



การพัฒนาเครื่องทอและจดจำลายผ้า

วิทยานิพนธ์  
ของ  
ณรงค์ธร เนื้อจันทา

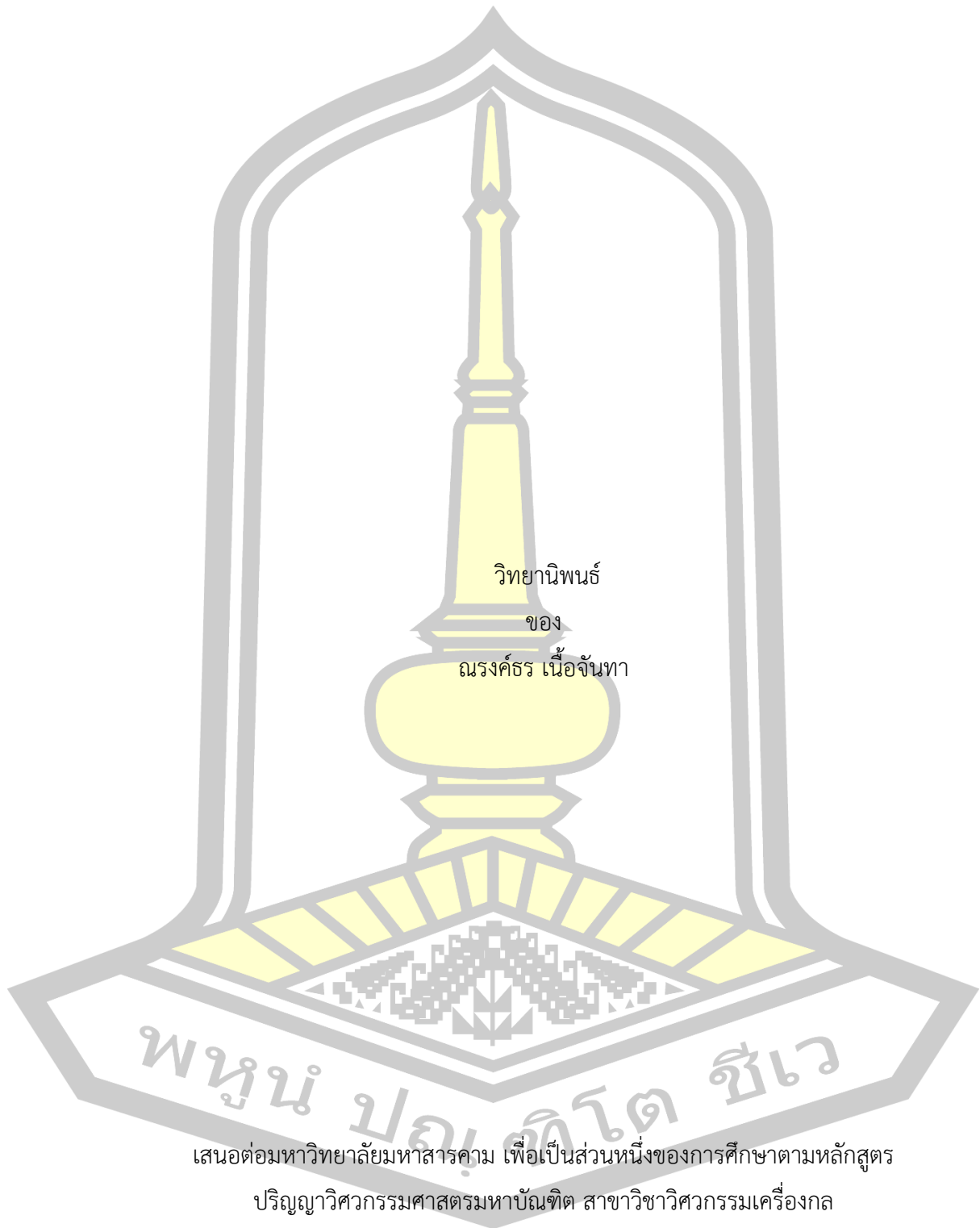
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาเครื่องทอและจดจำลายผ้า



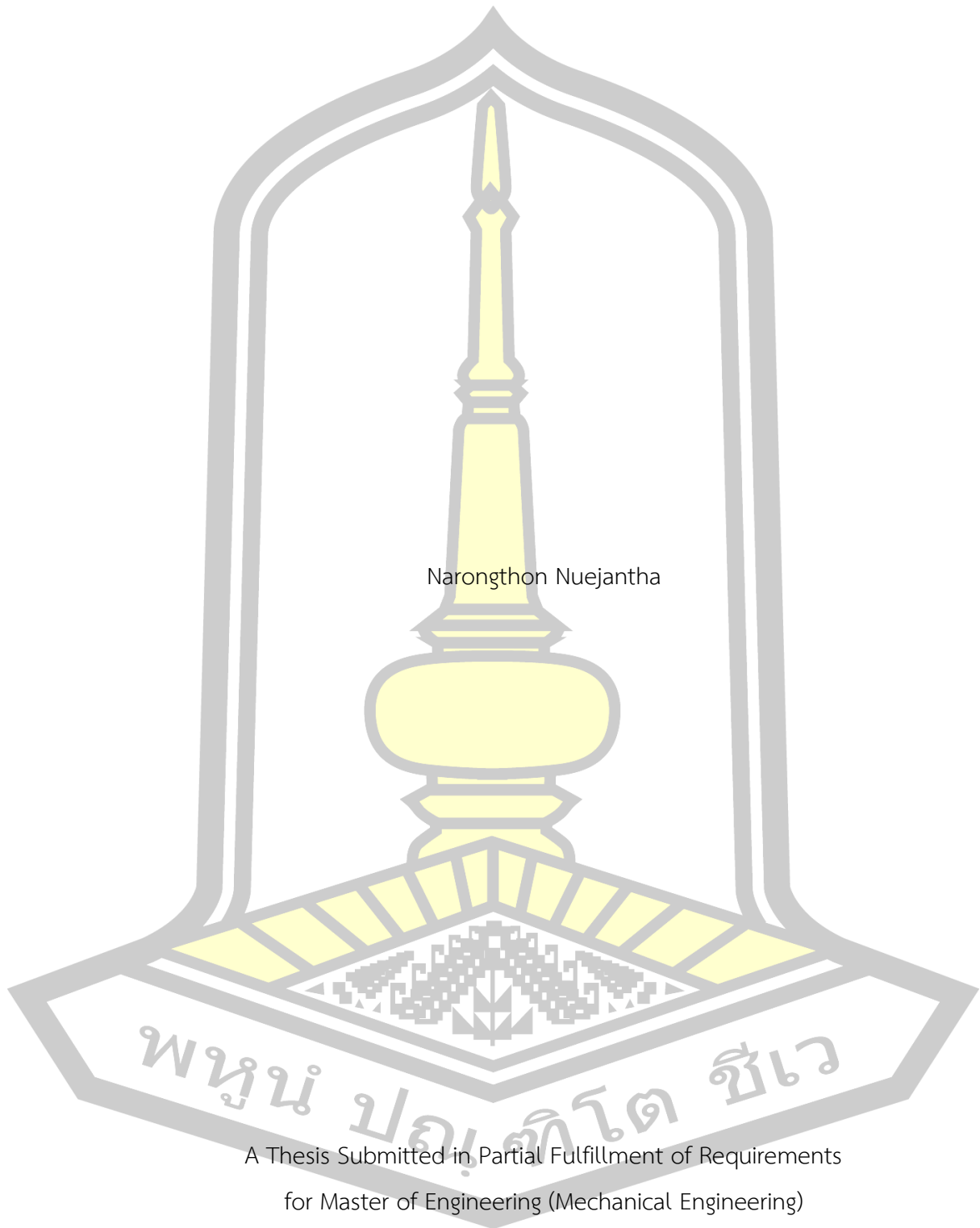
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Machine Development for Weaving and Pattern Recognition



Narongthon Nuejantha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements  
for Master of Engineering (Mechanical Engineering)

July 2019

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายณรงค์ธร เนื้อจันทา แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. ธีรพล ภูมิสะอาด )

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล )

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ธวัฒน์ชัย คุณะโคตร )

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....  
(รศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง )

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....  
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ชื่อเรื่อง การพัฒนาเครื่องทอและจดจำลายผ้า  
 ผู้วิจัย ณรงค์ธร เนื้อจันทา  
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพล ภูมิสะอาด  
 ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล  
 มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2562

### บทคัดย่อ

ผ้ายกดอก ถือเป็นศิลปะงานฝีมืออย่างหนึ่งที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ ลวดลายงดงามเป็นงานหัตถกรรมที่ต้องอาศัยฝีมือและความรู้ความชำนาญของผู้ทอเป็นอย่างมาก ผ้ายกดอกมีลักษณะลวดลายที่นูนสูงชันกว่าผืนผ้า เนื่องจากการทอมีความยาก ปัญหาที่มักเกิดขึ้นในการทอคือ ผู้ทอมักกดตะกอกผิดพลาด โดยทั่วไปการทอต้องใช้ผู้ทอ 2-3 คน สำหรับการทอผ้าหน้ากว้าง 105 เซนติเมตร จากการสำรวจข้อมูลพบว่าในหนึ่งวันสามารถทอผ้ายกดอกได้ไม่เกิน 20 เซนติเมตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องทอผ้ายกดอกที่ควบคุมด้วยพีแอลซี เครื่องทอผ้าที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ชุดกลไกการดึงตะกอก ชุดพีแอลซีควบคุมกลไก และหน้าจอแสดงผล จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้เครื่องทอผ้ายกดอกที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัย ผู้ทอสามารถทอผ้าคนเดียวและได้อัตราการทอสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการทอแบบเดิม โดยมีอัตราการทอเฉลี่ย 8 เซนติเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ ผ้าที่ทอได้ยังมีลวดลายที่ถูกต้องสมบูรณ์ สามารถกล่าวได้ว่า เครื่องทอผ้าที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยสามารถแก้ปัญหาที่มีในการทอผ้ายกดอกและสามารถต่อยอดไปในอุตสาหกรรมการทอผ้าได้

คำสำคัญ : การทอผ้า, ผ้ายกดอก, ตะกอก

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

**TITLE** Machine Development for Weaving and Pattern Recognition  
**AUTHOR** Narongthon Nuejantha  
**ADVISORS** Assistant Professor Nattapol Poomsa-ad , Ph.D.  
**DEGREE** Master of Engineering **MAJOR** Mechanical Engineering  
**UNIVERSITY** Mahasarakham **YEAR** 2019  
University

### ABSTRACT

Brocade Fabric is one of the arts of craftsmanship that has existed since ancient times. The beautiful pattern is a handicraft that requires a lot of skill and expertise. Pattern on brocade fabric has a higher embossed than the background. Because weaving is difficult, therefore, the problems that usually arise in weaving are weavers often mistakenly press the heddle. In general, weaving requires 2-3 weavers for weaving fabric about 105 cm wide. From data survey, it was found that in one day, weaving of brocade is not exceeding than 20 cm. Therefore, this research aims to develop a brocade weaving machines controlled by PLC. Weaving machine consists of set of mechanism for pulling the heddle, PLC set for mechanism control and set of display screen. From the results of the experiment, it was found that when using the weaving machine developed in the research weavers can weave alone and get higher woven rates compared to traditional weaving which has an average weaving rate 0.1132 meters per hour. In addition, the woven fabric also has the correct pattern. It can be concluded that brocade weaving machine developed in this research can solve the problems of weaving and can be extended in the weaving industry.

Keyword : Weaving, Brocade, Heddle

## กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษร วงศ์เกษม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความรู้ ข้อมูล คำแนะนำ จุดประกายชี้แนะแนวทางทางปัญญาในการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ ด้วยความเมตตาความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในด้านต่างๆ

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล ภูมิสะอาด ที่รับข้าพเจ้าเป็นที่อาจารย์ปรึกษาหลักให้กับข้าพเจ้า

กราบขอบพระคุณกลุ่มแม่บ้าน วิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโปร่ง ตำบลบะยาว อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี และวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านนาสะแบง ตำบลโนนเปือย อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร ที่เชี่ยวชาญและมีทักษะในการทอผ้ายกดอก ที่ได้ให้ความรู้ ข้อมูล คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ เพิ่มความสามารถทักษะในการทอผ้า และอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณแม่สมจิต ปีตินพรัตน์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกแก่ข้าพเจ้าในการใช้สถานที่เพื่อทำการทดสอบและการเก็บข้อมูลในการดำเนินวิทยานิพนธ์

ณรงค์ธร เนื้อจันทา

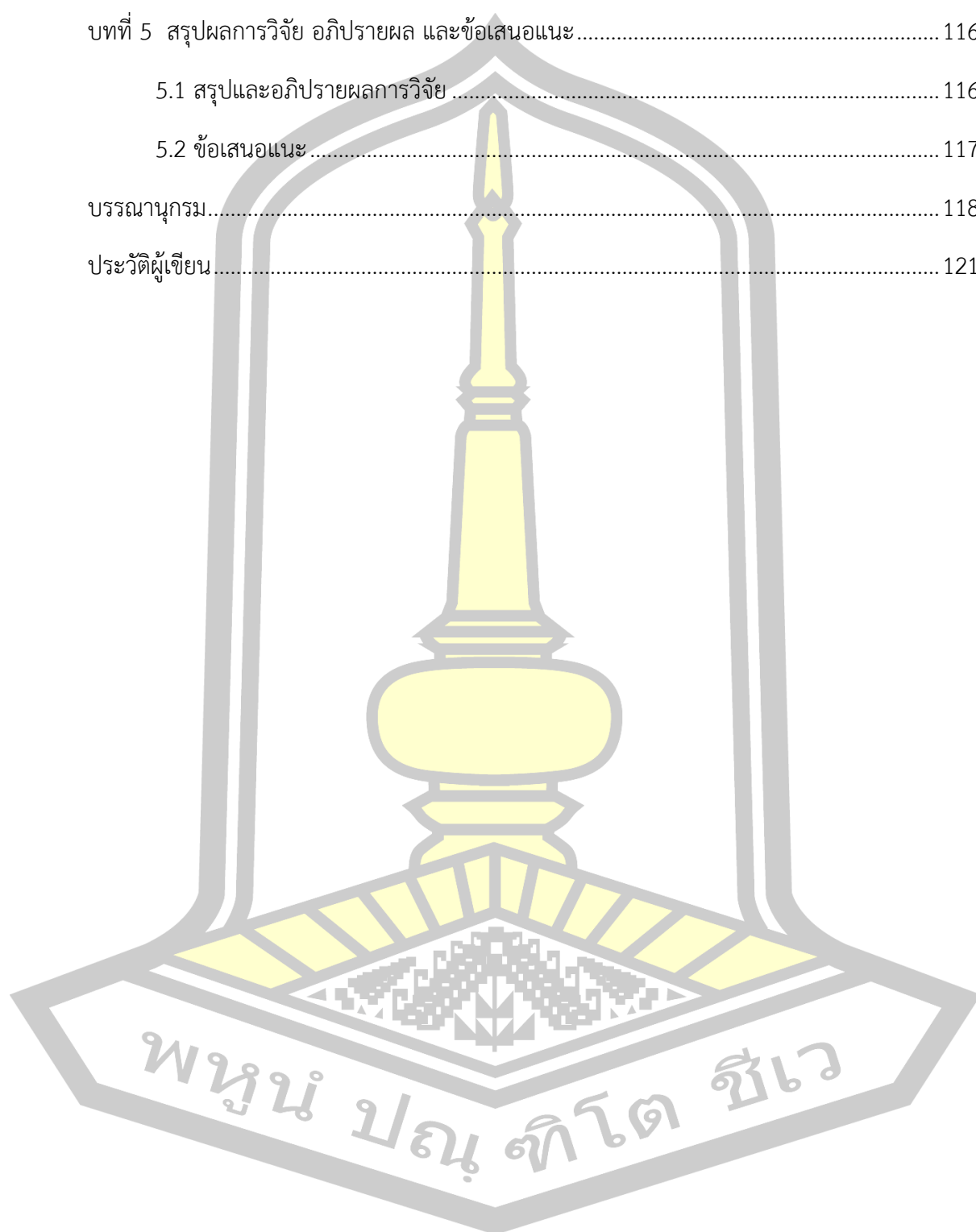
พหุบัณฑิต โท ชีเว

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	3
1.5 สถานที่ที่ใช้ในการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การทอผ้า.....	4
2.1.1 ทฤษฎีการทอผ้า.....	4
2.1.2 หลักการและประเภทการทอผ้า.....	4
2.1.3 เครื่องทอผ้าในปัจจุบัน.....	10
2.2 ระบบควบคุม.....	14
2.2.1 การควบคุมด้วยพีแอลซี.....	14
2.2.2 ส่วนประกอบของพีแอลซี.....	15
2.2.3 การเขียนโปรแกรม.....	15

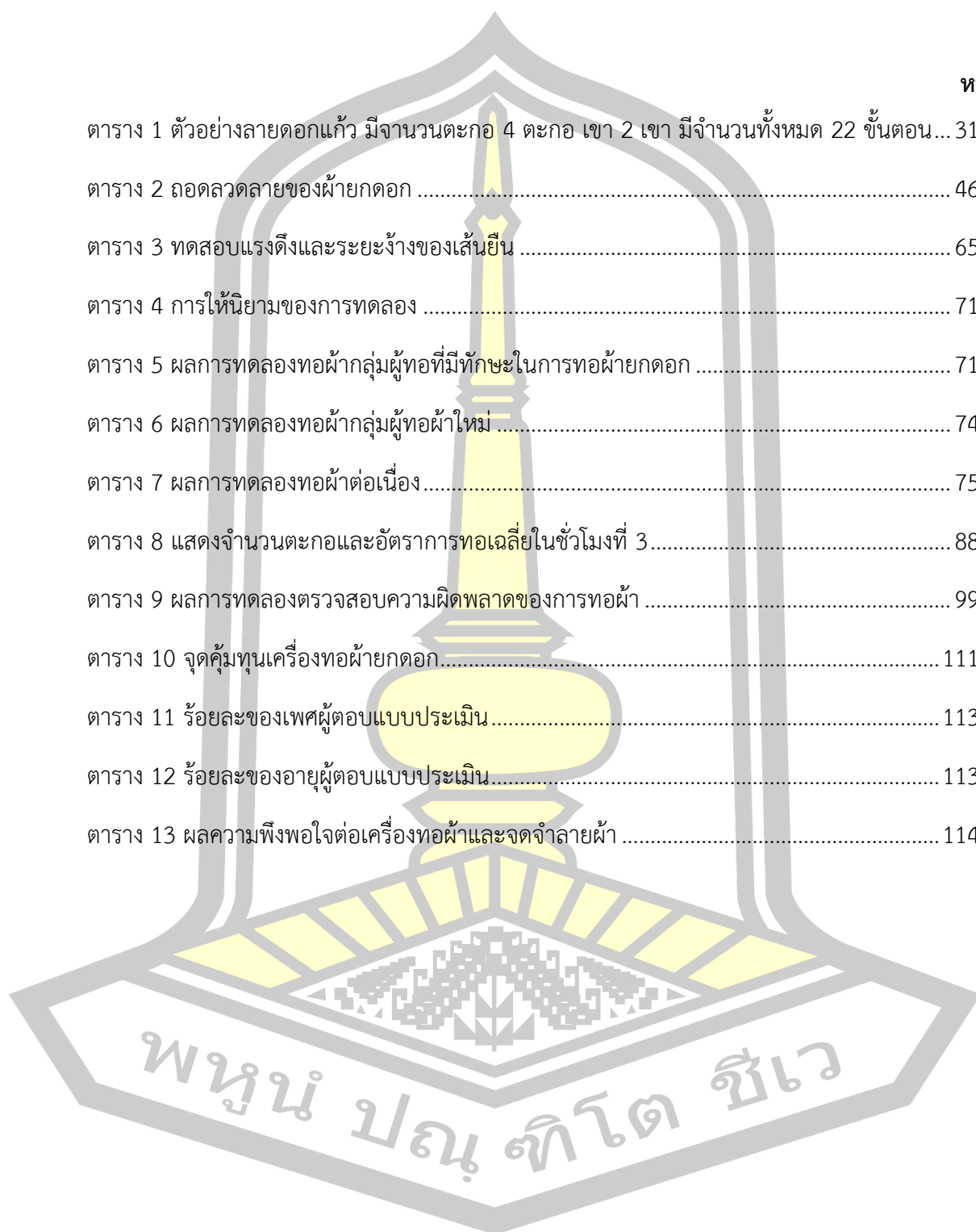
2.2.4 ตัวอย่างพีแอลซีที่ใช้งาน .....	16
2.3 ระบบกลไก .....	18
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย .....	22
3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องการทอผ้า .....	22
3.1.1 รายละเอียดของเขาและตะกอทอผ้า.....	22
3.1.2 การอ่านลายผ้าและการออกแบบลายผ้า.....	23
3.2 การออกแบบและโครงสร้างของเครื่องทอและจดจำลายผ้า .....	32
3.2.1 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนลายผ้าผ่านหน้าจอสัมผัส .....	33
3.2.2 การทดสอบหาแรงดึงของเส้นยืน .....	37
3.2.3 การประมาณอัตราการผลิตของเครื่อง .....	38
3.3 การสร้างอุปกรณ์ต้นแบบในการควบคุมตะกอทอผ้าลายยกดอก .....	38
3.3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทอและจดจำลายผ้า .....	38
3.3.2 ขั้นตอนการออกแบบและควบคุม .....	38
3.4 การออกแบบการทดลอง.....	39
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย .....	41
4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการทอผ้ายกดอก.....	41
4.2 ผลการดำเนินการสร้างเครื่องทอผ้ายกดอก.....	51
4.2.1 สร้างกล่องควบคุมของระบบตัวควบคุมกลไก และระบบแสดงผลการทอผ้า.....	56
4.2.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทอผ้ายกดอก.....	61
4.3 ผลการทดลองใช้งาน.....	65
4.3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องทอผ้า.....	69
4.3.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของลายผ้า.....	98
4.3.4 วิเคราะห์จุดคุ้มทุนของเครื่องทอผ้ายกดอก.....	111

4.4	ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทดลองใช้ .....	112
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	116
5.1	สรุปและอภิปรายผลการวิจัย .....	116
5.2	ข้อเสนอแนะ .....	117
บรรณานุกรม	.....	118
ประวัติผู้เขียน	.....	121



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ตัวอย่างลายดอกแก้ว มีจำนวนตะกอก 4 ตะกอก เขา 2 เขา มีจำนวนทั้งหมด 22 ชั้นตอน... 31	31
ตาราง 2 ถอดลวดลายของฝ้ายกดอก .....	46
ตาราง 3 ทดสอบแรงดึงและระยะง้างของเส้นยืน .....	65
ตาราง 4 การให้นิยามของการทดลอง .....	71
ตาราง 5 ผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้ทอที่มีทักษะในการทอฝ้ายกดอก .....	71
ตาราง 6 ผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้ทอผ้าใหม่ .....	74
ตาราง 7 ผลการทดลองทอผ้าต่อเนื่อง .....	75
ตาราง 8 แสดงจำนวนตะกอกและอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3 .....	88
ตาราง 9 ผลการทดลองตรวจสอบความผิดพลาดของการทอผ้า .....	99
ตาราง 10 จุดคุ้มทุนเครื่องทอฝ้ายกดอก.....	111
ตาราง 11 ร้อยละของเพศผู้ตอบแบบประเมิน .....	113
ตาราง 12 ร้อยละของอายุผู้ตอบแบบประเมิน .....	113
ตาราง 13 ผลความพึงพอใจต่อเครื่องทอผ้าและจดจำลายผ้า .....	114



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กระบวนการสานไข้วเส้นด้ายสองชุด[8].....	5
ภาพประกอบ 2 ผ้ายกดอก.....	8
ภาพประกอบ 3 ผ้ายกดอกแบบหน้าเดียว .....	8
ภาพประกอบ 4 ศึกษาข้อมูลการทอผ้ายกดอกหน้าเดียว .....	9
ภาพประกอบ 5 ลักษณะการผลึกพีมพร้อมตะกอกออกจากรอยต่อของเส้นยืน.....	9
ภาพประกอบ 6 การทอผ้ายกดอกต้องใช้ผู้ช่วยในการทอ .....	10
ภาพประกอบ 7 อุปกรณ์ทอผ้า.....	11
ภาพประกอบ 8 ขนาดของกระสวย .....	12
ภาพประกอบ 9 อุปกรณ์ควบคุมตะกอกทอผ้าระบบนิวแมติกส์ .....	13
ภาพประกอบ 10 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี[12].....	14
ภาพประกอบ 11 วงจรแลตเตอร์ (PLC Ladder Logic Diagram)[13].....	16
ภาพประกอบ 12 Siemens S7-1200[14].....	17
ภาพประกอบ 13 มอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบ 1 ความเร็ว[15] .....	19
ภาพประกอบ 14 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของมอเตอร์และตำแหน่งของแปรงถ่าน[15] ....	19
ภาพประกอบ 15 ลายดอกแก้ว .....	23
ภาพประกอบ 16 การออกแบบลวดลายของผ้า.....	23
ภาพประกอบ 17 การออกแบบลายพญานาค.....	24
ภาพประกอบ 18 แบบของลายทอผ้าลายพญานาค ซึ่งใช้ 31 ตะกอก .....	24
ภาพประกอบ 19 ออกแบบลายผ้า ลายดอกสะแบง ซึ่งใช้ 31 ตะกอก.....	24
ภาพประกอบ 20 ลายไหบ้านเชียง .....	25
ภาพประกอบ 21 ลายโคมหัวต่อเครือ.....	25



ภาพประกอบ 22	ลายหมากจับผสมโคมห้า	25
ภาพประกอบ 23	ลายเอเฟินหวี	26
ภาพประกอบ 24	ลายเอื้อโบราณ	26
ภาพประกอบ 25	ลายข้าวหลามตัด	26
ภาพประกอบ 26	ขอสามหัวใจหรือลายม้าน้ำ	27
ภาพประกอบ 27	ลายโคมห้าผสมข้าวหลามตัด	27
ภาพประกอบ 28	ลายขอในกรอบรูป	27
ภาพประกอบ 29	ลายสามขอพิงหรือลายลูกน้ำ	28
ภาพประกอบ 30	ลายโคมห้าต่อดอก	28
ภาพประกอบ 31	ลายขอในช่อดอกไม้	28
ภาพประกอบ 32	ลายลูกน้ำหรือลายชั้นหมาก	29
ภาพประกอบ 33	ลายขอซ้อนผสม	29
ภาพประกอบ 34	ลายหมี่คั่นกันหอย	29
ภาพประกอบ 35	ลายประตูดุ๊ย	30
ภาพประกอบ 36	ลายเลขาคณิต	30
ภาพประกอบ 37	ลายดุงดาว	30
ภาพประกอบ 38	ระยะ้าง	32
ภาพประกอบ 39	แผนภาพการทำงาน	33
ภาพประกอบ 40	การบันทึกสวดลายผ้า (ก) เริ่มต้นทำงาน (ข) เลือกลายผ้าที่มีอยู่แล้ว	34
ภาพประกอบ 41	แบบเครื่องทอผ้าและจดจำลายผ้า	34
ภาพประกอบ 42	ลักษณะของโครงกึ่งเครื่องทอและจดจำลายผ้า	35
ภาพประกอบ 43	ลักษณะของกลไก	35
ภาพประกอบ 44	ลักษณะของรอก	36
ภาพประกอบ 45	การคำนวณหามุมการหมุนของมอเตอร์และทิศทางของรอก	36

ภาพประกอบ 46	การคำนวณหาระยะห่างของเส้นยืน .....	37
ภาพประกอบ 47	การทดสอบแรงดึงเส้นยืน .....	37
ภาพประกอบ 48	แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ช่วยในการทอผ้ายกดอก .....	39
ภาพประกอบ 49	ผูกตะกอและเขา .....	42
ภาพประกอบ 50	ผูกเชือกติดกับคานเหยียบด้านล่าง .....	42
ภาพประกอบ 51	ไม้ไผ่ที่นำมาใช้ทำเขาและตะกอ .....	43
ภาพประกอบ 52	ไม้ไผ่นำมาสอดเข้าตะกอและเขาเพื่อเพิ่มความแข็งแรง .....	43
ภาพประกอบ 53	โครงที่ทอผ้า .....	44
ภาพประกอบ 54	โครงที่ทอผ้าแบบโบราณ .....	44
ภาพประกอบ 55	ลงพื้นที่ศึกษาการทอผ้าแบบโบราณ .....	45
ภาพประกอบ 56	โครงของเครื่องทอผ้า .....	52
ภาพประกอบ 57	การติดตั้งระบบกลไก .....	52
ภาพประกอบ 58	ติดตั้งมอเตอร์สกรูบนแท่นวางมอเตอร์ .....	53
ภาพประกอบ 59	ติดตั้งอุปกรณ์คล้องตะกอและเขา .....	53
ภาพประกอบ 60	แกนหมุนเก็บเส้นด้าย .....	54
ภาพประกอบ 61	การติดตั้งกล่องควบคุม .....	54
ภาพประกอบ 62	เครื่องทอผ้ายกดอกกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยพีแอลซี .....	55
ภาพประกอบ 63	เครื่องทอผ้ายกดอก .....	55
ภาพประกอบ 64	เครื่องทอผ้ายกดอกที่ติดตั้งอุปกรณ์ทุกส่วนเข้าด้วยกัน .....	56
ภาพประกอบ 65	กล่องควบคุมของระบบการทำงานของเครื่องทอผ้า .....	57
ภาพประกอบ 66	โปรแกรมพีแอลซีของการทอผ้าลายดอกแก้ว .....	58
ภาพประกอบ 67	แผนภาพการเขียนโปรแกรมขั้นบันไดของลายดอกแก้ว .....	59
ภาพประกอบ 68	หน้าจอการแสดงผลการทำงานแบบเวลาจริง .....	60
ภาพประกอบ 69	หน้าจอการตั้งค่าการทำงานของมอเตอร์ .....	60

ภาพประกอบ 70 หน้าจอการบันทึกผล.....	61
ภาพประกอบ 71 หน้าจอการทำงานหลัก.....	62
ภาพประกอบ 72 รายละเอียดการใช้งานหน้าจอแสดงผล.....	62
ภาพประกอบ 73 หน้าจอหลักแสดงการทำงานแบบเวลาจริง.....	63
ภาพประกอบ 74 หน้าจอหลักแสดงการปรับระยะของตะกอก.....	63
ภาพประกอบ 75 การปรับตั้งค่ามอเตอร์.....	64
ภาพประกอบ 76 หน้าจอตั้งค่ามอเตอร์.....	64
ภาพประกอบ 77 การเลือกสายผ้าที่จะทำการทอ.....	65
ภาพประกอบ 78 กราฟทดสอบแรงดึงของตะกอกและเขา.....	67
ภาพประกอบ 79 การทดสอบวัตต์แรงดึงของตะกอกและเขา.....	68
ภาพประกอบ 80 ระยะง้างของเส้นยืน.....	68
ภาพประกอบ 81 ความชันของเส้นยืนที่เกิดขึ้น.....	69
ภาพประกอบ 82 กราฟแสดงอัตราการทอ P01H07.....	76
ภาพประกอบ 83 กราฟแสดงอัตราการทอ P01H07.....	76
ภาพประกอบ 84 กราฟแสดงอัตราการทอ P01H14.....	77
ภาพประกอบ 85 กราฟแสดงอัตราการทอ P01H15.....	77
ภาพประกอบ 86 กราฟแสดงอัตราการทอ P02H09.....	78
ภาพประกอบ 87 กราฟแสดงอัตราการทอ P02H19.....	78
ภาพประกอบ 88 กราฟแสดงอัตราการทอ P02H30.....	79
ภาพประกอบ 89 กราฟแสดงอัตราการทอ P02H16.....	79
ภาพประกอบ 90 กราฟแสดงอัตราการทอ P03H05.....	80
ภาพประกอบ 91 กราฟแสดงอัตราการทอ P03H07.....	80
ภาพประกอบ 92 กราฟแสดงอัตราการทอ P03H07.....	81
ภาพประกอบ 93 กราฟแสดงอัตราการทอ P03H13.....	81

ภาพประกอบ 94 กราฟแสดงอัตราการทอ P04H31.....	82
ภาพประกอบ 95 กราฟแสดงอัตราการทอ P04H24.....	82
ภาพประกอบ 96 กราฟแสดงอัตราการทอ P04H12.....	83
ภาพประกอบ 97 กราฟแสดงอัตราการทอ P04H06.....	83
ภาพประกอบ 98 กราฟแสดงอัตราการทอ B01H08.....	84
ภาพประกอบ 99 กราฟแสดงอัตราการทอ B01H16.....	84
ภาพประกอบ 100 กราฟแสดงอัตราการทอ B02H07.....	85
ภาพประกอบ 101 กราฟแสดงอัตราการทอ B03H14.....	85
ภาพประกอบ 102 กราฟแสดงอัตราการทอ P01H07.....	86
ภาพประกอบ 103 กราฟแสดงอัตราการทอ P01H07.....	86
ภาพประกอบ 104 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3.....	89
ภาพประกอบ 105 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3.....	89
ภาพประกอบ 106 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3.....	90
ภาพประกอบ 107 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3.....	90
ภาพประกอบ 108 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3.....	91
ภาพประกอบ 109 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3.....	91
ภาพประกอบ 110 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก.....	92
ภาพประกอบ 111 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก.....	92
ภาพประกอบ 112 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก.....	93
ภาพประกอบ 113 ผู้ทดลองใช้จัดเตรียมลายผ้าในการทอ.....	93
ภาพประกอบ 114 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก.....	94
ภาพประกอบ 115 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก.....	94
ภาพประกอบ 116 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก.....	95
ภาพประกอบ 117 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก.....	95



ภาพประกอบ 133 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า P03H07 .....	105
ภาพประกอบ 134 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า P03H13 .....	105
ภาพประกอบ 135 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า P04H31 .....	106
ภาพประกอบ 136 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า P04H24 .....	106
ภาพประกอบ 137 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า P04H12 .....	107
ภาพประกอบ 138 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า P04H06 .....	107
ภาพประกอบ 139 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า B01H08 .....	108
ภาพประกอบ 140 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า B01H16 .....	108
ภาพประกอบ 141 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า B02H7 .....	109
ภาพประกอบ 142 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า B03H14 .....	109



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

การทอผ้า ถือเป็นศิลปะและหัตถกรรมหรืองานฝีมืออย่างหนึ่งที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ เป็นกรรมวิธีการผลิตผืนผ้าโดยใช้เส้นด้ายพุ่งและเส้นด้ายยืนมาขัดประสานกันจนได้เป็นผืนผ้า[1] ซึ่งผ้าทอมีมือมีหลากหลายชนิดด้วยกันได้แก่ ผ้าแพรวา ผ้าซิด ผ้าพื้น ผ้ามัดหมี่ ผ้าจก และผ้ายกดอกซึ่งเป็นที่มียุคสูง ผ้าทอยกดอก เป็นผ้าทอที่มีลวดลายงดงามเป็นเอกลักษณ์ ที่สืบทอดกันมาแต่โบราณ เป็นผ้าที่ได้รับการยกย่องมาแต่โบราณว่าสวยงามแบบอย่างผ้าชั้นดี การทอผ้ายกที่ลวดลายงดงามเป็นงานหัตถกรรมในครอบครัวที่นับเป็นการผลิตนอกการผลิตที่มีความสำคัญมาอย่างยาวนาน ซึ่งเป็นอาชีพที่สืบทอดกันมาตั้งแต่ครั้งบรรพบุรุษ เริ่มทอกันในสมัยอยุธยาตอนปลายมีบันทึกในปี พ.ศ. 2354 นับเป็นเวลากว่า 200ปี ผ้ายกดอกเป็นผ้าโบราณที่อดีตใช้ในคุ้มเจ้าหรือในพระราชสำนักเท่านั้น ต่อมา มีการเผยแพร่เทคนิคการทอจากในวังให้สืบทอดมาจนถึงปัจจุบัน ผ้ายกดอก เป็นผ้าที่มีมูลค่าทางการตลาดที่สูง โดยถ้ามีลายผ้าที่มีความยากผ้าอาจมีมูลค่า 13,500 ถึง 22,000 บาท[2] ซึ่งผ้ายกดอกเกิดจากการผูกเส้นยืนให้เป็นไปตามลวดลายที่ต้องการ โดยผูกไว้กับตะกอกดผ้า เมื่อกดตะกอลงก็จะทำให้ลวดลายของผ้าสูงขึ้น

จากการศึกษาการทอผ้ายกดอกโดยการลงพื้นที่และการสัมภาษณ์ผู้ทอผ้าจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโป่ง ตำบลชะยาว อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดอุดรธานี ซึ่งเป็นชุมชนทอผ้ายกดอกโดยใช้เทคนิคการกดตะกอกทำให้เกิดลายบน จากการสัมภาษณ์พบว่า ปัญหาที่ในการทอมีดังนี้ 1) เมื่อกดตะกอระยะห่างของเส้นยืนไม่มากพอให้กระสวยวิ่งผ่านทำให้ต้องใช้ผู้ช่วยในการทอ 2) ผู้ทอมักลำดับขั้นตอนในการกดตะกอกผิดพลาด 3) เมื่อทำการทอเป็นเวลานานทำให้มีอาการปวดเมื่อยร่างกายโดยเฉพาะช่วงขา เนื่องจากในขณะการทอต้องออกแรงกดตะกอกตลอดเวลา [3] และ 4) ขาดผู้ทอที่มีทักษะการทอ เนื่องจากเป็นการทอที่ยากทำให้ศิลปะการทอผ้าอาจจะสูญหายไปเพราะขาดผู้เรียนรู้ ในการทอผ้ายกดอกแต่ละครั้งต้องใช้ผู้ทอ 2-3 คน คนหนึ่งทำหน้าที่สอดเส้นพุ่งและกระตุกพืมหวี ในขณะที่อีกหนึ่งคนทำหน้าที่ดึงตะกอกทอผ้า หากผ้ามีขนาดหน้ากว้างเกิน ห้าสิบเซนติเมตร จะต้องมีคนที่สามมาช่วยจางเส้นยืนขึ้นด้วย จากการสำรวจพบว่า ในหนึ่งวันสามารถทอผ้ายกดอกได้เฉลี่ยเพียง 15 ถึง 20 เซนติเมตร สำหรับการทอผ้าหน้ากว้าง 105 เซนติเมตร นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ ที่วิสาหกิจชุมชนนาสะแบง จังหวัดยโสธร พบว่า ชุมชนต้องการยกระดับผลิตภัณฑ์ผ้าเป็นผ้าทอยกดอก ให้มีความเป็นอัตลักษณ์ท้องถิ่น แต่ผู้ทอยังขาดทักษะการลำดับขั้นตอนและการออกแบบลวดลาย และมีความต้องการอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่จะมาช่วยในการทอผ้า และสามารถบรรจุลายผ้าได้ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทอผ้ายกดอกพบว่า



ได้ออกแบบอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของตะกอกทอผ้าโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ ซึ่งมีข้อเสียคือมีเสียงดังของการเติมลมเข้ากระบอกสูบ เมื่อใช้งานเป็นระยะเวลานานๆ กระบอกลมเกิดการรั่ว ส่งผลให้การบำรุงรักษายุ่งยากและอุปกรณ์นี้มีต้นทุนการผลิตสูง[4] ต่อมา ศักดิ์ศรี มาศพันธ์และคณะได้ปรับปรุงอุปกรณ์ช่วยควบคุมการทำงานของตะกอกสำหรับทอผ้ายกดอก โดยเพิ่มกล่องควบคุมเพื่อให้สามารถเลือกสายผ้าหรือออกแบบลวดลายเองได้ แต่ก็ยังคงพบปัญหาของกระบอกลมรั่วและเสียงดังตลอดการทำงาน[5] นอกจากนี้งานวิจัยในเรื่องของการดัดตะกอกของ เจียรนัย เล็กอุทัย เป็นการควบคุมการยกตะกอกของเครื่องทอผ้าแบบทอมือ โดยใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาช่วยในการดัดตะกอกจำนวน ๘ ตะกอก และใช้ระบบไฟฟ้าในการควบคุมแม้ว่าจะลดปัญหาเรื่องเสียงและกระบอกลมลงได้ แต่เครื่องมือในงานวิจัยนี้จะเจาะจงลวดลาย ยังไม่สามารถออกแบบลวดลายใหม่ๆเพิ่มเติมได้[6] นอกจากนี้พบว่ามีการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยในการทอผ้ามัดหมี่แบบสี่เขาเหยียบ โดยประกอบด้วยขั้นตอนในการทอ 12 ขั้นตอน โดยก้านดัดตะกอก 4 ก้าน และควบคุมการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ยังมีหน้าจอแสดงขั้นตอนการดัดตะกอกอย่างชัดเจน และไม่มีเสียงรบกวนในขณะทอ[7]

จากการสำรวจข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับการทอผ้ายกดอกและศึกษาปัญหาจากงานวิจัยที่ผ่านมา จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องทอและจดจำลาย โดยให้มีอัตราการทอดีกว่าการทอด้วยมือแบบเดิม ยิ่งไปกว่านั้น สามารถแก้ปัญหาในการทอผ้ายกดอก กล่าวคือ ลดความผิดพลาดของลายผ้าเพิ่มระยะห่างของเส้นยืนลดความเมื่อยล้าของร่างกายโดยเฉพาะช่วงขา เพราะผู้ทอไม่ต้องเหยียบเขาและตะกอกทอ เครื่องทอนี้ยังช่วยจดจำลายผ้าทอยกดอกและออกแบบลายผ้าที่ได้คุณภาพผ้าทอที่เทียบเท่ากับการทอด้วยมือเพื่อรักษาเอกลักษณ์ในการทอผ้าให้คงอยู่

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องทอผ้ายกดอกและจดจำลายผ้าที่ควบคุมด้วยพีแอลซี และทดสอบสมรรถนะของเครื่องทอผ้า

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เครื่องทอผ้ายกดอก สามารถใช้ได้กับการทอผ้าโดยมีจำนวนตะกอกไม่เกิน 40 ตะกอก
2. ในการทดสอบเครื่องทอผ้ายกดอกที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ใช้ทอผ้าขนาด กว้างไม่เกิน 105 เซนติเมตร
3. ใช้ทดสอบสมรรถนะ ทดสอบหาอัตราการทอ กล่าวคือ ความยาวของผ้าที่ทอต่อเวลาเฉลี่ยในการทอ (ชั่วโมง) และความถูกต้องของลายผ้า โดยการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องทอเทียบกับที่ทอผ้าแบบเดิม ของเส้นด้ายชนิดเดียวกัน



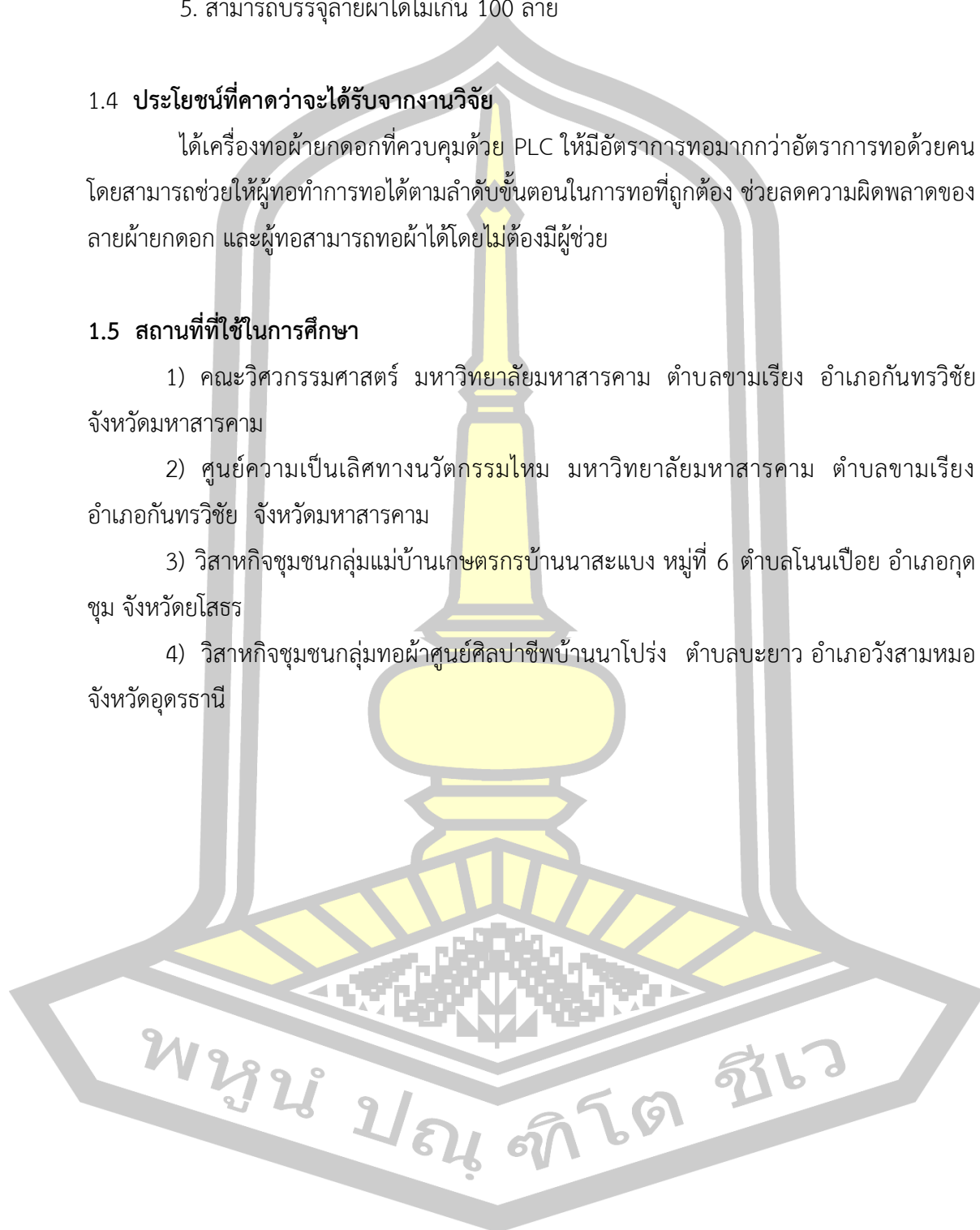
4. เครื่องทอผ้ายกดอกที่ออกแบบและสร้างในงานวิจัยใช้ทอผ้ายกดอกโดยเฉพาะ
5. สามารถบรรจุลายผ้าได้ไม่เกิน 100 ลาย

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ได้เครื่องทอผ้ายกดอกที่ควบคุมด้วย PLC ให้มีอัตราการทอมากกว่าอัตราการทอด้วยคน โดยสามารถช่วยให้ผู้ทอทำการทอได้ตามลำดับขั้นตอนในการทอที่ถูกต้อง ช่วยลดความผิดพลาดของลายผ้ายกดอก และผู้ทอสามารถทอผ้าได้โดยไม่ต้องมีผู้ช่วย

#### 1.5 สถานที่ที่ใช้ในการศึกษา

- 1) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
- 2) ศูนย์ความเป็นเลิศทางนวัตกรรมไหม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
- 3) วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านนาสะแบง หมู่ที่ 6 ตำบลโนนเปือย อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร
- 4) วิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโปล่ง ตำบลชะยาว อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

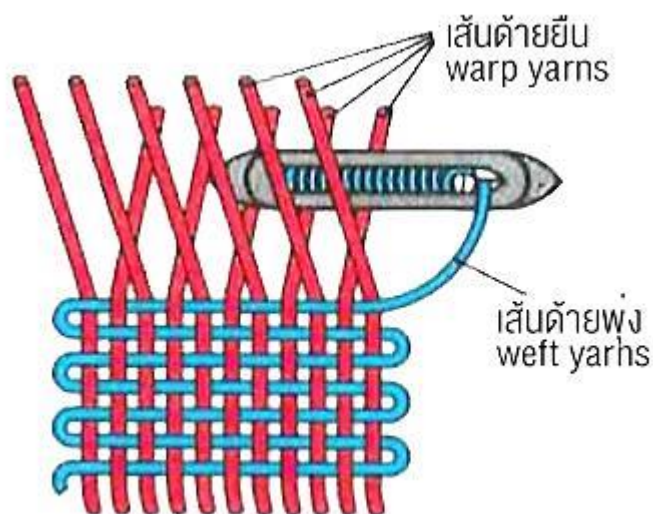
#### 2.1 การทอผ้า

##### 2.1.1 ทฤษฎีการทอผ้า

การทอผ้าจำเป็นต้องอาศัยฝีมือและความรู้ความชำนาญของผู้ทอเป็นอย่างมาก เป็นงานศิลปะที่มีอยู่เพียงชิ้นเดียวในโลก เพราะแต่ละคนที่ทำแต่ละขั้นตอน จะมีความแตกต่างกัน เส้นไหมที่สาวได้แต่ละช่วงเวลาหรือแต่ละระยะของฝักไหมให้ความหนาของเส้นไม่เท่ากัน สีไม่เหมือนกัน นอกจากนั้นแล้วความสามารถในการทอ การสอดกระสวย ความแรงในการตีกระทบหรือการฟัดทำให้ได้สีเข้มอ่อนต่างกัน การเรียงเส้นไหมให้ตรงลายจะแสดงถึงความคมชัดและความชำนาญของผู้ทอแต่ละคน อากาศ อุณหภูมิ หรือแม้แต่อารมณ์ความรู้สึกของผู้ทอ สิ่งเหล่านี้มีผลกับความสวยงามของผ้าผืนนั้น ๆ จึงทำให้ผ้าทอมือแต่ละผืนที่ทอ มีเอกลักษณ์เป็นของตัวเองและมีเพียงผืนเดียวในโลกเท่านั้น ในการทอผ้าพื้นเมืองของไทยนั้น กว่าจะเป็นผืนผ้าจะต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนด้วยกัน การทอ ส่วนใหญ่จะมาจาก ฝ้ายและไหม มีกรรมวิธีการทอผ้าให้เกิดลวดลายโดยการมัดที่เส้นพุ่งหรือเส้นยืนด้วยเชือกก่อนนำไปย้อมสีเพื่อให้เกิดสีและลายตามที่กำหนดแล้วจึงนำมาทอเป็นผ้าผืนมีการทำกันมากในภาคอีสาน และบางจังหวัดในภาคกลาง เช่น จังหวัดอุทัยธานี สุพรรณบุรี และชัยนาท ฯลฯ การทอผ้ามัดหมี่แต่ละผืน จะต้องใช้เวลาและความปราณีต จัดเรียงเส้นไหมและฝ้าย ให้สม่ำเสมอคงที่ และกรรมวิธีต้องเรียงลำดับก่อน หลังเพื่อให้เกิดลวดลายสวยงามถูกต้อง ลวดลายจะเป็นลวดลายที่สลับต่อกันมา บางครั้งก็ได้จากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมการศึกษาตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีแนวคิดในการออกแบบลวดลายผ้ามัดหมี่และมีแรงบันดาลใจจากลักษณะของแผนผังชั้นอาคารของสิ่งปลูกสร้าง ของปูชนียสถานของชาวเขมรรวมไปถึงโบสถ์ วิหาร และวัด อุปกรณ์ที่สำคัญใช้ในการทอผ้าเรียกว่า กี่ทอผ้าหรือหูก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทอผ้าที่พบโดยทั่วไป มี 2 ชนิด คือ กี่ตั้งและกี่ยกรตุก ซึ่งประกอบด้วย เขา ตะกอก กระสวย หลอดด้าย ไม้เหยียบหูก ไม้หาบหูก ในสำหรับปั่นหลอดกงสำหรับใส่ใจด้าย ฟืม ผังสำหรับดึงผ้า ส่วนหลักในการทอผ้าไหม คือใช้หลักของการขัดกันของเส้นไหม ที่เรียกว่า เส้นยืนและเส้นพุ่ง[8]

##### 2.1.2 หลักการและประเภทการทอผ้า

การทอ หรือกระบวนการสานไขว้เส้นด้ายสองชุด คือเส้นด้ายยืน (warp yarns) และเส้นด้ายพุ่ง (weft yarn) ในมุมที่เหมาะสมเกิดเป็นผืนผ้า เส้นด้ายยืน (warp yarns) คือเส้นด้ายที่มีทิศทางไปตามแนวยาวของผ้าในขณะที่ทอ เส้นด้ายพุ่ง (weft yarn, filling yarns) คือเส้นด้ายที่สอดระหว่างเส้นด้ายพุ่งตามขวางผ้าตลอดความยาวสองด้าน



ภาพประกอบ 1 กระบวนการสานไขว้เส้นด้ายสองชุด[8]

ฝ้ายก หมายถึง ผ้าไหมที่ทอกลวดลายให้สูงชันกว่าผืนผ้า โดยเลือกยกบางเส้นและข่มบางเส้น แล้วพุ่งกระสวยไปในระหว่างกลางด้วยด้นเงินหรือด้นทอง ซึ่งเทคนิคในการทอทำให้เกิดลวดลายนี้เรียกว่า เทคนิคการยกดอก ฝ้ายกเป็นผ้าโบราณที่อดีตใช้ในคุ้มเจ้าหรือในพระราชสำนักเท่านั้น ผ้าไหมยกดอก มีความหมายเดียวกับฝ้ายก ต่างกันที่การใช้ไหมพุ่งอาจจะใช้เส้นไหมสีต่างๆ แทนเส้นด้นในการทอผ้า คำว่า ยกดอก นั้นเพื่อบ่งบอกถึงเทคนิคที่ใช้ทอผ้าและบ่งบอกถึงลวดลายที่เป็นเอกลักษณ์ที่เป็นลวดลายดอกไม้ เช่น ลายดอกแก้ว ดังนั้นจึงเรียกว่า "ผ้าไหมยกดอก"[9] แสดงดังภาพประกอบที่ 2

ลักษณะที่โดดเด่นของผ้าทอยกดอกคือความเป็นอัตลักษณ์ของการผลิตที่มีความแตกต่างเป็นการทอด้วยกี่พื้นเมือง(กีมือ)แทนการใช้กี่กระตุกที่ถึงแม้จะมีความรวดเร็วกว่าแต่ความละเอียดจะน้อยกว่าการใช้กีมือแล้ว นอกจากนั้นลวดลายการยกดอกของผ้าทอของกลุ่มยังคงลวดลายดั้งเดิมซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของผ้าทอยกดอก ไว้โดยไม่นำเอาเทคนิค/ลวดลายของผ้าทอภาคอื่นมาผสมปะปนทำให้มีความโดดเด่นไม่เหมือนผ้าทอของภาคอื่นๆจะเห็นได้ว่าการทอผ้าแบบพื้นบ้านมีความแตกต่างจากการทอฝ้ายกดอก กล่าวคือฝ้ายกดอกมีลวดลายผ้าที่สวยงาม ทอกลวดลายให้สูงชันกว่าผืนผ้าโดยเลือกยกบางเส้นและข่มบางเส้นเพื่อให้เกิดลวดลาย ซึ่งเทคนิคในการทอทำให้เกิดลวดลายนี้เรียกว่า เทคนิคการยกดอก นิมนวล จันทบูรณ์ได้กล่าวถึงการศึกษาภูมิปัญญาผ้าทอพื้นบ้านอีสาน พบว่ากระบวนการทอผ้าที่สืบทอดมาแต่โบราณขั้นตอนการผลิตได้ฝังเข้าไปในความทรงจำของแต่ละพื้นที่อย่างแนบแน่น การเรียนรู้ภูมิปัญญาจากแหล่งอื่นต้องใช้เวลาในการจดจำและเปรียบเทียบเพื่อเพิ่มความเข้าใจยิ่งขึ้น การดึงดูดยาวชนหรือผู้สนใจทั่วไปกลับมาเรียนรู้ พื้นฟู และอนุรักษ์[10]

หลักการทำงานของกัทอผ้าไว้ ดังนี้

1) ทำให้เกิดช่องว่าง (shedding) โดยสับตะกอยกแล้วแยกไหมเส้นยืนออกเป็น 2 หมู โดย หมูหนึ่งขึ้นและหมูหนึ่งลงเพื่อให้เกิดช่องว่างให้สอดเส้นไหมพุ่งผ่าน

2) การสอดไหมเส้นพุ่ง (pickings) จะใช้กระสวยส่งไหมเส้นพุ่ง สอดไหมเส้นพุ่งให้พุ่งผ่าน ช่องว่างที่เปิดเตรียมไว้

3) การกระทบไหมเส้นพุ่ง (battering) เมื่อสอดไหมเส้นพุ่งผ่านแล้วจะต้องใช้ตัวพิมพ์กระทบ ไหมเส้นพุ่งให้เรียงสานขัดกับไหมเส้นยืนติดกันแน่นเป็นเนื้อผ้า

4) การเก็บและม้วนผ้าเก็บ (taking up and letting of) เมื่อทอผ้าได้จำนวนหนึ่งแล้ว จะต้องมีการม้วนผ้าเก็บเข้าแกนม้วน โดยจะต้องมีการปรับไหมเส้นยืนให้หย่อนก่อนจึงม้วนผ้าเก็บ การ ทอผ้าแบบพื้นบ้านพื้นเมืองใน

- ผ้าขึ้นตีนจก ผ่านุ่งของผู้หญิงที่เย็บเป็นถุงประกอบด้วยหัวขึ้นอยู่บนสุดหรือส่วนที่อยู่ตรงเอว หัวขึ้นอยู่ถัดลงมาและตีนขึ้นหรือเชิงขึ้นซึ่งทอเป็นลวดลายด้วยการจกจึงเรียกตีนจกและเรียกขึ้นชนิดนี้ ว่าขึ้นตีนจก ขนาดกว้างแคบและสั้นหรือยาวของตีนจกต่างกันไปตามรูปร่างของผ่านุ่งและวิธีการนุ่ง โดยเฉพาะตีนขึ้นจะมีลวดลายและสีสันแตกต่างกันไป

- ผ้าหลบ ผ่าสำหรับบุทับลงบนฟูกหรือสลิของชาวไทยเชื้อสายไทยยวนและไทยลื้อใน ภาคเหนือรูปแบบขแงผ้าหลบจะแตกต่างกันไปตามความนิยมของแต่ละกลุ่มชนชาวไทยยวนนิยมทอ ด้วยฝ้ายไม่มีลวดลายชาวไทยลื้อนิยมทอด้วยฝ้ายตกแต่งลายขีดที่เชิงผ้าทั้งสองข้างให้สวยงาม

- ผ้ามัดหมี่ เป็นศิลปะการทอผ้าพื้นเมืองที่ใช้กรรมวิธีในการย้อมสีที่เรียกว่าการมัดย้อม (tie dye) เพื่อทำให้ผ้าที่ทอเกิดเป็นลวดลายสีสันต่างๆเอกลักษณ์อันโดดเด่นก็อยู่ตรงที่รอยซึมของสีที่วิ่งไป ตามบริเวณของลวดลายที่ผูกมัดและการเหลื่อมล้ำในตำแหน่งต่างๆของเส้นด้ายเมื่อถูกนำขึ้นก็ใน ขณะที่ลวดลายสีสันอันวิจิตรจะได้มาจากความชำนาญของการผูกมัดและย้อม

- ผ้าขีด หมายถึงผ้าที่ทอโดยวิธีใช้ไม้เขี่ยหรือสะกิดซ้อนเส้นยืนขึ้นตามจังหวะที่ต้องการเว้นแล้ว สอดเส้นด้ายพุ่งให้เดินตลอดการเว้นเส้นยืนถี่ห่างไม่เท่ากันจะทำให้เกิดลวดลายต่างๆ ทำนองเดียวกับการ ทำลวดลายของเครื่องจักสานจากกรรมวิธีที่ต้องใช้ไม้เก็บนี้จึงเรียกว่า การเก็บขีด

- ผ้าแพรวา มีลักษณะการทอเช่นเดียวกับผ้าจก แพรวา มีความหมายว่าผ้าไหมหรือผ้าฝ้ายที่ ทอเป็นผืนมีความยาวประมาณหนึ่งของผู้ทอ ซึ่งยาวประมาณ 1.5-2 เมตร

- ฝ้ายกดอก มีกรรมวิธีการทอให้เกิดลวดลายในการยกตะกรอแยกด้ายเส้นยืน แต่ไม่ได้เพิ่ม เส้นด้ายยืน หรือ เส้นพุ่งพิเศษเข้าไปในผืนผ้า แต่ในบางครั้งจะยกดอกด้วยการเพิ่มเส้นพุ่ง จำนวน สองเส้น หรือมากกว่านั้นเข้าไป

จากการศึกษาข้อมูลการทอผ้ายกดอกแบบหน้าเดียว นางสมจิต ปิตินพรัตน์จากวิสาหกิจ ชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโป่ง ตำบลบะยาว อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี พบว่า

ในการทอผ้ายกดอกหน้าเดียวจะทำให้ได้ผ้า ผ้าจะมีลายที่เกิดจากการทอแค่ด้านเดียว และหน้าผ้าอีกด้านหนึ่งจะมีลักษณะเรียบ แสดงดังภาพประกอบ 3 เหมาะสำหรับทำเสื่อ ผ้าซิ่นทั่วไป และผลิตภัณฑ์อื่นๆ โดยมีวิธีการทอผ้าหน้าเดียวคือ ในขั้นตอนการตั้งตะกอกผู้ทอต้องตั้งตะกอกและเขาลงพร้อมกันและสอดกระสวยข้ามไปอีกด้าน ซึ่งต่างจากการทอผ้ายกดอกสองหน้า โดยมีลายที่เกิดจากการทอ ทั้งสองด้านและมีวิธีการทอคือ ในขั้นตอนการทอผู้ทอต้องตั้งตะกอกสลับกับการดึงเขาไปเรื่อยๆ แสดงดังภาพประกอบ 4

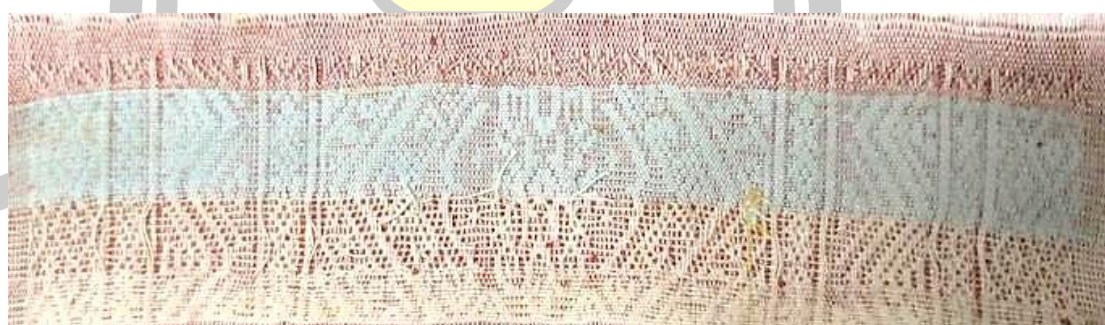
การคันเครือ คือนำใจเส้นไหมยืนมาสวมใส่เข้ากงเพื่อกรอเส้นไหมเข้าอัก นำอักที่กรอเส้นไหมแล้วไปทำการคันเครือเส้นยืน หรือที่เรียกว่า การเดินเส้นยืนนำเครือเส้นยืนที่คันเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทำการสับหูกหรือการต่อเส้นยืนกับพืมทอผ้าที่ได้เตรียมไว้ การต่อเส้นยืนคือ การนำเส้นไหมเส้นยืนมาผูกต่อกับเส้นด้ายในซี่ฟันหวีโดยทำการต่อที่ละเส้นจนหมดจำนวนเส้นยืน เช่น หากหน้ากว้างของผ้าเท่ากับ 22 หลบ ก็จะต้องทำการต่อเส้นยืนเท่ากับ 1,760 เส้น เมื่อต่อเส้นไหมเข้ากับเส้นด้ายที่อยู่ในซี่ฟันหวีเรียบร้อยแล้ว ก็ให้ทำการม้วนเส้นยืนด้วยแผ่นไม้ ทำการจัดเรียงระเบียบของเส้นไหมตามช่องฟันพืมให้เป็นระเบียบของเส้นยืนตามช่องฟันพืม ทำการชิงตั้งเส้นยืนด้วยไม้ม้วนผ้าที่ติดอยู่กับกึ่งทอผ้า ผลักพืมพร้อมตะกอกออกจากกรอต่อของเส้นไหมกับเส้นด้าย แสดงดังภาพประกอบที่ 5 สมจิต ปิตินพรัตน์ ได้กล่าวถึงปัญหาในการทอผ้ายกดอก ปัญหาที่เกิดตลอดการทอคือระยะจ้างของเส้นยืนไม่มากพอ โดยในการทอแต่ละครั้งต้องใช้ผู้ทอสองถึงสามคน แสดงดังภาพประกอบที่ 6 ผู้ทอคนที่หนึ่งมีหน้าที่สอดกระสวยและกระทบพืมหวี และอีกสองคนจะช่วยกันตั้งตะกอลงซึ่งต้องใช้แรงในการตั้งตะกอกที่เยอะมาก และใช้ระยะเวลาในการทอถึง 8 ถึง 10 ชั่วโมงต่อวัน ทอได้วันละ 10 ถึง 15 เซนติเมตร เมื่อทำการทอเป็นระยะเวลานานๆทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยร่างกาย จึงเกิดปัญหาในการทอ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กิรติ พลหาญได้กล่าวว่าในการทอผ้ายกโดยเฉพาะผ้าไหมยกดอกนั้นหากทำการทอเป็นเวลานานๆ จะทำให้เกิดการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อบริเวณขาเนื่องจากต้องมีการเหยียบไม้ดึงเขาและตะกอกทอผ้า และระยะจ้างของเส้นยืนน้อย ทำให้สอดกระสวยได้ลำบาก ทำให้ผ้าไหมที่มีลวดลายซับซ้อนใน 1 วันจะทอได้เพียง 20 เซนติเมตร เท่านั้นเนื่องจากต้องเสียเวลากับการเลือกเหยียบตะกอก

พูนุ ปณุกิตโต ชิว





ภาพประกอบ 2 ฝ่ายกดอก



ภาพประกอบ 3 ฝ่ายกดอกแบบหน้าเดียว





ภาพประกอบ 4 ศึกษาข้อมูลการทอผ้ายกดอกหน้าเดียว



ภาพประกอบ 5 ลักษณะการผลักฟืมพร้อมตะกอออกจากรอยต่อของเส้นยืน

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว



ภาพประกอบ 6 การทอผ้ายกดอกต้องใช้ผู้ช่วยในการทอ

### 2.1.3 เครื่องทอผ้าในปัจจุบัน

เครื่องมือที่สำคัญใช้ในการทอผ้าแบบดั้งเดิม เรียกว่า กี่ทอผ้าหรือหูก เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทอผ้าที่พบโดยทั่วไป มี 2 ชนิด คือ กี่ตั้งและกี่ปะตุก ซึ่งประกอบด้วย กระจสวย หลอดด้าย ไม้เหยียบหูก ไม้ทาบหูก ในสำหรับปั่นหลอด กงสำหรับใส่ใจด้าย ฟืม ผังสำหรับดึงผ้า ส่วนหลักในการทอผ้าไหม คือใช้หลักของการขัดกันของเส้นไหม ที่เรียกว่า เส้นยืนและเส้นพุ่ง

1) กี่ทอผ้าไหม เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญยิ่งอีกอันหนึ่ง ลักษณะของกี่ยะจะมีโครงสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยม ประกอบด้วยเสาหลัก 4 เสา ไม้ยึดติดกัน เป็นแบบดั้งเดิมที่ใช้มาในอดีตและปัจจุบันยังนิยมใช้อยู่ เพราะกี่ยุคนี้ใช้ทอผ้าที่มีลวดลายต่างๆ ได้ดีกว่าชนิดอื่นๆ กี่ปะตุกเป็นกี่ยุคใหม่ที่ได้วิวัฒนาการให้มีคุณภาพในการทอรวดเร็วยิ่งขึ้น แสดงดังภาพประกอบ 7

2) กระจสวย ทำจากไม้เนื้อแข็ง ยาวประมาณ 1 ฟุต หัวหน้าท้ายเรียวงอน ตรงกลางเป็นรางสำหรับใส่หลอดด้ายทางต่ำ (เส้นพุ่ง) เป็นเครื่องมือที่บรรจุหลอดไหมเส้นพุ่ง เพื่อนำเส้นไหมไปขัดกับเส้นไหมยืน เดิมมักจะทำด้วยไม้แต่ปัจจุบันมีทั้งทำด้วยไม้และพลาสติก แสดงดังภาพประกอบ 8

3) หลอดด้าย (ไหม) นิยมทำจากแก้ววัลย์ชนิดหนึ่ง เรียกว่า เครื่องใส่ด้น เครื่องใส่ด้นนี้จะมีรูกลวงตลอด ตัดเป็นท่อนๆ ท่อนละประมาณ 3 นิ้ว อาจจะใช้ไม้อื่นๆก็ได้ที่มีรูตรงกลาง เช่น ลำปอกแก้ว เพื่อใช้ไม้สอดยึดติดกับกระจสวย ไม้นี้เรียกว่าไม้ขอหลอด



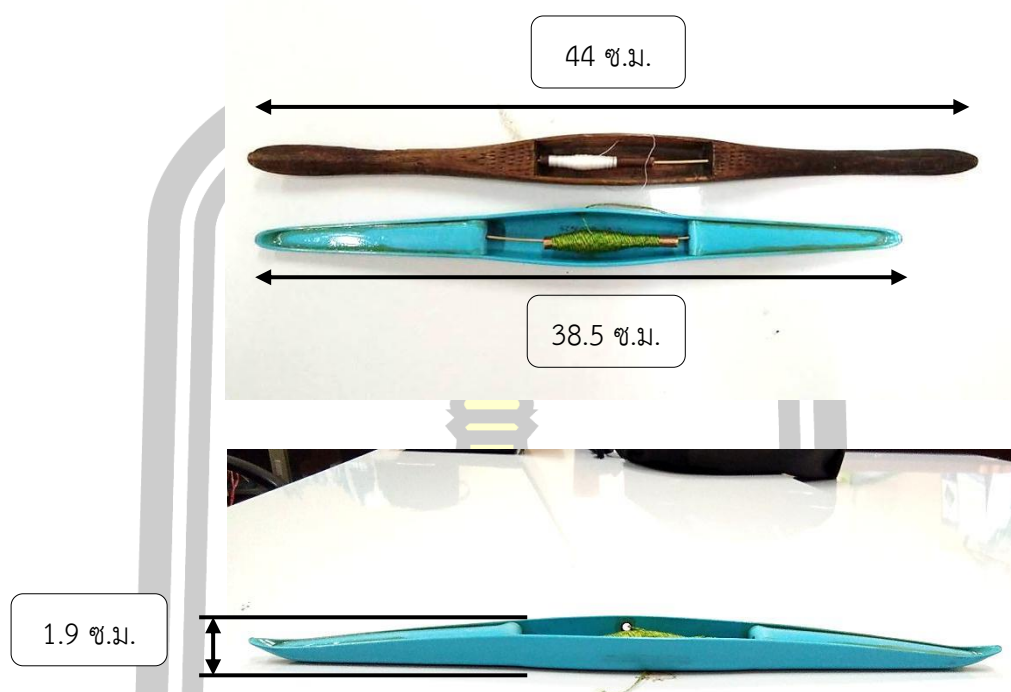
4) ไม้เหยียบหูก เป็นไม้กลมๆ ยาวประมาณ 1.50 - 2.00 เมตร สำหรับสอดกับเชือกที่ผูกโยง จากด้านล่างของเขาลงมาทำเป็นห่วงไว้เมื่อจะให้เขาขึ้น - ลง ในกรณีเปลี่ยนสีของเส้นไหมก็เหยียบไม้นี้ ไม้เหยียบหูก จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนของฟืมนั้นๆ

5) ไม้หาบหูก เป็นไม้ที่สอดร้อยกับเชือกที่ผูกเขาด้านบน เพื่อให้หูกยึดติดกับไม้หาบหูกจะมีอันเดียวไม่ว่าจะใช้ฟืมที่มี 2 เขา 3 เขา หรือ 4 เขา

6) ฟืม เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทอผ้า มีตัวฟืมที่ทำจากไม้ เนื้อแข็ง เป็นกรอบสี่เหลี่ยม มีฟันซี่เล็ก ๆ เรียงกันเป็นตัวยูอยู่กลางและระยะห่างของฟันเป็นที่ใช้สำหรับสอดเส้นไหมผ่าน ความกว้างของฟืม ประมาณ 5 - 6 เซนติเมตร ส่วนความยาวของฟืมคือความกว้างของผืนผ้าในการใช้ฟืม เนื่องจากการทอครั้งต่อไปจะต้องเหลือเส้นไหมที่ทอครั้งก่อนไว้ เพื่อนำมาผูกกับเส้นไหมที่ต้องการทอครั้งต่อไปโดยไม่ให้เส้นไหมจากการทอครั้งก่อนหลุดออกจากฟืม ไม่เช่นนั้นจะต้องนำเส้นไหมมาสอดผ่านฟันของใหม่ ซึ่งจะต้องใช้เวลานานมาก



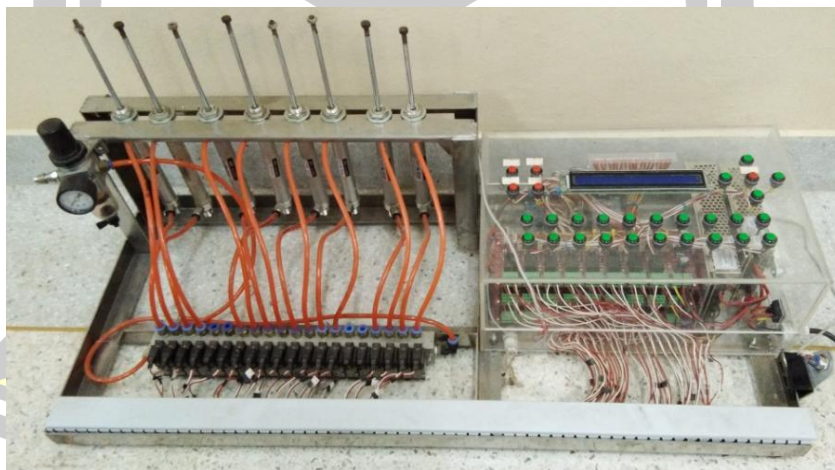
ภาพประกอบ 7 อุปกรณ์ทอผ้า



ภาพประกอบ 8 ขนาดของกระสวย

เครื่องทอผ้าที่ใช้เทคโนโลยี จากการศึกษาการทำงานของตะกอทอผ้าโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ แสดงดังภาพประกอบที่ 9 พบว่า การออกแบบและสร้างขึ้นสำหรับการทอผ้าโดยคำนึงถึงการทำงานที่ไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการใช้งาน ทำงานโดยการส่งกำลังด้วยกระบอกลมแบบสองทิศทาง ใช้โซลินอยด์วาล์ว 4/2 ในการควบคุมกระบอกลม สามารถเพิ่มอัตราการทอผ้าใหม่ได้ประมาณ 30 เซนติเมตรต่อวัน แต่พบปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งานคือ การใช้ระบบนิวแมติกส์จะมีสถานะทางเสียงตลอดการทอ พอใช้งานเป็นระยะเวลานานๆเกิดการรั่วของกระบอกลม[3] ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาให้การทอผ้าที่นั่นสะดวกและเร็วขึ้นต่อระบบที่ผู้วิจัยจะใช้ระบบทางกลโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังในการดึงตะกอแทนการใช้นิวแมติกส์ การควบคุมการทำงานของตะกอทอผ้า สามารถเพิ่มอัตราการทอได้มากขึ้นและมีประสิทธิภาพในการทอเทียบเท่ากับการทอด้วยมือ ทั้งในด้านเวลาและคุณภาพของผ้าที่ทอได้ โดยติดตั้งเครื่องทอผ้ายกดอกและจัดจำสายผ้าเข้ากับที่ทอผ้าเดิมเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน ซึ่งกลไกที่จะพัฒนาขึ้นจะใช้ระบบทางกลโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังในการดึงตะกอและลวดลายของผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอคุณภาพไม่แตกต่างจากผ้าทอแบบดั้งเดิม นั่นคือ มีความสวยงาม และคงไว้

ซึ่งเอกลักษณ์ของผ้าทอยกดอกยิ่งไปกว่านั้นสามารถทอผ้าได้เร็วขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีระบบ กิ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ติดตั้งทดแทนระบบตะกอเดิมโดยพัฒนาระบบการอ่านค่ารหัส ข้อมูลจาก USB Flash Drive และพัฒนาระบบกลไกแบบดอปปีสำหรับติดตั้งแทนที่ระบบเดิม โดยให้ ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานและสับเปลี่ยนระบบได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งกับกี่ทอ ผ้าเดิมได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนโครงสร้างของกี่ทอผ้า จากการทดสอบการทอด้วยการควบคุมด้วย คอมพิวเตอร์และการทอด้วยการควบคุมโดยไม่ต้องต่อคอมพิวเตอร์จะได้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน เครื่อง ทอผ้ากึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับวิสาหกิจชุมชนเป็นการพัฒนาที่ทอผ้าโดย นำเอากลไกการยกตะกอแบบ Countermarch มาเป็นแนวทางในการออกแบบกี่ทอผ้าขนาด 8 ตะกอที่มีระบบควบคุมการยกตะกอแบบกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยพัฒนาระบบกลไก ควบคุมการยกตะกอจากกลไกของกี่ทอผ้าดอปปี (Dobby) ที่เข้ารหัสโดยใช้ก้านเหล็กเปลี่ยนมาเป็นการ ใช้แขนของโซเลนอยด์วาล์วต้นเชื้อกร้อยตะกอแทนและใช้ระบบไฟฟ้าในการควบคุม แต่งานวิจัยนี้ ยังไม่สามารถออกแบบลวดลายได้เอง[11] เครื่องทอผ้ามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จากอดีตถึงปัจจุบัน พบว่างานวิจัยทางด้านอุปกรณ์ช่วยในการทอผ้า ส่วนมากจะนำอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของตะกอ เข้ามาช่วยในการตั้งตะกอจดจำลำดับการทอให้กับผู้ทอ

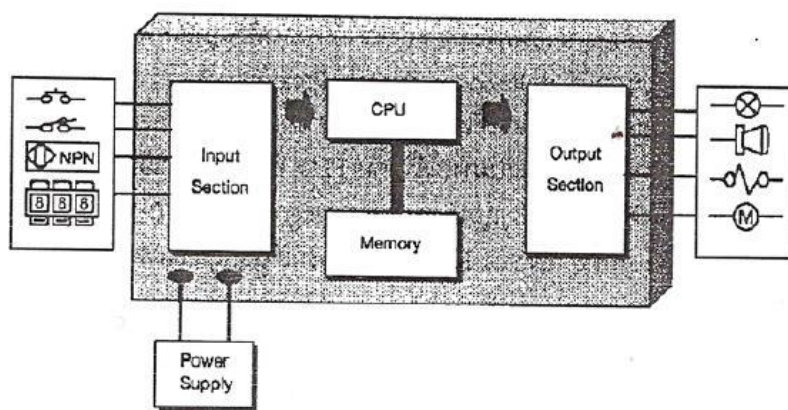


ภาพประกอบ 9 อุปกรณ์ควบคุมตะกอทอผ้าระบบนิวแมติกส์

## 2.2 ระบบควบคุม

### 2.2.1 การควบคุมด้วยพีแอลซี

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมีไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญพีแอลซี จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย ซึ่งสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีแอลซี[12] นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (barcode reader) เครื่องพิมพ์ (printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่องพีแอลซี จะใช้งานแบบเดี่ยว (stand alone) แล้วยังสามารถต่อพีแอลซี หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วย จะเห็นได้ว่าการใช้งานพีแอลซี มีความยืดหยุ่นมากดั่งนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้พีแอลซี มากขึ้น โครงสร้างของพีแอลซีจะประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ ดังภาพประกอบที่ 10



ภาพประกอบ 10 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี[12]

หน่วยความจำของพีแอลซี ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับการปฏิบัติงานของพีแอลซี ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับการปฏิบัติงานของพีแอลซี ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้



1) แรม (Random Access Memory : RAM) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายจึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรม

2) EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตหรือตากแดดร้อนๆ นานๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรม

3) EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้า เหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน

## 2.2.2 ส่วนประกอบของพีแอลซี

พีแอลซี แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

1) ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU) เป็นส่วนมันสมองของระบบ ภายในซีพียู จะประกอบไปด้วยวงจรถลอจิกเกต (Logic Gate) ชนิดต่างๆ หลายชนิด และมี Microprocessor-based ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทเมอร์ (Timer) และซีควนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์ แลตเตอร์ ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้

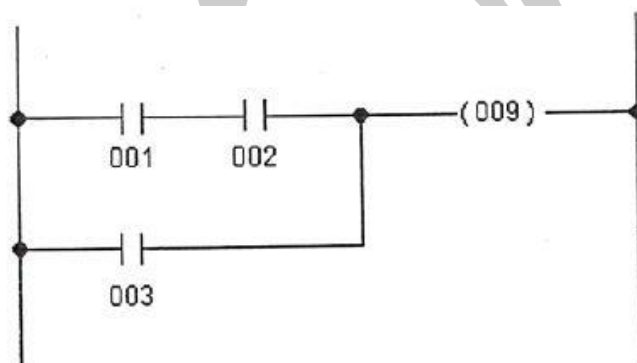
2) ส่วนที่เป็นอินพุต/เอาต์พุต (Input Output : I/O) ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสถานะและสัญญาณต่างๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสถานะแล้วส่งไปยังซีพียู เพื่อประมวลผล เมื่อซีพียู ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุต เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้

3) ส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device) ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำของพีแอลซี นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับพีแอลซี เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจการปฏิบัติงานของพีแอลซี และผลการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการตามโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้เขียนขึ้น

## 2.2.3 การเขียนโปรแกรม

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซีจะมี 3 ชนิด ได้แก่ สเตตเมนต์ลิสต์ (Statement List ; STL) ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม (Function Block Diagram ;FBD) และแลตเตอร์ ลอจิก (Ladder Logic ; LAD) การเขียนโปรแกรมด้วยแลตเตอร์จะเป็นที่นิยมมากที่สุด เมื่อพีแอลซี

อยู่ในสถานะพร้อมทำงานแล้ว โปรแกรมจะถูกป้อนเข้าไปยังหน่วยความจำของซีพียู ทำให้ซีพียูประมวลผลและได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณเอาต์พุต หน้าคอนแทคซึ่งเป็นชนิดปกติเปิด เพราะฉะนั้น ถ้าหน้าคอนแทค 001 และ 002 ต่อกัน ก็จะทำให้เกิดเอาต์พุต 009 หรือหน้าคอนแทค 003 ต่อกัน ก็ทำให้เกิดเอาต์พุต 009 ได้เช่นกัน ลักษณะนี้เรียกว่า รัง (Rung) คือมีสัญญาณอินพุตหนึ่งหรือมากกว่าที่ทำให้เกิดเอาต์พุตหนึ่งหรือมากกว่าแสดงดังภาพประกอบที่ 11



ภาพประกอบ 11 วงจรแลตเตอร์ (PLC Ladder Logic Diagram)[13]

#### 2.2.4 ตัวอย่างพีแอลซีที่ใช้งาน

Siemens S7-1200 เป็นพีแอลซีรุ่นเล็กที่เหมาะกับผู้ที่จะเริ่มต้นเรียนรู้การใช้งานพีแอลซี เบื้องต้นและพัฒนาต่อยอดไปถึงรุ่นใหญ่ได้ต่อไป เพราะซีเมนส์ได้ใช้ซอฟต์แวร์ใน platform เดียวกัน แต่แยกระดับการใช้งานของพีแอลซี แต่ละรุ่นเอาไว้ หากต้องการใช้งาน S7-1200 ต้องลงโปรแกรม STEP7 Basic (TIA Portal) แต่หากจะใช้งาน S7-1500 นั้นจะใช้ STEP7 Professional (TIA Portal) ซึ่งทั้ง 2 แบบ ก็ยังคงใช้คำสั่งพื้นฐานเหมือนกันทั้งคู่ เพียงแต่เพิ่มคุณสมบัติ (features) ของการใช้งานอื่นๆ เช่นงาน motion หรือ technology object ต่างๆ ขึ้นมา โดยเนื้อหาของการใช้งาน S7-1200 นั้นจะเริ่มตั้งแต่พื้นฐาน concept ของตัวพีแอลซีเอง และการประยุกต์คำสั่ง ต่างๆ ในตัวพีแอลซีเพื่อการใช้งานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด แสดงดังภาพประกอบที่ 12



ภาพประกอบ 12 Siemens S7-1200[14]

พีแอลซีสามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะ คือ

- 1) งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง เช่น
  - การทำงานของระบบเบรลีย์
  - การทำงานของไทมเมอร์ เคาน์เตอร์
  - การทำงานของพีซีการ์ด
  - การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรือเครื่องจักรต่างๆ
- 2) งานควบคุมสมัยใหม่ เช่น
  - การทำงานทางคณิตศาสตร์
  - การควบคุมแบบอนาล็อก
  - การควบคุม PID (Proportional – Integral – Derivative)
  - การควบคุมมอเตอร์
- 3) การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยความสะดวก เช่น
  - งานสัญญาณเตือน และโปรเซสมอนิเตอร์ริง
  - งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม
  - งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์
  - แลน (Lan)

## 2.3 ระบบกลไก

จากการศึกษางานวิจัยของเกสรและคณะ ได้ทำการออกแบบการทำงานของตะกอกทอผ้า โดยใช้กลไกระบบนิวแมติกส์ในการดึงตะกอก พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งานคือ การใช้ระบบนิวแมติกส์จะมีผลภาวะทางเสียงตลอดการทอ และเกิดการรั่วของกระบอกกลม[3] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศักดิ์ศรี มาศพันธ์และ กล้า ศรีเพชรได้ออกแบบการควบคุมการทำงานของตะกอกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน ได้พบปัญหาเช่นเดียวกันคือ เสียงจากกระบอกกลม บั้มลมมีความร้อนสูงไม่สามารถทำงานได้ตลอดทั้งวัน[5] ผู้วิจัยจึงศึกษาค้นคว้าหากลไกในการดึงตะกอกทอผ้า โดยมีการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยในการทอผ้ามัดหมี่แบบสี่เขาเหยียบ ได้กล่าวถึงการพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยในการควบคุมตะกอกทอผ้ามัดหมี่ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวมีก้านดึงตะกอก 4 ก้าน ควบคุมการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้ไกลการส่งกำลังโดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง ซึ่งมอเตอร์มีแรงบิดที่สูง ทนทาน ไม่มีผลภาวะทางเสียง และราคาไม่สูง[7] ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางเดียวกันกับผู้วิจัยที่ต้องการพัฒนาเครื่องทอผ้า โดยชุดกลไกใช้มอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังผ่านรอกไปดึงตะกอกและเขาสลับกันเพื่อให้เกิดลวดลายผ้า

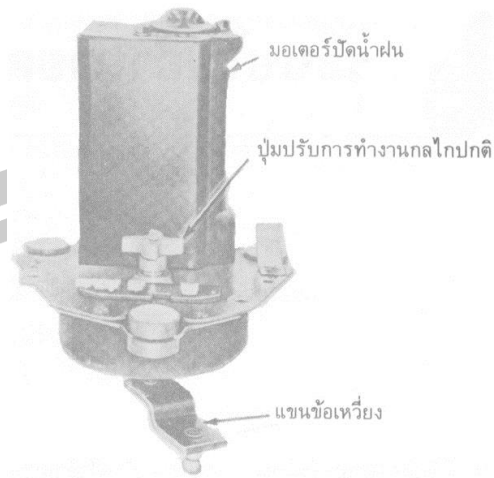
### 2.3.1 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ที่เลือกใช้เป็นมอเตอร์ปัดน้ำฝนซึ่งเป็นมอเตอร์ที่ให้แรงบิดที่สูง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบปัดน้ำฝนและน้ำฉีดล้างกระจกให้มีประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้น โดยการนำเอาระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้ในการควบคุมการทำงานเพื่อให้สะดวกสบายแก่ผู้ขับขี่รถยนต์มากยิ่งขึ้น

ระบบปัดน้ำฝนแบบ 1 ความเร็ว มอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบ 1 ความเร็วจะมีการส่งถ่ายกำลังไปยังแขนข้อเหวี่ยงและส่งผ่านก้านต่อให้ตัวหมุนใบปัดน้ำฝนของกระจกรถยนต์ทั้งซ้ายและขวา แต่หมุนด้วยความเร็วเดียว ปัจจุบันได้นำมาใช้กับ รถยนต์เฉพาะกระจกหลังของรถยนต์เท่านั้น

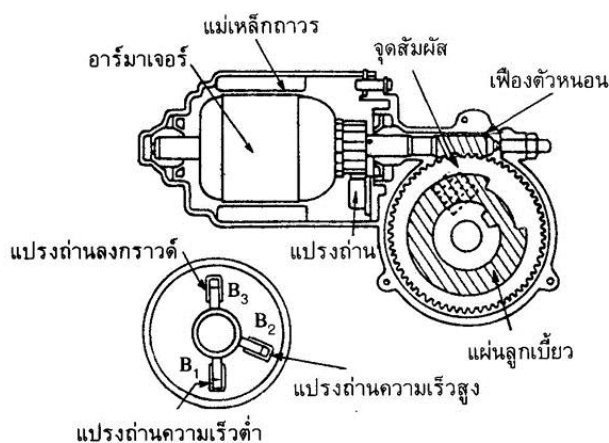
การทำงานของระบบปัดน้ำฝนแบบ 1 ความเร็วมีดังนี้ เมื่อเปิดสวิตช์ปัดน้ำฝนไปในตำแหน่ง ON กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านเข้ามอเตอร์ปัดน้ำฝน (wiper motor) มอเตอร์ปัดน้ำฝนจะหมุนและส่งถ่ายกำลังไปยังเฟืองขับ แขนข้อเหวี่ยง ก้านขับ และจุดหมุนของตัวขับใบปัดน้ำฝน ซึ่งจะมีแคมสวิตช์ (cam switch) ที่จะทำหน้าที่ในการกำจัดการทำงานของมอเตอร์ปัดน้ำฝนให้กลับไป-มา และกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิมเมื่อปิดสวิตช์ปัดน้ำฝน[15]





ภาพประกอบ 13 มอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบ 1 ความเร็ว[15]

ระบบปัดน้ำฝนแบบ 2 ความเร็วเป็นแบบที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันซึ่งอุปกรณ์ภายในของมอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบ 2 ความเร็วนี้อาจแตกต่างจากมอเตอร์ของระบบปัดน้ำฝนแบบ 1 ความเร็ว มอเตอร์ปัดน้ำฝน (wiper motor) เป็นมอเตอร์ซึ่งใช้แม่เหล็กถาวรสร้างสนามแม่เหล็ก และตัวมอเตอร์ปัดน้ำฝนจะทำงานได้โดยได้รับกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลผ่านแปรงถ่านทำให้เกิดการผลักดันให้มอเตอร์หมุนทำงาน มอเตอร์ปัดน้ำฝนภายในจะประกอบด้วยตัวมอเตอร์และชุดเฟืองขับซึ่งทำหน้าที่ลดความเร็วของมอเตอร์ให้ช้าลง และจะมีแปรงถ่านจำนวน 3 ตัวคือ แปรงถ่านความเร็วต่ำ แปรงถ่านความเร็วสูง และ แปรงถ่านที่ต่อลงกราวด์



ภาพประกอบ 14 ภาพตัดแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของมอเตอร์และตำแหน่งของแปรงถ่าน[15]

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนพล อินทรโชติ และคณะ[16] การสร้างกึ่งทอผ้าพื้นบ้านระบบอัตโนมัติ สำหรับนำไปใช้ในการทอผ้าพื้นเมือง เนื่องจากผ้าที่ทอด้วยมือนั้น มีราคาที่ค่อนข้างสูงเพราะเนื่องด้วย การทอผ้าด้วยมือนั้นมีความละเอียดอ่อน ประณีต ต้องใช้ความชำนาญ และจะต้องใช้เวลาในการทอผ้าานมากกว่าจะได้ผ้าออกมาผืนหนึ่งทำให้ต้องใช้กำลังคนมากและนับวันที่ทอผ้าพื้นบ้านจะหาผู้ได้ยากจึงได้ออกแบบนวัตกรรมกึ่งทอผ้าพื้นบ้านอัตโนมัติจากภูมิปัญญาที่ทอผ้าพื้นบ้านโดยใช้หลักการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ และไฮดรอลิกในการทำงานและการเลือกสายสามารถทอผ้าโดยใช้เวลาในการทอที่รวดเร็วกว่าคนในการทอ อีกทั้งยังคงคุณค่าของภูมิปัญญาชาวบ้านในการทอผ้าด้วยกึ่งและลายผ้าพื้นบ้าน

นคร คงช่วย และคณะ[17] สร้างเครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดหน้ากว้างไม่เกิน 10 นิ้ว สำหรับนำไปใช้ในการทอตัวอย่างผ้าพื้นเมือง โดยใช้ข้อมูลทางกายภาพของผ้าทอพื้นเมือง และขนาดผ้าตัวอย่างสำหรับทำเล่มตัวอย่างผ้า เป็นเกณฑ์ในการออกแบบและกำหนดขนาดมิติ ตัวเครื่องและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องซึ่งจากการศึกษาพบว่าผ้าทอพื้นเมืองส่วนใหญ่ใช้ ตะกอไม่เกิน 3 ตะกอ ต่อลายซ้ำ ลายผ้าเป็นโครงสร้างพื้นฐานลายขัด 1/1 กับลายทแยง 2/1 ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่ง 40-120 เส้นต่อนิ้ว ขนาดผ้าตัวอย่างสำหรับใช้รวบรวมเป็นเล่มนำเสนอลูกค้ามีขนาดกว้างประมาณ 4 นิ้ว ยาวประมาณ 6 นิ้ว เครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กต้นแบบที่ออกแบบและสร้างมีขนาดหน้าพื้นหกว้าง 15.5 นิ้ว มีตะกอ 6 ตะกอ ระบบการยกตะกอ (shedding system) ระบบการส่งเส้นด้ายพุ่ง (picking system) และระบบกระทบเส้นด้ายพุ่ง (beat-up system) ทำงานด้วยระบบลมอัด (Pneumatic system) ควบคุมการทำงานระบบลมอัดทั้งหมดด้วย PLC (Programmable Logic Control) ระบบม้วนผ้า (take-up system) และระบบคลายเส้นด้ายยืน (let-off system) ทำงานด้วยมอเตอร์ ควบคุมความเร็วและชุดเกียร์ (speed control motor) อัตราการม้วนผ้าและคลายเส้นด้ายยืนควบคุมด้วยการปรับความเร็วมอเตอร์ เครื่องทอผ้าตัวอย่างขนาดเล็กต้นแบบที่ออกแบบและสร้าง สามารถทอผ้าตัวอย่างได้ 3 โครงสร้างคือ ลายขัด 1/1 ลายทแยง 2/1 และลายซาติน 5 ตะกอ จากการทดลองทอผ้าด้วยเส้นด้ายยืนขนาด 20 Neเส้นด้ายพุ่งขนาด 10 Ne พื้นหกว้าง 50 Stockport เมื่อสืบเส้นด้ายยืนกว้าง 12 นิ้ว ร้อยเส้นด้ายยืน 2 เส้นต่อช่องพื้นหกว้าง สามารถทอลายขัดได้ ผ้าหน้ากว้างเฉลี่ย 10.86 นิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเฉลี่ย 48 เส้นต่อนิ้ว ลายทแยง 2/1 ได้ ผ้าหน้ากว้างเฉลี่ย 11.55 นิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเฉลี่ย 46 เส้นต่อนิ้ว ลายซาติน 5 ตะกอ ได้ผ้าหน้ากว้างเฉลี่ย 11.64 นิ้ว ความหนาแน่นเส้นด้ายพุ่งเฉลี่ย 40 เส้นต่อนิ้ว ความเร็วใช้ในการทอผ้าทดลองคือ 12 เส้นพุ่งต่อนาที สามารถนำผ้าที่ทอไปตัดและใช้เป็นผ้าตัวอย่างได้

กิตติศักดิ์ อริยะเครือ[18] ออกแบบและสร้างเครื่องทอผ้าแบบยกดอกพิเศษด้วยเครื่องแจ็กการ์ด (JACQUARD) เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการทอผ้าแบบยกดอกและออกแบบลวดลายของผ้ายกดอกให้มีลวดลายสลับซับซ้อน โดยผ่านเครื่องทอผ้าของชาวบ้าน (กักระตุก) การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทอผ้าพื้นเมืองของชาวบ้าน ในภาคกลางรวมทั้งศึกษาปัญหาและความต้องการในการออกแบบเครื่องทอผ้าแบบยกดอกพิเศษด้วยเครื่องแจ็กการ์ดให้มีประสิทธิภาพตอบสนองความต้องการของผู้ทอให้มากที่สุดและนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาวิเคราะห์ประกอบเพื่อสร้างต้นแบบเครื่องทอผ้าแบบยกดอกพิเศษด้วยเครื่องแจ็กการ์ดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนเชิงนิเวศน์ เศรษฐกิจ รวมทั้งนำองค์ความรู้ถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบอบรมเชิงปฏิบัติการ

สัญญา อุทัยธา และคณะ[19] งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเทคนิคการกระจายงานแบบแยกอิสระโดยนำเอาระบบสมองกลฝังตัวมาช่วยอ่านและจัดลำดับของลายทอผ้าที่บันทึกเป็นไฟล์รหัสข้อมูลมาตรฐานนามสกุลไฟล์ WIF (weaving information file) ผ่าน USB Flash drive และควบคุมการยกตะกอกของกี่ทอผ้าด้วยมือและระบบดื่อบปีขนาด 8 ตะกอก เพื่อปรับปรุงกี่ทอผ้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจากกลไกการยกตะกอกแบบ Counterbalance จำนวน 2 ตะกอก ให้เป็นกี่ทอผ้าที่มีกลไกแบบกึ่งอัตโนมัติจำนวน 8 ตะกอก เพื่อให้กี่ทอผ้ามีความสามารถสร้างลวดลายในการทอได้มากขึ้นการพัฒนาเริ่มจากการศึกษารูปแบบและขนาดของกี่ทอผ้าขนาด 2 ตะกอก เดิมของผู้ประกอบการ จากนั้นนำระบบกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ติดตั้งทดแทนระบบตะกอกเดิมโดยพัฒนาระบบการอ่านค่ารหัสข้อมูลจาก USB Flash Drive และพัฒนาระบบกลไกแบบดื่อบปี สำหรับติดตั้งแทนที่ระบบเดิมโดยออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานและสับเปลี่ยนระบบได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังได้ออกแบบชุดอุปกรณ์ทั้งหมดให้สามารถติดตั้งกับกี่ทอผ้าเดิมได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนโครงสร้างของกี่ทอผ้า

จากการสำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องทอและจดจำลาย โดยให้มีอัตราการทอดีกว่าการทอด้วยกี่ทอมือแบบเดิม ยิ่งไปกว่านั้น สามารถแก้ปัญหาในการทอผ้ายกดอก กล่าวคือ ลดความผิดพลาดของลายผ้า เพิ่มระยะห่างของเส้นยืนลดความเมื่อยล้าของร่างกายโดยเฉพาะช่วงขา

พูน ปณ กิโต ชเว

### บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการทอผ้ายกดอกพบว่าอุปกรณ์ที่สำคัญในการทอผ้าประกอบด้วย 1) ฝีม หรือฟันหวี 2) เขาหูกและตะกอ 3) กระจสวาย 4) ไม้แกนม้วน 5) โครงกี้ยกดอก ในกระบวนการทอผ้ายกดอกต้องใช้คนเหยียบ 2 ชุด คือสำหรับดึงเขาเพื่อถ่างเส้นยืน (ทอส่วนที่เป็นผ้าพื้น) และสำหรับดึงตะกอ (ทอส่วนที่ทำให้เกิดลวดลาย) ตัวอย่างเช่น 1) ลายขาเป็ยคนเหยียบ 2 ใช้มือดึงตะกอ 7 เร็ยก ทอ 9 ตะกอ 2) ลายข้างเหยียบ 2 ใช้มือดึงตะกอ 17 เร็ยก ทอ 19 ตะกอ 3) ลายแมงออดคนเหยียบ 2 ใช้มือดึงตะกอ 5 เร็ยก ทอ 7 ตะกอ เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบเครื่องทอและจดจำลายผ้าเป็นการควบคุมการทำงานของตะกอทอผ้า ในบทนี้กล่าวถึง รายละเอียดของการลำดับการดึงตะกอ ลวดลายของผ้ายกดอกที่มีตะกอทอผ้าไม่เกิน 40 ตะกอ 2 เขา ซึ่งลวดลายของผ้าจะขึ้นอยู่กับการผูกสายต่างๆ รวมไปถึงการออกแบบกลไกและการทดสอบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

#### 3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องการทอผ้า

ในการศึกษาข้อในการทอผ้าใช้วิธีการสอบถามข้อมูล ในการทอผ้าแต่ละลายเพื่อที่จะได้นำมาใช้ในการทอผ้าจริง (ข้อมูลสนับสนุนงานวิจัยในบทนี้ ได้จากศูนย์ความเป็นเลิศทางนวัตกรรมไหม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และวิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโปรง ตำบลชะยาว อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี)

##### 3.1.1 รายละเอียดของเขาและตะกอทอผ้า

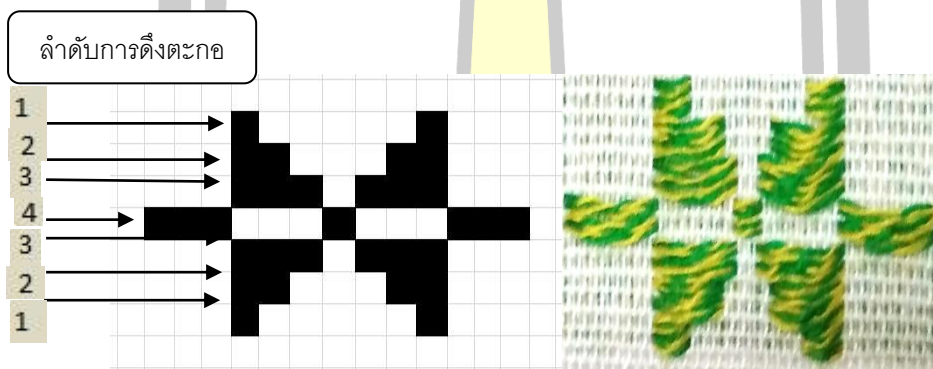
ดำเนินการศึกษาถึงรายละเอียดของเขาและตะกอทอผ้ายกดอกโดยมีรายละเอียดที่จะศึกษาดังนี้

- 1) ศึกษาลักษณะหน้าที่ของเขาและตะกอทอผ้ายกดอกโดยวิธีการสังเกตและอภิปรายลงในผลการทดลอง
- 2) ศึกษาการทำงานของเขาและตะกอทอผ้า โดยวิธีการสังเกตและอภิปรายผลลงในผลการทดลอง
- 3) ศึกษาแรงดึงของเขาและตะกอทอผ้ายกดอก โดยการใช้อุปกรณ์วัดแรงดึงเกี่ยวไว้ที่เขาและตะกอจากนั้นทำการดึงตะกอตามวิธีการทอผ้าโดยทั่วไปเพื่อวัดแรงดึง ทำการบันทึกผลการทดลองลงตาราง
- 4) ระยะห่างในการดึงตะกอเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่เหมาะสมในการทอผ้าโดยการเหยียบเขาและตะกอทอผ้าเพื่อถ่างเส้นยืนตามวิธีการทอโดยทั่วไป แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง

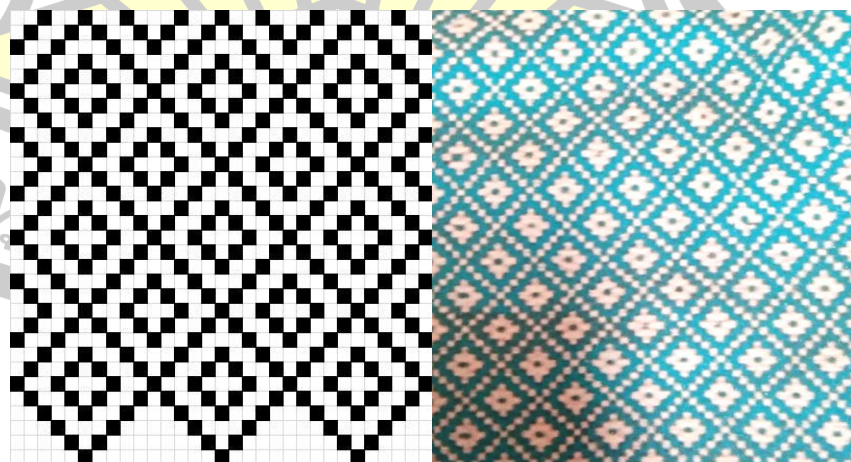
### 3.1.2 การอ่านลายผ้าและการออกแบบลายผ้า

1) ศึกษาลายผ้ายกดอก 20 ลาย คือ ลายดอกแก้ว ลายพญานาค ลายดอกสะแบง ลายไทรบ้านเชียง ลายโคมห้าต่อเครือ ลายหมากจับผสมโคมห้า ลายเอฟันหวี ลายเอ้อโบราณ ลายโคมห้าผสมข้าวหลามตัด ลายข้าวหลามตัด ลายสามขอพิกกันหรือลายลูกน้ำ ลายขอสามหัวใจหรือลายน้ำ ลายโคมห้าต่อดอก ลายขอในกรอกรูป ลายลูกน้ำหรือลายชั้นหมาก ลายขอในช่อดอกไม้ ลายขอซ้อนผสม ลายหมี่คั่นกันหอย ลายประตูลอย ลายเลขาคณิต และลายจุดดาว ดังภาพประกอบ 15 ถึง 37 ใช้วิธีการศึกษาโดยการวิเคราะห์ลวดลายผ้า ซึ่งมีข้อมูลที่จะต้องศึกษาดังนี้

- 1) ศึกษาองค์ประกอบของลายผ้า
- 2) ศึกษาจำนวนตะกอทอผ้าที่ใช้ในแต่ละลายผ้า
- 3) ศึกษาการผูกลายผ้ายกดอก
- 4) ศึกษาลำดับของการตั้งเขาและตะกอ

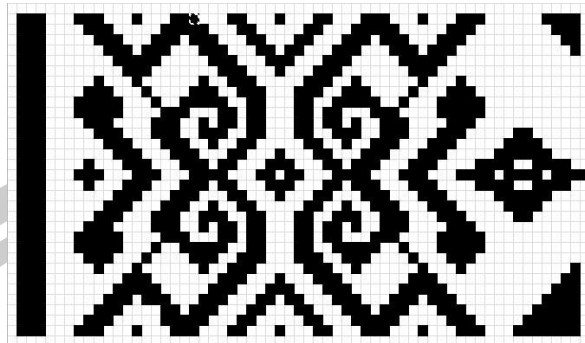


ภาพประกอบ 15 ลายดอกแก้ว



ภาพประกอบ 16 การออกแบบลวดลายของผ้า





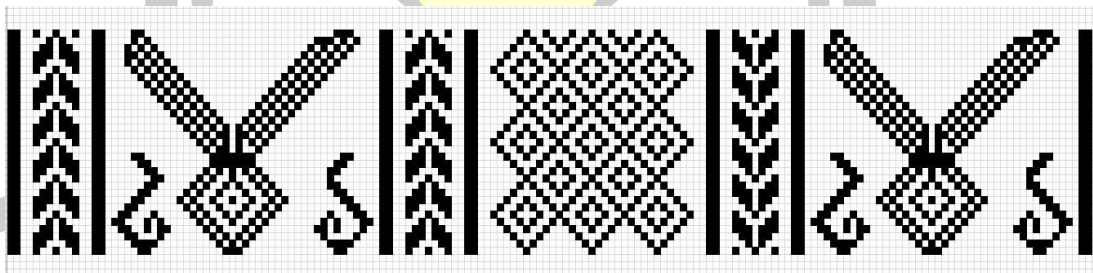
ภาพประกอบ 17 การออกแบบลายพญานาค

← แนวยาว 500 ช่อง →

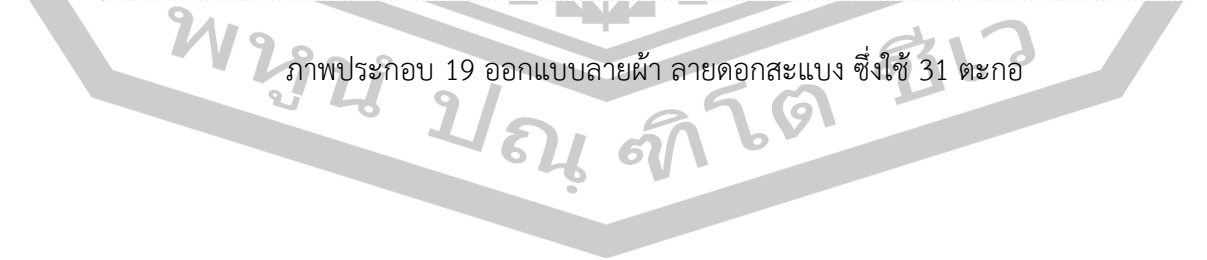


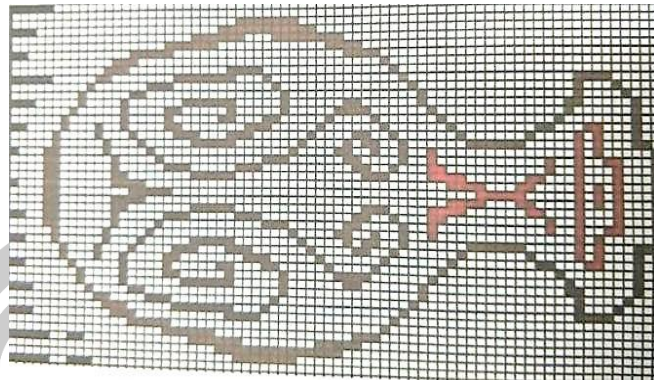
31 ตะกอด

ภาพประกอบ 18 แบบของลายทอผ้าลายพญานาค ซึ่งใช้ 31 ตะกอด

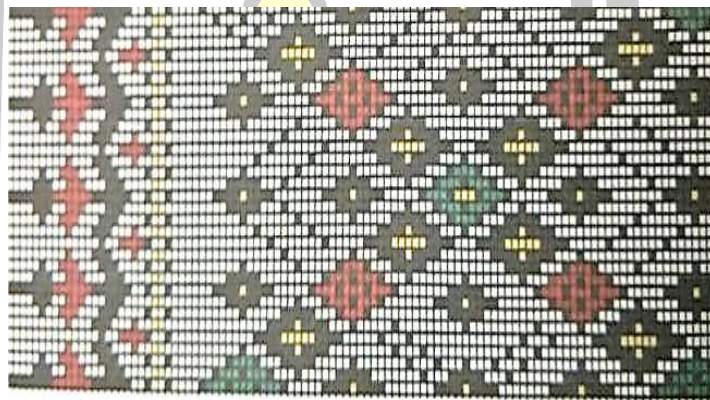


ภาพประกอบ 19 ออกแบบลายผ้า ลายดอกสะแบง ซึ่งใช้ 31 ตะกอด





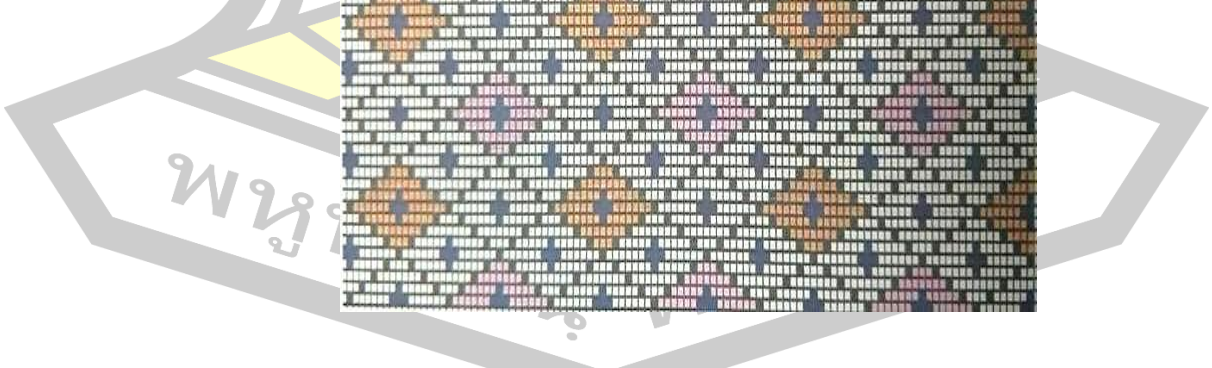
ภาพประกอบ 20 ลายไหบ้านเชียง

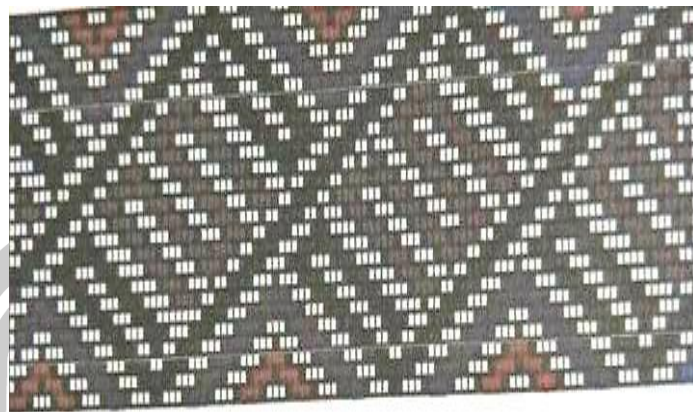


ภาพประกอบ 21 ลายโคมห้าต่อเครือ



ภาพประกอบ 22 ลายหมากจับผสมโคมห้า





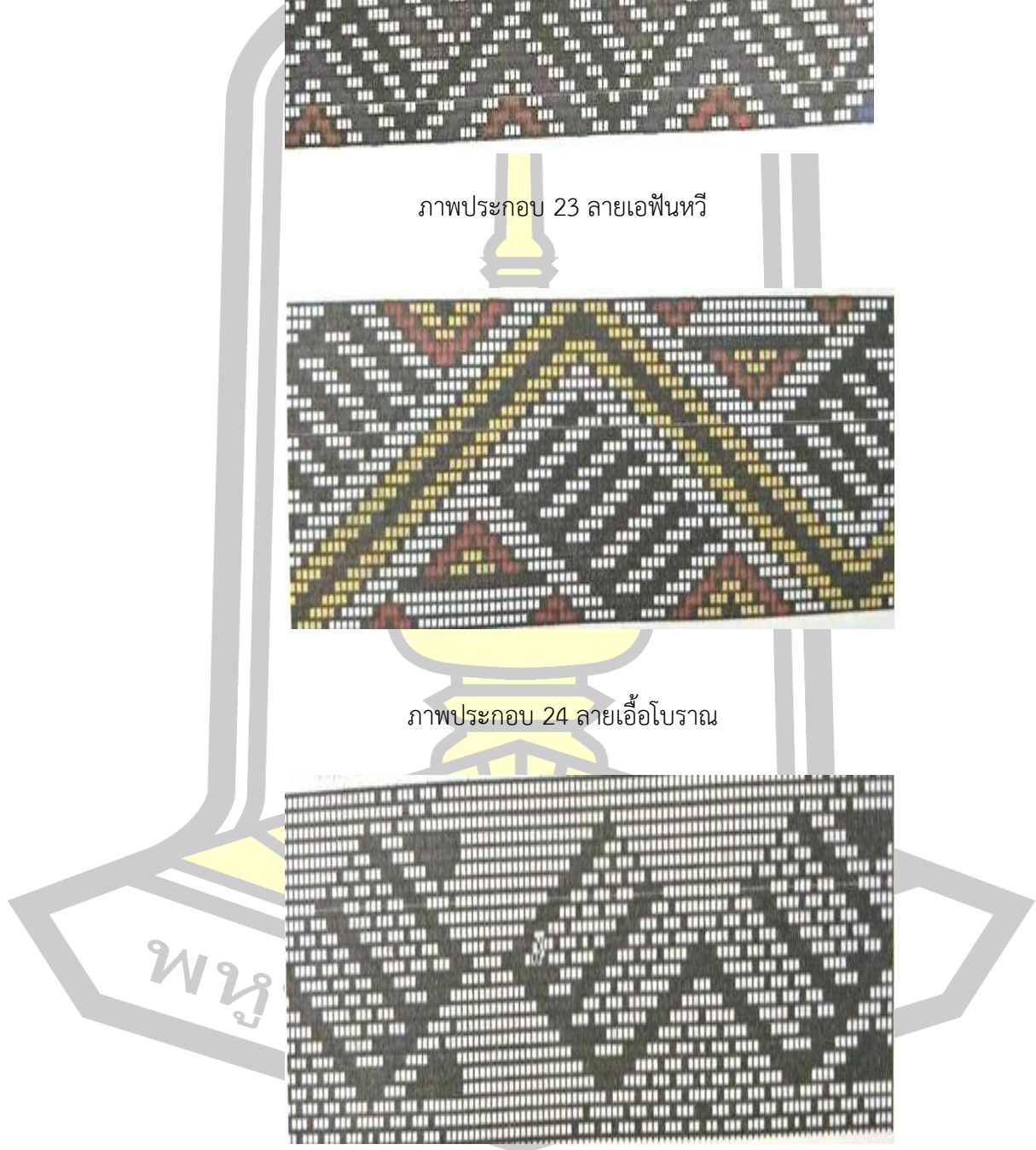
ภาพประกอบ 23 ลายเอฟันหรี



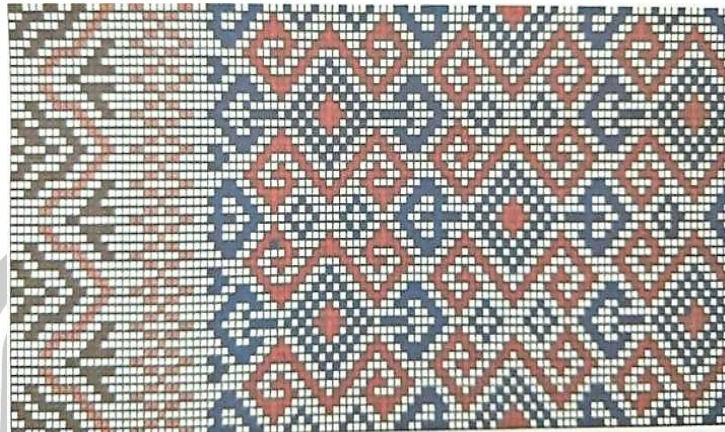
ภาพประกอบ 24 ลายเอื้อโบราณ



ภาพประกอบ 25 ลายข้าวหลามตัด



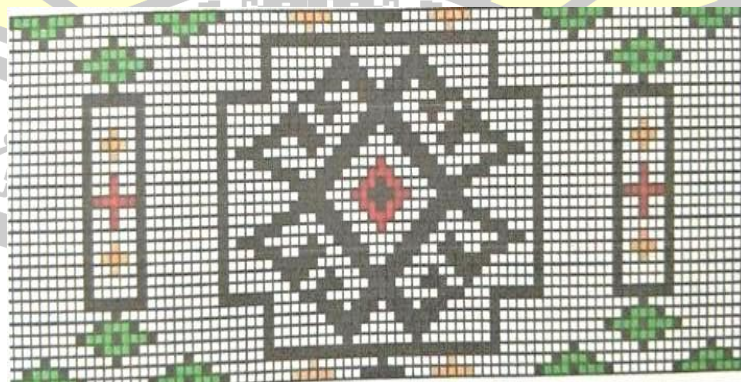




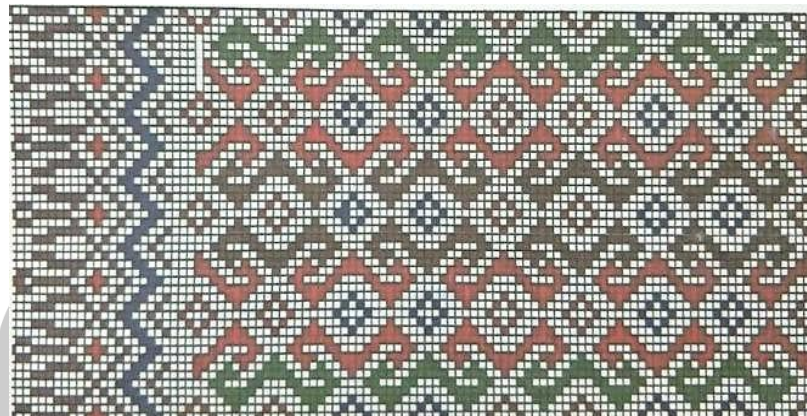
ภาพประกอบ 26 ขอสามหัวใจหรือลายม้าน้ำ



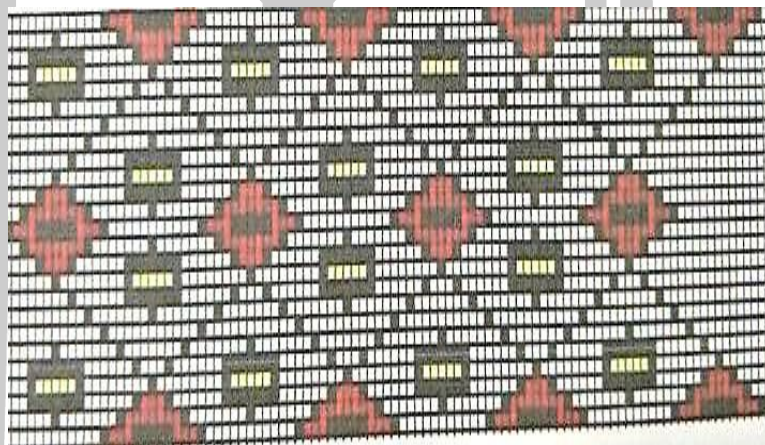
ภาพประกอบ 27 ลายโคมห้าผสมข้าวหลามตัด



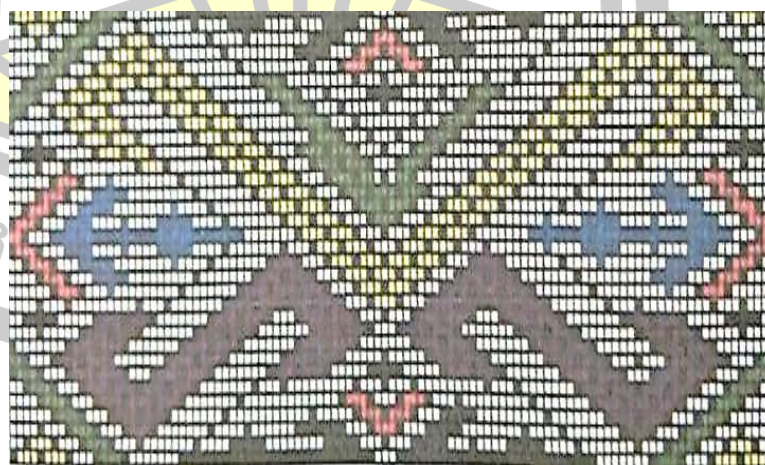
ภาพประกอบ 28 ลายขอในกรอบรูป



ภาพประกอบ 29 ลายสามขอพิงหรือลายลูกน้ำ

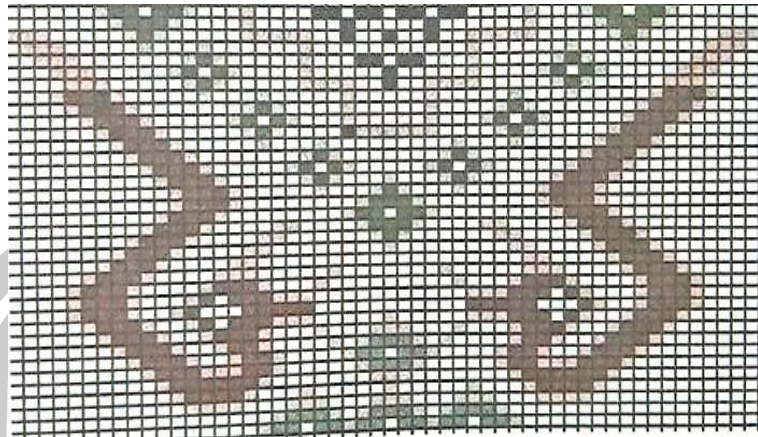


ภาพประกอบ 30 ลายโคมห้าต่อดอก

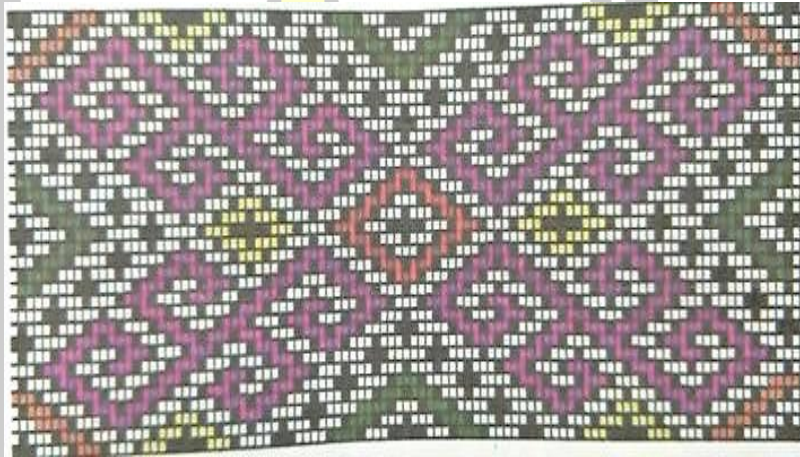


ภาพประกอบ 31 ลายขอในช่อดอกไม้





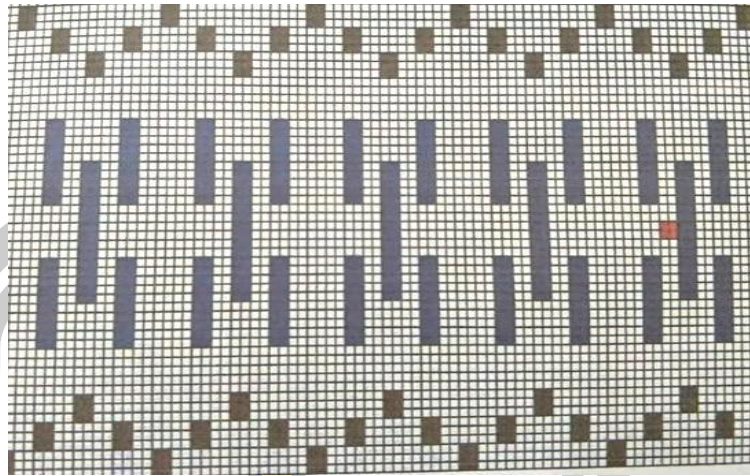
ภาพประกอบ 32 ลายลูกน้ำหรือลายชั้นหมาก



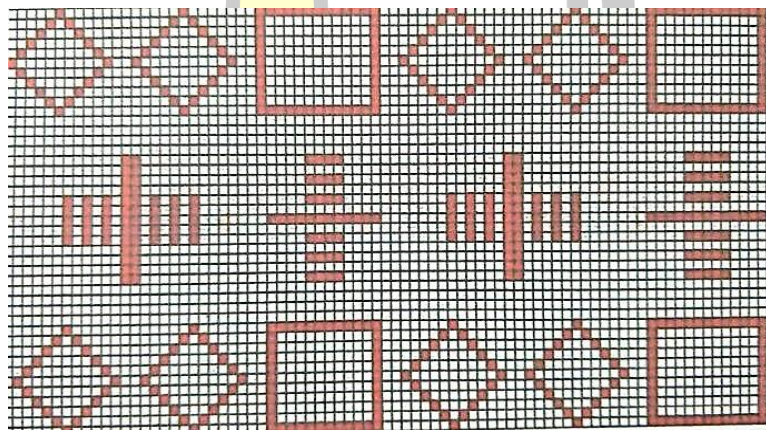
ภาพประกอบ 33 ลายช่อซ้อนผสม



ภาพประกอบ 34 ลายหมี่คั่นกันหอย



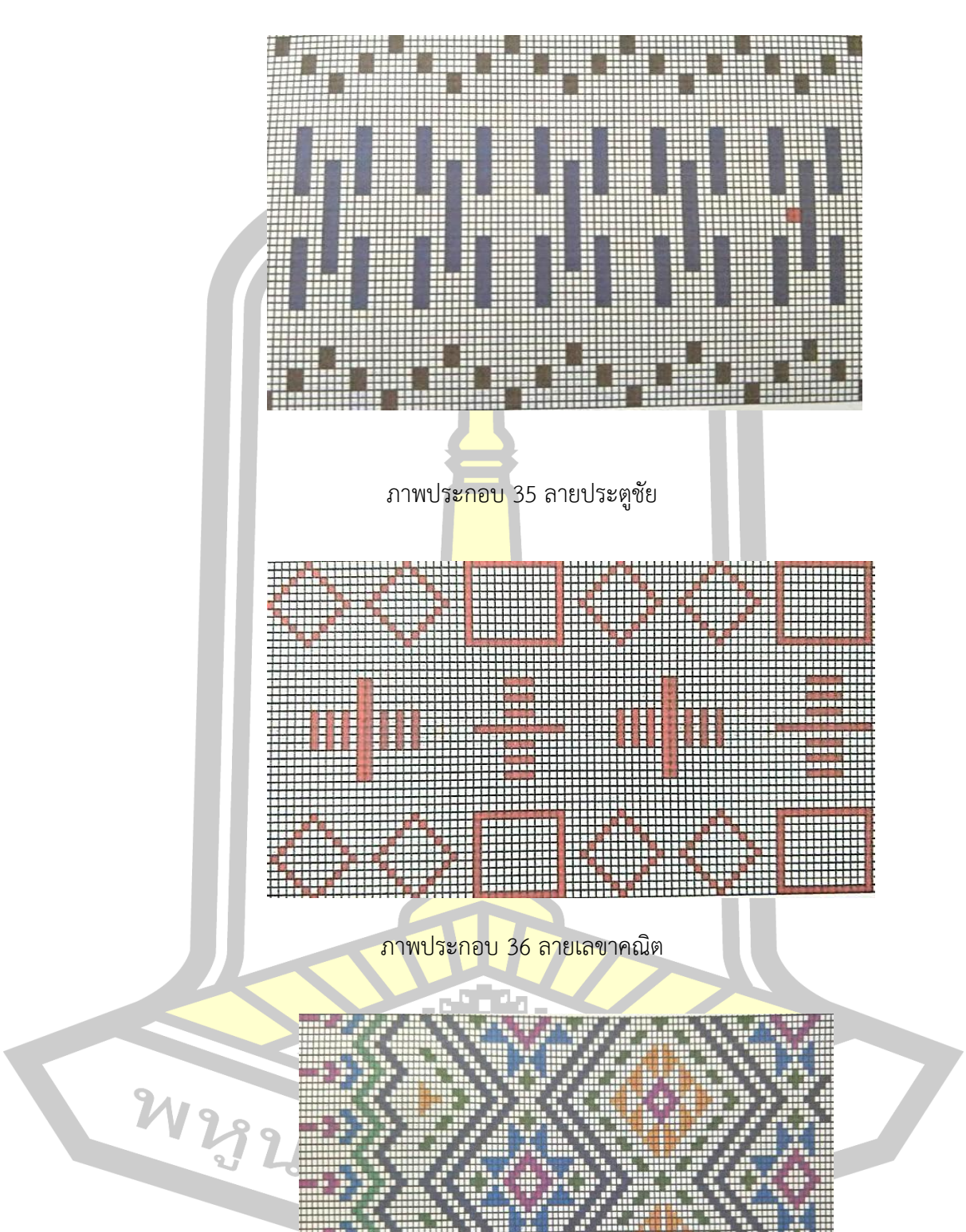
ภาพประกอบ 35 ลายประตู่ชัย



ภาพประกอบ 36 ลายเลขาคณิต



ภาพประกอบ 37 ลายดุงดาว

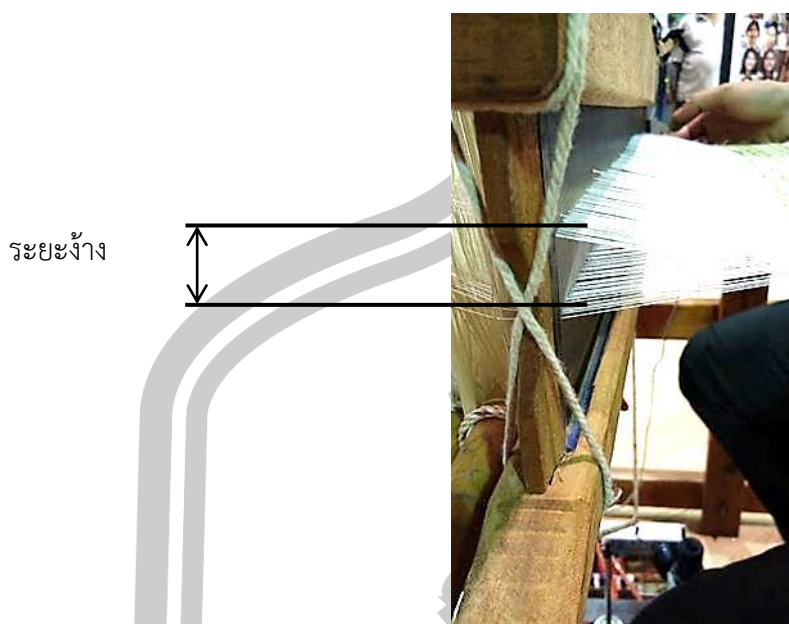




ตาราง 1 ตัวอย่างลายดอกแก้ว มีจำนวนตะกอก 4 ตะกอก เขา 2 เขา มีจำนวนทั้งหมด 22 ขั้นตอน

ครั้งที่	ลำดับเขา ที่ถูกดึง (1,2)	ลำดับ ตะกอกที่ ถูกดึง (1-4)	กระสวยที่ สอด (ขาว,เขียว)	ครั้งที่	ลำดับเขา ที่ถูกดึง (1,2)	ลำดับ ตะกอกที่ ถูกดึง (1-4)	กระสวยที่ สอด (ขาว,เขียว)
1	เขาที่ 1	-		20	เขาที่ 2	ตะกอกที่ 2	
2	เขาที่ 2	-		21	เขาที่ 2	ตะกอกที่ 1	
3	เขาที่ 1	-		22	เขาที่ 1	ตะกอกที่ 1	
4	เขาที่ 2	-					
5	เขาที่ 1	-					
6	เขาที่ 2	-					
7	เขาที่ 1	-					
8	เขาที่ 2	-					
9	เขาที่ 1	ตะกอกที่ 1					
10	เขาที่ 2	ตะกอกที่ 1					
11	เขาที่ 1	ตะกอกที่ 2					
12	เขาที่ 2	ตะกอกที่ 2					
13	เขาที่ 1	ตะกอกที่ 3					
14	เขาที่ 2	ตะกอกที่ 3					
15	เขาที่ 1	ตะกอกที่ 4					
16	เขาที่ 2	ตะกอกที่ 4					
17	เขาที่ 1	ตะกอกที่ 3					
18	เขาที่ 2	ตะกอกที่ 3					
19	เขาที่ 1	ตะกอกที่ 2					

2) ระวังง้าง ในการดึงเส้นยืนเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่เหมาะสมในการทอผ้า โดยการดึงเขาลง(ส่วนที่เป็นผ้าพื้น) และตะกอก (ส่วนที่ทำให้เกิดลาย) เพื่อง้างเส้นยืน จากการวัดหาระยะง้างพบว่า ระยะง้างเฉลี่ย 3 เซนติเมตร การวัดระยะง้างแสดงในภาพประกอบ 38

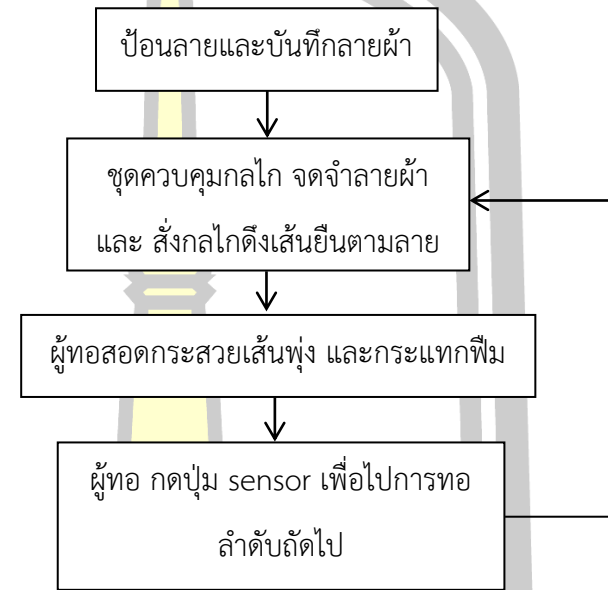


ภาพประกอบ 38 ระยะห่าง

### 3.2 การออกแบบและโครงสร้างของเครื่องทอและจดจำลายผ้า

การออกแบบในส่วนของโครงสร้างและระบบควบคุมของเครื่องนั้นออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานง่าย ติดตั้งง่าย เครื่องทอผ้าและจดจำลายผ้า ถูกออกแบบให้รองรับการทอลายที่ใช้ได้ถึง 40 ตะกอ 2 เขา และสามารถจดจำลายผ้าได้ถึง 100 ลวดลาย เครื่องทอผ้า ประกอบด้วย 1) โครงเครื่อง ทำจากโลหะผสมที่แข็งแรง ทนทานและไม่เกิดสนิม ทำหน้าที่เป็นฐานรองรับส่วนประกอบของเครื่องทั้งหมด 2) กล่องควบคุมการทำงานของกลไก ติดตั้งที่ด้านข้างของเครื่อง ภายในประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ 3) ชุดกลไก ติดตั้งด้านล่างของเครื่อง ทำหน้าที่ดึงตะกอและเขาสลับกันเพื่อให้เกิดลวดลายผ้า 4) จอบันทึกลวดลายแบบสัมผัส ใช้ป้อนขั้นตอนการทอตามลวดลายที่ออกแบบและบันทึกลายผ้าได้ตามความต้องการของผู้ทอ การทำงานของก้ทอผ้ากึ่งอัตโนมัติแสดงดังภาพที่ 39 ประกอบเริ่มจากการกดสวิทช์เปิด (ON) เมื่อชุดควบคุมพร้อมที่จะทำงานแล้ว ให้ผู้ทอป้อนลายผ้าและลำดับการทอผ่านหน้าจอสัมผัสแสดงดังภาพประกอบ 40 หลังจากนั้นบันทึกลาย และไมโครคอนโทรลเลอร์ในกล่องควบคุมกลไกจะบันทึกและสั่งการให้กลไกดึงเส้นยืนดึงเส้นยืนตามลำดับ ผู้ทอสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องจากการสัมผัสสวิทช์เซ็นเซอร์แสงที่เท้า เพื่อให้กล่องควบคุมสั่งกลไกให้ดึงเส้นยืนในลำดับถัดไป เพื่อให้ผู้ทอสอดกระสวยเส้นพุ่งตามสีและลวดลายที่ได้ออกแบบไว้ เครื่องทอและจดจำ

ลายผ้า มีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 140x180x190 เซนติเมตร กล้องควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ กล้องกลไก ที่นั่ง ไม้แกนมันว่น เส้นยืน และจอแสดงผลมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 41 ถึง 44 และการแสดงการคำนวณหาระยะการตั้งตะกอก แสดงดังภาพประกอบที่ 45 ถึง 46



ภาพประกอบ 39 แผนภาพการทำงาน

### 3.2.1 ตัวอย่างหน้าจอการป้อนลายผ้าผ่านหน้าจอสัมผัส



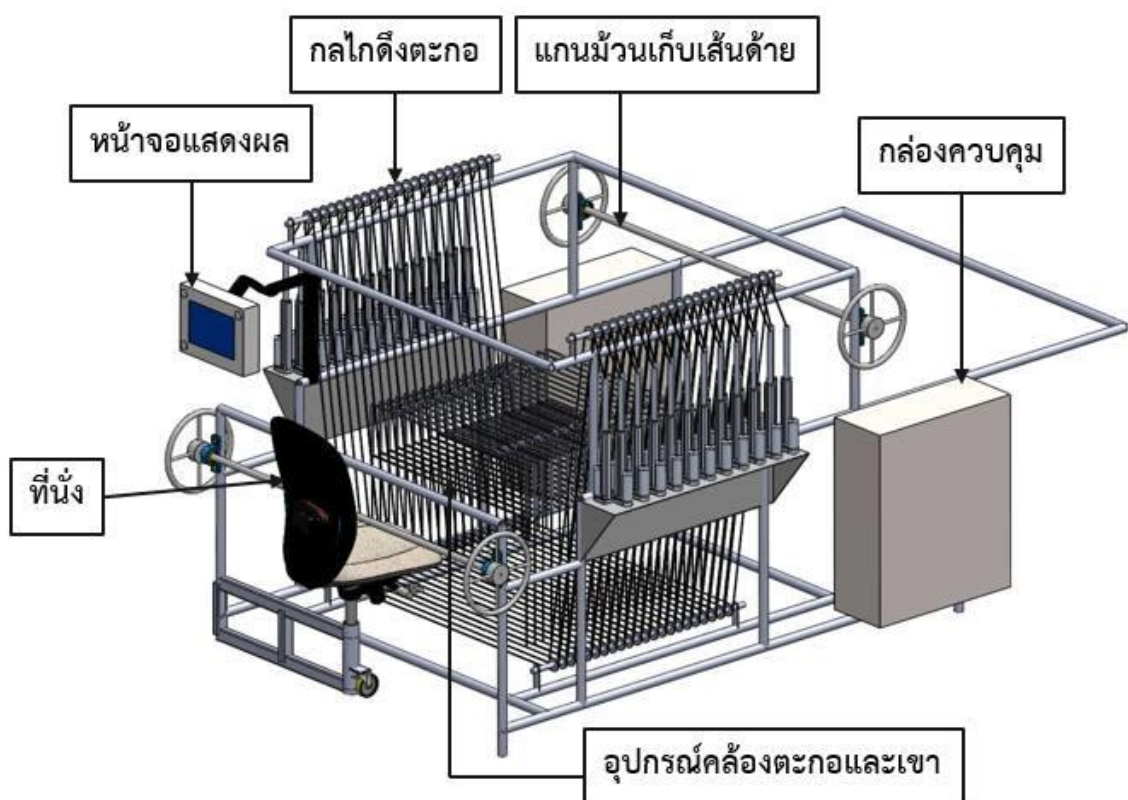
(ก)

(ข)

→ ต่อ

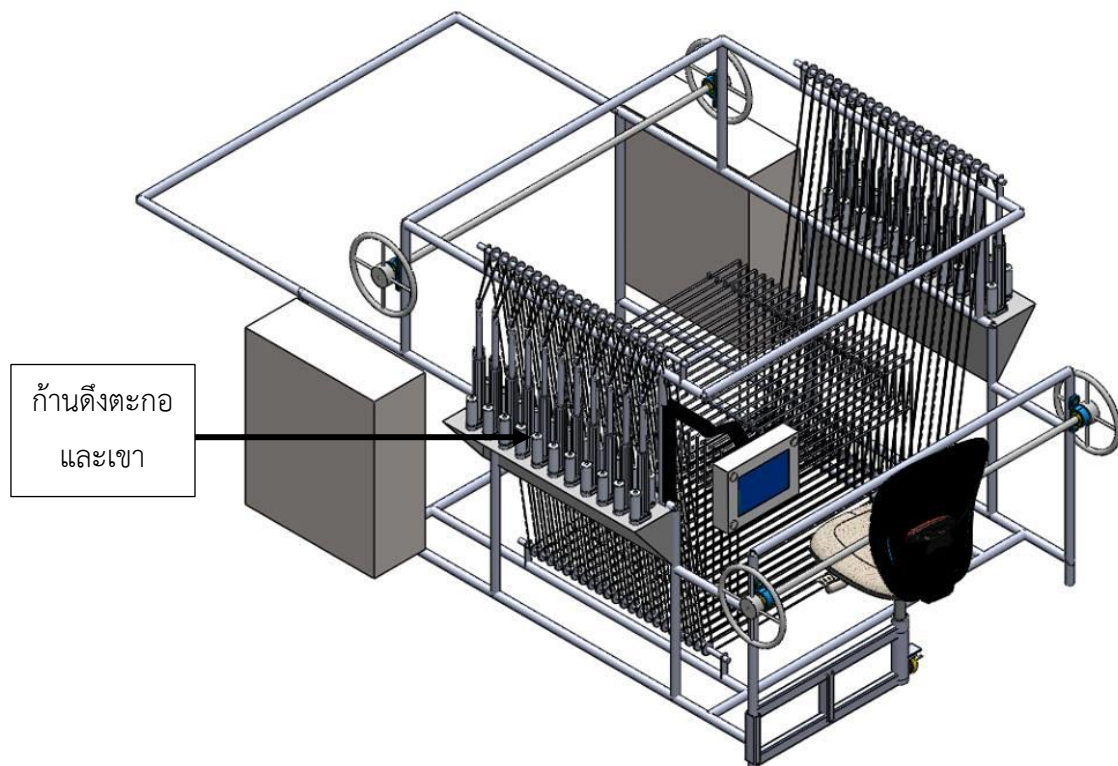


ภาพประกอบ 40 การบันทึกกลดลายผ้า (ก) เริ่มต้นทำงาน (ข) เลือกลายผ้าที่มีอยู่แล้ว (ค) หรือป้อนลายผ้าใหม่

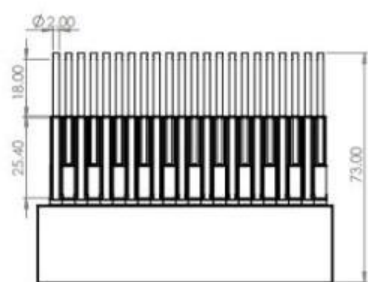
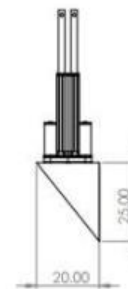
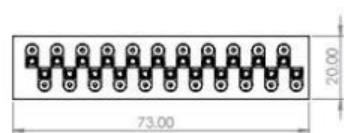


ภาพประกอบ 41 แบบเครื่องทอผ้าและจดจำลายผ้า

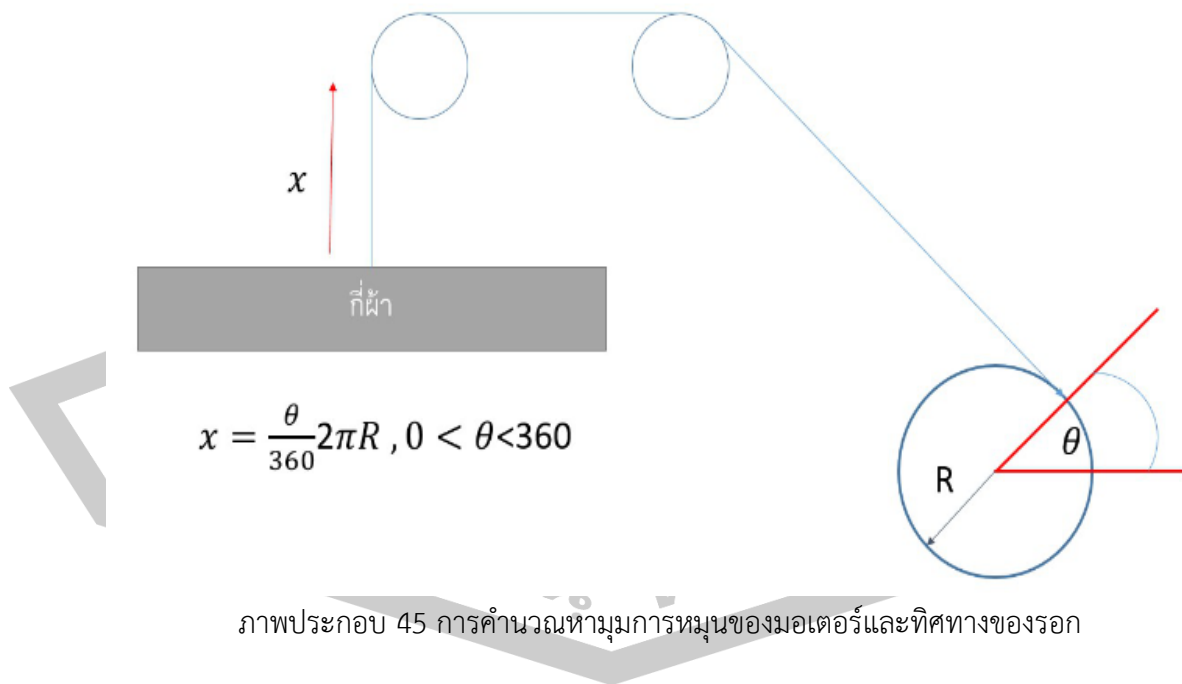
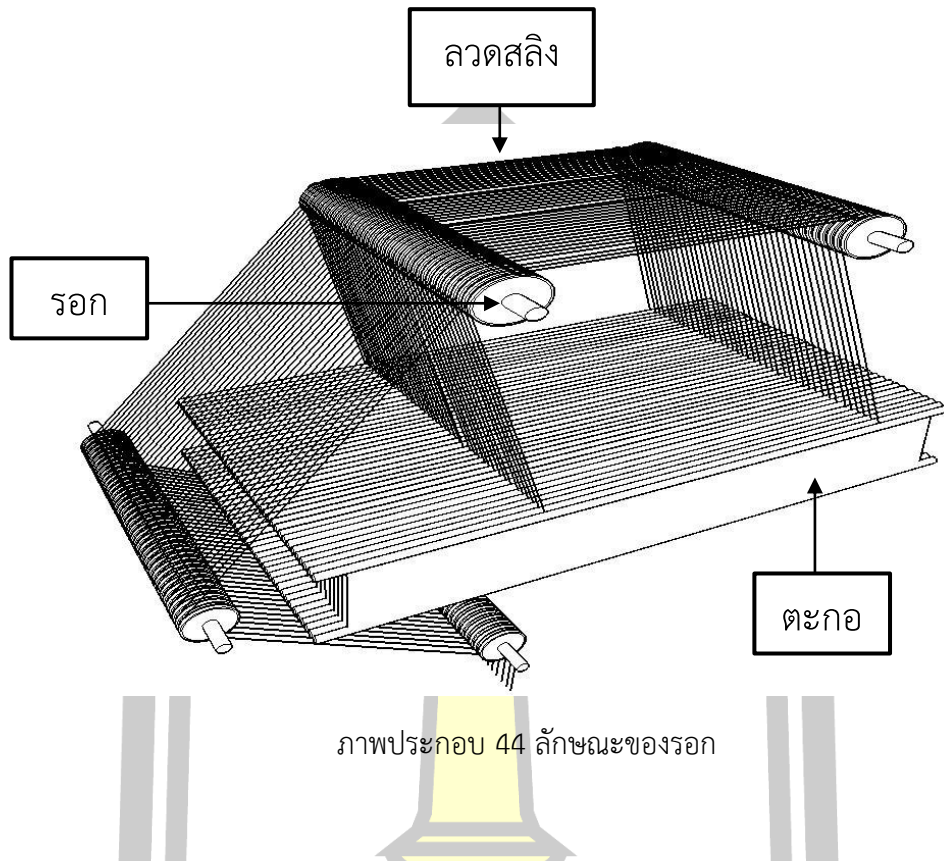


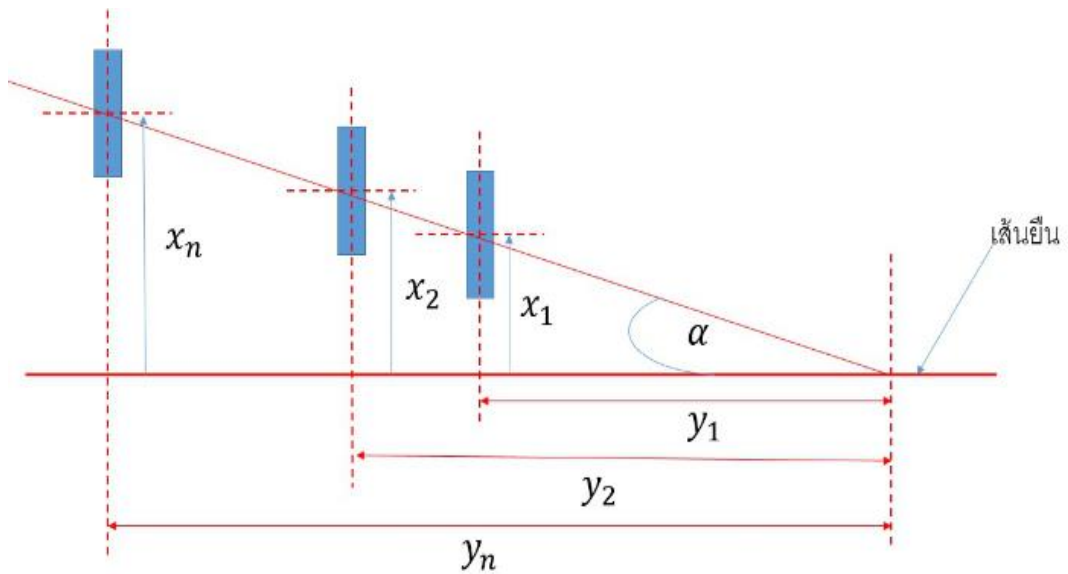


ภาพประกอบ 42 ลักษณะของโครงที่เครื่องทอและจัดจำลายผ้า



ภาพประกอบ 43 ลักษณะของกลไก





$$x_n = y_n \tan \alpha$$

ภาพประกอบ 46 การคำนวณหาระยะง้างของเส้นใย

### 3.2.2 การทดสอบหาแรงดึงของเส้นใย

ทดสอบหาแรงดึงเส้นใยของฝ้ายกดอก โดยการใช้อุปกรณ์วัดแรงดึงหรือตาชั่งสปริงดิจิตอล เกี่ยวไว้ที่เขาคงของฝ้ายกดอก จากนั้นทำการดึงเขาตามวิธีการทอผ้าทั่วไปเพื่อวัดแรงดึง จากการทดสอบได้แรงดึง 17.36 กิโลกรัม แสดงดังภาพประกอบที่ 47 ซึ่งเป็นแรงที่มอเตอร์สามารถดึงได้ โดยมอเตอร์มีแรงดึงถึง 60 กิโลกรัม



ภาพประกอบ 47 การทดสอบแรงดึงเส้นใย

### 3.2.3 การประมาณอัตราการทอของเครื่อง

ใน 1 ขั้นตอนประกอบด้วย

- |   |           |
|---|-----------|
| 1) การกดตะกอก   | 1 วินาที  |
| 2) การสอดกระสวยและกระทบพิมพ์  | 10 วินาที |
| 3) หนึ่งขั้นตอนเท่ากับ  | 11 วินาที |
| 4) จากการทดสอบนับเส้นยืนฝ้ายกดอก 1 เซนติเมตร มีจำนวนเส้นยืน 16 เส้น<br>หนึ่งชั่วโมง มี 3600 วินาที จะได้ $3600/11$ เท่ากับ 327 เส้น |           |

เพราะฉะนั้น การประมาณอัตราการทอของเครื่อง ในหนึ่งชั่วโมง จะสามารถทอได้ 20.44 เซนติเมตร

### 3.3 การสร้างอุปกรณ์ต้นแบบในการควบคุมตะกอกทอผ้าลายยกดอก

รวบรวมผลข้อมูลที่ได้ศึกษาแล้วดำเนินการสร้างเครื่องทอและจดจำลายผ้า ตามการออกแบบโดยแบ่งขั้นตอนการสร้างเป็น 2 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

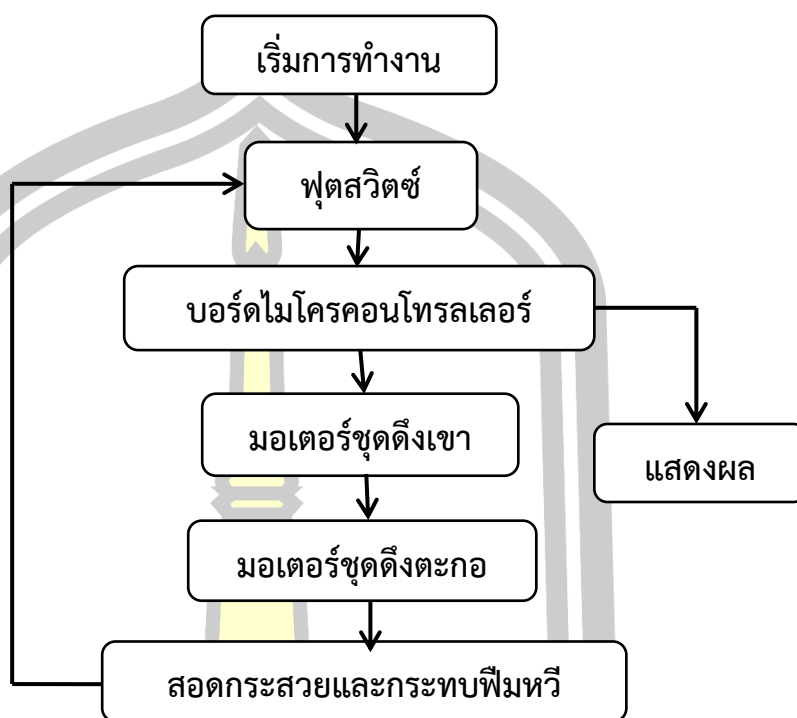
- 1) การสร้างโครงอุปกรณ์
- 2) การสร้างกล่องควบคุมและการติดตั้งเครื่องทอและจดจำลายผ้า

#### 3.3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทอและจดจำลายผ้า

- 1) ติดตั้งกลไกดึงเส้นยืนทั้งสี่สิบตัวผูกติดกับเขาและตะกอก อันที่ 1 ถึง 40 ตามลำดับ
- 2) เปิดเครื่องจากนั้นทำการกดปุ่มฟุตสวิตช์ เพื่อเริ่มการทำงาน โดยเมื่อเริ่มทอผ้ายกดอกเสร็จ 1 ขั้นตอนจะไปขั้นตอนต่อไปได้โดยการกดฟุตสวิตช์ 1 ครั้งเพื่อไปยังขั้นตอนต่อไป ซึ่งแต่ละขั้นตอนที่กำลังทำงานนั้นจะถูกแสดงผลตามเวลาจริง
- 3) การทำงานจะวนซ้ำเมื่อทำงานครบตามลวดลายของผ้า

#### 3.3.2 ขั้นตอนการออกแบบและควบคุม

การควบคุมอุปกรณ์โดยใช้พีแอลซี ควบคุมมอเตอร์โดยจะควบคุมเป็นสองชุด ชุดที่ 1 จะควบคุมมอเตอร์ดึงเขา (ส่วนทอผ้าพื้น) 2 ตัว และชุดที่ 2 จะควบคุมมอเตอร์ดึงตะกอก (ส่วนที่ทำให้เกิดลาย) แผนผังการทำงานของเครื่องทอผ้าและจดจำลายผ้า แสดงดังภาพประกอบ 48



ภาพประกอบ 48 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ช่วยในการทอผ้ายกดอก

### 3.4 การออกแบบการทดลอง

การทดลองประกอบด้วย 1) การทดสอบหาอัตราการทอ กล่าวคือ ความยาวของผ้าที่ทอต่อเวลาเฉลี่ยในการทอ (ชั่วโมง) โดยได้ทดสอบหาเวลาเฉลี่ยในการทอผ้ายกดอกชนิดเดียวกัน เปรียบเทียบด้วยวิธีการทอแบบยกดอก และ การทอแบบใช้เครื่องทอและจดจำลายผ้า ซึ่งจะให้กลุ่มแม่บ้าน วิชาทอชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโประ้ง ตำบลบะยาว อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี และวิชาทอชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านนาสะแบง ตำบลโนนเปือย อำเภอภูคดชุมชนจังหวัดยโสธร ที่เชี่ยวชาญและมีทักษะในการทอผ้ายกดอก เป็นผู้ทดสอบ โดยกลุ่มวิชาทอชุมชนต้องทดสอบทอผ้ายกดอกจากเครื่องทอผ้าและกี่ทอผ้าแบบเดิม ซึ่งลายผ้าที่ใช้ทดสอบ 20 ลาย คือ ลายพญานาค ลายดอกสะแบง ลายไผ่บ้านเชียง ลายโคมห้าต่อเครือ ลายหมากจับผสมโคมห้า ลายเอฟันหวี ลายเอื้อโบราณ ลายโคมห้าผสมข้าวหลามตัด ลายข้าวหลามตัด ลายสามขอพิกันหรือลายลูกน้ำ ลายขอสามหัวใจหรือลายน้ำ ลายโคมห้าต่อดอก ลายขอในกรอกรูป ลายลูกน้ำหรือลายชั้นหมาก ลายขอในช่อดอกไม้ ลายขอซ้อนผสม ลายหมี่คั่นกันหอย ลายประตู่ชัย ลายเลขาคณิต และลายจุดดาว ทำการทดสอบจับเวลาในการทอ โดยใช้ผู้ทอจากศูนย์ศิลปาชีพที่ละ 3 คน รวมเป็น 6 คน ทอคนละ 8



ชั่วโมงต่อวัน เปรียบเทียบเวลาในการทอระหว่างเครื่องทอผ้าเทียบกับที่ทอผ้าแบบเดิม แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมมินิแท็บ (Minitab)

2) การทดสอบความถูกต้องของลายผ้า คือตรวจสอบความผิดพลาดของเส้นพุ่ง โดยการทดสอบ จะนับจำนวนจุดตำหนิโดยการสุ่มตัวอย่างพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร เปรียบเทียบคุณภาพของผ้าที่ได้จากการทอด้วยก๊วยคอกและผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้ายกคอกและจดจำลายผ้า โดยการนับจุดที่มีความผิดพลาดคิดเป็นตารางเซนติเมตร คิดเป็นร้อยละความผิดพลาด ของเส้นพุ่งทั้งหมด ของลายผ้ายกคอกชนิดเดียวกัน พิจารณาจากพื้นที่ทั้งหมดของลายผ้า ที่ผ่านการทอแบบใช้เครื่องทอและจดจำลายและที่ทอผ้าแบบเดิม

3) การทดสอบบรรจุลายผ้าลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ 100 ลาย และตรวจสอบผลการแสดงลำดับขั้นตอนขณะทอของหน้าจอแสดงผลและกลไกการดึงตะกอและระยะง้างของเส้นยืน โดยบันทึกผลการทดลองลงในตารางการบันทึก



## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการพัฒนาเครื่องทอผ้ายกดอกมีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องทอผ้ายกดอกและจดจำลายผ้าที่ควบคุมด้วยพีแอลซี และทดสอบสมรรถนะของเครื่องทอผ้า ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการสร้างเครื่องทอผ้า การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องทอผ้า ผลการทดลองการทำงานของเครื่องทอผ้า และการทดสอบความถูกต้องของลายผ้า กล่าวคือตรวจสอบความผิดพลาดของเส้นพุ่ง โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบการทอแบบยกดอกและการทอแบบใช้เครื่องทอและจดจำลายผ้า ซึ่งการทดลองใช้งานเครื่องทอผ้า ได้รับความร่วมมือทดลองใช้จากกลุ่มแม่บ้าน วิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโปร่ง ตำบลชะยาว อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี และวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านนาสะแบง ตำบลโนนเปือยอำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร ที่เชี่ยวชาญและมีทักษะในการทอผ้ายกดอก เป็นผู้ทดลอง

#### 4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการทอผ้ายกดอก

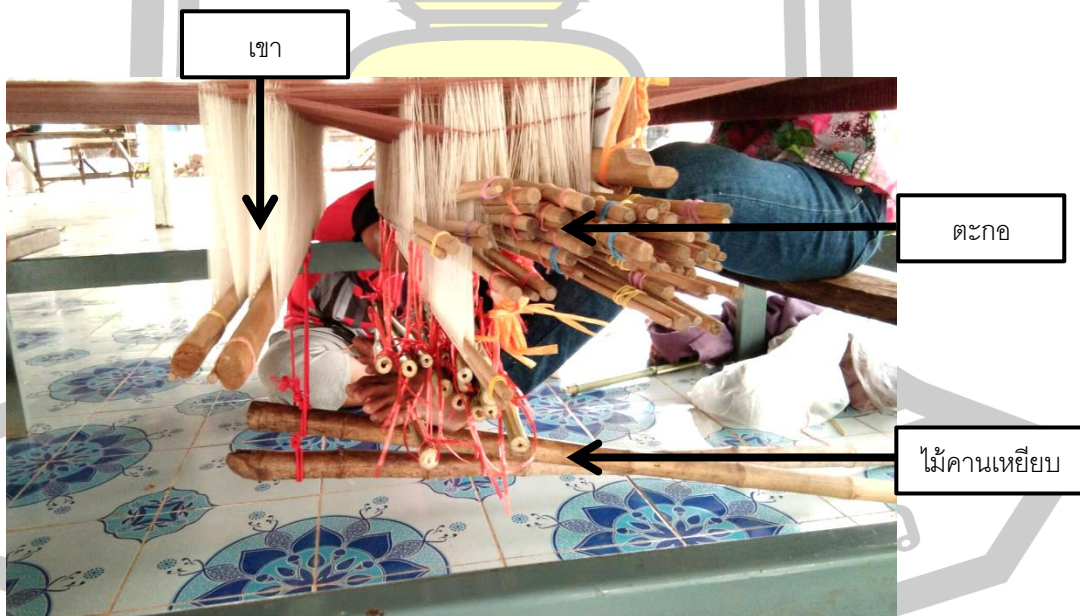
1) ผลการศึกษารายละเอียดของเขาและตะกอกคือ ส่วนที่ใช้ผูกด้านยืนและแบ่งด้ายยืนออกเป็นหมวดหมู่ตามต้องการ เพื่อที่จะพุ่งกระสวยเข้าหากันได้ เขามีอยู่ 2 อัน ซึ่งอยู่ด้านหลังสุดถัดจากตะกอกสุดท้าย เมื่อมีการเหยียบเขาแต่ละอัน ต้องสอดด้ายเส้นพุ่งสลับกันไปมาตามเขาทุก เขาทุก จะมีเชือกผูกแขวนไว้กับไม้ทาบทุก โดยผูกเชือกเส้นเดียวกันให้สามารถเลื่อนไปมาได้ และส่วนล่างของเขาผูกเชือกติดกับคานเหยียบด้านล่างเพื่อเวลาต้องการเหยียบเขาจะเลื่อนขึ้นลงสลับกันทำให้เส้นยืนแยกออกจากกัน ส่วนตะกอกมีลักษณะการผูกคล้ายกันโดยจำนวนของตะกอกจะขึ้นตามลวดลายของผ้า แสดงดังภาพประกอบที่ 49 ถึง 50

2) ผลการศึกษาลักษณะของเขาและตะกอก ไม้ที่นำมาทำเขาและตะกอกส่วนใหญ่ชาวบ้านจะเลือกใช้วัสดุที่หาง่ายตามภูมิลำเนา ที่มีความแข็งแรง เช่น ไม้ไผ่ ไม้เหียง ไม้โมก เป็นต้น เหล่านี้ให้มีขนาดพอดีเป็นแนวตรงผิวเรียบ หลังจากนั้นนำมาสอดใส่ระหว่างกลางด้ายผู้ตะกอกและเขา ซึ่งในงานวิจัยนี้อ้างอิงเขาและตะกอกจากกลุ่มแม่บ้าน วิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโปร่ง ตำบลชะยาว อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี ซึ่งแต่ละพื้นที่อาจมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป โดยไม้ที่นำมาเหล่าเป็นไม้ไผ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และตะกอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร มีแสดงดังภาพประกอบที่ 51 และ 52





ภาพประกอบ 49 ผูกตะกอลและเขา



ภาพประกอบ 50 ผูกเชือกติดกับคานเหยียบด้านล่าง



ภาพประกอบ 51 ไม้ไผ่ที่นำมาใช้ทำเขาและตะกอล



ภาพประกอบ 52 ไม้ไผ่นำมาสอดเข้าตะกอลและเขาเพื่อเพิ่มความแข็งแรง



3) ผลการศึกษาที่ทอผ้าแบบโบราณ ประกอบด้วยเสา 4 ต้น มีไม้ยึดติดกันเป็นแบบดั้งเดิมที่นิยมใช้กันมาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน เป็นเครื่องมือสำหรับทอผ้ามีหลายขนาดและชนิดที่แตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการพื้นฐานอย่างเดียวกัน คือ การขัดประสานระหว่างด้ายเส้นพุ่ง และด้ายเส้นยืนจนแน่นเป็นเนื้อผ้า คล้ายกับการจักสาน แต่มีความละเอียดสูงกว่า ซึ่งที่ทอผ้าโบราณมีขนาดมาตรฐานคือ กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตรและสูง 200 เซนติเมตร อาจทำจากเหล็กหรือไม้ก็ได้แล้วแต่ความต้องการของผู้ทอ แสดงดังภาพประกอบที่ 53 และ 54



ภาพประกอบ 53 โครงที่ทอผ้า



ภาพประกอบ 54 โครงที่ทอผ้าแบบโบราณ


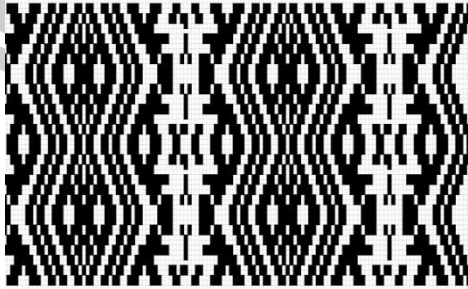

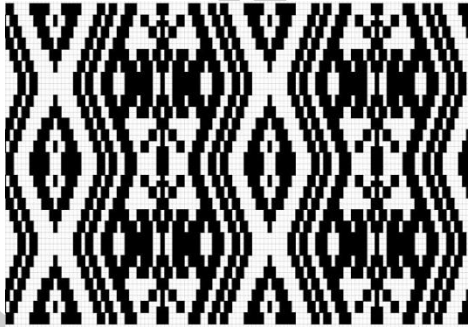

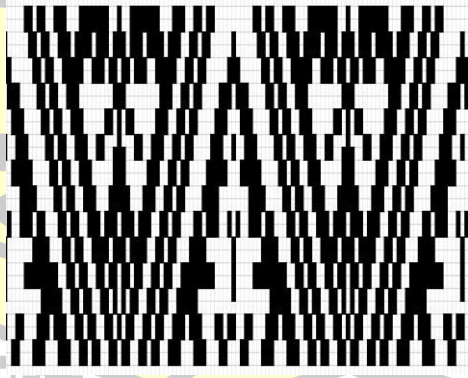

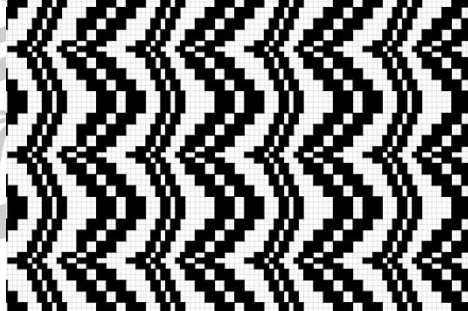
4) ศึกษาองค์ความรู้ในการผูกเส้นยืน แกะลวดลายผ้าโบราณ และเขียนขั้นตอนการทอผ้าตามลายผ้าลงในพีแอลซี ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความรู้ในการผูกเส้นยืน และเขียนลายผ้าโบราณลงในกราฟฟิคเพื่อใช้ในการเตรียมเขียนโปรแกรม แบบสี่สีบตะกอสองเขา รวมทั้งเทคนิคการผูกลาย การคันเครือ การสีเส้นไหม การต่อเส้นไหม และอภิปรายปัญหาในการทอมือ การลงพื้นที่เพื่อศึกษาข้อมูลแสดงดังภาพประกอบที่ 55 นอกจากนั้น ยังได้ศึกษาการทำงานของตัวควบคุมชนิดพีแอลซี เพื่อเตรียมความพร้อมในการใช้งาน เช่น เขียนขั้นตอนการทอผ้าตามลายลงในพีแอลซี และถอดแบบลายผ้าจำนวน 20 ลาย และวิเคราะห์จำนวนตะกอนบนกราฟฟิค เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ตั้งตะกอนบนพีแอลซี แสดงดังตารางที่ 4



ภาพประกอบ 55 ลงพื้นที่ศึกษาการทอผ้าแบบโบราณ


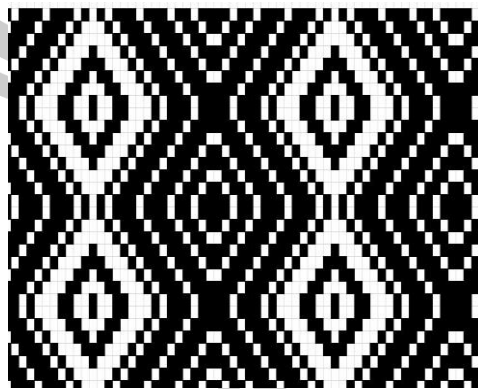


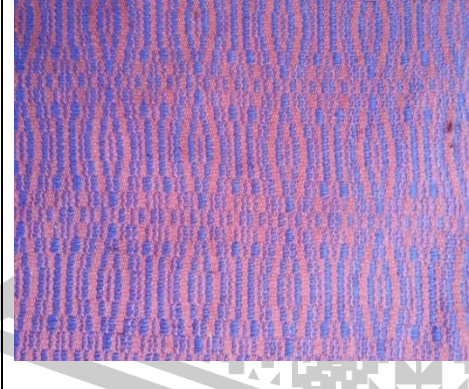
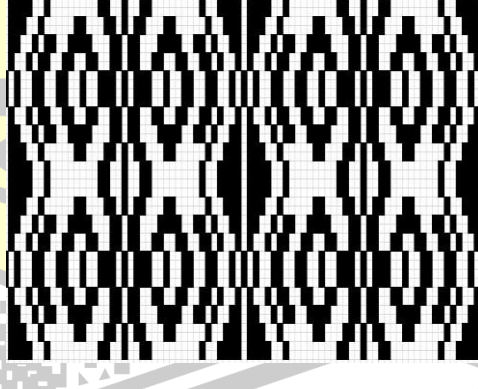

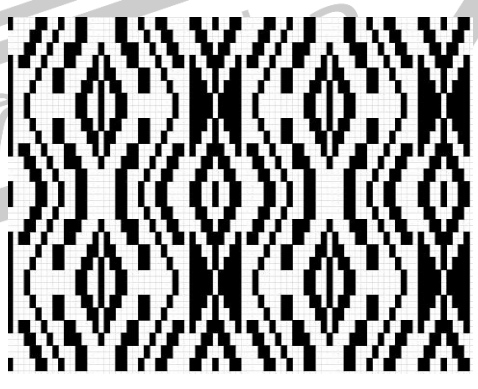


ตาราง 2 ถอดลวดลายของผ้ายกดอก

ลำดับ	ลายผ้า	ถอดแบบลายผ้าบนกราฟฟิก	รหัส
ลาย 1			H07
ลาย 2			H07
ลาย 3			H14
ลาย 4			H06


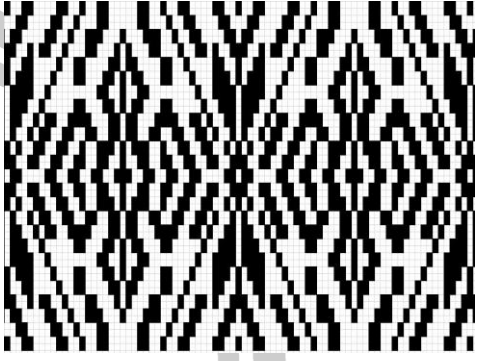

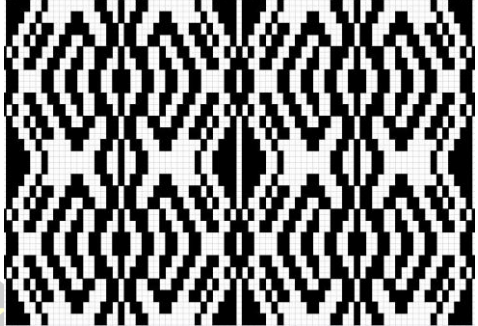



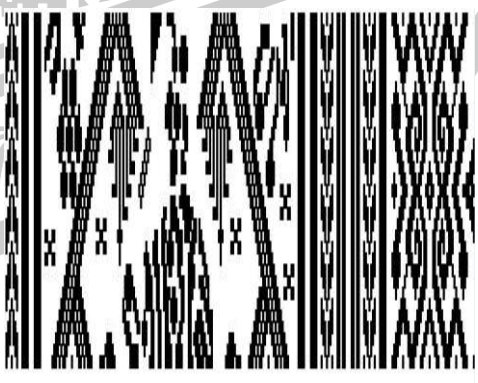


ตาราง 2 ถอดลวดลายของผ้ายกดอก (ต่อ)


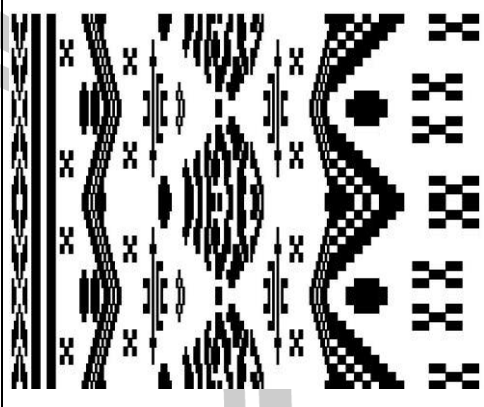
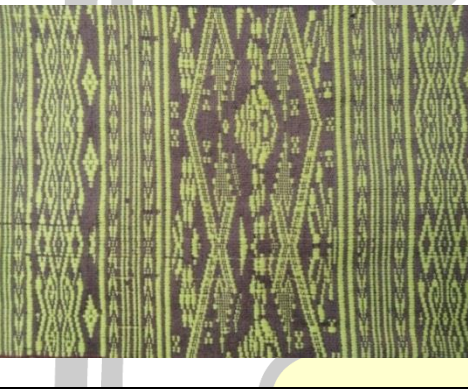

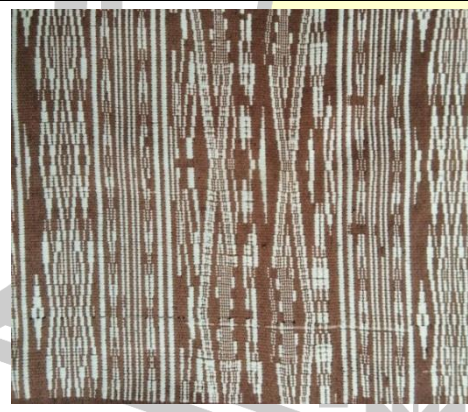
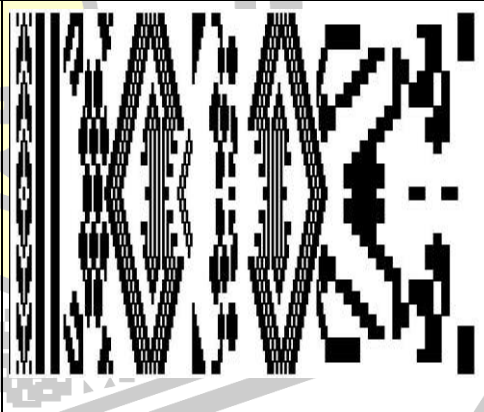
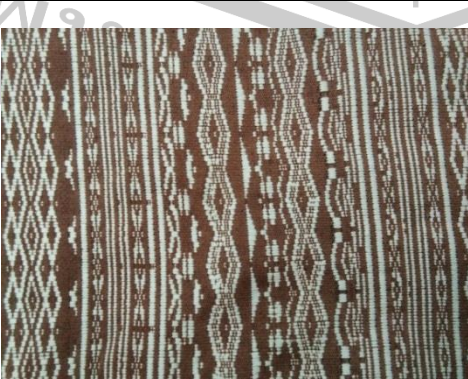
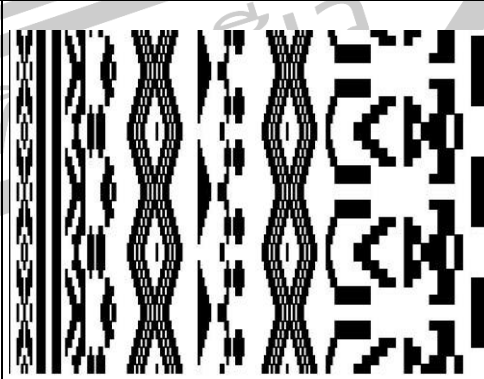
ลำดับ	ลายผ้า	ถอดแบบลายผ้าบนกราฟฟิก	รหัส
ลาย 5			H08
ลาย 6			H16
ลาย 7			H05
ลาย 8			H07



ตาราง 2 ถอดลวดลายของผ้ายกดอก (ต่อ)


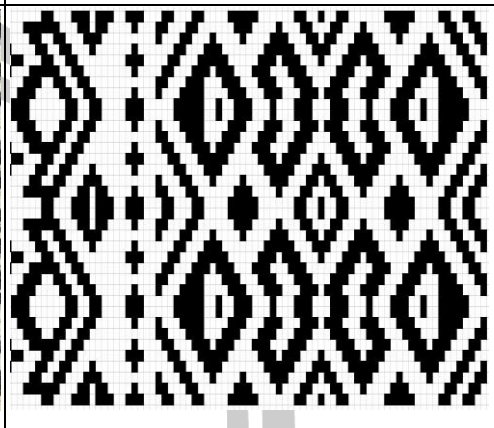

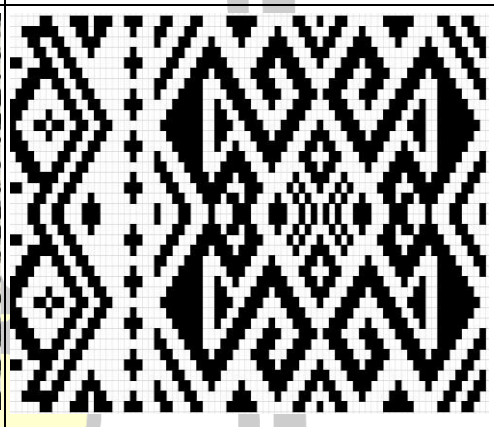
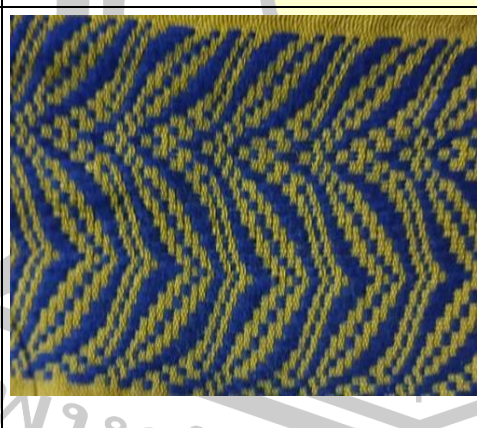
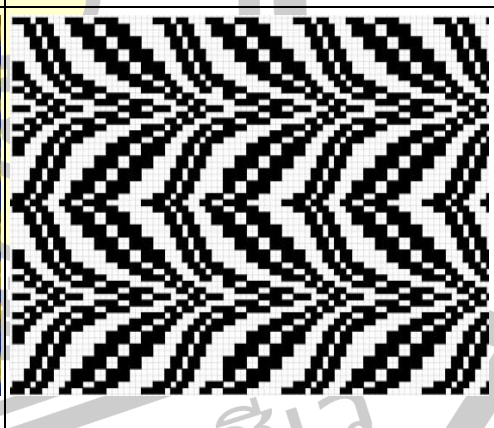

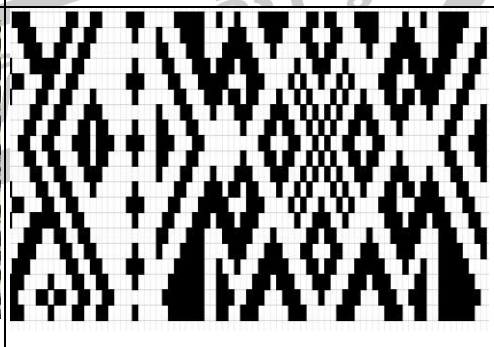
ลำดับ	ลายผ้า	ถอดแบบลายผ้าบนกราฟฟิก	รหัส
ลาย 9			H13
ลาย 10			H07
ลาย 11			H15
ลาย 12			H31

ตาราง 2 ถอดลวดลายของผ้ายกดอก (ต่อ)

ลำดับ	ลายผ้า	ถอดแบบลายผ้าบนกราฟฟิก	รหัส
ลาย 13			H12
ลาย 14			H24
ลาย 15			H16
ลาย 16			H07



ตาราง 2 ถอดลวดลายของผ้ายกดอก (ต่อ)

ลำดับ	ลายผ้า	ถอดแบบลายผ้าบนกราฟฟิก	รหัส
ลาย 17			H09
ลาย 18			H19
ลาย 19			H22
ลาย 20			H20

#### 4.2 ผลการดำเนินการสร้างเครื่องทอผ้ายกดอก

การดำเนินการสร้างเครื่องทอผ้ายกดอก ได้ดำเนินการสร้างเครื่องตามแบบให้มีตัวตั้งตะกอกจำนวน 42 ตะกอก 2 เขา โดยใช้มอเตอร์ตั้งตะกอกจำนวน 44 ตัว ดังที่นำเสนอไว้ในบทที่ 3 (ภาพประกอบ 41-44) โดยส่วนประกอบมีรายละเอียดดังนี้

1) โครงสร้างเครื่องทอผ้า ทำหน้าที่เป็นฐานรองรับส่วนประกอบทั้งหมด ยึดชิ้นส่วนของอุปกรณ์และกลไก ทำจากสแตนเลสแฮร์ไลน์ กลม เงาม เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.08 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร ที่มีความแข็งแรงทนทาน ไม่เป็นสนิม มีขนาดที่เป็นมาตรฐานเหมาะสมกับการทอผ้า โดยมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 155x300x130 เซนติเมตร

2) ชุดกลไกการตั้งตะกอก โดยใช้มอเตอร์สกรู 44 ตัว แรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ ระยะเวลาชัก 20 เซนติเมตร ซึ่งระยะเวลาชักจากล่างสุดถึงบนสุดใช้เวลา 10 วินาที และแรงบิด 500 นิวตัน โดยมอเตอร์สกรูถูกจัดวางตามแนวยาวบนแท่นวางมอเตอร์ที่มีขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 73 เซนติเมตร สร้างกลไกการตั้งโดยใช้มอเตอร์ชนิดสกรูคล้องกับรอกที่ขึ้นรูปเป็นพิเศษกับสลิง เพื่อคล้องเข้ากับตะกอก ทำให้ตะกอกตั้งลงให้เกิดระยะง้างของเส้นยืน เพื่อสอดกระสวยเส้นพุ่งได้สะดวก

3) อุปกรณ์คล้องตะกอกและเขา ทำจากสแตนเฌกกล่องสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง 1.3 เซนติเมตร ยาว 128 เซนติเมตร

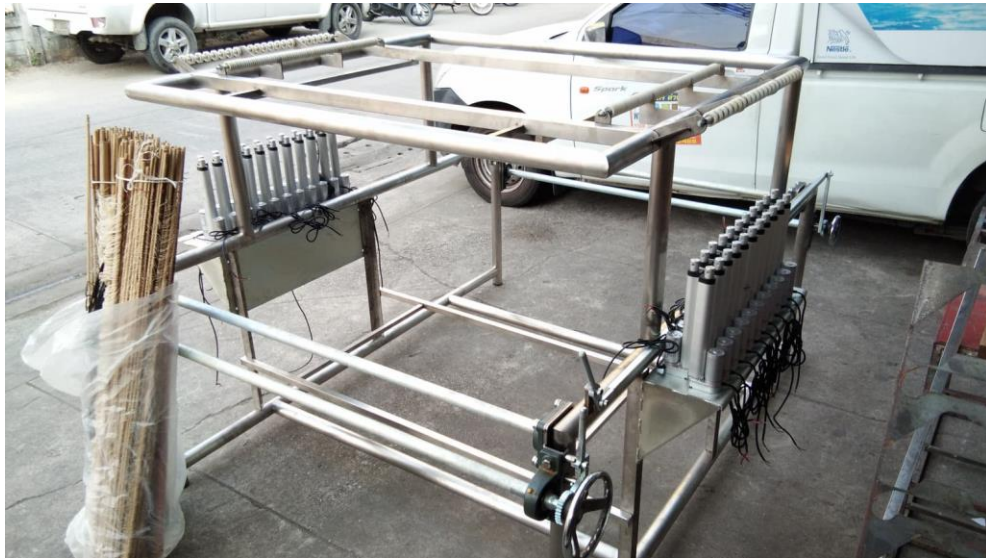
4) แกนหมุนเก็บเส้นด้าย ใช้พวงมาลัยเหล็กหล่อมือหมุนเชื่อมยึดติดกับเหล็กกลม และใช้กลไกกันการหมุนย้อนกลับเพื่อปล่อยให้เส้นด้ายหมุนออกได้ทิศทางเดียวเท่านั้น

5) กล่องควบคุม ติดตั้งอยู่ทางข้างของโครงสร้างทั้งสองข้าง ภายในกล่องควบคุมบรรจุ พีแอลซีซีเมนส์ รุ่น S7-1200 โดยใช้โมดูลเสริม เพื่อเพิ่มสัญญาณเอาท์พุตเป็น 44 ตัว และการควบคุมที่แม่นยำของลายผ้าเพื่อลดความผิดพลาดในการทำงาน

6) จอแสดงผล ติดตั้งบริเวณด้านหน้าของเครื่องทอผ้าที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน ทำการแสดงผลผ่านหน้าจอสกรีน รุ่น TP700 Series Touch Screen HMI 7 in TFT 800 x 480 พิกเซล และสามารถสั่งคำสั่งผ่านหน้าจอได้ และแสดงผลการทำงานแบบเวลาจริง

7) ปุ่มเปลี่ยนขั้นตอน ติดตั้งที่พื้น ไว้ตำแหน่งที่พอดีกับเท้า การทำงานโดยจะใช้ฟุตสวิตช์สองตัว ตัวที่หนึ่งใช้เหยียบเพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป และตัวที่สองใช้เหยียบเพื่อย้อนกลับมาแก้ไขลวดลายที่เกิดจากการสอดด้ายเส้นพุ่งผิด ส่วนประกอบทั้งหมดแสดงดังภาพประกอบที่ 56 ถึง 64





ภาพประกอบ 56 โครงของเครื่องทอผ้า



ภาพประกอบ 57 การติดตั้งระบบกลไก



ภาพประกอบ 58 ติดตั้งมอเตอร์สกรูบนแท่นวางมอเตอร์



ลวดสลิง

อุปกรณ์  
คล้อง  
ตะกอลและ  
เขา

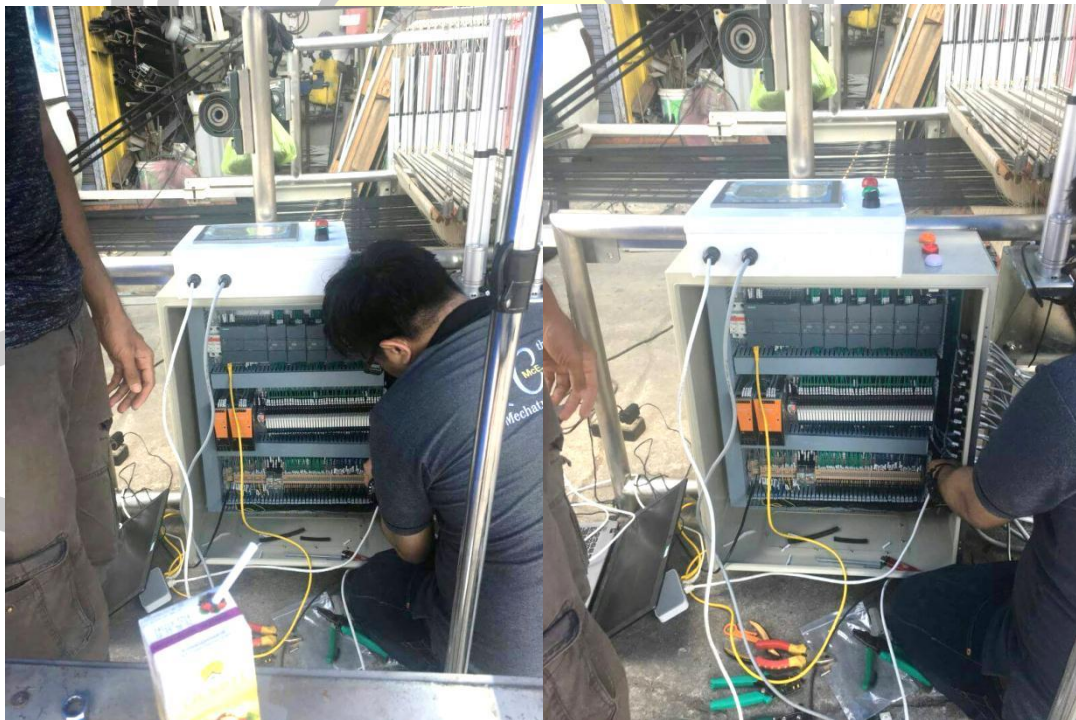
ภาพประกอบ 59 ติดตั้งอุปกรณ์คล้องตะกอลและเขา



แกนหมุนเก็บเส้นด้าย



ภาพประกอบ 60 แกนหมุนเก็บเส้นด้าย



ภาพประกอบ 61 การติดตั้งกล่องควบคุม



ภาพประกอบ 62 เครื่องทอผ้ายกดอกกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยพีแอลซี



ภาพประกอบ 63 เครื่องทอผ้ายกดอก





ฟุตสวิตช์กดเมื่อต้องการย้อนกลับ

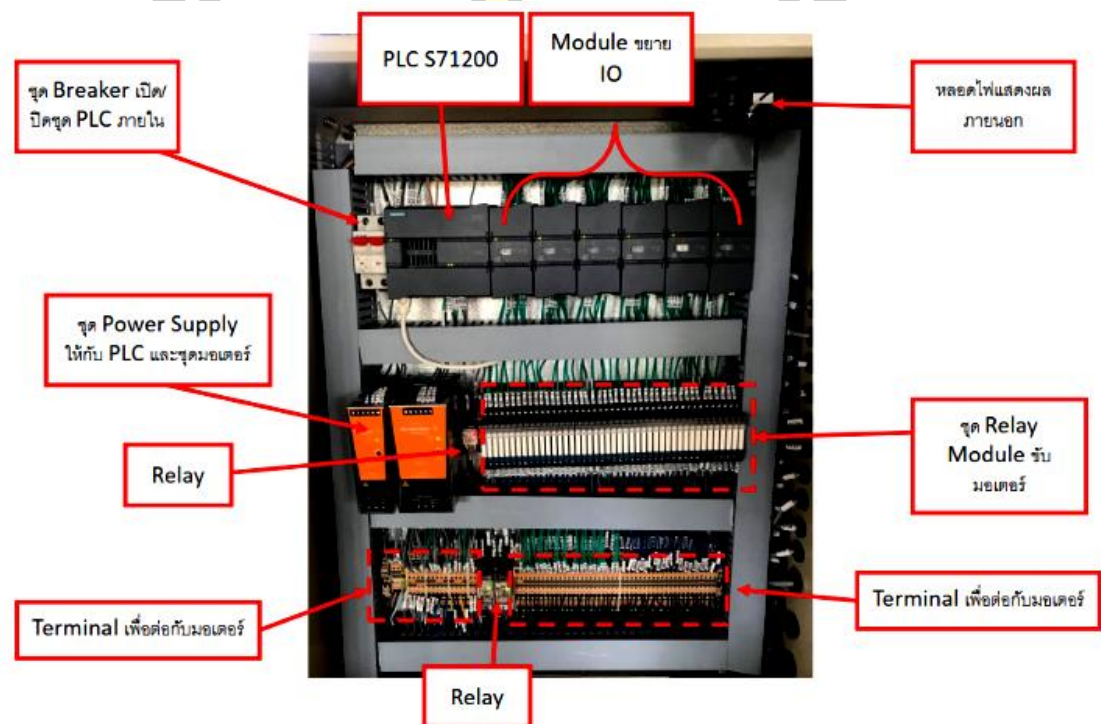
ฟุตสวิตช์กดเมื่อต้องการไปยังขั้นตอนถัดไป

ภาพประกอบ 64 เครื่องทอผ้ายกดอกที่ติดตั้งอุปกรณ์ทุกส่วนเข้าด้วยกัน

#### 4.2.1 สร้างกล่องควบคุมของระบบตัวควบคุมกลไก และระบบแสดงผลการทอผ้า

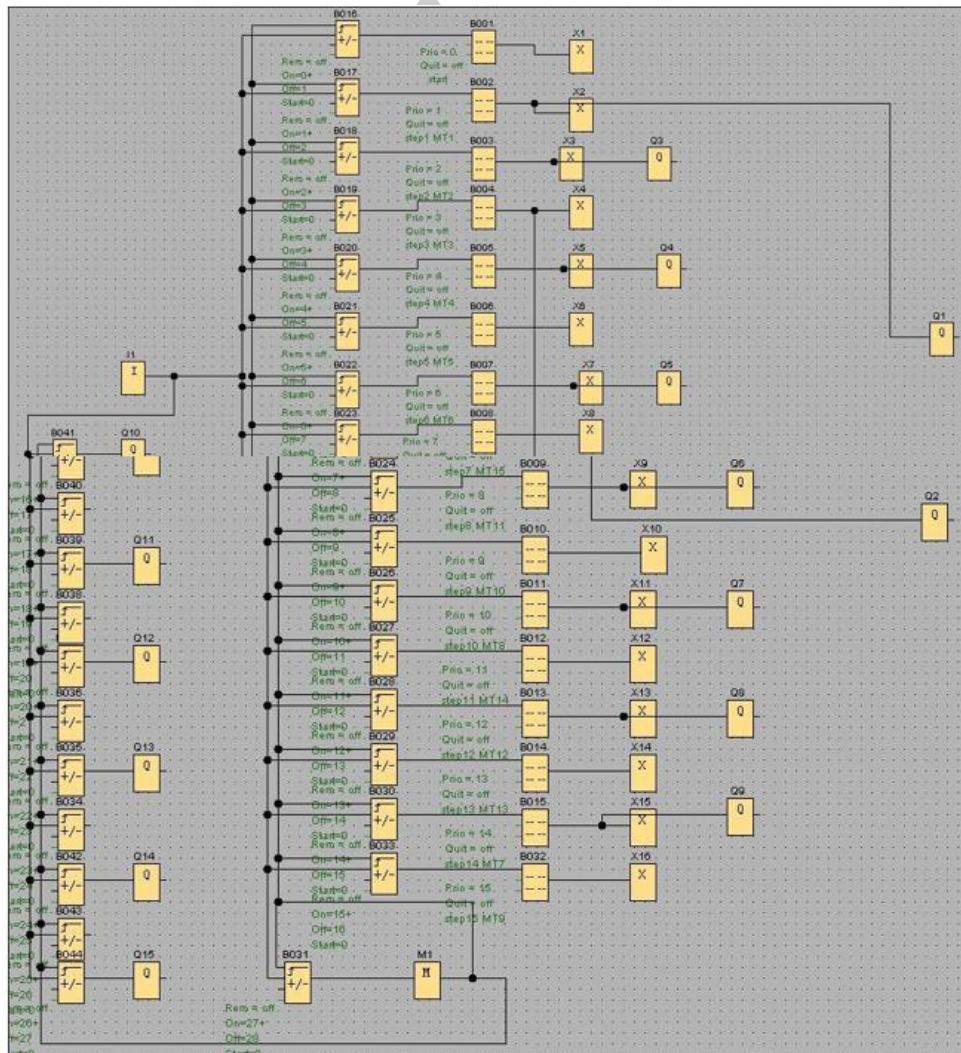
สร้างกล่องควบคุม โดยใช้ พีแอลซี ซีเมนส์ รุ่น เอส7-1200 โดยใช้ไมโครลเสริมจำนวนหกชุด เพื่อเพิ่มสัญญาณเอาต์พุตเป็น 44 ตัว และสัญญาณอินพุต 2 ตัว ขนาดตู้ควบคุม สูง 62.5 เซนติเมตร กว้าง 39.5 เซนติเมตร ลึก 13 เซนติเมตร รายละเอียดกล่องควบคุมแสดงดังภาพประกอบที่ 65 จากการถอดแบบลายผ้าจำนวน 20 ลาย และวิเคราะห์บนกราฟฟิก เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์ตั้งตะกอบบนพีแอลซี โปรแกรมการทำงานเขียนโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์ซีเมนส์เป็นลักษณะการเขียนแบบแลตเตอร์ลอจิก (Ladder Logic; LAD) หรือแบบขั้นบันได จึงยกตัวอย่างขั้นตอนการวิเคราะห์การทอผ้าลายดอกแก้ว แสดงดังภาพประกอบที่ 66 เป็นโปรแกรมพีแอลซีของการทอผ้าลายดอกแก้ว และภาพประกอบที่ 67 แสดงแผนภาพการเขียนโปรแกรมขั้นบันไดของลายดอกแก้ว และ หลักจากนั้นได้จัดทำการแสดงผลผ่านหน้าจอทัชสกรีน รุ่น TP700 Series Touch Screen HMI 7 in TFT 800 x 480pixels และสามารถสั่งคำสั่งผ่านหน้าจอได้ หน้าจอแสดงผลการทำงานแบบเวลาจริงแสดงดังภาพประกอบที่ 68 ภาพประกอบที่ 69 แสดงหน้าจอการตั้งค่าการทำงานของมอเตอร์เพื่อใช้กำหนดระยะห่างของเส้นยืนทุกตะกอบ และภาพประกอบที่ 70 แสดงหน้าจอ

การบันทึกเวลาตายฝ่ายกดอก จากภาพจะเห็นได้ว่าหน้าจอแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทอ และลำดับการยกตะกอก ในส่วนการบันทึกเวลาสามารถบรรจุจำนวนตะกอก ตามลายผ้าที่ต้องการทอ หน้าจอจะมีทั้งหมดสามหน้าต่างคือ หน้าจอหลักแสดงการทำงานแบบเวลาจริง หน้าจอที่สองคือการตั้งค่ามอเตอร์ กำหนดระยะเวลาของตะกอกและเขา หน้าจอที่สามคือการบันทึกเวลา

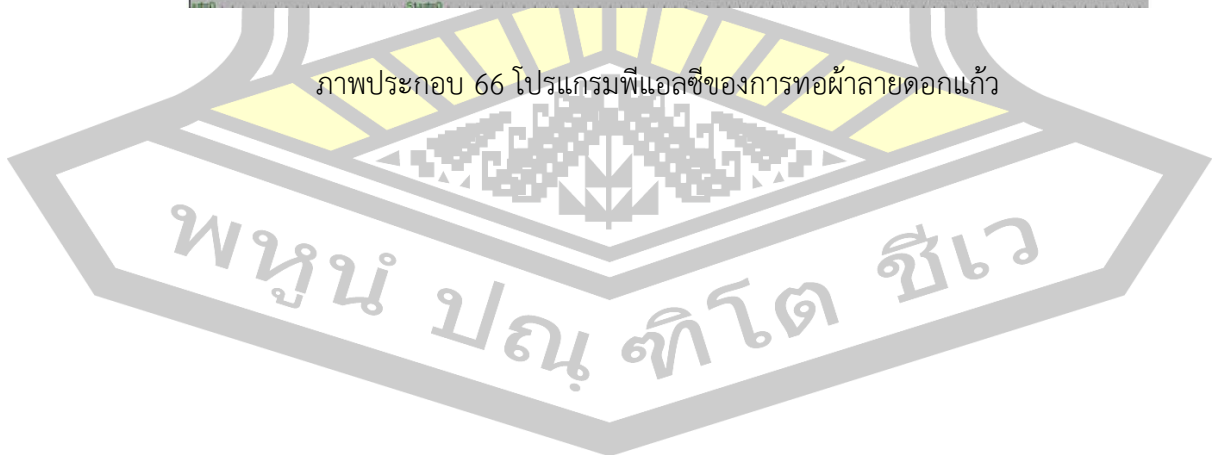


ภาพประกอบ 65 กล้องควบคุมของระบบการทำงานของเครื่องทอผ้า

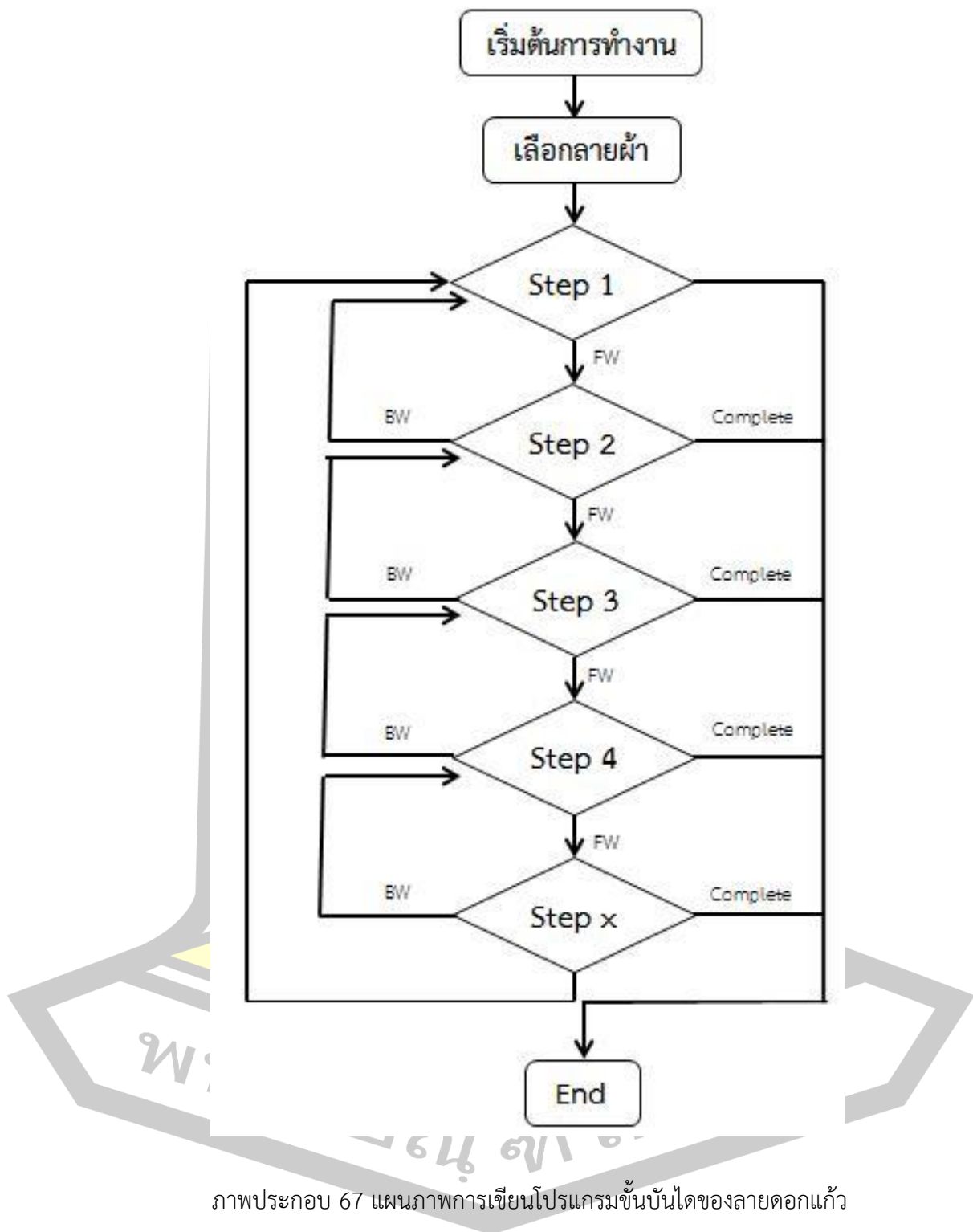


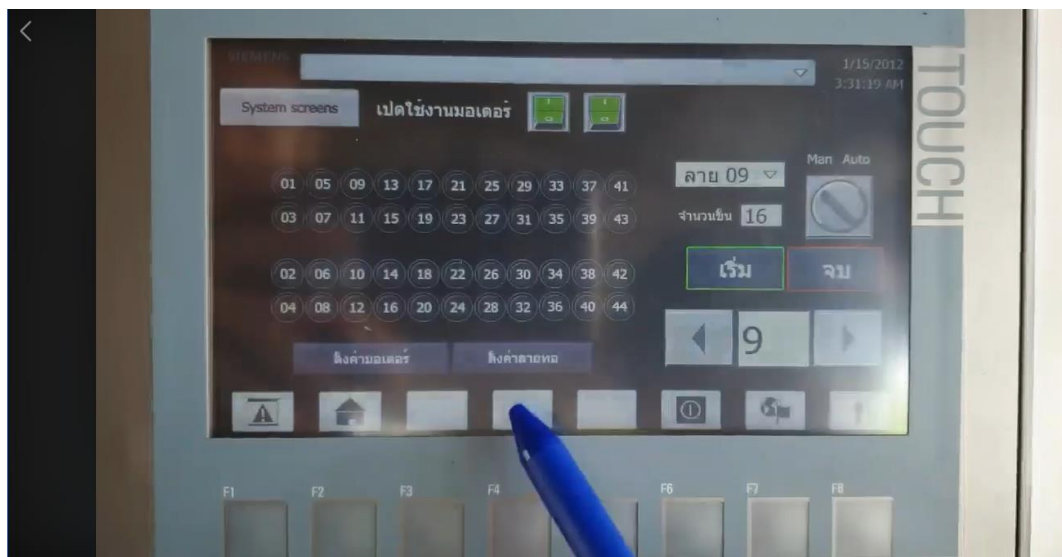


ภาพประกอบ 66 โปรแกรมพีแอลซีของการทอผ้าลายดอกแก้ว





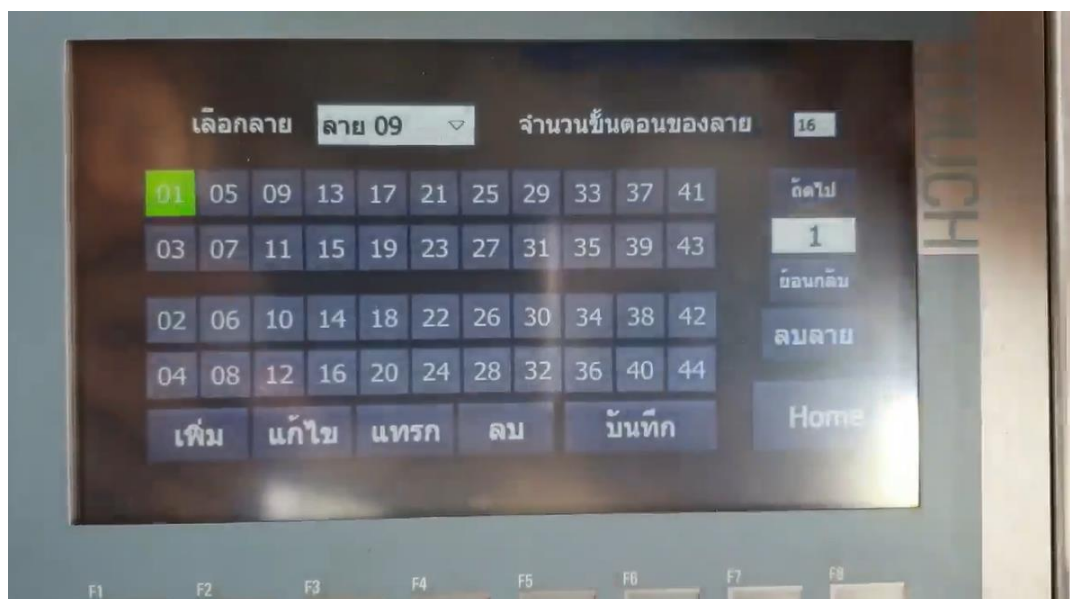




ภาพประกอบ 68 หน้าจอการแสดงผลการทำงานแบบเวลาจริง



ภาพประกอบ 69 หน้าจอการตั้งค่าการทำงานของมอเตอร์



ภาพประกอบ 70 หน้าจอการบันทึกสาย

#### 4.2.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทอผ้ายกดอก

- 1) หมุนซีเล็คเตอร์สวิตช์เปิด (ON)
- 2) เมื่อชุดควบคุมพร้อมที่จะทำงานแล้ว ทำการตั้งค่ามอเตอร์เพื่อวัฏระยะการดึงตะกอลตามความต้องการ
- 3) เลือกสายผ้าที่ต้องการทอ แล้วกดปุ่มเริ่มต้นการทำงาน โดยบอร์ดควบคุมจะรับค่าจากฟุตสวิตช์ (Footswitch) ที่ติดตั้งไว้ที่พื้นในตำแหน่งที่พอดีกับเท้า และจะมีสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่มโดยใช้เท้าเหยียบ ชุดควบคุมได้รับค่าจากฟุตสวิตช์จะสั่งการทำงานในขั้นตอนถัดไปเพื่อควบคุมมอเตอร์ชุดดึงเขาและตะกอล
- 4) ในกรณีที่ผู้ต้องการย้อนกลับมาแก้ไขสายผ้าที่ผิดพลาด สามารถเหยียบปุ่มฟุตสวิตช์ทางเท้าซ้าย (ย้อนกลับ)
- 5) ผู้ทอก็ทำการสอดกระสวยด้ายผ้าพื้นและกระทบพิมหวิ เมื่อกดฟุตสวิตช์อีกครั้ง มอเตอร์เขาและตะกอลตามขั้นตอน ผู้ทอก็จะทำการสอดกระสวยด้ายสีต่างๆ ตามความต้องการ

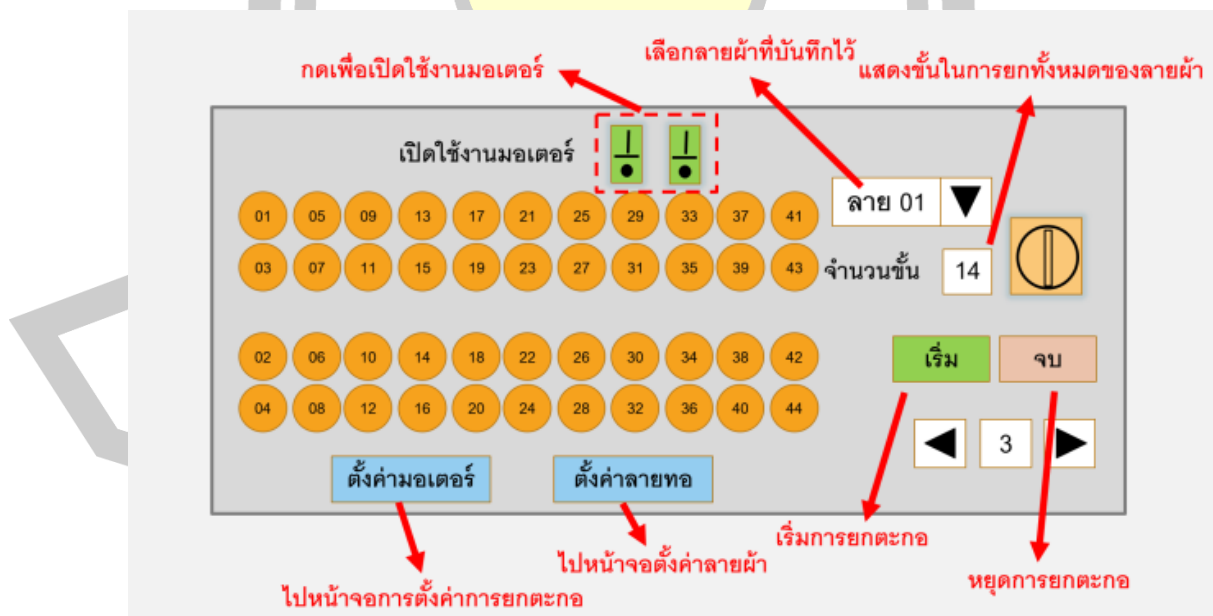
## การใช้งานหน้าจอภายในโปรแกรม

หน้าจอกำหนดการทำงานของสายผ้า (หน้าหลัก) แบ่งออกเป็น 2 หน้าการใช้งาน คือ หน้าจอตั้งค่าการยกตะกอก (ปรับระยะเวลาการยกตะกอก) และ หน้าจอตั้งค่าสายผ้า (บันทึก แก้ไขสายผ้า)

1) หน้าจอกำหนดการทำงานของสายผ้า (หน้าหลัก) แสดงดังภาพประกอบที่ 71 ถึง 73

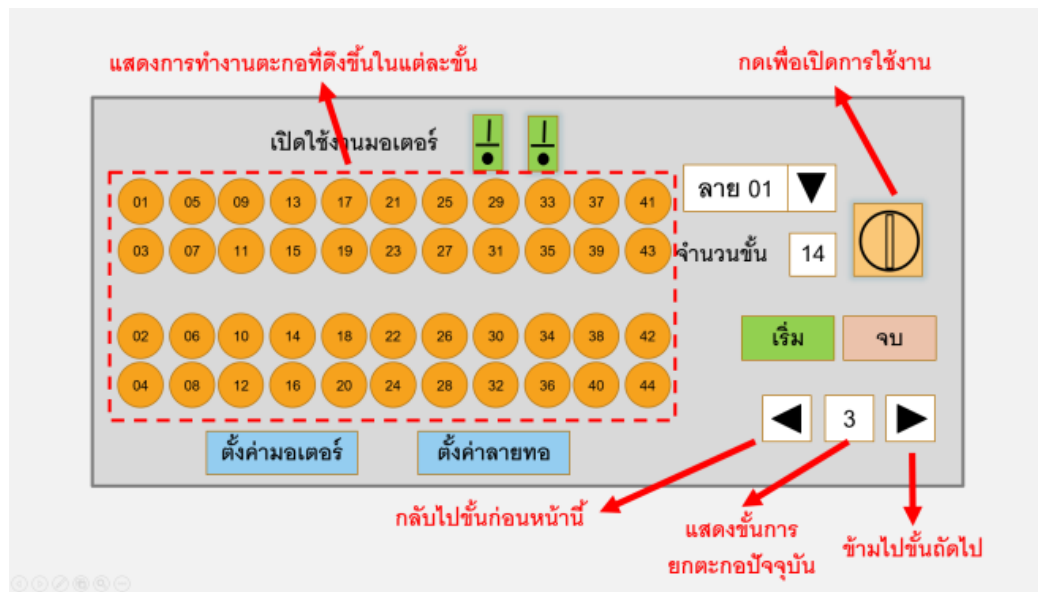


ภาพประกอบ 71 หน้าจอกำหนดการทำงานหลัก



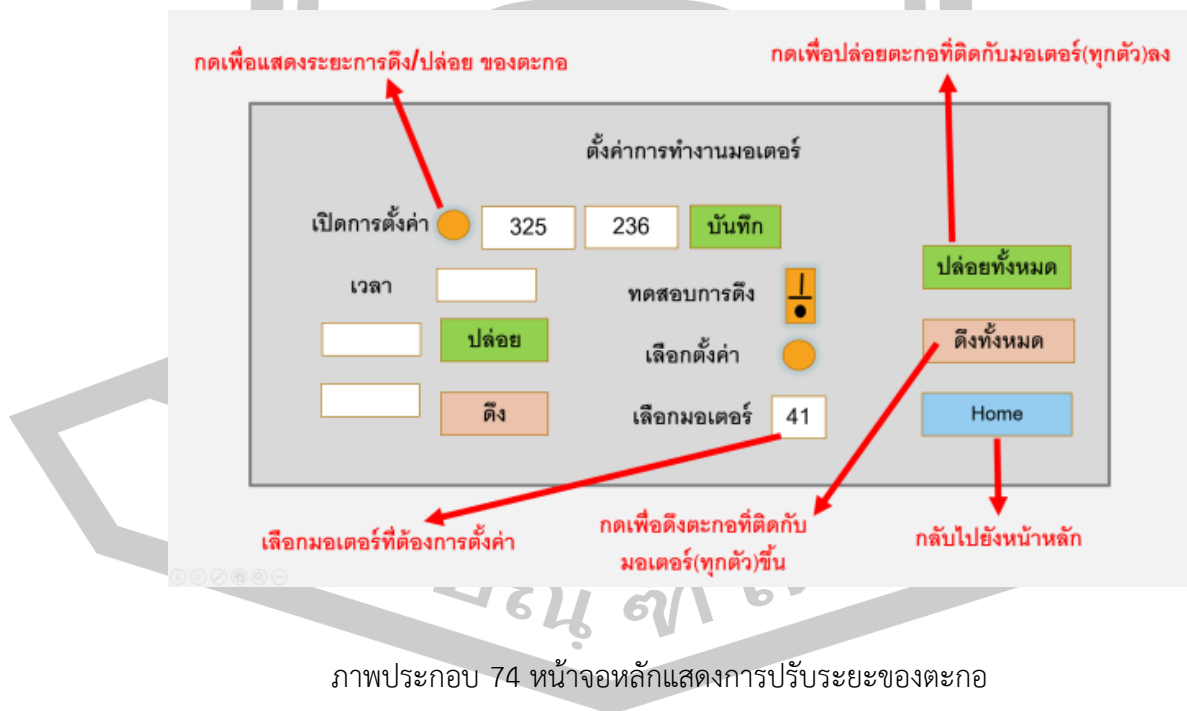
ภาพประกอบ 72 รายละเอียดการใช้งานหน้าจอแสดงผล



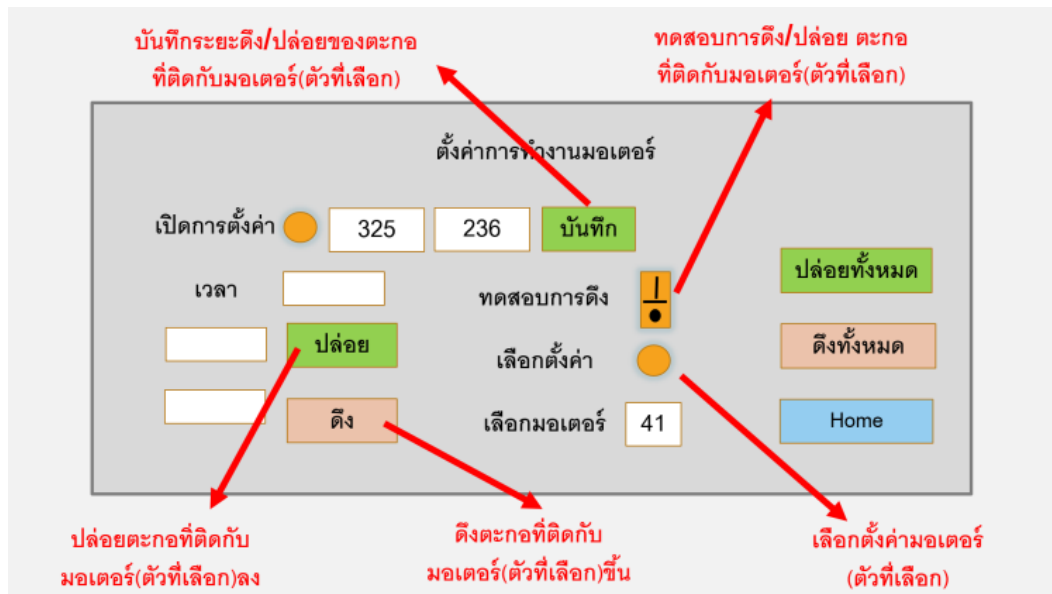


ภาพประกอบ 73 หน้าจอหลักแสดงการทำงานแบบเวลาจริง

2) หน้าจอตั้งค่าการยกตะกอก (ปรับระยะเวลาการยกตะกอก) แสดงดังภาพประกอบที่ 74 ถึง 75

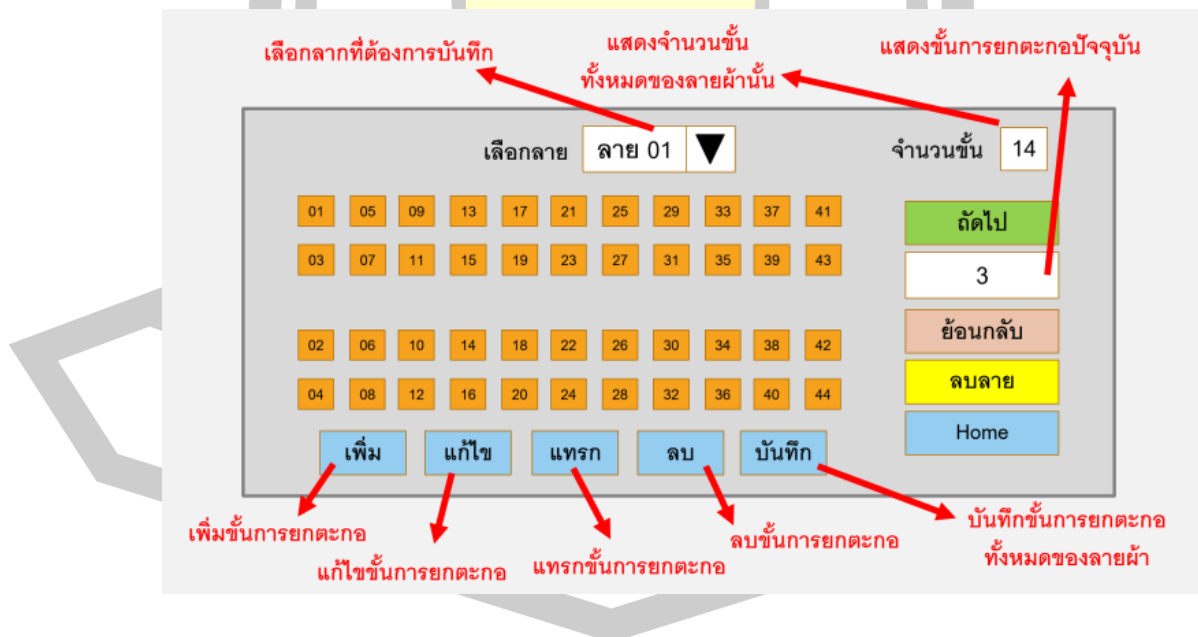


ภาพประกอบ 74 หน้าจอหลักแสดงการปรับระยะของตะกอก



ภาพประกอบ 75 การปรับตั้งค่ามอเตอร์

3) หน้าจอตั้งค่าลายผ้า (บ้านทีก แก้วไหลลายผ้า) แสดงดังภาพประกอบที่ 76 ถึง 77



ภาพประกอบ 76 หน้าจอตั้งค่ามอเตอร์



ภาพประกอบ 77 การเลือกหลายผ้าที่จะทำการทอ

#### 4.3 ผลการทดลองใช้งาน

1) ทดสอบหาแรงดึงและระยะง้างของเส้นยืนของผ้ายกดอก โดยการใช้อุปกรณ์วัดแรงดึงหรือตาชั่งสปริงดิจิตอล เกี่ยวไว้ที่เสาและตะกอกของผ้ายกดอกแสดงดังภาพประกอบที่ 78 ในการดึงเส้นยืนเคลื่อนที่ถึงระยะที่เหมาะสมในการสอดกระสวย โดยการเข้าไปที่หน้าจอการตั้งค่าการทำงานของมอเตอร์เพื่อกำหนดระยะง้างของเส้นยืนทุกตะกอกเพื่อทดสอบแรงดึง ซึ่งลายผ้าที่นำมาทดสอบใช้ลายพญานาค มี 43 ตะกอก แสดงดังตารางที่ ตาราง 3

ตาราง 3 ทดสอบแรงดึงและระยะง้างของเส้นยืน

ตะกอก	แรงดึง (กิโลกรัม)	ระยะง้าง (เซนติเมตร)	เวลาที่ใช้ในการดึง(วินาที)
1	16.2	5.5	5
2	16.5	5.2	5
3	16.4	5.3	5
4	17.6	5.1	5

ตาราง 3 ทดสอบแรงดึงและระยะง้างของเส้นยีน (ต่อ)

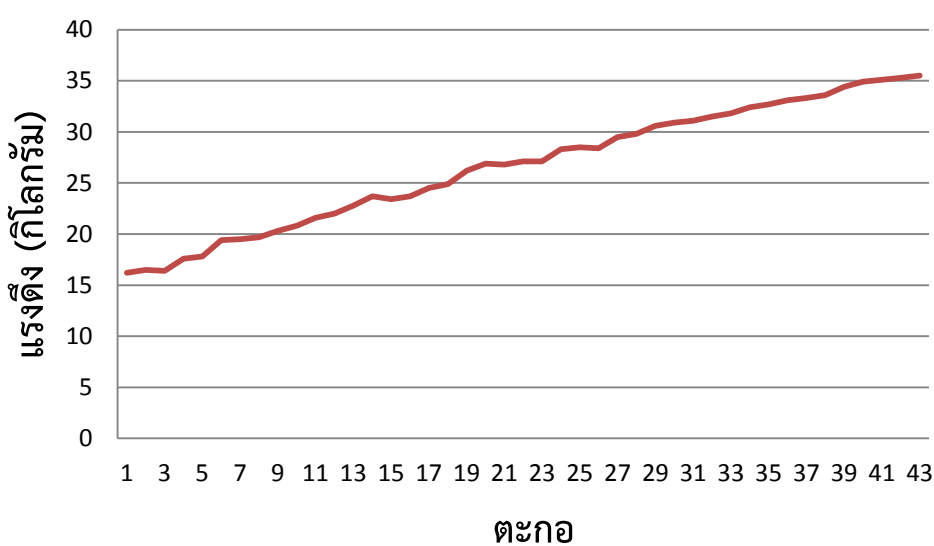
ตะกอล	แรงดึง (กิโลกรัม)	ระยะง้าง (เซนติเมตร)	เวลาที่ใช้ในการดึง(วินาที)
5	17.8	5.0	5
6	19.4	5.2	5
7	19.5	5.3	5
8	19.7	5.1	5
9	20.3	5.0	5
10	20.8	4.9	6
11	21.6	4.9	6
12	22.0	4.8	6
13	22.8	4.7	6
14	23.7	4.8	6
15	23.4	4.7	6
16	23.7	4.6	6
17	24.5	4.6	6
18	24.9	4.6	6
19	26.2	4.5	6
20	26.9	4.3	6
21	26.8	4.3	6
22	27.1	4.3	6
23	27.1	4.2	6
24	28.3	4.2	6
25	28.5	4.2	6
26	28.4	4.0	6
27	29.5	4.0	6
28	29.8	4.0	6
29	30.6	4.0	6
30	30.9	3.7	7
31	31.1	3.7	7
32	31.5	3.6	7
33	31.8	3.6	7
34	32.4	3.6	7



ตาราง 3 ทดสอบแรงดึงและระยะง้างของเส้นยีน (ต่อ)

35	32.7	3.5	7
36	33.1	3.4	7
37	33.3	3.2	8
38	33.6	3.2	8
39	34.4	3.0	8
40	34.9	3.0	8
41	35.1	3.0	9
42	35.3	3.0	9
43	35.5	3.0	9

จากการทดสอบได้แรงดึงสูงสุด 35.5 กิโลกรัม ซึ่งเป็นแรงที่มอเตอร์สามารถดึงได้ โดยมอเตอร์มีแรงดึงถึง 50 กิโลกรัม และจากการทดสอบวัดหาระยะง้างโดยใช้ตลับเมตรวัดระยะง้างของเส้นยีนที่ละตะกอก พบว่าระยะง้างเฉลี่ย 4.22 เซนติเมตร นอกจากนี้ได้ทดลองหาเวลาในการดึงตะกอกและเขาของผ้า ยกดอก โดยตะกอกที่อยู่ห่างจากฟืมออกไปมากเท่าไร ระยะง้างและแรงดึงของเส้นยีนจะมากขึ้นเรื่อยๆตามแนวความชันของเส้นยีน และเวลาในการดึงตะกอกและเขาก็แปรผันตามระยะง้าง ภาพประกอบที่ 78 แสดงกราฟทดสอบแรงดึง และภาพประกอบที่ 79 และ 81 แสดงระยะง้างของเส้นยีน



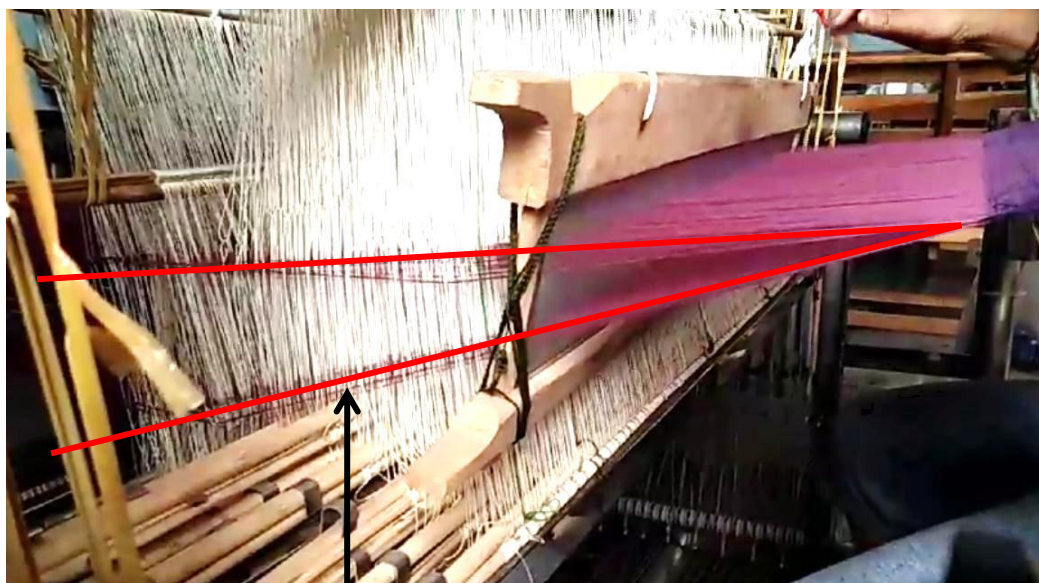
ภาพประกอบ 78 กราฟทดสอบแรงดึงของตะกอกและเขา



ภาพประกอบ 79 การทดสอบวัดแรงดึงของตะกอกและเขา



ภาพประกอบ 80 ระยะห่างของเส้นยืน



ระยะความชันของด้ายเส้นยืน

ภาพประกอบ 81 ความชันของเส้นยืนที่เกิดขึ้น

#### 4.3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องทอผ้า

การทดลองเครื่องทอผ้ายกดอก ในการทดลองการทอด้วยเครื่องทอผ้ายกดอกเพื่อหาสมรรถนะของเครื่อง ด้วยวิธีการทดสอบหาอัตราการทอ กล่าวคือ ความยาวของผ้าที่ทอต่อเวลาเฉลี่ยในการทอ (ชั่วโมง) หน่วยเป็นเซนติเมตร ในการทดสอบได้ทดสอบหาความยาวเฉลี่ยในการทอผ้ายกดอก ด้วยด้ายเส้นยืนและเส้นพุ่งชนิดเดียวกัน เปรียบเทียบด้วยวิธีการทอแบบยกดอก และการทอแบบใช้เครื่องทอผ้าและจดจำลายผ้า ลายผ้าที่นำมาทดลองจำนวน 20 ลาย แสดงดังตารางที่ 2

นอกจากนั้นก่อนที่จะทำการทดลองต้องมีการเตรียมกระสวยทั้งหมดสองชิ้น ใส่ด้ายเส้นพุ่งผ้าพื้นและด้ายเส้นพุ่งด้ายสีในการทอผ้ายกดอก เพื่อขัดสานกันให้เนื้อผ้าไม่หลุดลุ่ย ผ้าเนื้อแน่นยิ่งกว่านั้นต้องเตรียมเครื่องมือที่จะใช้ทดลองผูกเข้ากับเครื่องทอผ้า ในขั้นตอนนี้ต้องใช้เวลามาก เพราะเส้นยืนแต่ละลายมีลักษณะการเก็บรักษาที่ไม่เหมือนกันจึงทำให้เส้นยืนเกิดการพันกันของเส้นด้าย ต้องใช้ผู้ทอ 3 คน ช่วยกันกันไล่เรียงด้ายเส้นยืนใหม่ บางลายผ้าที่มีจำนวนตะกอมากๆอาจใช้เวลาถึงสี่ชั่วโมง

ในการทดลองแบ่งผู้ทอเป็น 2 กลุ่มคือ ผู้ทอที่มีทักษะในการทอผ้ายกดอกโดยมีประสบการณ์การทอผ้ายกดอกโดยใช้ที่ทอผ้ายกดอก คนละไม่ต่ำกว่า 10 ปี ทักษะในการทอนี้ รวมถึงความสามารถในการออกแบบลวดลายผ้ายกดอกได้ และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทอได้ด้วย อีกกลุ่ม

หนึ่งคือผู้ที่ เริ่มต้นหัดทอผ้ายกดอก ยังไม่คุ้นชินในการทอ ทั้งขั้นตอนในการทอผ้ายกดอก โดยใช้ที่ทอผ้ายกดอก รวมถึงยังไม่สามารถออกแบบลวดลายเองได้

ในการเริ่มต้นผู้วิจัยได้อบรม แนะนำ การใช้เครื่องทอผ้ายกดอก ขั้นตอนการใช้งาน การทอตลอดจนการบรรจุลวดลายลงใน PLC ให้กับผู้ทำการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม จากนั้นได้ให้ผู้ทดลองได้ใช้เครื่องทอผ้าที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ จนเกิดความเข้าใจเพียงพอที่จะเริ่มต้นทำการทดลอง ในกลุ่มที่เป็นกลุ่มเริ่มต้นทำผ้ายกดอกนั้น ผู้วิจัยได้ทำอบรมเชิงปฏิบัติการใช้งาน การออกแบบถอดแบบลายผ้า การผูกปลายบนตะกอ เพื่อให้กลุ่มผู้ทดลองมีความรู้ความเข้าใจ สามารถทอผ้ายกดอกโดยใช้ที่ทอผ้าได้

ในการทดลองได้ให้นิยามของผู้ที่มีทักษะในการทอคือ P ย่อมาจาก professional และผู้ที่เริ่มต้นการทอคือ B ย่อมาจาก Beginner นอกจากนั้นยังแบ่งกลุ่มการทอได้ยากง่าย ได้จากจำนวนตะกอ โดยผู้ทดลองทั้งสองกลุ่มจะได้ทอลายผ้าทั้งยากและง่าย โดยจำนวนตะกอจะนิยามโดยใช้ตัวอักษร H หมายถึง Heddle ตารางที่ 4 แสดงการให้นิยามของการทดลอง ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้ทอที่มีทักษะในการทอ ตาราง 6 แสดงผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้เริ่มต้นการทอ

ตัวอย่างในการนิยาม เช่น P01H07 หมายถึงผู้ทอที่มีทักษะทอผ้าที่มีตะกอ 7 อัน B02H14 หมายถึงผู้ทอที่เริ่มต้นการทอผ้าที่มีตะกอ 14 อัน เป็นต้น

การทดลองได้ให้ผู้ทดลองแต่ละคนทอผ้า จำนวน 3-4 ลาย โดยทอด้วยเครื่องทอผ้าและทอด้วยก๊ยกดอก อย่างละ 3 ชั่วโมง และนับเวลาทุก 1 ชั่วโมง เพื่อวัดความยาวของผืนผ้าที่ทอได้ ผู้ทอจะผูกเส้นด้ายไว้เป็นเครื่องหมายบนผืนผ้าและ ทำการทอต่อไป จนครบเวลา 3 ชั่วโมง นอกจากนั้นยังได้ศึกษาวิธีการทอผ้าอย่างต่อเนื่องในระยะเวลา 1 วัน หรือ 6 ชั่วโมง การทดลองทอผ้าได้ใช้ลายผ้าจำนวน 2 ลาย และใช้ผู้ทดลอง 2 คน โดยให้ผู้ทดลองแต่ละคนทอผ้าต่อเนื่อง 6 ชั่วโมง ทั้งทอเครื่องและทอก๊ยกดอกเปรียบเทียบผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7 การทอผ้าด้วยเครื่องทอผ้าได้อัตราการทอเฉลี่ย 10.73 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และเครื่องทอผ้ายกดอกให้ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้เพิ่มขึ้นทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 65 และผ้าที่ทอด้วยก๊ยกดอกมีอัตราการทอเฉลี่ย 3.75 เซนติเมตรต่อชั่วโมง

พหุ ประถมศึกษา



ตาราง 4 การให้นิยามของการทดลอง

นิยามของการทดลอง	ผู้ทดลอง
P01	นางหนูแดง ศรีลาเอียง
P02	นางบัวลา คำมงคล
P03	นางบรรจง พรหมโกวาด
P04	นางพรรณี จันทะแพน
B01	นางสาวสุพิชญา ไชยรักษ์
B02	นางประครอง ปทุมวัน
B03	นางหนูมัน มุลสาร

ตาราง 5 ผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้ทอที่มีทักษะในการทอผ้ายกดอก

ผู้ทอ	ลาย ผ้า	ชั่วโมง ที่	ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้ (เซนติเมตร)				ร้อยละ ของอัตรา การทอที่ เพิ่มขึ้น
			กึ่งทอผ้ายก ดอก	เครื่องทอผ้า ยกดอกและ จดจำลายผ้า			
					เฉลี่ย	เฉลี่ย	
P01H07	ลาย 1	1	7.0	6.33	8.3	8.73	37.9
		2	6.0		8.9		
		3	6.0		9.0		
P01H07	ลาย 2	1	5.0	4.73	7.7	8.10	71.2
		2	4.7		8.6		
		3	4.5		8.0		
P01H14	ลาย 3	1	5.0	6.00	9.0	8.93	48.8
		2	6.0		9.0		
		3	7.0		8.8		

ตาราง 5 ผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้ทอที่มีทักษะในการทอผ้ายกดอก (ต่อ)

ผู้ทอ	ลาย ผ้า	ชั่วโมง ที่	ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้ (เซนติเมตร)				ร้อยละ ของอัตรา การทอที่ เพิ่มขึ้น
			กึ่งทอผ้ายก ดอก	เครื่องทอผ้า ยกดอกและ จดจำลายผ้า			
					เฉลี่ย	เฉลี่ย	
P01H15	ลาย 4	1	3.0	3.16	3.2	3.70	17.1
		2	3.5		3.5		
		3	3.0		4.4		
P02H09	ลาย 5	1	3.3	3.33	7.8	10.16	205.1
		2	3.5		10.7		
		3	3.2		12.0		
P02H19	ลาย 6	1	4.0	4.40	11.0	12.33	180.2
		2	4.5		13.0		
		3	4.7		13.0		
P02H30	ลาย 7	1	4.0	4.60	8.0	8.53	85.4
		2	5.5		8.1		
		3	4.3		9.5		
P02H16	ลาย 8	1	4.0	3.86	3.5	4.06	5.2
		2	4.1		3.9		
		3	3.5		4.8		
P03H05	ลาย 9	1	7.5	8.27	10.0	11.67	41.1
		2	9.0		12.0		
		3	8.3		13.0		
P03H07	ลาย 10	1	12.0	12.03	13.0	13.40	11.4
		2	12.3		13.3		

ตาราง 5 ผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้ทอที่มีทักษะในการทอผ้ายกดอก (ต่อ)

ผู้ทอ	ลาย ผ้า	ชั่วโมง ที่	ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้ (เซนติเมตร)			ร้อยละ ของอัตรา การทอที่ เพิ่มขึ้น	
			กึ่งทอผ้ายก ดอก	เครื่องทอผ้า ยกดอกและ จดจำลายผ้า	เฉลี่ย		
							เฉลี่ย
		3	11.8		13.9		
P03H07	ลาย 11	1	8.2	9.00	8.0	9.87	9.7
		2	10.3		10.5		
		3	8.5		11.1		
P03H13	ลาย 12	1	10.4	10.20	10.0	10.67	4.6
		2	10.3		11.0		
		3	9.9		11.0		
P04H31	ลาย 13	1	4.1	3.90	4.0	4.26	9.2
		2	4.2		4.3		
		3	3.4		4.5		
P04H24	ลาย 14	1	4.0	4.06	4.3	4.67	15.0
		2	4.2		4.6		
		3	4.0		5.1		
P04H12	ลาย 15	1	3.9	3.73	3.7	4.07	9.1
		2	3.8		3.8		
		3	3.5		4.7		
P04H06	ลาย 16	1	3.4	3.40	3.5	3.87	13.8
		2	3.6		3.9		
		3	3.3		4.2		

ตาราง 6 ผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้ทอผ้าใหม่

ผู้ทอ	ลาย ผ้า	ชั่วโมง ที่	ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้ (เซนติเมตร)				ร้อยละ ของอัตรา การทอที่ เพิ่มขึ้น
			กึ่งทอผ้ายก ดอก	เครื่องทอผ้า ยกดอกและ จดจำลายผ้า			
					เฉลี่ย	เฉลี่ย	
B01H08	ลาย 17	1	3.0	3.23	5.6	6.23	92.9
		2	3.6		6.1		
		3	3.1		7.0		
B01H16	ลาย 18	1	5.1	5.00	8.4	9.67	93.4
		2	5.0		9.3		
		3	4.9		11.3		
B02H7	ลาย 19	1	1.5	1.53	3.5	4.33	183.0
		2	1.4		4.3		
		3	1.7		5.2		
B03H14	ลาย 20	1	3.0	3.26	6.4	7.33	124.8
		2	3.6		7.8		
		3	3.2		7.8		

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

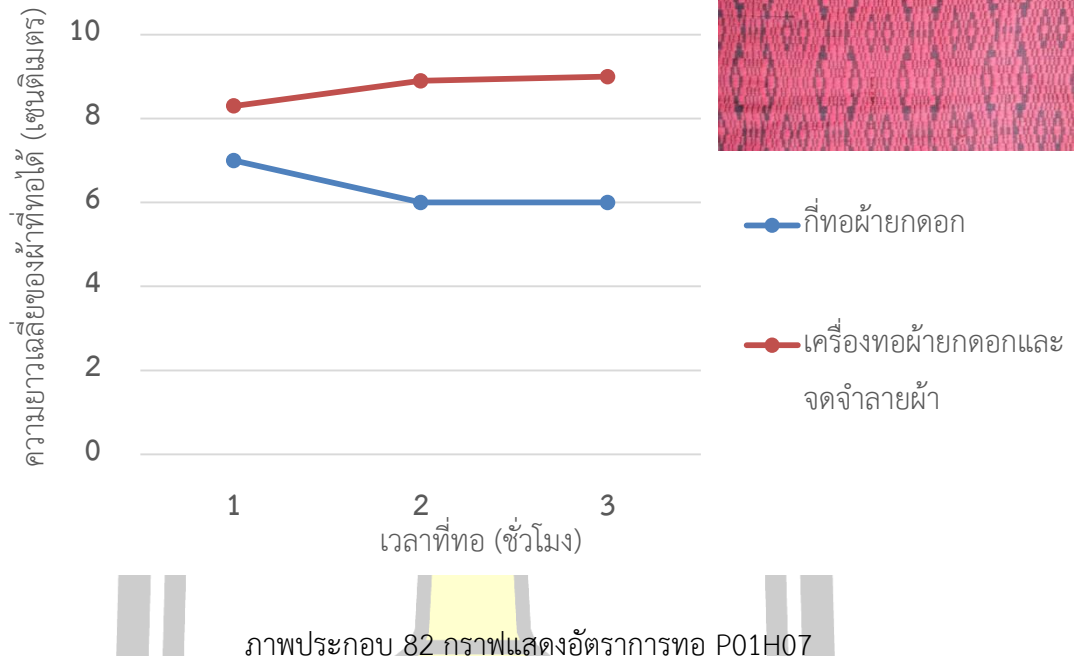


ตาราง 7 ผลการทดลองทอผ้าต่อเนื่อง

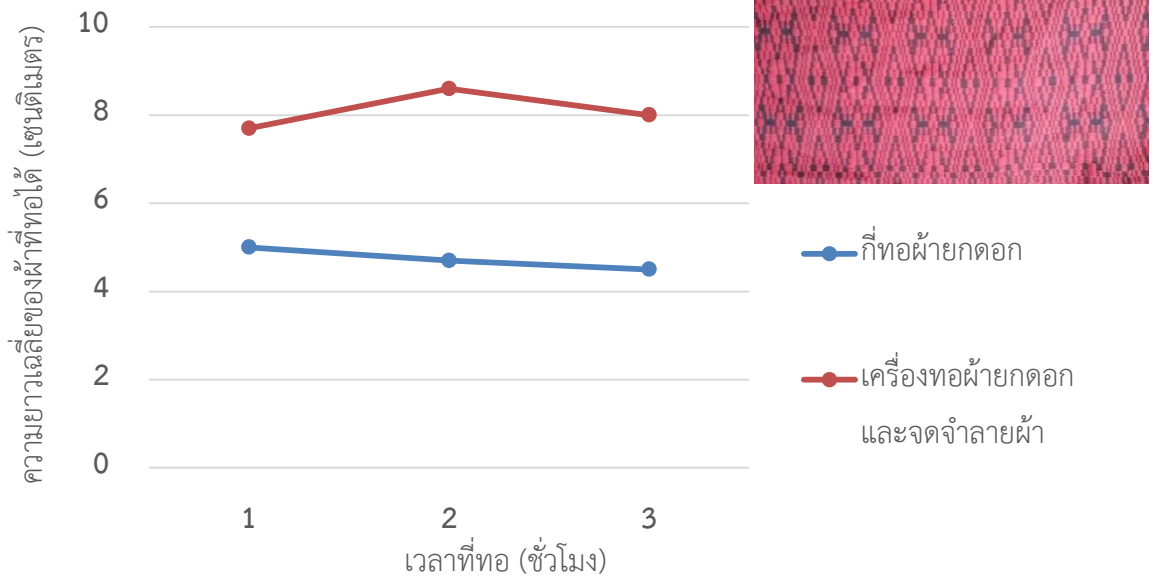
ผู้ทอ	ลาย ผ้า	ชั่วโมง ที่	ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้ (เซนติเมตร)				ร้อยละ ของอัตรา การทอที่ เพิ่มขึ้น
			กึ่งทอผ้ายก ดอก	เครื่องทอผ้า ยกดอกและ จดจำลายผ้า	เฉลี่ย		
					เฉลี่ย	เฉลี่ย	
P01H07	ลาย 1	1	3.3	3.2	7.8	10.12	68.4
		2	3.5		10.7		
		3	3.2		12.0		
		4	3.1		10.4		
		5	3.1		9.5		
		6	3.0		10.3		
P02H07	ลาย 2	1	4.0	4.3	11.0	11.33	62.1
		2	4.5		13.0		
		3	4.7		13.0		
		4	4.4		8.0		
		5	4.2		12.5		
		6	4.0		10.5		

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

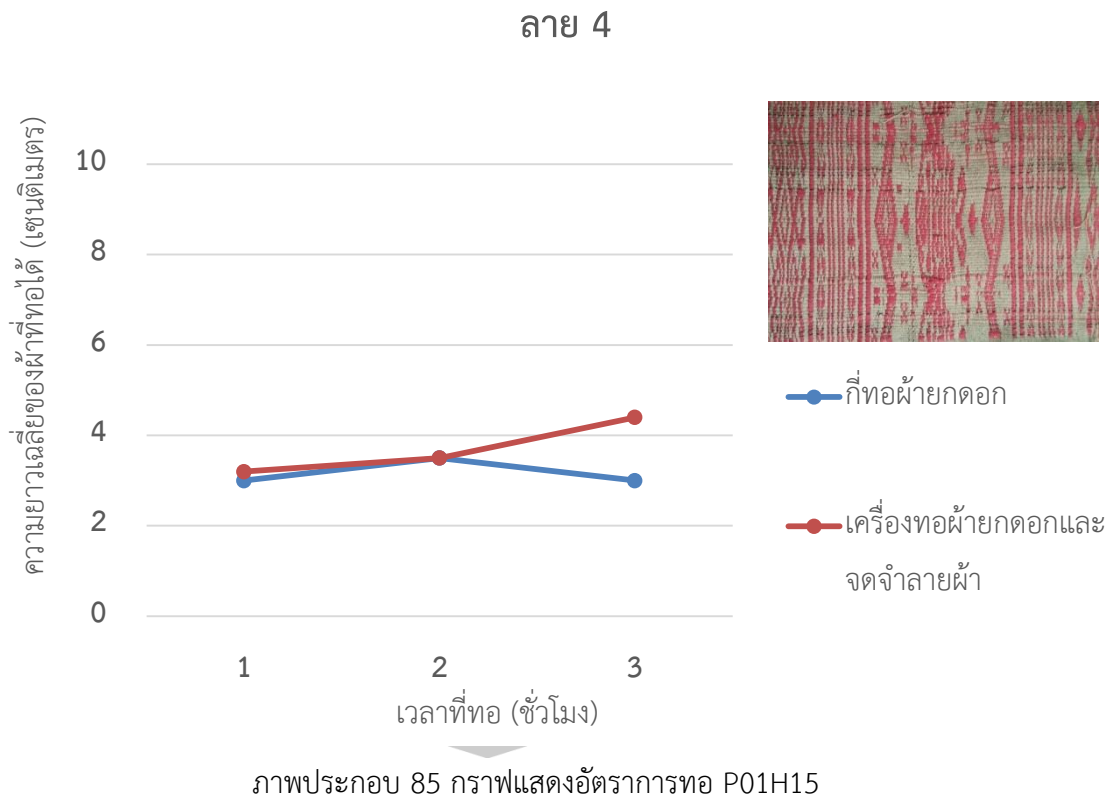
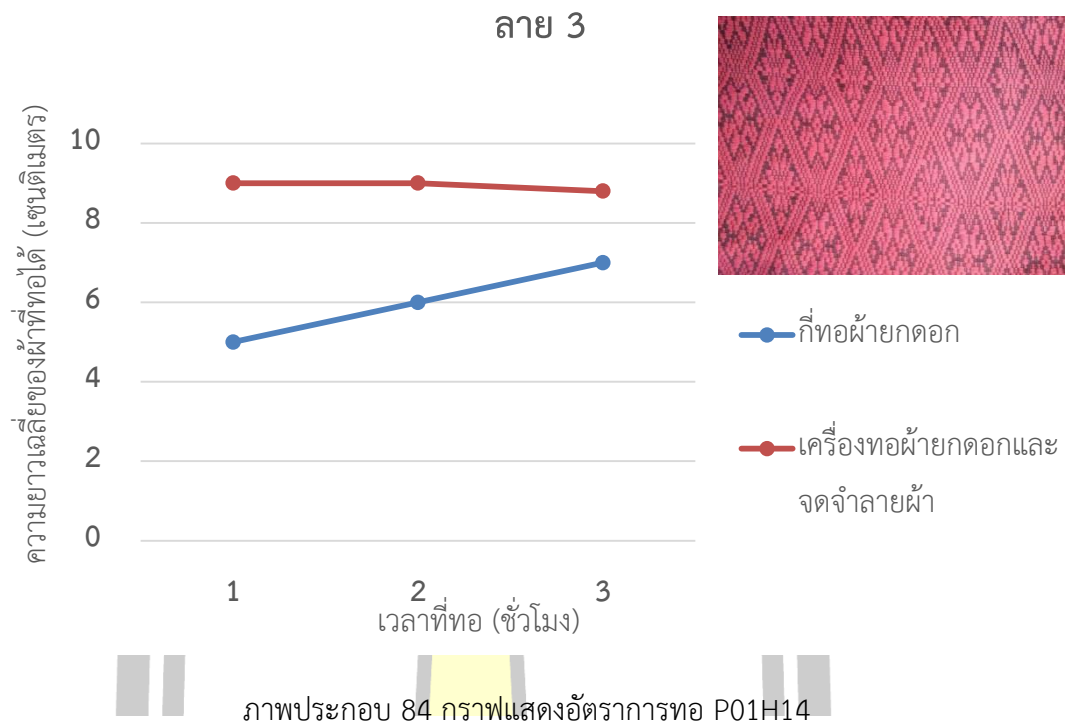
ลาย 1

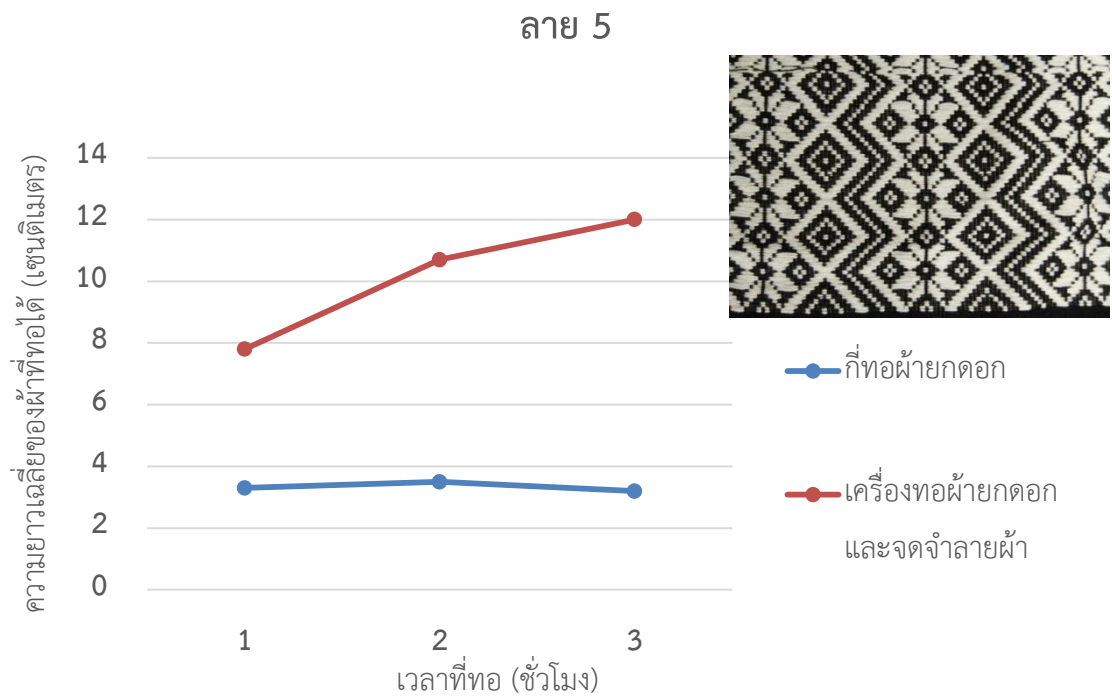


ลาย 2

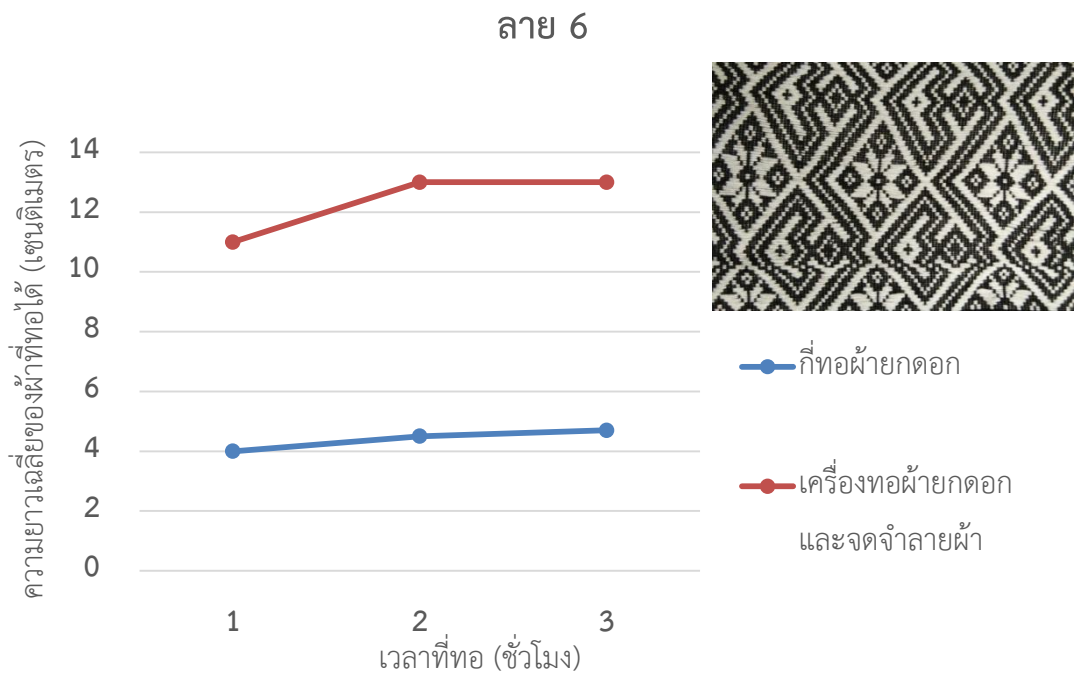


ภาพประกอบ 83 กราฟแสดงอัตราการทอ P01H07



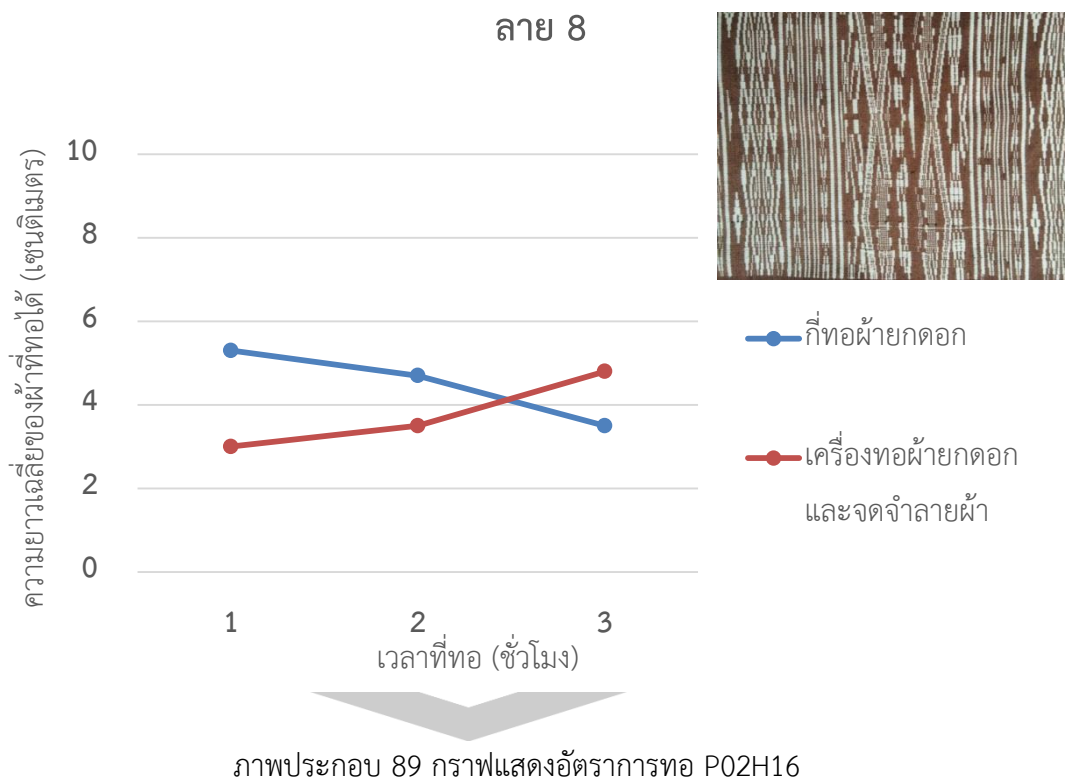
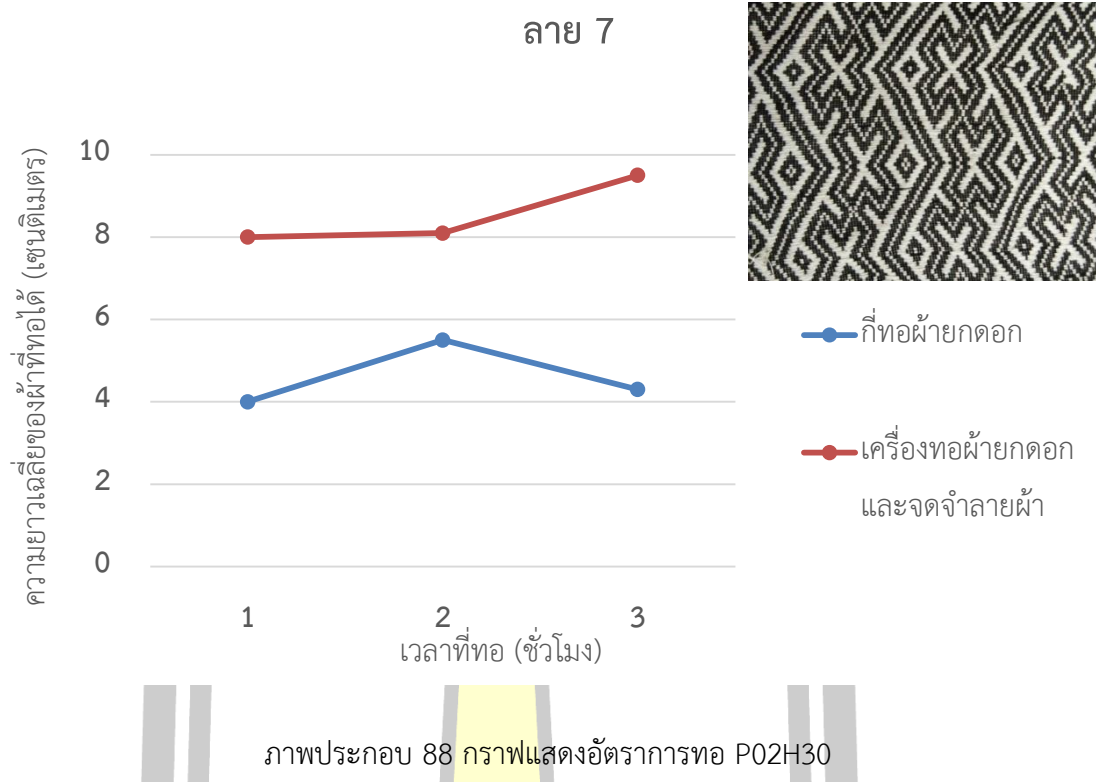


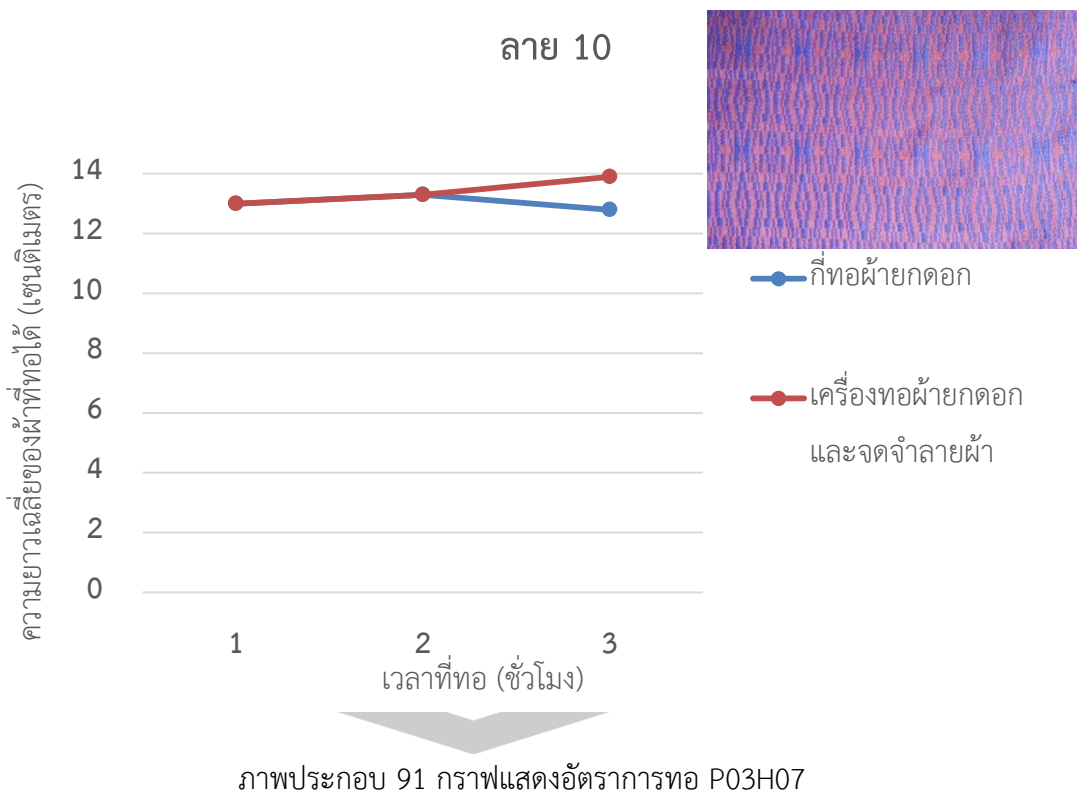
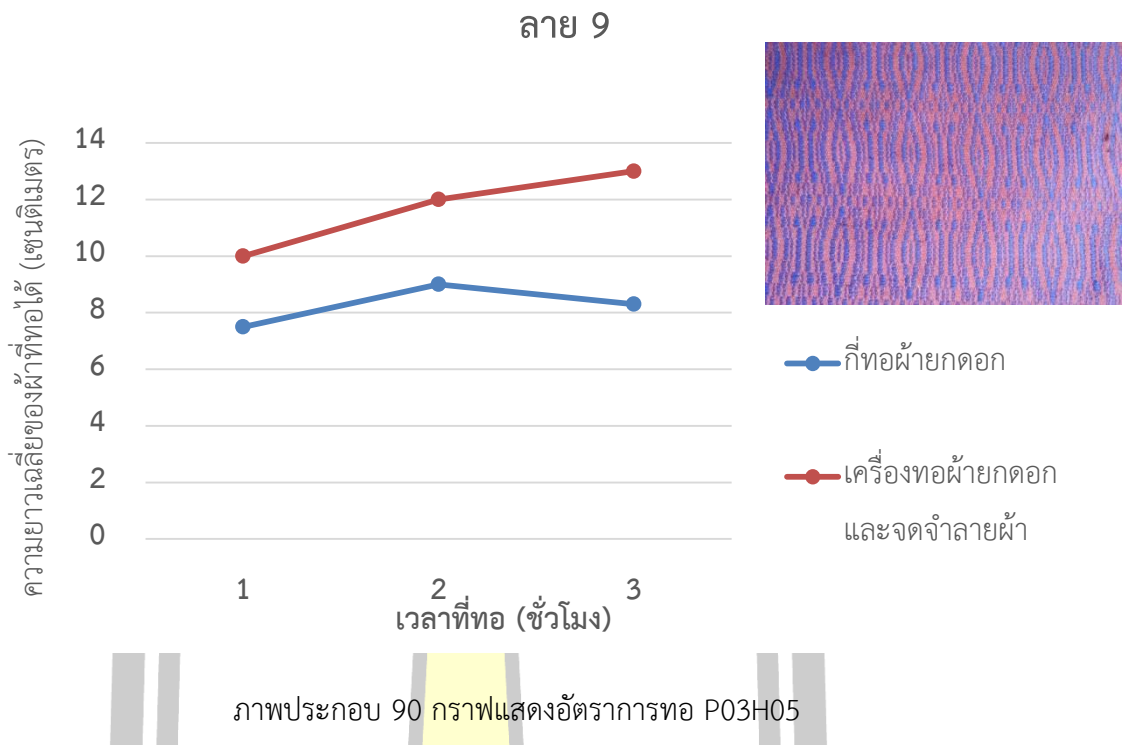
ภาพประกอบ 86 กราฟแสดงอัตราการทอ P02H09

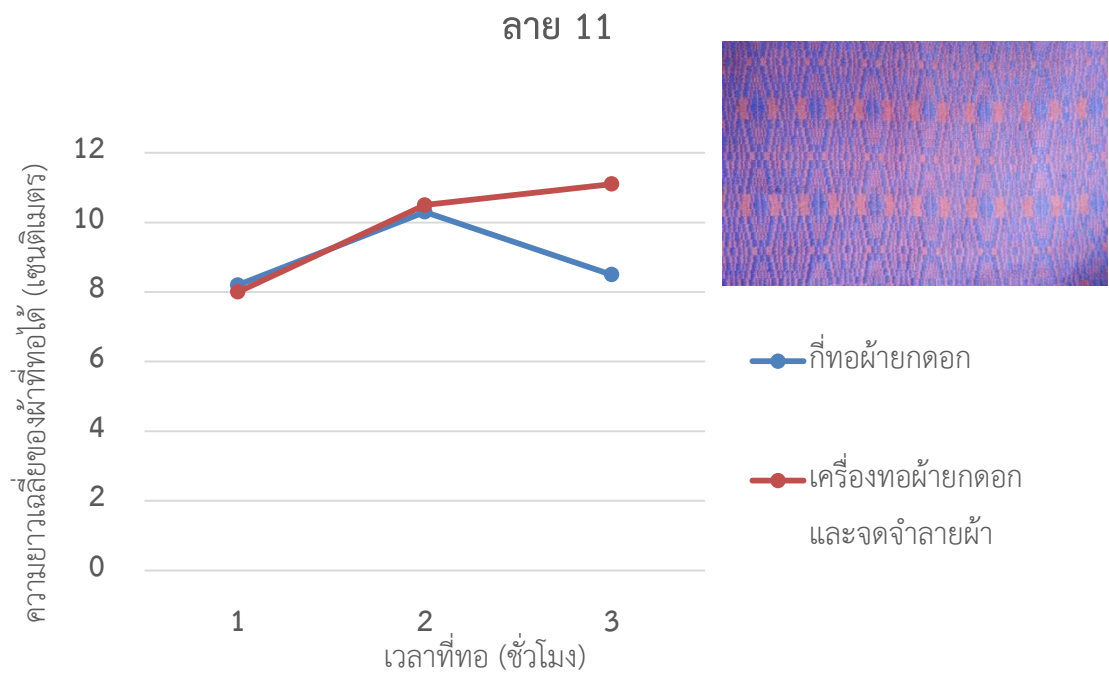


ภาพประกอบ 87 กราฟแสดงอัตราการทอ P02H19

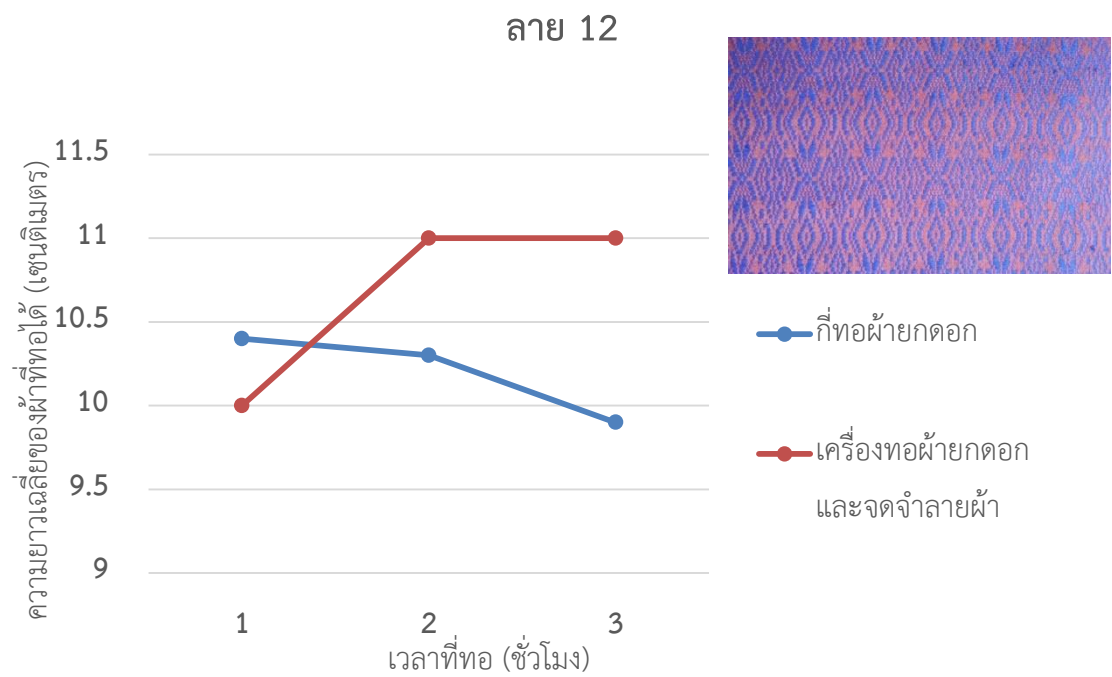






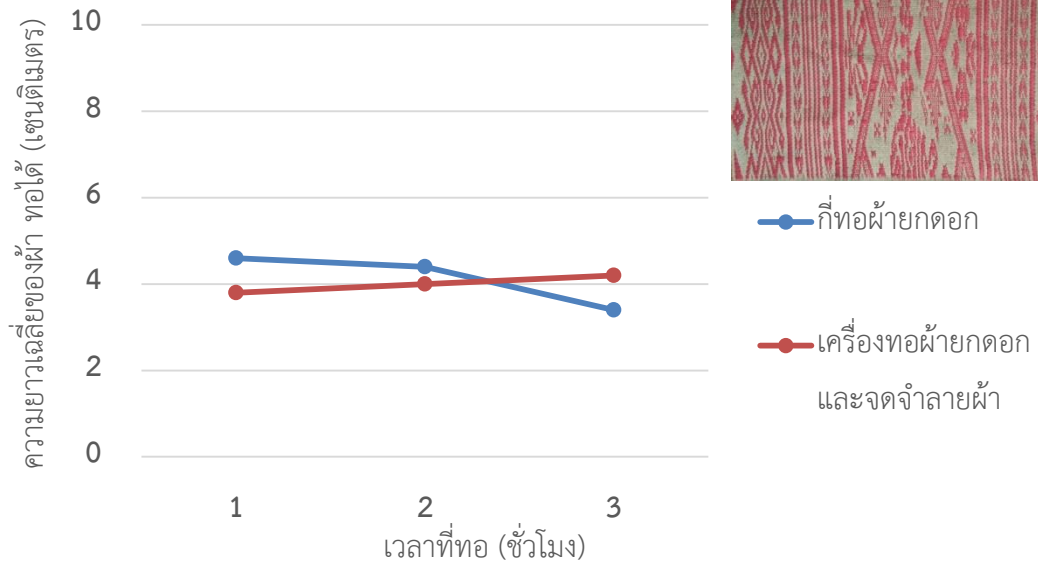


ภาพประกอบ 92 กราฟแสดงอัตราทอ P03H07



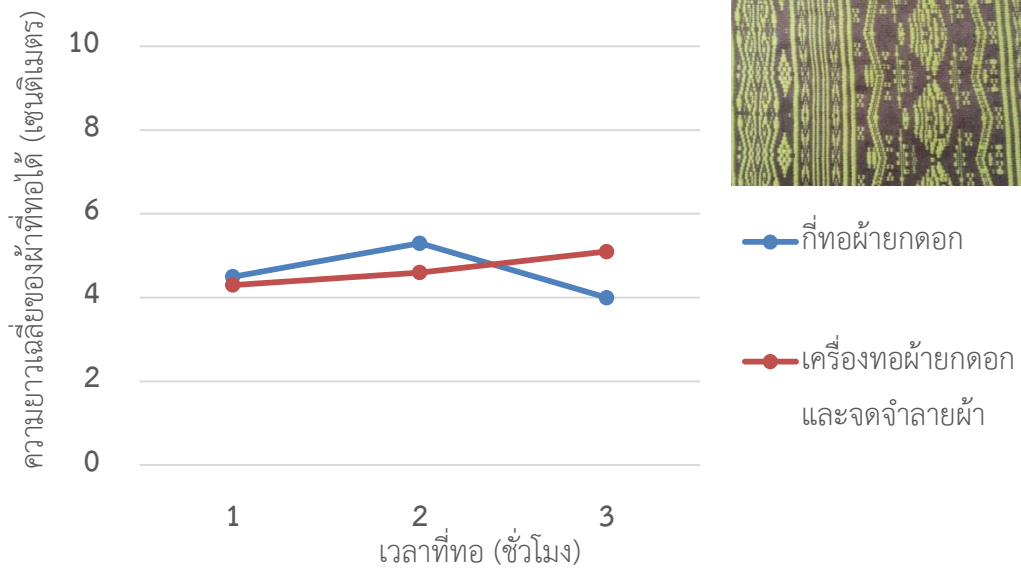
ภาพประกอบ 93 กราฟแสดงอัตราทอ P03H13

## ลาย 13



ภาพประกอบ 94 กราฟแสดงอัตราการทอ P04H31

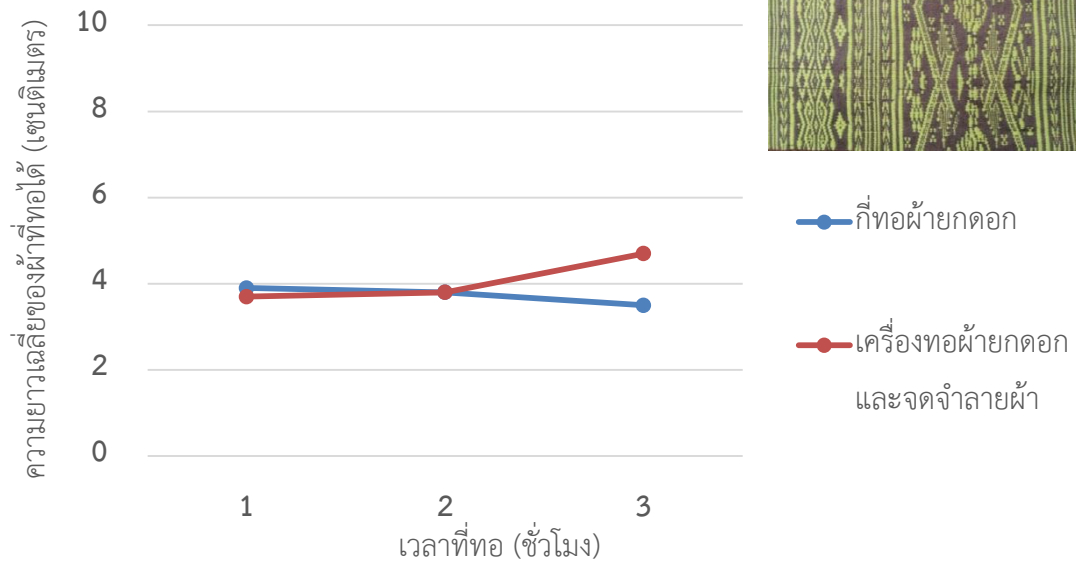
## ลาย 14



ภาพประกอบ 95 กราฟแสดงอัตราการทอ P04H24

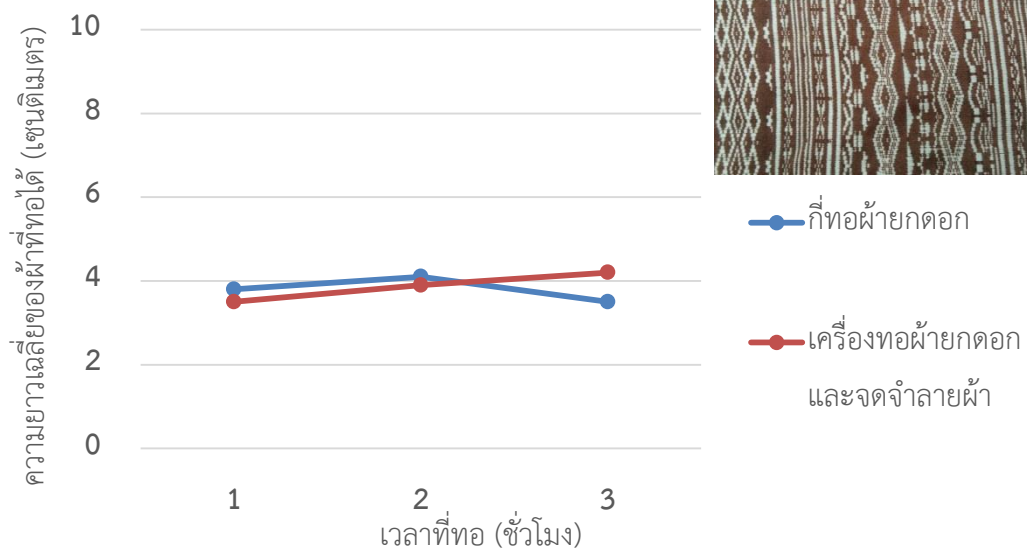


## ลาย 15



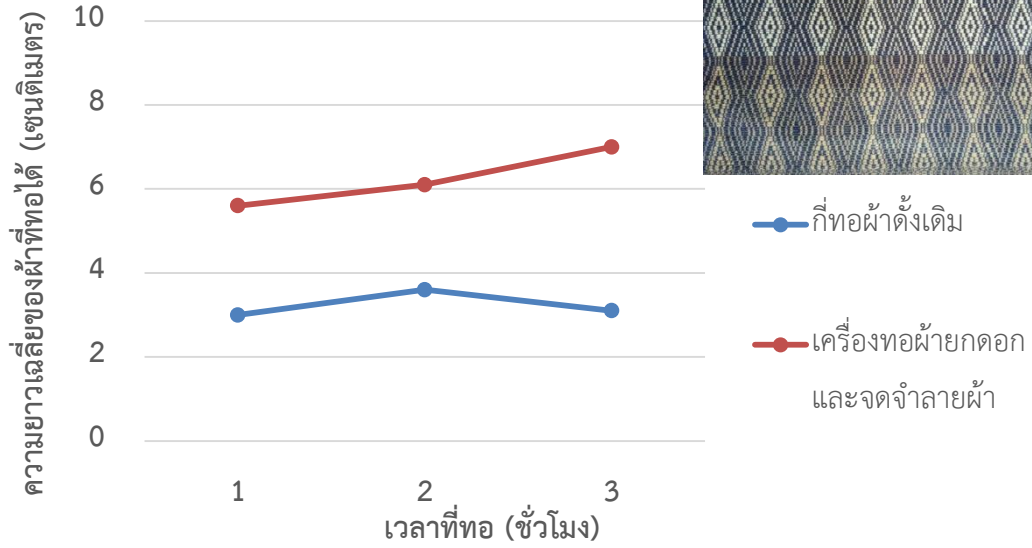
- ทอด้วยมือ
- เครื่องทอด้วยมือและจดจำลายผ้า

## ลาย 16



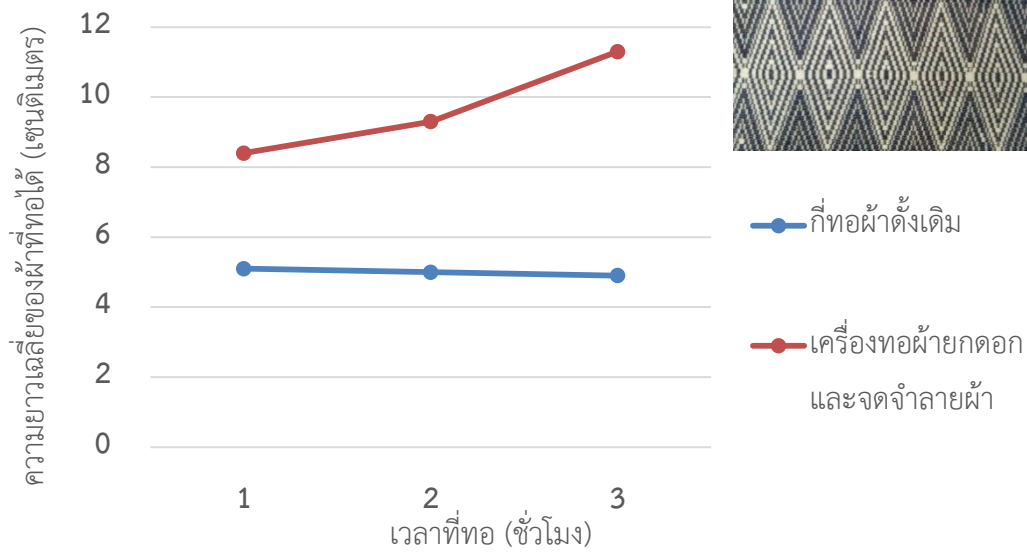
- ทอด้วยมือ
- เครื่องทอด้วยมือและจดจำลายผ้า

## ลาย 9



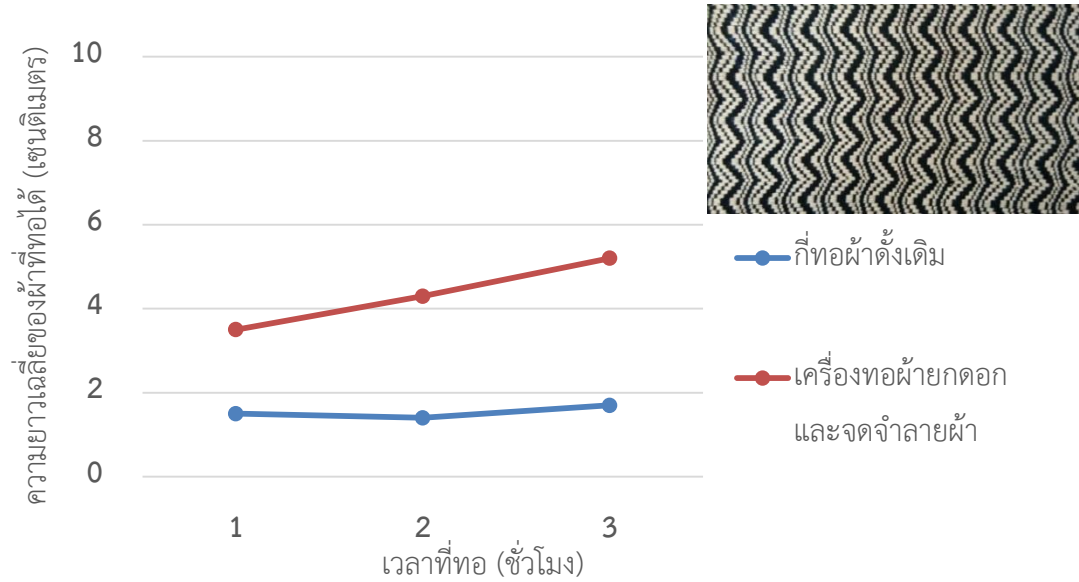
ภาพประกอบ 98 กราฟแสดงอัตราการทอ B01H08

## ลาย 18



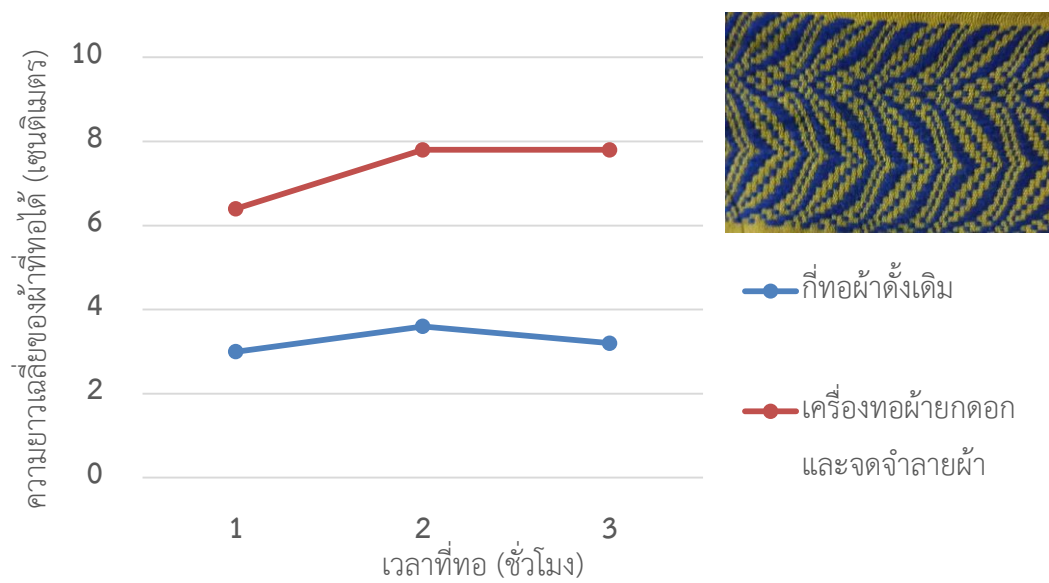
ภาพประกอบ 99 กราฟแสดงอัตราการทอ B01H16

### ลาย 19

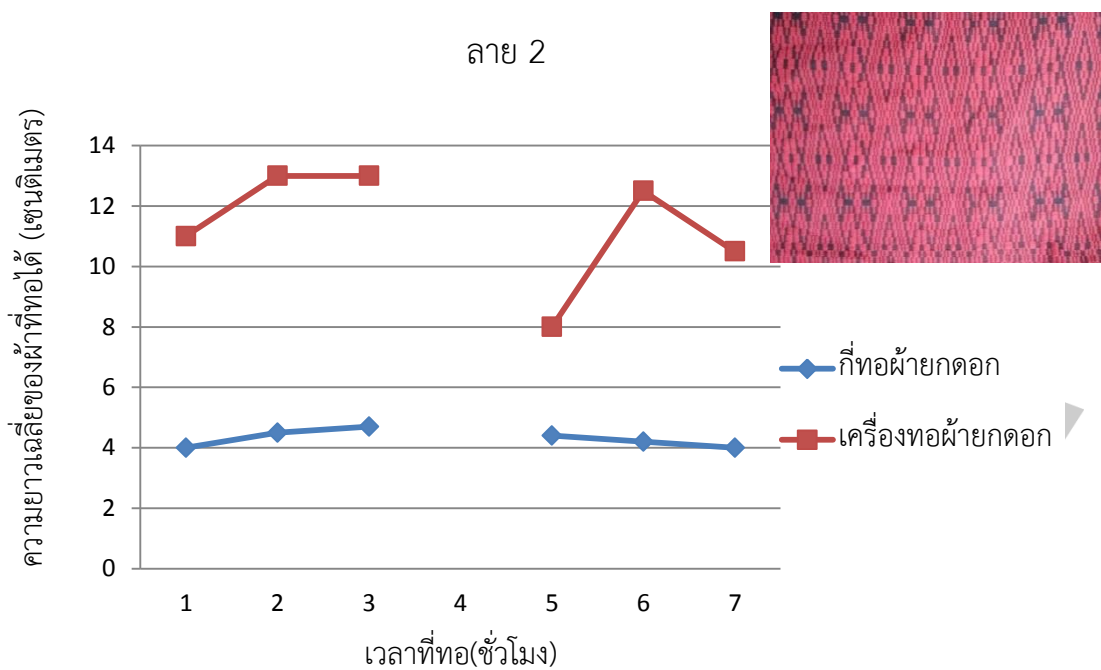
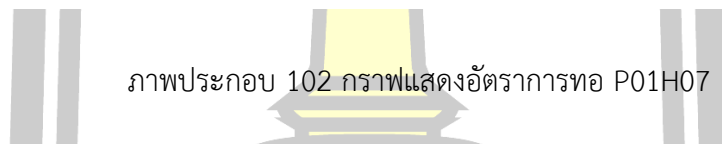
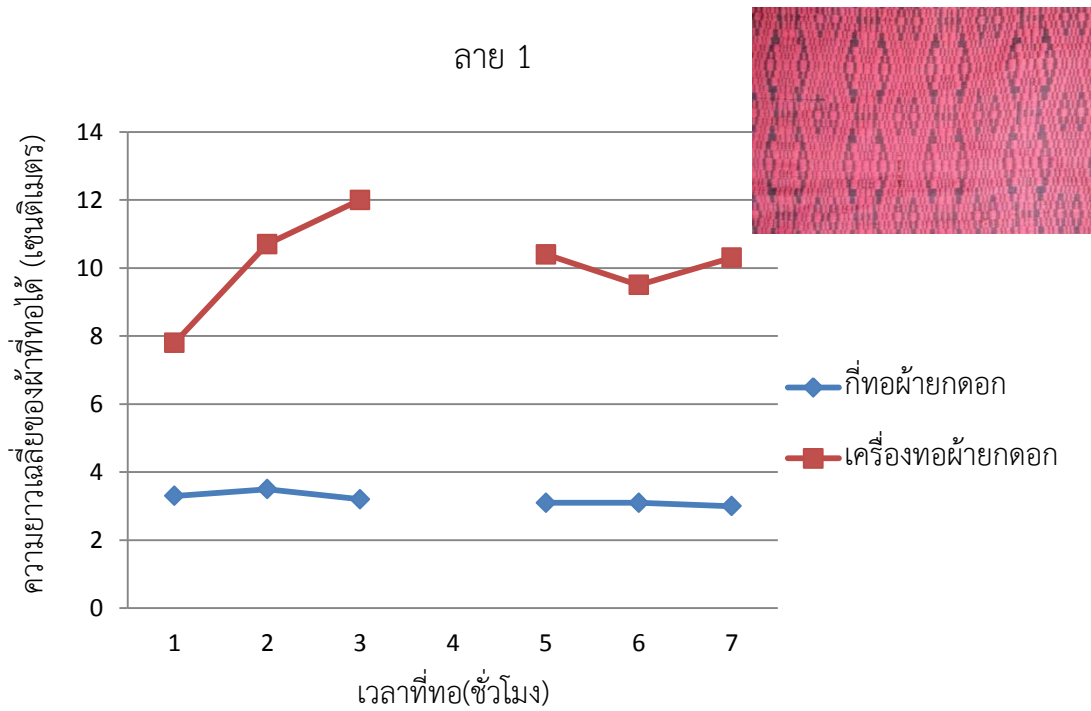


ภาพประกอบ 100 กราฟแสดงอัตราการทอ B02H07

### ลาย 20



ภาพประกอบ 101 กราฟแสดงอัตราการทอ B03H14



ภาพประกอบ 103 กราฟแสดงอัตราการผลิต P01H07



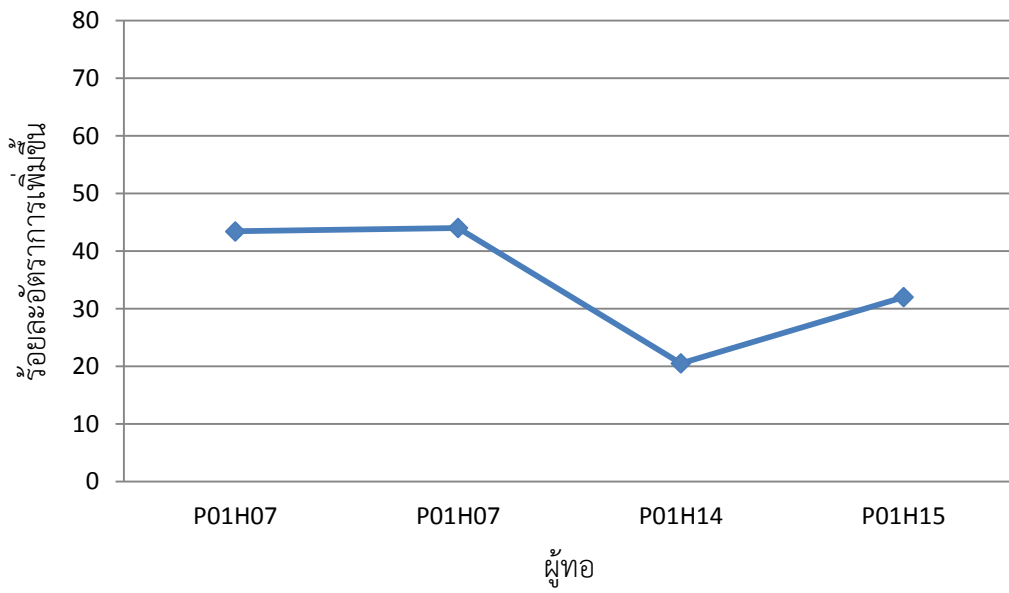
จากผลการทดลองผู้ใช้งานกลุ่มผู้ทอที่มีทักษะในการทอผ้ายกดอกพบว่า ในการทดลองกลุ่มผู้ทอที่มีความเชี่ยวชาญในการทอผ้ายกดอกโดยเฉพาะ ใช้ผู้ทอจำนวน 4 คน คนละ 4 ลาย โดยทำการเปรียบเทียบอัตราการทอด้วยก๊ยกดอกและอัตราการทอด้วยเครื่องทอผ้ายกดอก สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้ว่าอัตราการทอด้วยเครื่องทอผ้ายกดอกให้ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้เพิ่มขึ้นทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 47.8 ในเวลา 1 ชั่วโมง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทอ โดยเริ่มแรกการใช้งานเครื่องทอผ้า ผู้ทอยังต้องปรับตัวใช้งานเครื่องทอผ้า จะเห็นได้ชัดในชั่วโมงที่หนึ่ง แต่เมื่อทำการทอไปเรื่อยๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่สองผู้ทอมีความสามารถในการทอที่เพิ่มมากขึ้น จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ลักษณะของเส้นกราฟอัตราการทอที่ทอด้วยเครื่องทอผ้ามีอัตราการทอชั่วโมงที่หนึ่งต่ำกว่า การทอด้วยก๊ยกดอก เนื่องจากลายผ้าที่นำมาทดลองมีเส้นยืนที่หนา และในการผูกด้ายร้อยตะกอกผูกมาในระยะที่จำกัด เมื่อเครื่องทอผ้ายกดอกทำการดึงตะกอกจึงถูกจำกัดระยะง้างด้วยด้ายร้อยตะกอก เพราะไม้ที่สอดในตะกอกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงกดเส้นยืนลงทั้งหมด ส่งผลให้ไม้กดเส้นยืนลงทั้งหมด ระยะง้างน้อยเกินไป ผู้ทอต้องจัดเรียงเส้นยืนตลอดการทอจึงส่งผลให้อัตราการทอลดน้อยลง และอีกหนึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลต่ออัตราการทอคือเส้นยืน ถ้าเส้นยืนที่มีขนาดหนาเกินไป ผู้ทอใช้ฟืมที่มีขนาดรูฟืมเล็กเกินไปและลายที่มีตะกอกมากกว่า 20 ตะกอก จะส่งผลต่อระยะง้างเพราะเมื่อเครื่องทอผ้าทำการดึงตะกอลง เส้นยืนไม่สามารถแยกออกเป็นหมวดหมู่ตามลวดลายได้เนื่องจาก เส้นยืนติดขัดกันในช่องฟืม

จากผลการทดลองทอผ้ากลุ่มผู้ทอหัดใหม่ คือกลุ่มที่เริ่มเรียนรู้เรื่องการทอผ้ายกดอก ลายที่ 17 ถึง ลายที่ 20 ด้วยก๊ยกดอกเปรียบเทียบกับทอผ้าด้วยเครื่องทอผ้า จะเห็นได้ชัดเลยว่าอัตราการทอด้วยเครื่องทอผ้ายกดอกให้ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้เพิ่มขึ้นทั้งสิ้นลวดลายเฉลี่ยร้อยละ 90 ในเวลา 1 ชั่วโมง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีอัตราการทอเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่สองเป็นต้นไป เนื่องจากกลุ่มดังกล่าวเพิ่งริเริ่ม ฝึกหัดทอผ้าลายยกดอก จึงขาดความเชี่ยวชาญในการทออัตราการทอจึงต่ำลง แต่ก็ยังมีพื้นฐานในการทอผ้าพื้น เมื่อผู้ทดลองใช้ได้เริ่มทอผ้าด้วยเครื่องทอผ้ายกดอก การทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน ทอผ้ายกดอกง่ายขึ้น ซึ่งต่างจากการทอผ้าพื้นใช้กระสวยหนึ่งอันและการทอผ้ายกดอกใช้กระสวยสองอัน แต่วิธีการทอผ้ายกดอกด้วยเครื่องทอผ้ามีลักษณะคล้ายๆการทอผ้าพื้น จึงทำให้อัตราการทอเพิ่มมากขึ้น

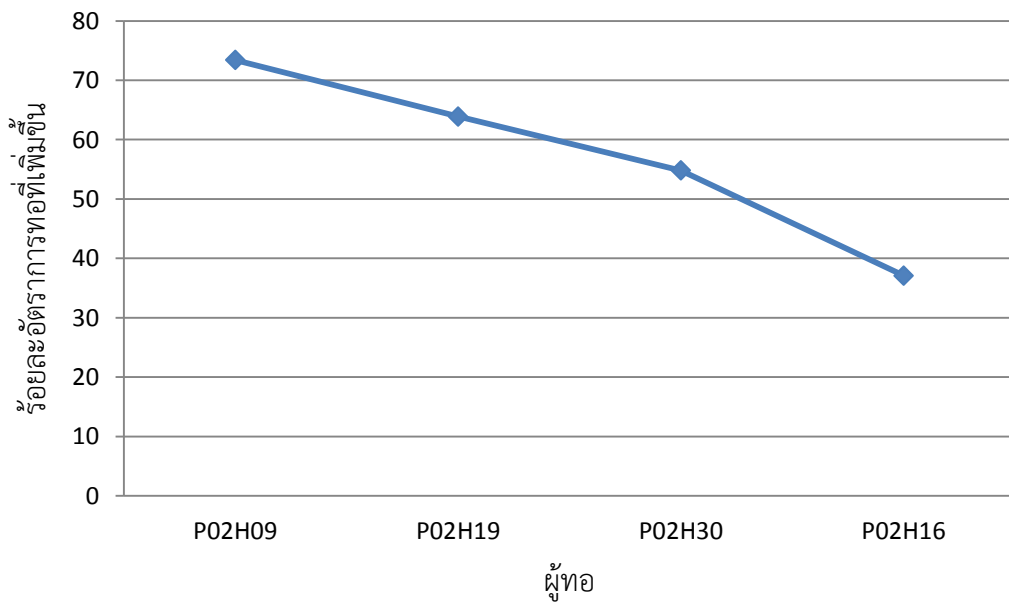
ผลการพิจารณาดังแสดงตารางที่ 8 แสดงจำนวนตะกอกและอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3 และภาพประกอบที่ 104 ถึง 109 เปรียบเทียบอัตราการทอด้วยก๊ยกดอกและทอด้วยเครื่องทอผ้ายกดอก จะเห็นว่าอัตราการเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 3 เพราะชั่วโมงที่ 1 และ 2 ผู้ทำการทดลองแม้ว่ามีความรู้ในการใช้เครื่องเป็นอย่างดีแล้ว แต่ก็มีปรับตัวให้คุ้นชินกับลายผ้าใหม่ๆและการทำงานกับเครื่อง ทำให้เมื่อมีทักษะเพียงพอแล้วในชั่วโมงที่ 2-3 จึงมีอัตราการเพิ่มขึ้นของการทอ ดังนั้นตารางที่ 8 จึงเป็นตารางสรุปอัตราการทอในชั่วโมงที่ 3 ของทั้งการทอด้วยก๊ยกดอกและการทอด้วยเครื่องทอผ้า

ตาราง 8 แสดงจำนวนตะกอนและอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3

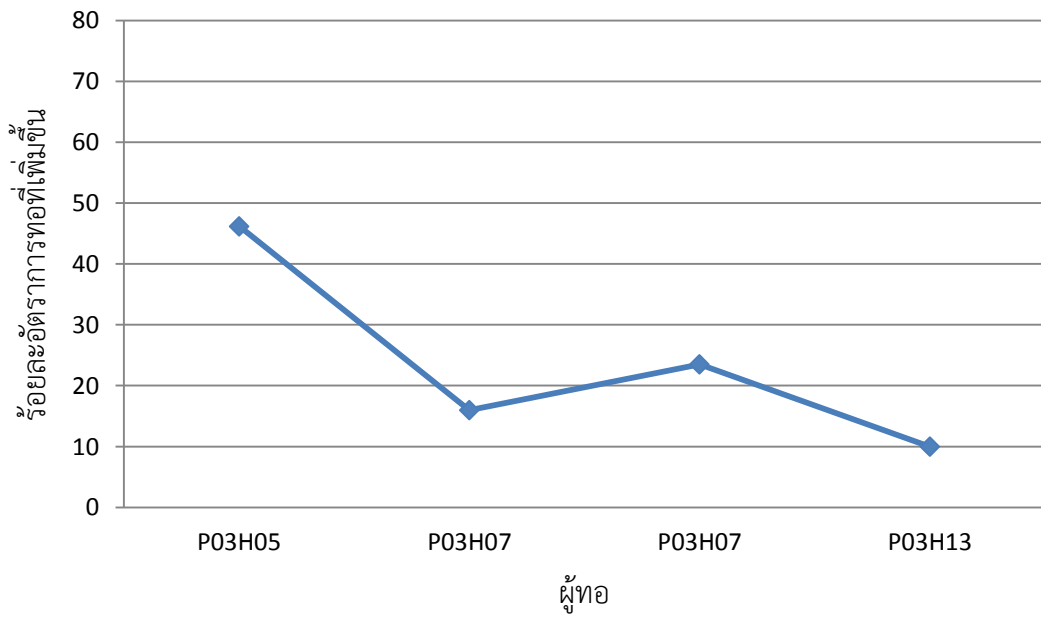
ผู้ทอ	ลำดับ	อัตราการทอเฉลี่ย ทอด้วยก๊วยกดอก (เซนติเมตรต่อ ชั่วโมง)	อัตราการทอเฉลี่ยที่ ทอด้วยเครื่องทอ ผ้า (เซนติเมตรต่อ ชั่วโมง)	ร้อยละอัตรา การทอที่ เพิ่มขึ้น
P01H07	ลายที่ 1	6.0	9.0	43.4
P01H07	ลายที่ 2	4.5	8.0	44.0
P01H14	ลายที่ 3	7.0	8.8	20.5
P01H15	ลายที่ 4	3.0	4.4	32.0
P02H09	ลายที่ 5	3.2	12.0	73.4
P02H19	ลายที่ 6	4.7	13.0	63.9
P02H30	ลายที่ 7	4.3	9.5	54.8
P02H16	ลายที่ 8	3.5	4.8	37.1
P03H05	ลายที่ 9	8.3	13.0	46.2
P03H07	ลายที่ 10	11.8	13.9	16.0
P03H07	ลายที่ 11	8.5	11.1	23.5
P03H13	ลายที่ 12	9.9	11.0	10.0
P04H31	ลายที่ 13	3.4	4.5	25.0
P04H24	ลายที่ 14	4.0	5.1	21.6
P04H12	ลายที่ 15	3.5	4.7	25.6
P04H06	ลายที่ 16	3.5	4.2	17.0
B01H08	ลายที่ 17	3.2	7.0	54.3
B01H16	ลายที่ 18	4.9	11.3	56.7
B02H7	ลายที่ 19	1.7	5.2	67.6
B03H14	ลายที่ 20	3.2	7.8	59.0



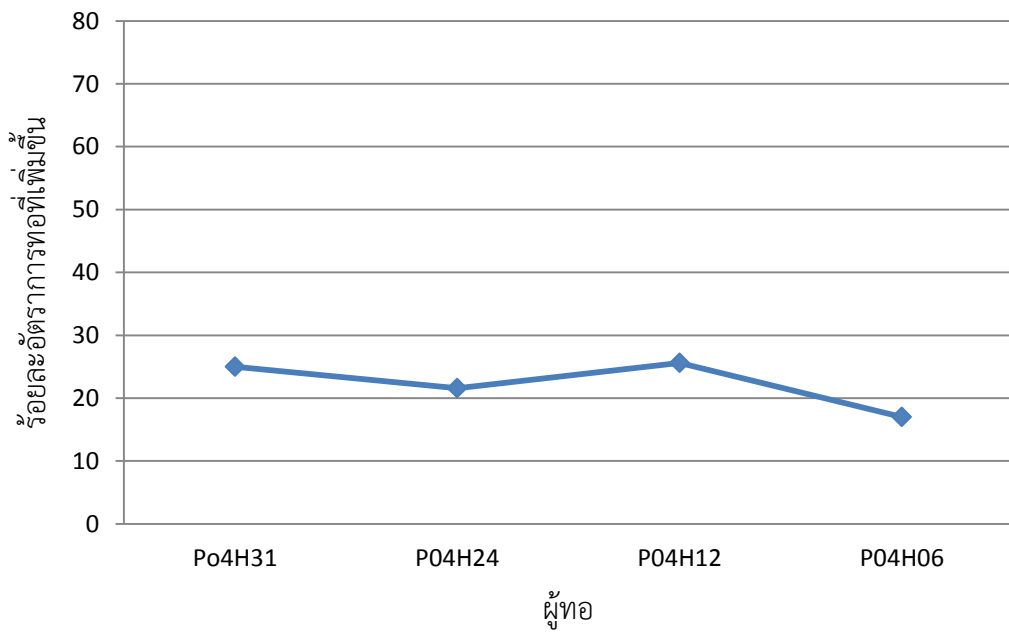
ภาพประกอบ 104 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3



ภาพประกอบ 105 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3

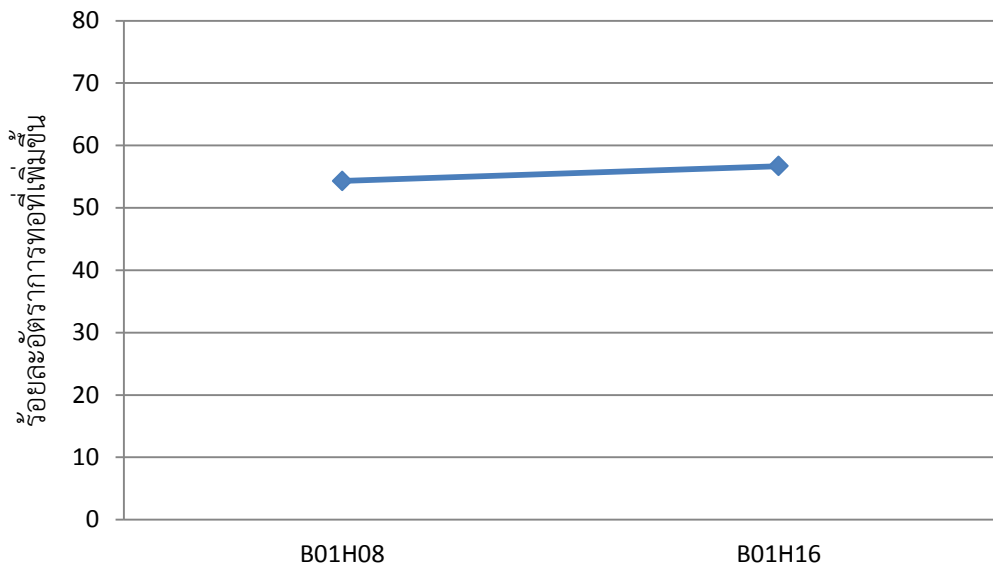


ภาพประกอบ 106 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3



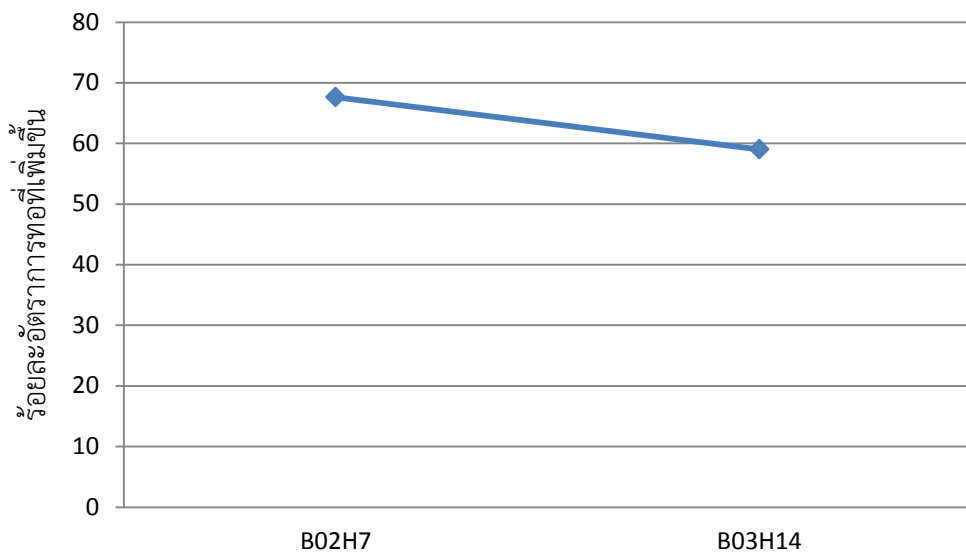
ภาพประกอบ 107 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3





ผู้ทอ

ภาพประกอบ 108 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3



ผู้ทอ

ภาพประกอบ 109 กราฟแสดงอัตราการทอเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 3



ภาพประกอบ 110 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก



ภาพประกอบ 111 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก



ภาพประกอบ 112 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก



ภาพประกอบ 113 ผู้ทดลองใช้จัดเตรียมลายผ้าในการทอ





ภาพประกอบ 114 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก



ภาพประกอบ 115 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก





ภาพประกอบ 116 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก



ภาพประกอบ 117 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก

พหุ มณ ฑิ ไต้ สัว



ภาพประกอบ 118 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายุคดอก



ภาพประกอบ 119 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายุคดอก





ภาพประกอบ 120 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก



ภาพประกอบ 121 ผู้ประกอบการทดลองใช้เครื่องทอผ้ายกดอก



ภาพประกอบ 122 ตัวอย่างผ้ายกดอกที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

#### 4.3.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของลายผ้า

ผลการทดลองตรวจสอบความผิดพลาดของผ้า วิธีการทดสอบรายละเอียด แสดงดังบทที่ 3 คือตรวจสอบความผิดพลาดของเส้นพุ่ง โดยการทดสอบจะนับจำนวนจุดที่เป็นตำหนิโดยการสุ่มตัวอย่างพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร เปรียบเทียบคุณภาพของผ้าที่ได้จากการทอผ้ายกดอกด้วยก๊ยกดอกและผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้ายกดอกและจดจำลายผ้า โดยการนับจุดที่มีความผิดพลาดคิดเป็นตารางเซนติเมตร ได้ผลการทดลองแสดงดังตาราง 9 โดยภาพประกอบที่ 123 ถึง 142 แสดงความผิดพลาดของลายผ้ายกดอกที่เปรียบเทียบระหว่างการทอผ้ายกดอกด้วยก๊ยกดอกและผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้ายกดอกและจดจำลายผ้า



ตาราง 9 ผลการทดลองตรวจสอบความผิดพลาดของการทอผ้า

ผู้ทอ	ลายผ้า	จำนวน ตะกอ	การทดสอบหารอยตำหนิของลายผ้า 20 ลาย โดยใช้ ด้ายเส้นยืนและด้ายเส้นพุ่งชนิดเดียวกัน (จุด)	
			ผ้าที่ทอด้วยก๊วยกดอก	ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้าและ จดจำลายผ้า
P01H07	ลาย 1	7	0	0
P01H07	ลาย 2	7	1	0
P01H14	ลาย 3	14	0	0
P01H15	ลาย 4	15	2	2
P02H09	ลาย 5	9	0	0
P02H19	ลาย 6	19	0	0
P02H30	ลาย 7	30	3	0
P02H16	ลาย 8	16	0	0
P03H05	ลาย 9	5	0	0
P03H07	ลาย 10	7	0	0
P03H07	ลาย 11	7	0	0
P03H13	ลาย 12	13	0	0
P04H31	ลาย 13	31	7	0
P04H24	ลาย 14	24	3	0
P04H12	ลาย 15	12	6	0
P04H06	ลาย 16	6	5	0
B01H08	ลาย 17	8	1	0
B01H16	ลาย 18	16	0	1
B02H7	ลาย 19	7	0	0
B03H14	ลาย 20	14	0	0
เฉลี่ย			28 จุดต่อร้อยตาราง เซนติเมตร	3 จุดต่อร้อยตาราง เซนติเมตร

ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

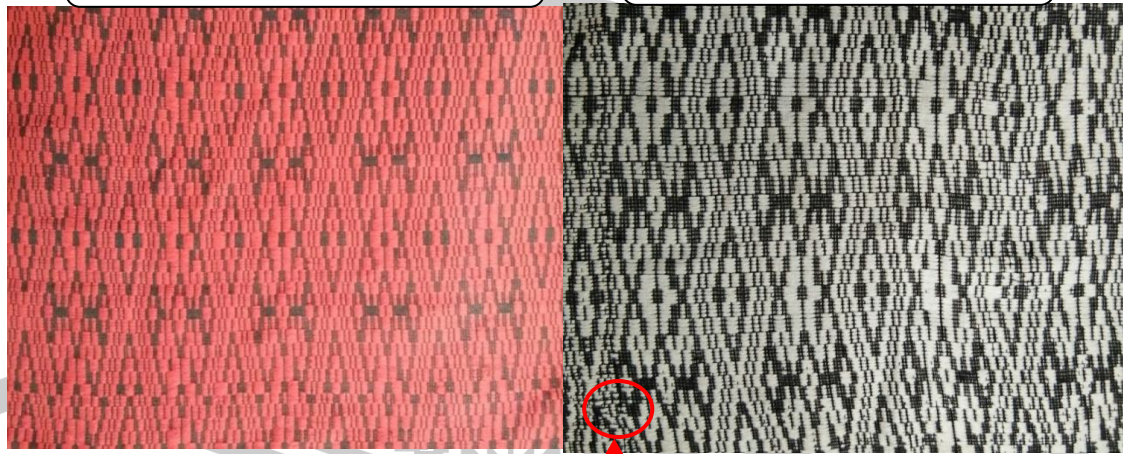
ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



ภาพประกอบ 123 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า P01H07

ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



จุดที่มีความผิดปกติ

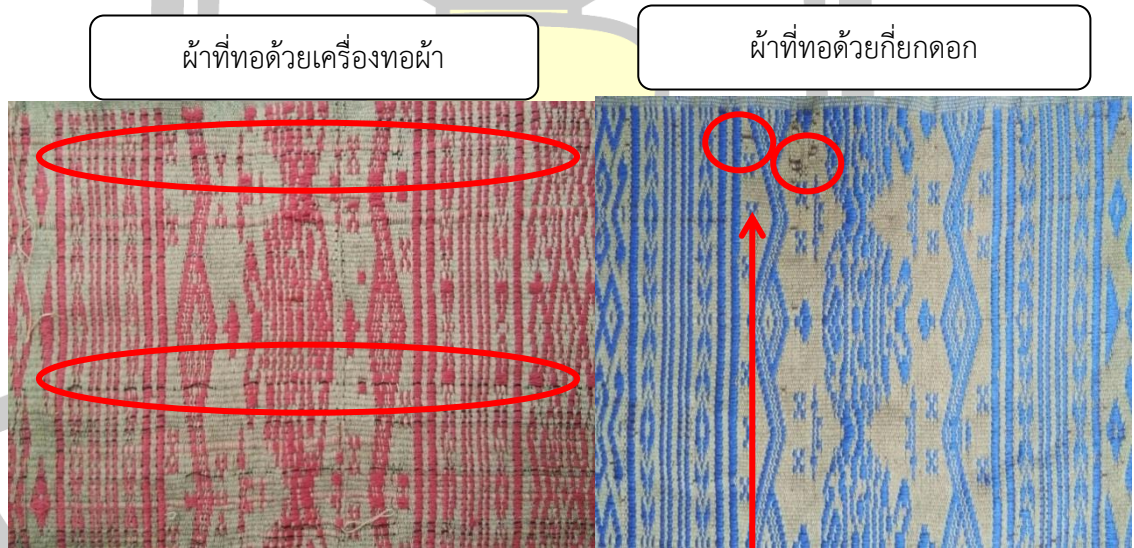
ภาพประกอบ 124 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า P01H07





ภาพประกอบ 125 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างผ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า

P01H14



ภาพประกอบ 126 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างผ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า

P01H15



ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



ภาพประกอบ 127 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า  
P02H09

ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



ภาพประกอบ 128 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า  
P02H19





ภาพประกอบ 129 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า

P02H30



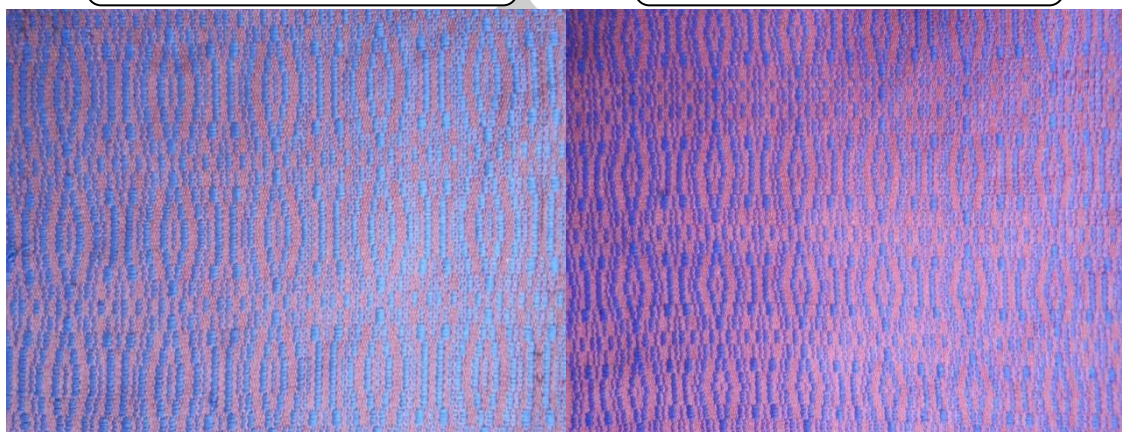
ภาพประกอบ 130 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า

P02H16



ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก

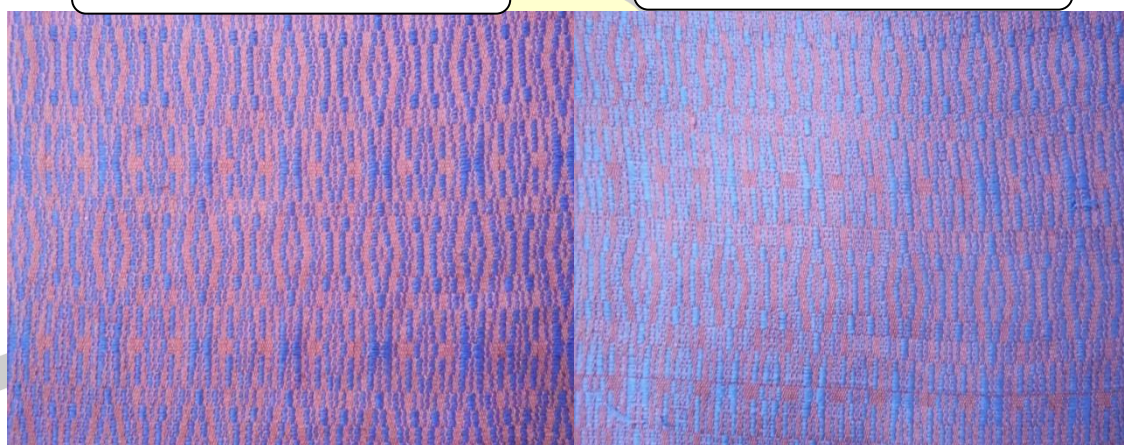


ภาพประกอบ 131 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างผ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า

P03H05

ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



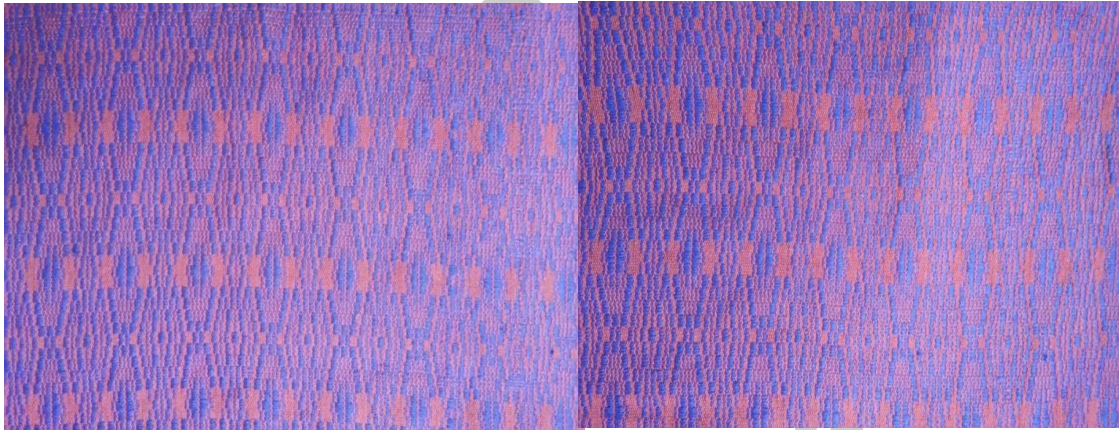
ภาพประกอบ 132 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างผ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า

P03H07

พหุบัณฑิตวิทยาลัย

ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



ภาพประกอบ 133 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างผ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า  
P03H07

ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



ภาพประกอบ 134 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างผ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า  
P03H13



ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



ภาพประกอบ 135 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า P04H31

ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า

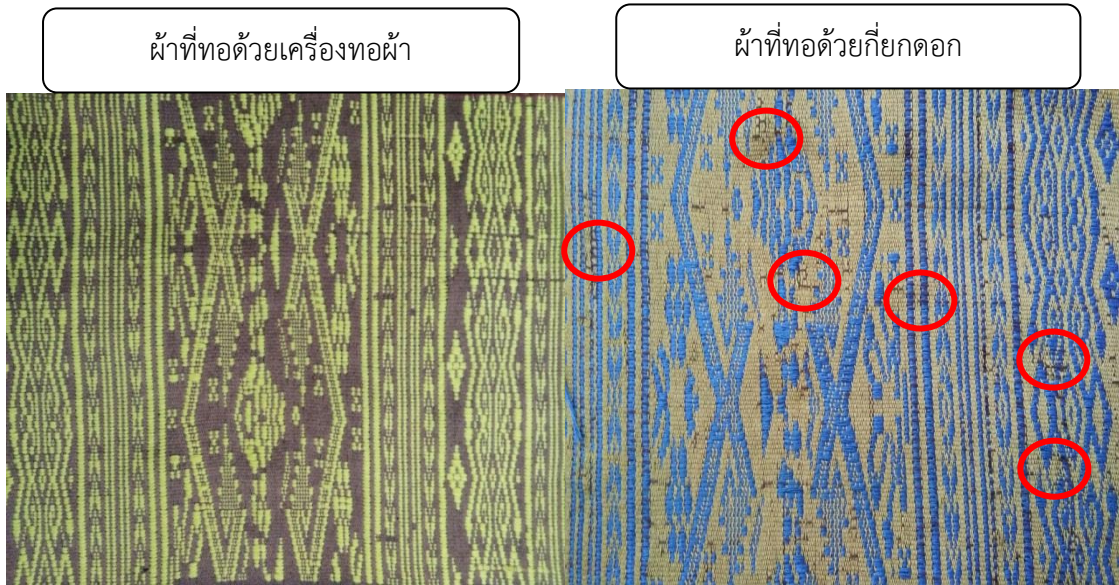
ผ้าที่ทอด้วยกี่ยกดอก



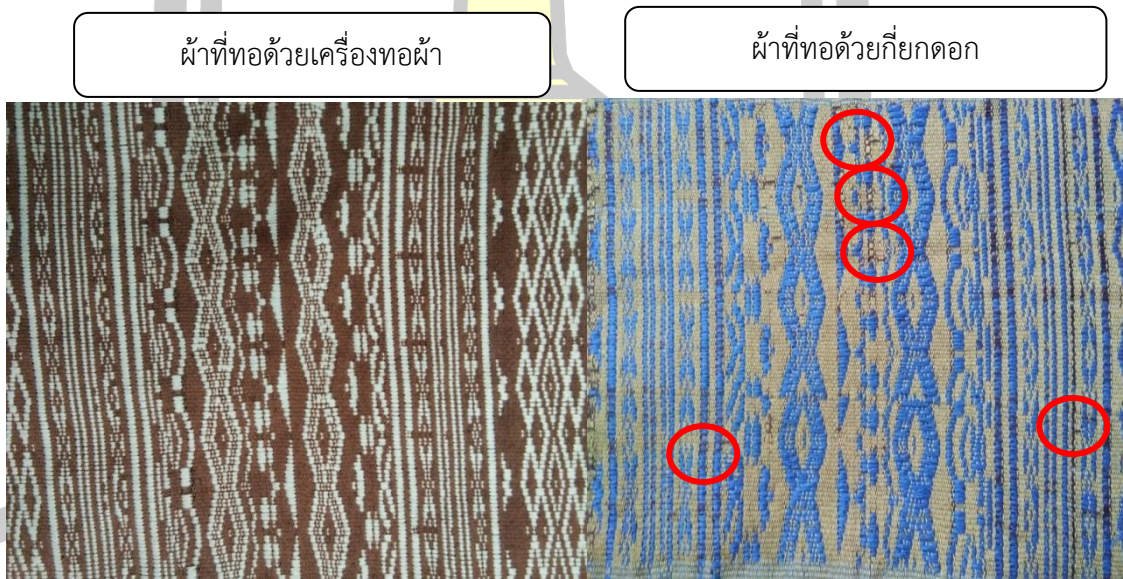
ภาพประกอบ 136 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยกี่ยกดอกและเครื่องทอผ้า P04H24







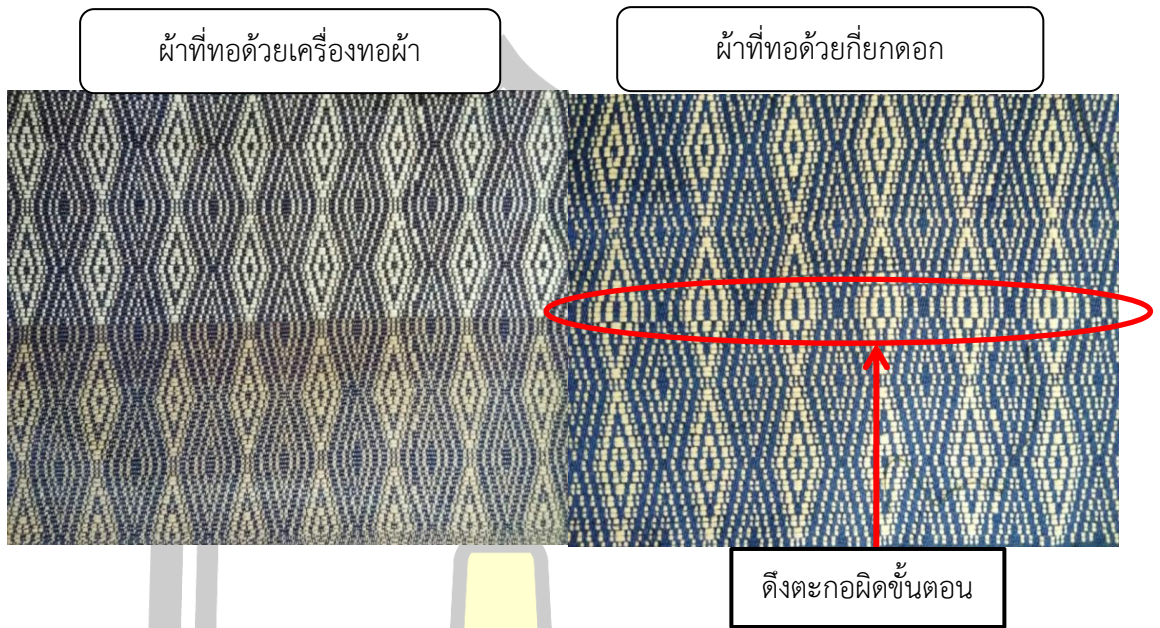
ภาพประกอบ 137 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทผ้า P04H12



ภาพประกอบ 138 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทผ้า P04H06

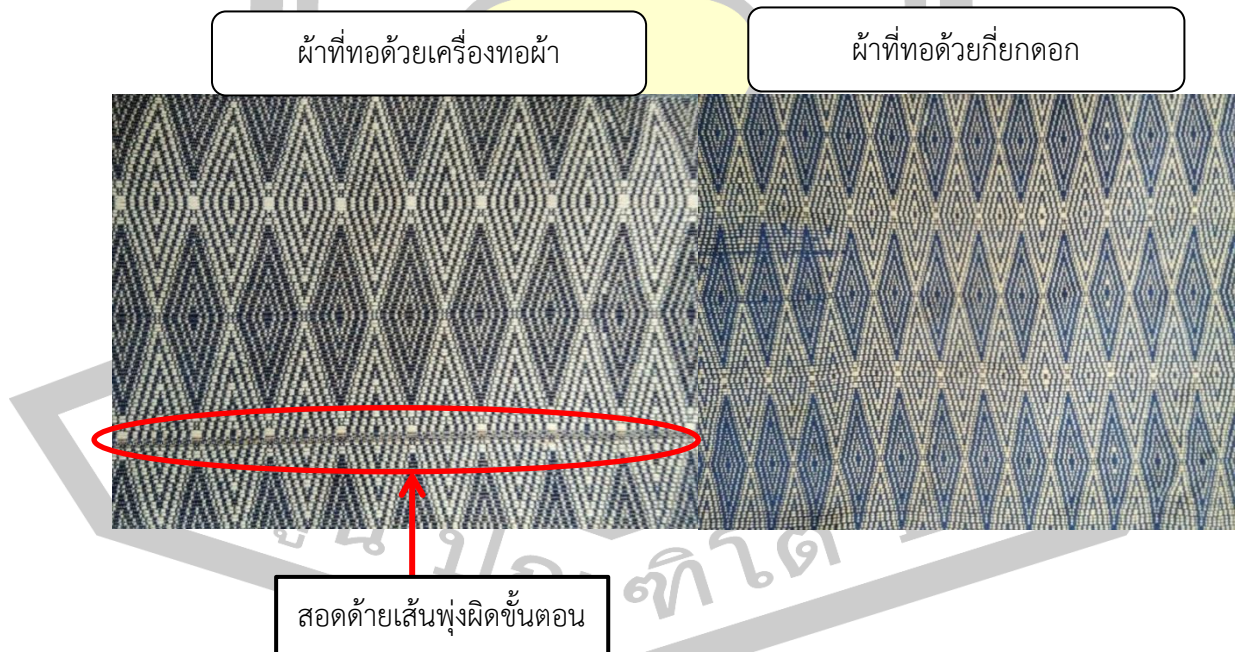






ภาพประกอบ 139 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า

B01H08



ภาพประกอบ 140 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า

B01H16





ภาพประกอบ 141 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า  
B02H7



ภาพประกอบ 142 การหาจุดตำหนิเปรียบเทียบระหว่างฝ้ายกดอกที่ทอด้วยก๊วยกดอกและเครื่องทอผ้า  
B03H14



จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบรอยตำหนิที่เกิดจากการทอผ้ายกดอก เปรียบเทียบระหว่าง ผ้าที่ทอจากเครื่องและผ้าที่ทอจากก๊วยกดอกพบว่า รอยตำหนิที่เกิดจากการทอผ้าด้วยก๊วยกดอกพบว่า รอยตำหนิมาจาก 1) การดึงตะกอผิดพลาด 2) การพุ่งกระสวยข้ามเส้นยืน 3) แรงกดจากการเหยียบไม้คานไม่มากพอ สำหรับเครื่องทอผ้าพบว่า รอยตำหนิที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการพุ่งกระสวยอย่างเดียว ผ้าที่ทอด้วยก๊วยกดอกมีจุดที่มีความผิดพลาดสูงกว่าผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้า โดยมีจุดที่มีปัญหาเฉลี่ย 28 จุดต่อร้อยตารางเซนติเมตร และผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้ามีจุดที่มีปัญหาเฉลี่ย 3 จุดต่อร้อยตารางเซนติเมตร สามารถลดความผิดพลาดคิดเป็นเฉลี่ยร้อยละ 90 คุณภาพผ้ามีระดับที่ดีมาก เพราะทอด้วยเครื่องทอผ้ายกดอกสามารถทำให้การทอทำได้สะดวกขึ้นและเหมือนกันกับการทอด้วยก๊วยกแบบดั้งเดิมทุกประการและใช้งานได้จริง

ความผิดพลาดของผ้าทอก๊วยกดอกเนื่องจาก การทอผ้ายกดอกที่มีหน้ากว้าง 105 เซนติเมตร ต้องผู้ทอสองถึงสามในการช่วยกันทอ ความผิดพลาดจึงเกิดจากการที่ผู้ทอต้องออกแรงเหยียบไม้คานที่ผูกติดกับตะกอสูงมาก เมื่อทอไปนานๆ ผู้ทอเกิดความเมื่อยล้าที่ช่วงบริเวณขาอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ระยะง้างของเส้นยืนลดน้อยลงซึ่งส่งผลให้กระสวยที่ใช้สอด ลอดเส้นยืนที่ดึงลง ยิ่งไปกว่านั้นลายผ้าที่มีตะกอมากกว่า 20 ตะกอขึ้น ผู้ทออีกคน ที่ช่วยเลือกตะกอ เพื่อเหยียบในขั้นตอนถัดไป เลือกตะกอผิดอัน ส่งผลให้ผู้ทอสอดเส้นพุ่งผิดขั้นตอน ดังนั้นความผิดพลาดของผ้าที่ทอด้วยก๊วยกแบบดั้งเดิม จึงเกิดจากผู้ทอสอดกระสวยข้ามเส้นใดเส้นหนึ่งไป และเกิดความผิดพลาดเป็นจุดๆ จากการวิเคราะห์ผ้าที่ทอด้วยเครื่องทอผ้าพบว่า มีจุดที่มีปัญหาเป็นบางจุด เนื่องจากลายผ้าที่นำมาทดลอง ได้ผูกเชือกร้อยตะกอที่มีระยะสั้นเกินไป จึงผลให้ลายผ้าที่มีจำนวนตะกอ มากกว่า 20 ตะกอขึ้นไป เกิดความผิดพลาดขึ้น เพราะในการทอเครื่องทอผ้ายกดอกตั้งแต่ตะกอที่ 20 ขึ้นไปต้องใช้แรงดึงที่สูงเพื่อที่จะได้ระยะง้างของเส้นยืนที่ต้องการ เมื่อเครื่องทอผ้าดึงตะกอลงสามารถดึงได้แค่ระยะเชือกร้อยตะกอมาเท่านั้น เพราะถ้าดึงเส้นยืนมากไปกว่านั้น ทำให้ไม้ที่สอดมากับตะกอ กดเส้นยืนทั้งหมดลงจึงเกิดระยะง้างได้เพียงพอให้กระสวยวิ่งผ่าน ซึ่งทำให้ผู้ทอสอดกระสวยข้ามเส้นยืนไปเส้นใดเส้นหนึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น

จากตารางที่ 9 พบว่าจากการวิเคราะห์รอยตำหนิของผ้าสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

- 1) P01H15 มีรอยตำหนิที่เกิดขึ้นทั้งผ้าที่ทอด้วยก๊วยกดอกและผ้าที่ทอด้วยเครื่อง 2 รอย ซึ่งเกิดจากการที่ผู้ทอดึงตะกอผิดขั้นตอนและสอดกระสวยข้ามเส้นยืน
- 2) P02H30 มีรอยตำหนิที่ทอด้วยก๊วยกดอก สาเหตุเกิดจากการที่ผู้ทอสอดกระสวยข้ามเส้นยืนไป จึงทำให้เกิดรอยตำหนิขึ้น
- 3) P04H31 P04H24 P04H24 P04H06 มีรอยตำหนิที่ทอด้วยก๊วยกดอกสูง ซึ่งเป็นลายที่มีตะกอ 31 ตะกอ โดยในลายนี้มีเส้นยืนขนาดใหญ่ใช้แรงในการกดตะกอเยอะ จึงเกิดความผิดพลาดขึ้น



กระสวยวิ่งข้ามเส้นยื่นไป แต่ในขณะที่ P04 ได้ทำการทอผ้าด้วยเครื่องทอผ้าไม่เกิดปัญหาหรือรอยตำหนิเกิดขึ้นเลย

#### 4.3.4 วิเคราะห์จุดคุ้มทุนของเครื่องทอผ้ายกดอก

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ได้คำนวณจากค่าแรงงานตามค่าแรงมาตรฐานขั้นต่ำสามร้อยบาท และอายุการใช้งานของเครื่อง 5 ปี โดยคิดแรงงานที่ทอด้วยเครื่องทอผ้าใช้แรงงาน 1 คน และแรงงานที่ทอด้วยกียกดอก ใช้แรงงาน 3 คน ในการทอ ในการใช้งานเครื่องทอผ้าแน่นอนว่าต้องใช้ไฟฟ้า คิดคำนวณอัตราไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวัน โดยคิดอ้างอิงค่าไฟฟ้าจาก คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน หน่วยละ 3.6 บาท นอกจากนี้จุดคุ้มทุนยังได้นำผ้าที่ทอได้หรืออัตราการทอเพิ่มขึ้นมาคำนวณ โดยในหนึ่งวันทอผ้าต่อเนื่อง 6 ชั่วโมง เครื่องทอผ้าสามารถทอได้ 48 เซนติเมตร ในหนึ่งปีสามารถทอได้ 17280 เซนติเมตร ราคาขายตามท้องตลาดเมตรละ 4000 บาท จากตารางที่ 10 เครื่องทอผ้าสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาไม่เกินหนึ่งปี

ตาราง 10 จุดคุ้มทุนเครื่องทอผ้ายกดอก

จุดคุ้มทุนเครื่องทอผ้ายกดอก							
ค่าแรง	ค่าแรงผู้ทอเครื่องทอผ้า 1 คน	ค่าแรงผู้ทอกียกดอก 3 คน	ค่าไฟฟ้าต่อปี	ค่าเครื่องทอผ้ายกดอก	อัตราการทอต่อปี (ชม.)	ราคา	จุดคุ้มทุน
100	100	300	8553.6	700000	17280	691299	0.96
150	150	450	8553.6	700000	17280	691299	0.93
200	200	600	8553.6	700000	17280	691299	0.90
250	250	750	8553.6	700000	17280	691299	0.87
300	300	900	8553.6	700000	17280	691299	0.85
350	350	1050	8553.6	700000	17280	691299	0.82
400	400	1200	8553.6	700000	17280	691299	0.80
450	450	1350	8553.6	700000	17280	691299	0.78
500	500	1500	8553.6	700000	17280	691299	0.76
550	550	1650	8553.6	700000	17280	691299	0.74
600	600	1800	8553.6	700000	17280	691299	0.72

#### 4.4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทดลองใช้

จากการสัมภาษณ์ผู้ทดลองใช้และผู้ประกอบการได้ความเห็น สามารถเขียนเป็นข้อๆดังนี้

1) ผู้ทดลองใช้มีความพึงพอใจในส่วนการแสดงผลหน้าจอ โครงสร้างโดยรวม และเครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณสามารถแก้ปัญหาในการทอผ้ายกดอกได้เป็นอย่างดี และนำผ้าที่ทอจากเครื่องทอผ้ายกดอกไปใช้ประโยชน์ต่อยอดทอผ้าอื่นๆได้ แต่ในช่วงแรกต้องทำความเข้าใจเครื่องทอผ้ายกดอกเพื่อเรียนรู้การปรับตั้งค่า และการคล้องตะกอก 2) ให้เพิ่มความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้ารั่ว เพราะโครงสร้างของเครื่องทอผ้าทำด้วยสแตนเลสแฮร์ไลน์และอุปกรณ์ในกล่องควบคุม เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กระแสไฟสามารถวิ่งลงกราวได้ ผู้ประกอบการจึงมองว่าทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ทอได้ จึงต้องการให้มีอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยเช่น ต่อสายกราวเข้าสายกราวในตัวบ้าน หรือต่อสายกราวลงแท่งกราวทอด และติดตั้งโวลต์มิเตอร์เพื่อแสดงค่ากระแสไฟรั่ว 3) จากวัสดุที่ใช้ในการคล้องตะกอกมีลักษณะเป็นแผ่นสแตนเลสสี่เหลี่ยมมีขนาดหนา 0.15 เซนติเมตร กว้าง 1.3 เซนติเมตร และมีความคม เมื่อคล้องอุปกรณ์คล้องตะกอกและเขา ความคมของแผ่นสแตนเลสจะไปเกี่ยวเข้าที่เชือกกร้อยตะกอกทำให้เชือกขาดได้ ซึ่งผู้ทดลองใช้แนะนำให้เปลี่ยนจากแผ่นสแตนเลสบาง เป็นสแตนเลสกลม 0.5 เซนติเมตร 4) เนื่องจากลายผ้าที่นำมาทดลอง ได้ผูกเชือกกร้อยตะกอกค่อนข้างสั้น ส่งผลให้เครื่องทอผ้าดึงตะกอกได้ระยะง้างไม่มากพอผู้ทอสอดกระสวยลำบาก ผู้ประกอบการต้องนำลายผ้าที่มีตะกอกมากกว่า 20 ตะกอก ที่ต้องการทอ นำไปผูกกลวดลายใหม่โดยการเพิ่มความยาวของเชือกผูกตะกอกขนาดยาว 17 เซนติเมตร

จากการสอบถามความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ และผู้เข้าร่วมโครงการฝึกอบรม เครื่องทอผ้ายกดอกและจดจำลายผ้า ณ วิสาหกิจชุมชนวิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าศูนย์ศิลปาชีพบ้านนาโปรง ตำบลบะยาว อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ เก็บข้อมูลจากผู้ทดลองใช้ และผู้เข้าร่วมโครงการ จำนวนทั้งสิ้น 22 คน

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลมีระดับคะแนน ดังนี้

- 1) มีความพึงพอใจมากที่สุด ระดับคะแนน เท่ากับ 5
- 2) มีความพึงพอใจมาก ระดับคะแนน เท่ากับ 4
- 3) มีความพึงพอใจปานกลาง ระดับคะแนน เท่ากับ 3
- 4) มีความพึงพอใจน้อย ระดับคะแนน เท่ากับ 2
- 5) มีความพึงพอใจน้อยที่สุด ระดับคะแนน เท่ากับ 1

การหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับเกณฑ์การประเมินค่าเฉลี่ย

- 1) ค่าเฉลี่ยระดับ 4.51 – 5.00 มีความพึงพอใจมากที่สุด
- 2) ค่าเฉลี่ยระดับ 3.51 – 4.50 มีความพึงพอใจมาก

- 3) ค่าเฉลี่ยระดับ 2.51 – 3.50 มีความพึงพอใจปานกลาง
- 4) ค่าเฉลี่ยระดับ 1.51 – 2.50 มีความพึงพอใจน้อย
- 5) ค่าเฉลี่ยระดับ 1.00 – 1.50 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตาราง 11 ร้อยละของเพศผู้ตอบแบบประเมิน

เพศ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ชาย	4	18.18
หญิง	18	81.81
รวม	22	100

จากตารางที่ 13 พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย

ตาราง 12 ร้อยละของอายุผู้ตอบแบบประเมิน

อายุ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
20 – 30 ปี	2	9.09
31 – 40 ปี	1	4.54
41 – 50 ปี	8	36.36
51 – 60 ปี	9	40.90
61 – 70 ปี	2	9.09
รวม	22	100

จากตารางที่ 12 ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่อายุ 51 – 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 40.90 รองลงมาอายุ 41 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 36.36 รองลงมา อายุ 20 – 30 ปี และ 61 – 70 ปี คิดเป็นร้อยละ 9.09 และ 31 – 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 4.54

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 13 ผลความพึงพอใจต่อเครื่องทอผ้าและจดจำลายผ้า

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนนระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย ระดับ	ผลลัพธ์
		5 มาก ที่สุด	4 มาก	3 ปาน กลาง	2 น้อย	1 น้อย ที่สุด		
1	ความพึงพอใจในการออกแบบเครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณ	55	44	0	0	0	4.50	มาก
2	เครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณมีความสะดวกในการติดตั้ง	75	20	3	0	0	4.45	มาก
3	ความพอใจในการใช้งานของการยกตะกอ (ความยากง่ายในการใช้งาน)	80	4	15	0	0	4.50	มาก
4	ความสะดวกในการใช้งานส่วนโปรแกรม	45	20	21	2	0	4.00	มาก
5	ความพึงพอใจในส่วนการแสดงผลหน้าจอ	65	24	18	0	0	4.86	มากที่สุด
6	ความพึงพอใจในคุณภาพการทำงานของเครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณ (ภาพรวม)	75	20	6	0	0	4.59	มากที่สุด
7	ความปลอดภัยในการใช้เครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณ	50	40	6	0	0	4.36	มาก
8	เครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณสามารถปัญหาในการทอผ้ายกดอก	95	4	6	0	0	4.77	มากที่สุด
9	ประโยชน์จากการใช้เครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณ	85	20	0	0	0	4.77	มากที่สุด
10	ความพึงพอใจในคุณภาพของผ้าทอที่ได้จากการใช้เครื่องทอ	85	16	3	0	0	4.72	มากที่สุด



ตาราง 13 ผลความพึงพอใจต่อเครื่องทอผ้าและจตุรกายผ้า (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนนระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ยระดับ	ผลลัพธ์
		5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด		
ค่าเฉลี่ยรวม						4.55	มากที่สุด	
ร้อยละ						91.10		

จากตารางที่ 13 พบว่า ระดับความพึงพอใจ ในระดับมากที่สุด 4.86 4.77 4.72 4.59 คือ ความพึงพอใจในส่วนการแสดงผลหน้าจอ เครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณสามารถแก้ปัญหาในการทอผ้ายกดอกและประโยชน์จากการใช้เครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณ ความพึงพอใจในคุณภาพของผ้าทอที่ได้จากการใช้เครื่องทอ ความพึงพอใจในคุณภาพการทำงานของเครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณ (ภาพรวม) ตามลำดับ ในระดับมาก 4.50 4.45 4.36 4.00 คือ ความพึงพอใจในการออกแบบเครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณกับความพอใจในการใช้งานของการยกตะกอ (ความยากง่ายในการใช้งาน) เครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณมีความสะดวกในการติดตั้ง ความปลอดภัยในการใช้เครื่องทอผ้ายกดอกลายโบราณ ความสะดวกในการใช้งานส่วนโปรแกรม ตามลำดับ



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1) จากการดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องทอผ้ายกดอก สามารถอธิบายรายละเอียดของเครื่องทอผ้าได้ดังนี้ เครื่องทอผ้ายกดอกประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆคือ ชุดกลไกการดึงตะกอ ชุดพีแอลซีควบคุมกลไก กล้องควบคุม หน้าจอแสดงผล ปุ่มกดเพื่อบังคับตะกอ ไม้หมุนแกน เครื่องทอผ้ายกดอกออกแบบให้มีตัวดึงตะกอและเขาจำนวน 42 ตะกอ 2 เขา โดยใช้มอเตอร์ 44 ตัว เพื่อทำการจ่ายเส้นยืนออกจากกัน โครงสร้างเลือกใช้สแตนเลสชนิดกลม เงาม เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว หนา 2 มิลลิเมตร มีความแข็งแรง ไม่เป็นสนิม มีขนาดที่เป็นมาตรฐานเหมาะสมกับการทอผ้า ดังนั้นที่ทอผ้ายกดอกโบราณออกแบบให้ โครงก็มีขนาด กว้าง 155 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร และสูง 130 เซนติเมตร และใช้พีแอลซี (PLC Siemens รุ่น S7-1200)

2) จากการทดสอบหาแรงดึงของเส้นยืน โดยการใช้อุปกรณ์วัดแรงดึงหรือตาชั่งสปริงดิจิตอล เกี่ยวไว้ที่เขาและตะกอของผ้ายกดอก ได้แรงดึงสูงสุด 35.5 กิโลกรัม

3) จากการทดลองหาระยะง้างของเส้นยืนพบว่าเครื่องทอผ้ายกดอกสามารถดึงเส้นยืนให้มีระยะง้างเฉลี่ย 4.22 เซนติเมตร ทำให้สามารถสอดกระสวยเส้นพุ่งได้เป็นอย่างดี

4) การทดสอบหาอัตราการทอ ได้ทดสอบหาเวลาเฉลี่ยในการทอผ้ายกดอกชนิดเดียวกัน เปรียบเทียบด้วยวิธีการทอแบบกึ่งยกดอก และการทอแบบใช้เครื่องทอและจดจำลายผ้า โดยในการทดลองแบ่งผู้ทอออกเป็น 2 กลุ่มคือผู้ทอที่มีทักษะในการทอผ้ายกดอก และเริ่มต้นหัดทอผ้ายกดอก ซึ่งลายผ้าที่ใช้ทดสอบ 20 ลาย โดยมีผู้ทอจำนวน 7 คนทดลอง คนละ 3 ชั่วโมงต่อลาย สามารถสรุปได้ดังนี้ กลุ่มผู้ทอที่มีทักษะในการทอผ้ายกดอก ทอเครื่องทอผ้ายกดอกให้ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 47.8 ในเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มเริ่มต้นหัดทอผ้ายกดอก ทอเครื่องทอผ้ายกดอกให้ความยาวเฉลี่ยของผ้าที่ทอได้เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 90 ในเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าเครื่องทอผ้ายกดอกกลายยกดอก ที่พัฒนาในโครงการนี้สามารถช่วยเพิ่มอัตราการทอผ้าลายยกดอกได้เป็นอย่างดี

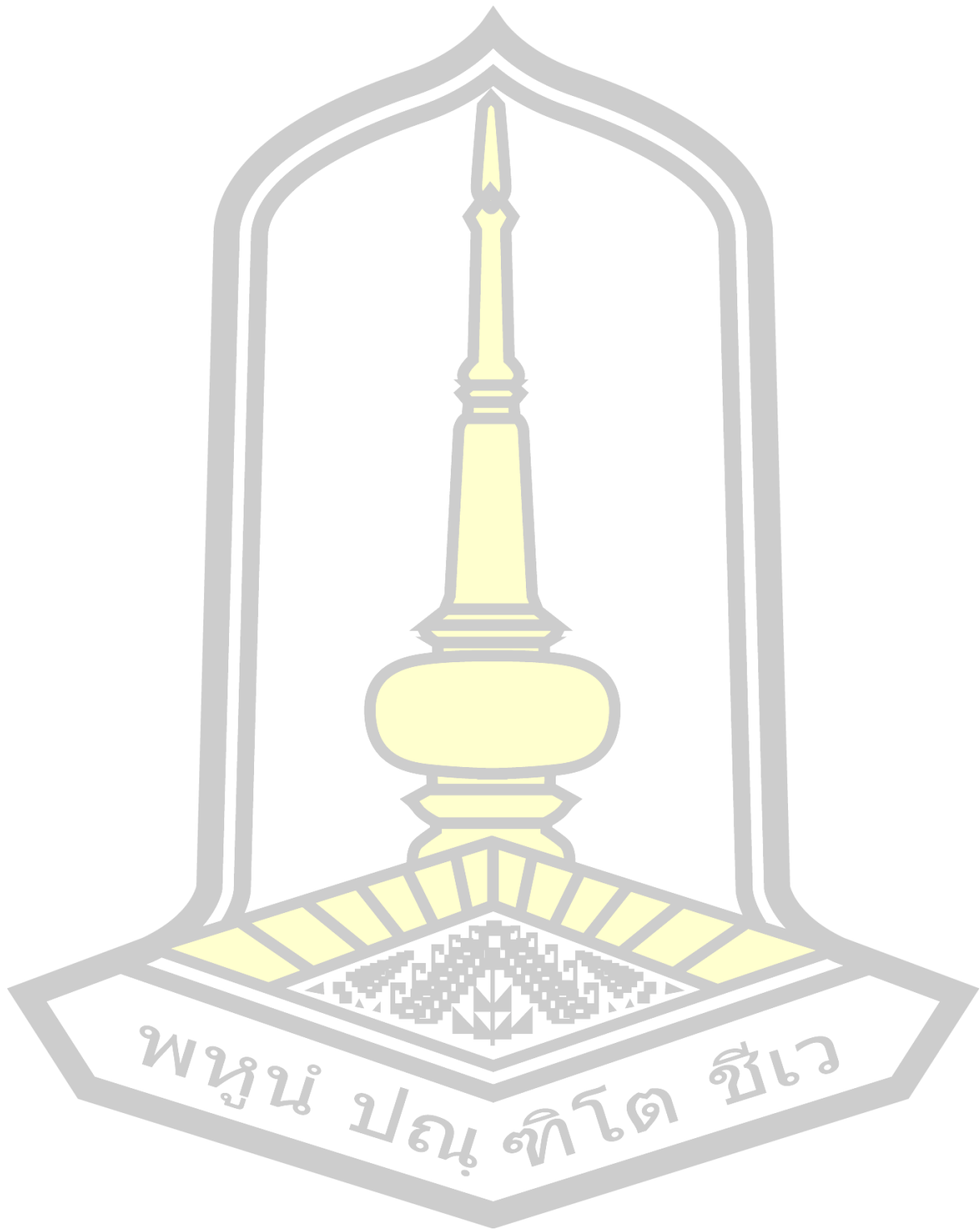
5) การทดสอบหาคุณภาพของลายผ้า ทดสอบจากการนำผ้าที่ทอได้ระหว่างเครื่องทอผ้าดั้งเดิมและเครื่องทอผ้ายกดอกลายยกดอก มาสุ่มตรวจสอบจุดดำหนิพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร ผ้ายกดอกทั้ง 20 ลาย ผลของการประเมินคุณภาพผ้าที่ทอได้ ผ้ามีคุณภาพสูงที่สุด และช่วยลดความผิดพลาดลงได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) เปลี่ยนมอเตอร์สกรู ให้มีความเร็วในการดึงตะกอกและเขามากขึ้น หรือเปลี่ยนชนิดของมอเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายๆกัน ให้มีความเร็วเพิ่มมากขึ้น
- 2) เปลี่ยนอุปกรณ์คล้องตะกอกที่มีลักษณะแสดนเลสแบนยาว เป็นแสดนเลสกลมเล็กเพื่อลดการเสียดสีทำให้เส้นด้ายขาด
- 3) ควรปรับระยะห่างของรอก ให้มีระยะที่น้อยลงเพื่อปรับระยะตะกอกให้ใกล้ตัวผู้ทอมากขึ้น สามารถเพิ่มระยะง้างได้เป็นอย่างดี
- 4) ควรผูกด้ายคล้องตะกอกให้ยาวมากขึ้นสองเท่าของวิธีการผูกแบบปกติ เพื่อให้มอเตอร์ดึงตะกอกได้มากขึ้น
- 5) เปลี่ยนฟังก์ชันการทำงานของหน้าจอให้มีความใหญ่ขึ้น หรือมีระบบแจ้งเตือนในขณะที่สอดเส้นด้ายผิดกระสวย



บรรณานุกรม

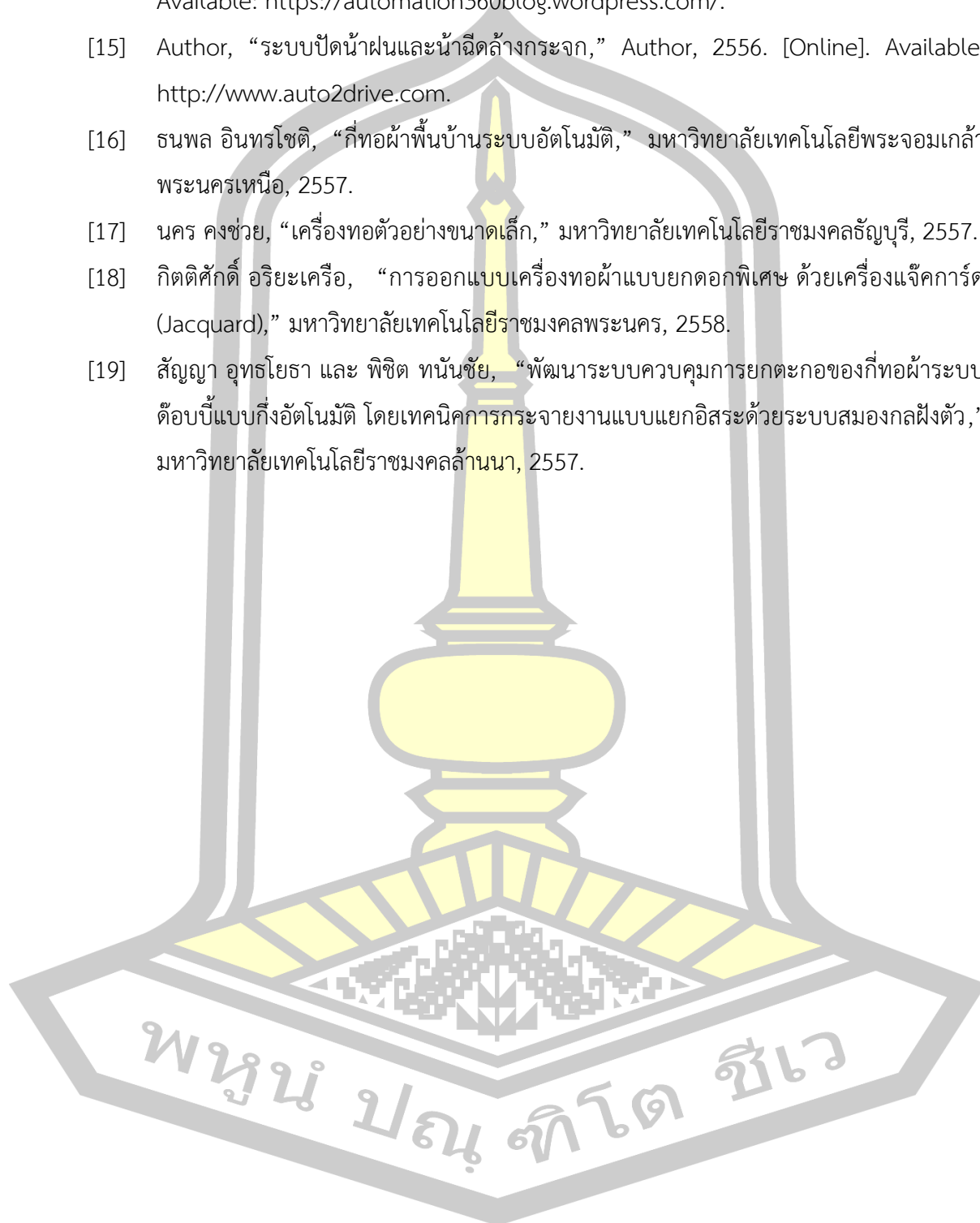




## บรรณานุกรม

- [1] กรมหม่อนไหม, “ความรู้ด้านหม่อนไหมและผลิตภัณฑ์,” กรมหม่อนไหม, 2560. [Online]. Available: <https://qsds.go.th/ความรู้ด้านหม่อนไหมและ/#>.
- [2] ภาสกร ภูษา, “ผ้าไหมยกดอกลำพูน,” ภาสกร ภูษา, 2561. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/phusathaisilk>.
- [3] P. Girati, L. Juckamas, Y. Suphan, W. Siriluk, “Original The Design of a Control Device of Heddle Weaving.” Journal of Science and Technology Mahasarakham University. 2012.
- [4] กิรติ พลหาญ, “การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของตะกอสำหรับทอผ้ายกดอก,” มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2556.
- [5] ศักดิ์ศรี มาศพันธ์ และกล้า ศรีเพชร, “การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยควบคุมการทำงานของตะกอสำหรับทอผ้ายกดอก,” มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2556.
- [6] เจียรนัย เล็กอุทัย, “การควบคุมการยกตะกอของเครื่องทอผ้าแบบทอมือ โดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์,” กรุงเทพมหานคร, 2544.
- [7] W. Kasorn, S. Patcharin, and W. Thanaphon, “Development of the Apparatus to Facilitate Mud Mee Weaving.” Mahasarakham University Research Conference, 2017.
- [8] S. Prajongsant, “The Design of Mud-mee Silk from Graphic Pattern of Khmer Sanctuary Plan in the Lower Northeastern Part , Thailand,” vol. 16, no. 3, pp. 115–132, 2016.
- [9] สำนักอนุรักษ์และตรวจสอบมาตรฐานหม่อนไหม กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, “ระบบสารสนเทศศูนย์อนุรักษ์ผ้าไหมยกดอกลำพูน,” สำนักอนุรักษ์และตรวจสอบมาตรฐานหม่อนไหม กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561. .
- [10] Nimmual Chantaroon, “Development E-san folk of wisdom woven fabric.”
- [11] เผ่าภิญญ์ ฉิมพะเนา, “โครงการพัฒนากี้อผ้ากึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับวิสาหกิจชุมชน,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ, 2550.
- [12] ปิยดนัย ภาชนะพรรณ, “คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ การควบคุมด้วยพีแอลซี,” มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2561.
- [13] S. D. Gokhale, V. B. Kumbhar, P. P. Zirmite, and P. Salgar, “Automation of Plain Weaving Machine using PLC,” Int. Res. J. Eng. Technol., pp. 650–653, 2017.

- [14] Automation360blog, “พีแอลซี S7 1200,” automation360blog, 2562. [Online]. Available: <https://automation360blog.wordpress.com/>.
- [15] Author, “ระบบปิดน้ำฝนและน้ำฉีดล้างกระจก,” Author, 2556. [Online]. Available: <http://www.auto2drive.com>.
- [16] ธนพล อินทรโชติ, “กึ่งทอผ้าพื้นบ้านระบบอัตโนมัติ,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2557.
- [17] นคร คงช่วย, “เครื่องทอตัวอย่างขนาดเล็ก,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2557.
- [18] กิตติศักดิ์ อริยะเครือ, “การออกแบบเครื่องทอผ้าแบบยกดอกพิเศษ ด้วยเครื่องแจ็กการ์ด (Jacquard),” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2558.
- [19] สัณญา อุทธโยธา และ พิเชิต ทนันทชัย, “พัฒนาระบบควบคุมการยกตะกอกของกึ่งทอผ้าระบบดื่อบบีแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเทคนิคการกระจายงานแบบแยกอิสระด้วยระบบสมองกลฝังตัว,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2557.



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายณรงค์ธร เนื้อจันทา
วันเกิด	วันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดอุดรธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 51 หมู่ที่ 20 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักศึกษาปริญญาโท
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกุดจับประชาสรรค์ อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนกุดจับประชาสรรค์ อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี พ.ศ. 2559 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2562 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนุ่ ปณุ่ ทิโต ชีเว