECRS ดังภาพที่ 3 และนำไปสู่การจดอนุสิทธิบัตร เลขที่คำขอ 1703000051 [12] ดังรูปที่ 3

## 2.3 การพัฒนาเครื่องคั่นทูกเส้นไหม

การพัฒนาเครื่องคั่นทูกเส้นไหม ดังรูปที่ 4 ซึ่งมีหลักการทำงาน ดังนี้ นำหลอดเส้นไหมจบบัดกับแกนหลอดใส่เส้นไหม (1) นำเส้นไหมจากหลอดเส้นไหมวางลงบนลูกกลิ้ง (2) ผู้ปฏิบัติงานดึงเส้นไหมซึ่งวางอยู่บนลูกกลิ้ง (2) ร้อยผ่านรูของแกนประคองเส้นไหม (3) พร้อมกับเลื่อนรางเลื่อน (4) เพื่อนำเส้นไหมมัดติดกับหลักคั่นทูกเส้นไหม (5) หลักที่หนึ่งของราง



รูปที่ 3 แบบเครื่องคั่นทูกเส้นไหม



รูปที่ 4 เครื่องคั่นทูกเส้นไหมที่พัฒนาขึ้น

เลื่อน (4) ด้านที่หนึ่ง ผู้ปฏิบัติงานเลื่อนรางเลื่อน (4) มาทางขวามือเพื่อนำเส้นไหมพันกับหลักคั่นทูกเส้นไหม (5) หลักที่หนึ่งของรางเลื่อน (4) ด้านที่สองและผู้ปฏิบัติงานเลื่อนรางเลื่อน (5) มาทางซ้ายมือเพื่อนำเส้นไหมพันกับหลักคั่นทูกเส้นไหม (5) หลักที่สองของรางเลื่อน (4) ด้านที่หนึ่ง ซึ่งกระทำเช่นนี้จนครบจำนวนการเรียงเส้นไหมตามต้องการ

## 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคั่นทูกเส้นไหม

ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องคั่นทูกเส้นไหม สำหรับการทอผ้าไหมคลุมไหล่ ขนาด 7 ผืน การทอผ้าไหมทางกระรอก ขนาด 11 ผืน และการทอผ้าไหมผืน ขนาด 17 ผืน ในเดือนมกราคม 2560 จำนวน 30 ข้อมูลต่อชนิดการ

ทอผ้าไหม โดยเก็บข้อมูลเวลาการคันหูกเส้นไหม และอัตราการเต้นของหัวใจขณะปฏิบัติงาน เพื่อคำนวณหาค่าการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหม (ค่าการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหม คือ การใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหมของผู้ปฏิบัติงาน โดยคำนวณได้จากอัตราการเต้นของหัวใจขณะปฏิบัติงาน) ค่าการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหม คำนวณจากสมการที่ 1 [13]

$$\text{พลังงานการคันหูกเส้นไหม} = \frac{(-20.4022 + (0.4472 \times \text{HR}) - (0.1263 \times \text{weight}) + (0.074 \times \text{age}))}{4.184} \quad (1)$$

เมื่อ HR คือ อัตราการเต้นของหัวใจ

weight คือ น้ำหนักของผู้ปฏิบัติงาน

age คือ อายุของผู้ปฏิบัติงาน

### 3. ผลการวิจัย

#### 3.1 ผลของเวลาการคันหูกเส้นไหม

ผลของเวลาการคันหูกเส้นไหม พบว่า เมื่อการคันหูกเส้นไหมที่มีความยาวเส้นไหมมากขึ้น (ขนาด 7 ฟืน 11 และ 17 ฟืน) พบว่าเวลาการคันหูกเส้นไหมเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบเวลาการคันหูกเส้นไหมด้วยอุปกรณ์คันหูกเส้นไหม (แบบเดิม) กับเครื่องคันหูกเส้นไหม (แบบใหม่) พบว่าเวลาการคันหูกเส้นไหมด้วยเครื่องคันหูกเส้นไหม (แบบใหม่) ลดลงเท่ากับร้อยละ 56.45 62.12 และ 67.01 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของเวลาการคันหูกเส้นไหม พบว่าค่า p-value เวลาการคันหูกเส้นไหมแบบเดิมและเวลาการคันหูกเส้นไหมแบบใหม่ มีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่าข้อมูลเวลาการคันหูกเส้นไหม มีการกระจายตัวแบบปกติ ดังรูปที่ 5

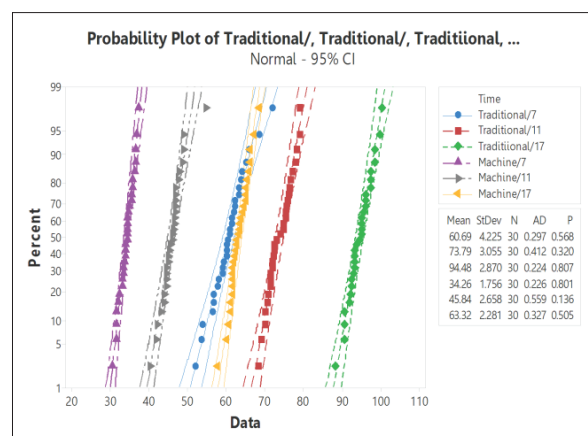
จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $\alpha = 0.05$ ) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านวิธีการทำงานและจำนวนผืนการคันหูกเส้นไหมส่งผลต่อเวลาการคันหูกเส้นไหมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะอิทธิพลที่มาจากปัจจัยการคันหูกเส้นไหมทั้งแบบเดิมและแบบใหม่ ดังรูปที่ 6 พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนผืนผ้าไหมสำหรับการทอแต่ละครั้งทำให้ระยะเวลาการทำงานสูงขึ้น จึงส่งผลในเชิงบวก (Positive Effect) แต่เมื่อพิจารณาวิธีการทำงานพบว่าวิธีการทำงานแบบใหม่โดยใช้เครื่องคันหูก

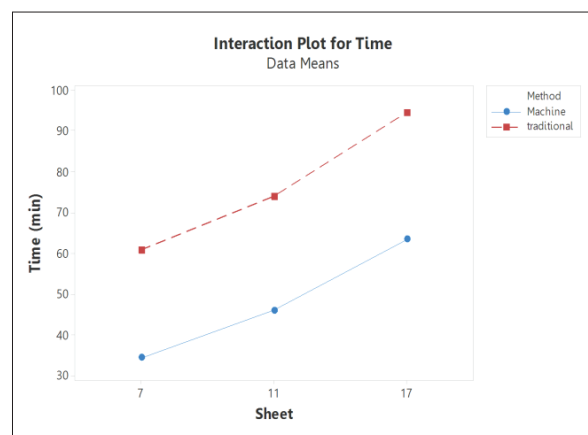
ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของเวลาการคันหูกเส้นไหม

| Source        | DF  | Adj SS  | Adj MS  | F-Value | p-value |
|---------------|-----|---------|---------|---------|---------|
| Method        | 1   | 36584.9 | 36584.9 | 4323.27 | 0.000   |
| Sheet         | 2   | 30094.3 | 15047.2 | 1778.14 | 0.000   |
| Method* Sheet | 2   | 175.2   | 87.6    | 10.35   | 0.000   |
| Error         | 174 | 1472.4  | 8.5     |         |         |
| Total         | 179 | 68326.9 |         |         |         |

R-sq = 97.85% และ R-sq (adj) = 97.78%

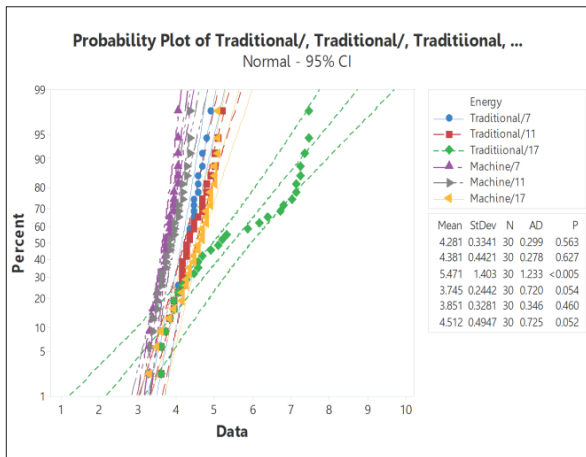


รูปที่ 5 การทดสอบการกระจายตัวของเวลาการคันหูกเส้นไหม

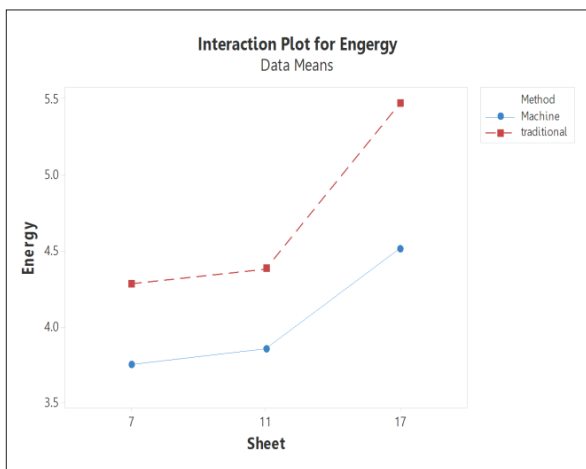


รูปที่ 6 กราฟแสดงอิทธิพลปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อเวลาการคันหูกเส้นไหม

เส้นไหมช่วยให้เวลาการทำงานสั้นลงอย่างเห็นได้ชัดและอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 7 การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหม



รูปที่ 8 กราฟแสดงอิทธิพลปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหม

### 3.2 ผลของการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหม

ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหม ขนาด 7 11 ฟืน และ 17 ฟืน พบว่าการคันหูกเส้นไหมที่มีขนาดมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหมมากขึ้นเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหมด้วยอุปกรณ์คันหูกเส้นไหม (แบบเดิม) กับเครื่องคันหูกเส้นไหม (แบบใหม่) พบว่าการใช้พลังงานการคันหูกเส้นไหมด้วยเครื่องคันหูกเส้นไหม (แบบใหม่) ลดลง เท่ากับร้อยละ 17.35 16.28 และ 31.59 ตามลำดับ ดังรูปที่ 7

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง พบว่าปัจจัยด้านวิธีการทำงานและจำนวนฟืนของการคันหูกเส้นไหมส่งผลต่อพลังงานการคันหูกเส้นไหมอย่างมี

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของพลังงานการคันหูกเส้นไหม

| Source        | DF  | Adj SS  | Adj MS  | F-Value | P-Value |
|---------------|-----|---------|---------|---------|---------|
| Method        | 1   | 20.517  | 20.5166 | 45.78   | 0.000   |
| Sheet         | 2   | 34.721  | 17.3607 | 38.74   | 0.000   |
| Method* Sheet | 2   | 1.816   | 0.9082  | 2.03    | 0.135   |
| Error         | 174 | 77.976  | 0.4481  |         |         |
| Total         | 179 | 135.030 |         |         |         |

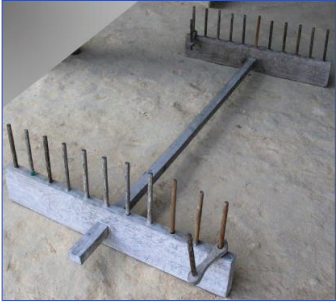
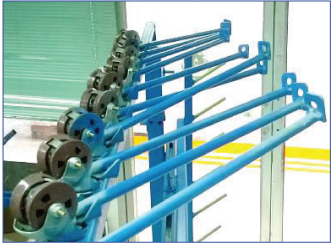
R-sq = 42.25% และ R-sq (adj) = 40.59%

นัยสำคัญ เนื่องจากมีค่า p-value เป็น 0.000 ทั้งสองปัจจัย แต่ความสัมพันธ์ในลักษณะอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยนี้มิได้ส่งผลต่อพลังงานการคันหูกเส้นไหมอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีค่า p-value เป็น 0.135

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะของอิทธิพลที่แสดงข้อมูล ดังรูปที่ 8 เมื่อต้องคันหูกเส้นไหมที่จำนวนฟืนเท่ากัน การคันหูกเส้นไหมโดยใช้เครื่องคันหูกเส้นไหม (แบบใหม่) สามารถลดพลังงานการคันหูกเส้นไหมลงได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้สำหรับการคันหูกเส้นไหมขนาด 7 ฟืน และ 11 ฟืน นั้นมีการสูญเสียพลังงานที่แตกต่างกันไม่มากนักจึงส่งผลให้มีค่าสหสัมพันธ์เพียงร้อยละ 42.25

ผลจากการพัฒนาเครื่องคันหูกเส้นไหม โดยอาศัยเทคนิคการคิดหาวิธีการปรับปรุงงานแบบ ECRS สามารถเปรียบเทียบลักษณะการทำงานของอุปกรณ์คันหูกเส้นไหมและเครื่องคันหูกเส้นไหม ดังตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องคันหูกเส้นไหมของผู้ประเมินความพึงพอใจจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ประเมินความพึงพอใจส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 96.67 ตำแหน่งของผู้ประเมินความพึงพอใจส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกลุ่มผู้ทอผ้าไหมทอมือ คิดเป็นร้อยละ 90 โดยมีประสบการณ์ทอผ้าไหมระหว่าง 10-15 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 46.67 ซึ่งแบ่งประเด็นการประเมินออกเป็น 7 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพ (Quality) 2) ต้นทุน (Cost) 3) การส่งมอบ (Delivery) 4) ความปลอดภัย (Safety) 5) ขวัญและกำลังใจในการทำงาน (Morale) 6) สิ่งแวดล้อม (Environment) และ 7) จรรยาบรรณในการดำเนินธุรกิจ (Ethics) พบว่า ผลประเมินรวมของความพึงพอใจของกลุ่มผู้ทอผ้าไหมที่มีต่อเครื่องคันหูกเส้นไหมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.11$ )

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบการทำงานของอุปกรณ์คันทุกลี้นไหม (แบบเดิม) และ เครื่องคันทุกลี้นไหม (แบบใหม่)

| อุปกรณ์คันทุกลี้นไหม แบบเดิม))                                                                                                                                                                                             | เครื่องคันทุกลี้นไหม แบบใหม่))                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>อุปกรณ์คันทุกลี้นไหม : ทำด้วยไม้ ส่วนใหญ่มีสภาพไม่สมบูรณ์ เช่น ไม้แข็งแรง ชิ้นส่วนต่าง ๆ ถูกติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่เที่ยงตรง</p>       |  <p>เครื่องคันทุกลี้นไหม : วัสดุทำด้วยเหล็ก ชุดรางเลื่อนมีความกว้างที่เหมาะสมและออกแบบตำแหน่งของหลักคันทุกลี้นไหมให้สอดคล้องกับสรีระของผู้ปฏิบัติงาน</p> |
|  <p>ชุดจับยึดหลอดเส้นไหม : ทำด้วยไม้ จำนวน 10 ชุด สามารถคันทุกลี้นไหม ครั้งละ 10 เส้น</p>                                                 |  <p>ชุดจับยึดหลอดเส้นไหม : ทำด้วยเหล็ก จำนวน 20 ชุด สามารถคันทุกลี้นไหม ครั้งละ 20 เส้น</p>                                                              |
|  <p>ชุดลำเลียงเส้นไหม : ทำด้วยก้านกล้วยมัดติดกับคานไม้ และเสียบไม้ แบ่งเป็น 5 ช่อง วางเส้นไหมช่องละ 2 เส้น เพื่อไม่ให้เส้นไหมพันกัน</p> |  <p>ชุดลำเลียงเส้นไหม : ใช้ลูกกลิ้งเป็นอุปกรณ์ลำเลียงเส้นไหมและออกแบบให้มีแกนประคองเส้นไหม ป้องกันการพันกันของเส้นไหม</p>                              |
|  <p>การคันทุกลี้นไหม : ใช้ผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 2 คน<br/>กำลังการผลิต : 34 เมตรต่อการคันทุกลี้นไหม 1 ครั้ง</p>                            |  <p>การคันทุกลี้นไหม : ใช้ผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 1 คน<br/>กำลังการผลิต : 44 เมตรต่อการคันทุกลี้นไหม 1 ครั้ง</p>                                           |

#### 4. การอภิปรายผล

เมื่อพิจารณาเวลาการคันทุกลเส้นใหม่กับการใช้พลังงาน การคันทุกลเส้นใหม่ของผู้ปฏิบัติงาน พบว่าลักษณะความชันของเส้นกราฟคล้ายกัน ซึ่งหมายถึงการคันทุกลเส้นใหม่จำนวนมากขึ้นต้องใช้เวลาและพลังงานการคันทุกลเส้นใหม่มากขึ้นเช่นกัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางพบว่าปัจจัยด้านวิธีการทำงานและจำนวนผืนของการคันทุกลเส้นใหม่ส่งผลต่อพลังงานการคันทุกลเส้นใหม่อย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับผลการประเมินความสำคัญของสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งพบว่าปัญหาของกระบวนการคันทุกลเส้นใหม่ คือ กำลังการผลิตต่ำ ซึ่งมีสาเหตุจากความเมื่อยล้าและการทำงานผิดพลาดทางกายศาสตร์ของผู้ปฏิบัติงาน เมื่อพัฒนาเครื่องคันทุกลเส้นใหม่ให้ถูกต้องตามหลักกายศาสตร์ ด้วยการออกแบบให้ชุดรางเลื่อนมีความกว้างที่เหมาะสมเพื่อลดการเคลื่อนไหวของผู้ปฏิบัติงาน และออกแบบตำแหน่งของหลักคันทุกลเส้นใหม่ให้สอดคล้องกับสรีระของผู้ปฏิบัติงาน ส่งผลให้เวลาการคันทุกลเส้นใหม่และการใช้พลังงานการคันทุกลเส้นใหม่ของผู้ปฏิบัติงานมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคันทุกลเส้นใหม่โดยใช้อุปกรณ์คันทุกลเส้นใหม่ (แบบเดิม)

#### 5. สรุป

ผลการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตต่ำ คือ ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้าขณะดำเนินการคันทุกลเส้นใหม่วิธีการทำงานผิดพลาดทางกายศาสตร์ รวมถึงมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี แนวทางการแก้ไขคือ การพัฒนาเครื่องคันทุกลเส้นใหม่ โดยอาศัยเทคนิคการคิดหาวิธีการปรับปรุงงานแบบ ECRS เป็นเครื่องมือสำหรับการออกแบบเครื่องคันทุกลเส้นใหม่

ผลการพัฒนาเครื่องคันทุกลเส้นใหม่ด้วยเทคนิค ECRS พบว่า

5.1 สามารถลดเวลาการคันทุกลเส้นใหม่ ขนาด 7 ผืน 11 ผืน และ 17 ผืน ลงได้เท่ากับร้อยละ 56.45 62.12 และ 67.01 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาการคันทุกลเส้นใหม่ด้วยอุปกรณ์คันทุกลเส้นใหม่ (แบบเดิม) และเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง two-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $\alpha = 0.05$ ) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า

ปัจจัยด้านวิธีการทำงานและจำนวนผืนการคันทุกลเส้นใหม่ส่งผลต่อระยะเวลาการทำงานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05

5.2 ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานการคันทุกลเส้นใหม่ พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานของผู้ปฏิบัติงานในการคันทุกลเส้นใหม่ขนาด 7 ผืน, 11 ผืน และ 17 ผืน ลงได้ เท่ากับร้อยละ 17.35 16.28 และ 31.59 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานการคันทุกลเส้นใหม่ด้วยอุปกรณ์คันทุกลเส้นใหม่ (แบบเดิม)

#### กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตชุดเครื่องจักรเตรียมเส้นไหมด้วยเทคนิค ECRS หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนประธานและสมาชิกกลุ่มทอผ้าไหมจังหวัดสุรินทร์ทุกท่าน ที่ได้มีส่วนช่วยให้งานวิจัยดังกล่าวนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] ฉันทมัย เจียรกุล. ปัญหาและแนวทางการปรับตัวของ OTOP เพื่อพร้อมรับการเปิด AEC. *วารสารนักบริหาร Executive Journal*. 2557; 1: 177–191.
- [2] Porter ME. *The Competitive Advantage of Nations*. London: Macmillan; 1990.
- [3] อรทัย สายสะอาด, อรสา อินทร์น้อย, สุตาพร ตั้งควนิช. คำนิยมการและพฤติกรรมการซื้อผ้าไหมของผู้บริโภคชาวไทยในจังหวัดอุบลราชธานี ชาวักมพูชาในจังหวัดเสียมเรียบ และชาวลาวในเมืองชนะสมบุรณ์. *วารสารศรีวันาลัยวิจัย*. 2557; 7: 58–64.
- [4] ศิริพร บุญชู, นันทวรรณ รักพงษ์. ภูมิปัญญาการผลิตเส้นไหมไทยพื้นบ้านอีสาน. กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555.
- [5] ชีโนรส ละอองวรรณ. การพัฒนาหลักสูตร เพื่อพัฒนาศักยภาพกลุ่มผู้ผลิตสินค้าชุมชนประเภทผ้าและเครื่องแต่งกาย โครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ชุมชน. ปรินญาณพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2549.

- [6] มานพ ชุ่มอุ่น. การจัดการความรู้เพื่อพัฒนา ธุรกิจชุมชน ในผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายทอมือ กรณีศึกษา: กลุ่มผ้าฝ้ายทอมือ บ้านดอนหลวง ตำบลแม่แรง อำเภอป่าซาง จังหวัด ลำพูน. *วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่*. 2555; 2: 155–168.
- [7] ศศิเพ็ญ พวงสายใจ. การวิจัยแบบบูรณาการเพื่อการพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันเพื่อการส่งออกของชุมชน กรณีศึกษากลุ่มผู้ผลิตน้ำมันงา จังหวัด แม่ฮ่องสอน. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*. 2551; 1: 46–55.
- [8] ศิริพร เบญจมาศ. การศึกษาปัญหาทางการผลิตและทางการตลาด ตลาดผ้าไหม อำเภอชนบท จังหวัด ขอนแก่น. รายงานการศึกษาศิสาสะเศรษฐกิจศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2553.
- [9] ศิริวรรณ ศิริรังวงษา. ยุทธศาสตร์การพัฒนาการทอผ้าไหมลายกะเหรี่ยง อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏ หมู่บ้านจอมบึง. 2551.
- [10] นฤตม ทาดี, อมรศักดิ์ มาใหญ่, ศาสตรา บุญมาก. เครื่อง คันทุกลเส้นฝ้ายสำหรับเส้นฝ้ายยืน. รายงาน มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชชมงคลอีสาน. 2557.
- [11] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร, มาโนช ริตินโย, อมรศักดิ์ มาใหญ่, นฤตม ทาดี, วรณา หอมจะบก, ธงชัย ประจักษ์ สุตร์. วิจัยและพัฒนาเครื่องคันทุกลเส้นไหมสำหรับ วิสาหกิจชุมชนและเครื่องขึ้นฟืมเส้นไหม. รายงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชชมงคลอีสาน. 2558.
- [12] มาโนช ริตินโย. เครื่องคันทุกลเส้นไหม. อนุสิทธิบัตร เลขที่ คำขอ 1703000051. 2559.
- [13] Keytel LR, Goedecke JH, Noakes TD, Hiiloskorpi H, Laukkanen R, van der Merwe L, et al. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *J Sports Sci*. 2005; 23(3): 289–97.