การศึกษาแรงขณะปฏิบัติงานเกษตรด้วยแรงงานคน ในสวนปาล์มน้ำมัน

STUDY OF HUMAN FORCE DURING AGRICULTURAL OPERATION IN OIL PALM

เชาวเลิศ แซ่ภู่

CHOUWALERT SAEPU

ณัฐฑริกานต์ ออดพุ่ม

NATTHARIKARN AODPUM

ศราวุฒิ ชังชะนา

SARAWUT CHANGCHANA

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาแรงขณะปฏิบัติงานเกษตรด้วยแรงงานคน ในสวนปาล์มน้ำมัน

STUDY OF HUMAN FORCE DURING AGRICULTURAL OPERATION IN OIL PALM

เชาวเลิศ แซ่ภู่

CHOUWALERT SAEPU

ณัฐฑริกานต์ ออดพุ่ม

NATTHARIKARN AODPUM

ศราวุฒิ ชังชะนา

SARAWUT CHANGCHANA

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY OF HUMAN FORCE DURING AGRICULTURAL OPERATION IN OIL PALM

CHOUWALERT SAEPU
NATTHARIKARN AODPUM
SARAWUT CHANGCHANA

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON
2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาแรงขณะปฏิบัติงานเกษตรด้วยแรงงานคนในสวนปาล์มน้ำมัน
PROJECT TITLE STUDY OF HUMAN FORCE DURING AGRICULTURAL OPERATION IN OIL PALM PLANTATION

ชื่อนักศึกษา นายเชาวเลิศ แซ่ภู่ **รหัสประจำตัว** 60512044
นางสาวณัฐฑริกานต์ ออดพุ่ม **รหัสประจำตัว** 60512046
นายศราวุฒิ ชังชะนา **รหัสประจำตัว** 60512097

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.ชมพูนุช กูลเกตุวงศ์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์			ลายมือชื่อ
ผศ.จรัสชัย	เย็นพยับ	กรรมการสอบ	
อ.ดร.ศรีรัตน์	ช่วยบุญ	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ชมพูนุช	กูลเกตุวงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	
ผศ.ดร.ดิษฐพร	ตุงโสธานนท์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 เวลา 9.00-10.00 น
สถานที่ ณ ห้องสอบออนไลน์ Modern Science and Technology for Sustainable Development

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่29 มิถุนายน พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาแรงขณะปฏิบัติงานเกษตรด้วยแรงงานคนในสวนปาล์มน้ำมัน

ชื่อนักศึกษา นายเชาวเลิศ แซ่ภู่ **รหัสประจำตัว** 60512044

นางสาวณัฐฑริกานต์ ออดพุ่ม **รหัสประจำตัว** 60512046

นายศราวุฒิ ชังชะนา **รหัสประจำตัว** 60512097

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์

ปริญญานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชมพูนุช กูลเกตุวงศ์

ปริญญานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันเป็นงานที่มีอันตรายและความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุแก่ร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของผู้ปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเสียมโดยวิธี OWAS ร่วมกับการใช้เครื่องวัดแรง 2 แบบ คือ 1.แรงกด-ดึงและแรงบิด 2. แรง 3 มิติ ในการทดลองได้ให้อาสาสมัครที่เป็นแรงงานที่มีความชำนาญและไม่มีความชำนาญ เก็บเกี่ยวผลปาล์มน้ำมันสดจากต้นที่มีความสูง (h) ในช่วง 0-1.5 m จากการทดลองพบว่า การใช้เครื่องวัดแรงแบบที่ 1. สามารถประเมินแรงร่วมกับวิธี OWAS ได้ง่ายกว่า ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากท่าทางการทำงานก่อนและหลังเก็บเกี่ยวโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับที่อันตรายมากและแผ่นหลังจะมีความเสี่ยงมากที่สุด ระดับความสูงที่ปลอดภัยเมื่อใช้การเก็บเกี่ยวด้วยวิธีนี้ คือ 0.5-1 m ส่วนองศาการแกว่งแขนที่ประเมินมาจากกล้องชัดลึกพบว่า องศาการแกว่งแขนขวาและซ้ายของผู้ไม่ชำนาญจะมากกว่าผู้ชำนาญอยู่ที่ 16.15% และ 5.38% ตามลำดับ รวมถึงผู้ไม่ชำนาญยังใช้องศาการวางใบมีดที่หลากหลายส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมแรงที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้

คำสำคัญ: การยศาสตร์, เครื่องวัดแรง, เสียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	STUDY OF HUMAN FORCE DURING AGRICULTURAL OPERATION IN OIL PALM PLANTATION	
Student	Mr. Chouwalert Saepu	**Student ID** 60512044
	Miss Nattharikarn Aodpum	**Student ID** 60512046
	Mr. Sarawut Changchana	**Student ID** 60512097
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Mechanical Engineering	
Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Dithaporn Thungsotanon	
Project Co-advisor	Asst.Prof.Dr.Chompoonud Kulketwong	

ABSTRACT

Oil palm harvesting is a dangerous occupation and risks the accident to the workers' bodies. This project aimed to assess the ergonomic risks of the oil palm workers when harvesting with chisels by using the OWAS method and accompany with the two types of force measurement: 1. the compression-tension and torque, 2. the 3 dimension forces. In testing, the volunteers who skilled and unskilled harvested the oil palm fresh fruit from the trees high (h) in the ranges of 0-1.5 m. The results were found that the force assessment of the first type of measurement and the OWAS method was easier. Most risks showed very dangerous in all postures of pre- and post-harvest and the highest risks of injuries occurred at the back. The safety height for oil palm harvesting with this method was 0.5-1 m. However, the arm swing angles from the depth camera were found that the right and left angles of the volunteer who unskilled were more than the skilled people about 16.15% and 5.38%, respectively, and including to the unskilled specimen used the various of the blade incision angles that caused the forces out of control during operated.

Keywords: Ergonomics, Force measurement, Chisel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ คำแนะนำ และคำปรึกษาเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ชมพูนุช กูลเกตุวงศ์ อาจารย์ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ผู้ที่คอยให้แนวคิดและคำปรึกษาในด้านอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ขั้นตอนและวิธีการทดลอง ตลอดจนเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือ ให้แนวคิดและข้อเสนอแนะวิธีการแก้ไข

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่งของข้าพเจ้าที่เป็นผู้ให้กำลังใจและโอกาสในการศึกษาอันมีค่ายิ่ง ซึ่งเป็นบุญคุณอย่างหาที่สุดไม่ได้ ข้าพเจ้าจะรำลึกในพระคุณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ทีนี้ คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาระบบรองรับการสั่นสะเทือนของจักรยานยนต์พ่วงข้าง

เชาวเลิศ แซ่ภู่
ณัฐฑริกานต์ ออดพุ่ม
ศราวุฒิ ชังชะนา
พฤษภาคม 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.7 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ขั้นตอนการตัดปาล์ม	5
2.2 ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกี่ยวข้องในการทำงานของผู้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน	10
2.3 สาเหตุต่อการเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก (MSDs)	14
2.4 หลักการทางการยศาสตร์	20
2.5 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์	23
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 การปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ที่ใช้ในขณะปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน	27
3.2 การทดสอบภาคสนาม	30
3.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงท่าทางการทำงานโดยวิธี OWAS	34
3.4 การหาค่าองศาการแกว่งแขนขณะปฏิบัติงานโดยใช้กล้องชัดลึกร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking	39
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	
4.1 การประเมินความเสี่ยงท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยวิธี OWAS	41
4.2 มุมแขนของคนที่มีและไม่มีประสบการณ์ขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันที่วัดได้จากกล้องชัดลึก	49
4.3 ผลการทดลองขณะเก็บเกี่ยวทางปาล์มน้ำมันและทะลายปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	50
4.4 ผลการทดลองขณะเก็บเกี่ยวทางปาล์มน้ำมันและทะลายปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงสามแกน	53
4.5 ขนาดพื้นที่มุมองศาการตัดเฉือนของทางและทะลายปาล์มที่วัดได้	58
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	61
5.2 ปัญหาที่พบ	61
5.3 ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก เครื่องวัดแรงสามแกนและเครื่องวัดแรงและแรงบิด	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข ขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครที่มีความชำนาญและไม่มีความชำนาญ	68
ภาคผนวก ค ผลของแรงจากการทดสอบภาคสนาม	71
ภาคผนวก ง การคำนวณหาพื้นที่ของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน	78
ภาคผนวก จ ข้อมูลขนาดพื้นที่การตัดเฉือนและองศาการตัดเฉือนของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m	82
ภาคผนวก ฉ การคำนวณองศาการแกว่งแขนของอาสาสมัคร ด้วยวิธี Dot Product	84
ภาคผนวก ช ข้อมูลองศาการแกว่งแขนของอาสาสมัครที่มีความชำนาญและไม่ชำนาญขณะปฏิบัติงานในต้นปาล์มน้ำมันช่วงความสูง 0.5 – 1 m	91
ภาคผนวก ซ ใบรับรองจริยธรรมการทำงานในคน	93
ประวัติผู้จัดทำ	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงาน	4
2.1	กระบวนการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่ส่งผลต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก	13
3.1	การประเมินท่าทางของหลังโดยวิธี OWAS	36
3.2	การประเมินท่าทางของแขนโดยวิธี OWAS	36
3.3	การประเมินท่าทางของขาโดยวิธี OWAS	37
3.4	การประเมินน้ำหนักหรือการออกแรงโดยวิธี OWAS	37
3.5	การให้คะแนนจากการประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS	38
3.6	แสดงระดับของการดำเนินการการประเมินความเสี่ยงแบบ OWAS	38
4.1	การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในต้นปาล์มช่วงความสูง 0 – 0.5 m ด้วยวิธี OWAS	41
4.2	การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในต้นปาล์มช่วงความสูง 0.5 – 1 m ด้วยวิธี OWAS	43
4.3	การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกนในต้นปาล์มช่วงความสูง 0 – 0.5 m ด้วยวิธี OWAS	44
4.4	การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกนในต้นปาล์มช่วงความสูง 0.5 – 1 m ด้วยวิธี OWAS	46
4.5	การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกนในต้นปาล์มช่วงความสูง 1 – 1.5 m ด้วยวิธี OWAS	47
4.6	แรงสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	49
4.7	แรงสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	50
4.8	แรงบิดสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	50
4.9	แรงบิดสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	51
4.10	แรงเฉลี่ยเวลาของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	52
4.11	แรงบิดเฉลี่ยในช่วงเวลาของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.12	แรงสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน	56
4.13	แรงสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน	56
4.14	แรงเฉลี่ยในช่วงเวลาของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน	57
ข.1	ขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครที่มีความชำนาญ	69
ข.2	ขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครที่ไม่มีความชำนาญ	
ค.1	แสดงค่าแรงที่ตัดทางปาล์มกับทะลายปาล์มโดยใช้เครื่องวัดแรงสามแกน	72
ค.2	แสดงค่าแรงที่ตัดทางปาล์มกับทะลายปาล์มโดยใช้เครื่องวัดแรงและแรงบิด	74
จ.1	ขนาดพื้นที่การตัดเฉือนของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m	83
จ.2	องศาการตัดเฉือนทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m	83
ช.1	องศาการแกว่งแขนของอาสาสมัครที่มีความชำนาญขณะปฏิบัติงานในต้นปาล์มช่วงความสูง 0.5 – 1 m	92
ช.2	องศาการแกว่งแขนของอาสาสมัครที่ไม่มีความชำนาญขณะปฏิบัติงานในต้นปาล์มช่วงความสูง 0.5 – 1 m	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินการ	3
2.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการตัดปาล์มน้ำมัน	6
2.2	การแทงทะลายปาล์มโดยใช้เสียม	7
2.3	การเกี่ยวทะลายปาล์มโดยใช้เคียว	7
2.4	ใบมีดเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน (ก) เสียม และ (ข) เคียว	8
2.5	ใบมีด	9
2.6	ท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มต้นสูง	12
2.7	ท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มต้นต่ำ	12
2.8	ภาพแสดงการทำงานของหลักการยศาสตร์	21
2.9	ภาพแสดงการประเมิณตามหลักการยศาสตร์แบบ OWAS	23
3.1	ใบมีด หน้ากว้างขนาด 5”	27
3.2	แบบจำลองแผ่นเหล็กที่ออกแบบให้ได้ขนาด 60 x 60 mm	28
3.3	(ก) เครื่องวัดแรงสามแกน และ (ข) เครื่องวัดแรงและแรงบิด	29
3.4	ส่วนควบคุมและบันทึกค่าผลการทดลอง	30
3.5	ใบมีด หน้ากว้างขนาด 5”	30
3.6	เครื่องวัดแรงและแรงบิด	31
3.7	เครื่องวัดแรงสามแกน	31
3.8	กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSence รุ่น D455	32
3.9	Goniometer	32
3.10	ขณะเก็บเกี่ยวทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	33
3.11	ขณะวัดมุมองศาและหาขนาดพื้นที่ขั้วทะลายปาล์มน้ำมันด้วย Goniometer	34
3.12	ขณะเก็บเกี่ยวทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน	34
3.13	ท่าทางในการวิเคราะห์ความเสี่ยงท่าทางการทำงานโดยวิธี OWAS	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.14	การทดสอบการแทงปาล์ม	36
3.15	การทดสอบการแทงปาล์ม	39
4.1	กราฟแสดงองศามุมแขนของคนชำนาญขณะตัดทางและทะลายปาล์มน้ำมัน	49
4.2	กราฟแสดงองศามุมแขนของคนไม่ชำนาญขณะตัดทางและทะลายปาล์มน้ำมัน	50
4.3	กราฟแสดงแรงที่เกิดขึ้นขณะทำการทดสอบเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด สายพันธุ์คอมแพค อายุ 5 – 7 ปี ในระดับความสูง 0.5 – 1 m	51
4.4	ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานของเครื่องวัดแรงสามแกน	54
4.5	กราฟแสดงแรงที่เกิดขึ้นขณะทำการทดสอบเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงสามแกน สายพันธุ์คอมแพค อายุ 5 – 7 ปี ในระดับความสูง 0.5 – 1 m	55
4.6	กราฟแสดงขนาดของพื้นที่ทางปาล์มและทะลายปาล์มของต้นปาล์มในช่วงความสูงที่แตกต่างกัน	59
4.7	กราฟแสดงองศาของมุมตัดเฉือนทางปาล์มและทะลายปาล์มของต้นปาล์มในช่วงความสูงที่แตกต่างกัน	60
ก.1	แผ่นเหล็กที่ออกแบบขนาด 60 x 60 mm	67
ก.2	ใบมีดแทงปาล์มที่ออกแบบขนาดหน้าตัด 127 mm	67
ค.1	การแทงทางปาล์มของคนชำนาญโดยเครื่องวัดแรงสามแกน	73
ค.1.1	การแทงทะลายปาล์มของคนชำนาญโดยเครื่องวัดแรงสามแกน	74
ค.2	การแทงทางปาล์มของคนชำนาญโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	76
ค.2.1	การแทงทะลายปาล์มของคนชำนาญโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด	77
ง.1	การเก็บข้อมูลพื้นที่ทางปาล์ม	79
ง.2	จำลองรูปทางปาล์มน้ำมันออกเป็นสามเหลี่ยมสองรูปติดกัน	79
ง.3	พื้นที่ของทางปาล์มน้ำมันที่วัดค่าได้	80
ง.4	การเก็บข้อมูลพื้นที่ทะลายปาล์ม	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ง.5	จำลองรูปทะลายปาล์มน้ำมันเป็นรูปวงรี	81
ง.6	พื้นที่ของทะลายปาล์มน้ำมันที่วัดค่าได้	81
ฉ.1	ตำแหน่งแขนขณะง้างแทงทะลายปาล์มของคนไม่ชำนาญ	85
ฉ.2	ตำแหน่งแขนขณะแทงทะลายปาล์มของคนไม่ชำนาญ	86
ฉ.3	มุมองศาที่เกิดขึ้นของคนไม่ชำนาญ	86
ฉ.4	ตำแหน่งแขนขณะง้างแทงทะลายปาล์มของคนชำนาญ	88
ฉ.5	ตำแหน่งแขนขณะแทงทะลายปาล์มของคนชำนาญ	88
ฉ.6	มุมองศาที่เกิดขึ้นของคนชำนาญ	89
ซ.1	ใบรับรองจริยธรรมการทำงานในคนของ นายเชาวเลิศ แซ่ภู่	94
ซ.2	ใบรับรองจริยธรรมการทำงานในคนของ นางสาวณัฐฑริกานต์ ออดพุ่ม	94
ซ.3	ใบรับรองจริยธรรมการทำงานในคนของ นายศราวุฒิ ชังชะนา	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นพืชที่ให้พลังงานที่จำเป็นต่อการบริโภคและอุปโภคของประชากรในชีวิตประจำวัน เช่น นมข้นหวาน เนย ไอศกรีม และน้ำมัน ซึ่งปัจจุบันปาล์มน้ำมันยังคงเป็นที่ต้องการอย่างมาก เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจทำให้หลายๆ ประเทศนิยมปลูกพืชชนิดนี้กันในปริมาณมากโดยเฉพาะในแถบอินโดนีเซีย มาเลเซีย และประเทศไทย ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคนเป็นหลัก จึงส่งผลให้คนงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันเกิดการบาดเจ็บระหว่างการทำงานเป็นอันดับต้นๆ ในการทำงานเกษตรเมื่อเทียบกับงานเกษตรอื่น ๆ ซึ่งงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน เป็นงานที่ใช้แรงและท่าทางที่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบมักเกิดที่แผ่นหลัง แขน ขา และข้อมือขณะปฏิบัติงาน เนื่องจากคนงานไม่ได้ปฏิบัติงานตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เข้ามามีส่วนช่วยลดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก [1] ด้วยสาเหตุนี้จึงมีการศึกษาประเมินท่าทางในการปฏิบัติระหว่างการทำงานตามหลักการยศาสตร์ เพื่อปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการทำงานมากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยลดภาระในการทำงานในด้านระยะเวลา เพื่อช่วยลดอาการบาดเจ็บขณะทำงาน และช่วยประเมินท่าทางที่ปลอดภัยในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน [2, 3] จากการพิจารณาลักษณะการทำงานของคนงานอย่างใกล้ชิดทำให้พบว่าคนงานมีปัญหากับลักษณะท่าทางการทำงานที่น่ากังวลใจ อย่างเช่น การจับถือเครื่องมือเก็บเกี่ยวเป็นระยะเวลานานๆ โดยมีการบิดข้อมือ การเอี้ยวลำตัว และการเคลื่อนไหวตลอดเวลา การออกแรงกระทุ้งเพื่อส่งแรงตัดทะลายปาล์มน้ำมันให้ขาดหลุดจากขั้ว ในท่าทางการยืนและท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้องในการปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน [4] ดังนั้น จึงได้มีการนำหลักการประเมินความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ [5] ซึ่งเป็นการประเมินท่าทางระหว่างการทำงาน เข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา เนื่องจากพบว่าจำนวนปัญหาคนงานในการปฏิบัติงานมีการเจ็บป่วยที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัญหาเกิดจากความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกขณะปฏิบัติงาน [6] และหลักการประเมินความเสี่ยงสามารถเข้ามาพัฒนาปรับปรุงแก้ไขปัญหาได้ โดยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงาน และการพัฒนาสร้างเครื่องมือที่เหมาะสม [7] โดยหลักการประเมินด้านการยศาสตร์ มีด้วยกันหลายวิธี เช่น การประเมินความเสี่ยงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี REBA [8] RULA [9] และ การประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี OWAS เข้ามามีส่วนร่วม [10] โดยโครงงานชิ้นนี้ใช้การประเมินความเสี่ยงแบบ OWAS ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการประเมิน และมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมและบริการอย่างกว้างขวาง เช่น งานเกษตร โดยจะมีการประเมินคือการเฝ้ามองอิริยาบถในสถานที่ทำงานจริง สภาพแวดล้อมจริง โดยสังเกตท่าทางตลอดช่วงการทำงาน หรือใช้วิธีการบันทึก VDO ซึ่งการบันทึกด้วย VDO จะทำให้ช่วยประเมินรายละเอียดได้มากยิ่งขึ้น โดยจะสังเกตบริเวณหลัง แขน ขา และการออกแรง โดยแบ่งออกเป็นช่วง ช่วงละ 30 หรือ 60 s ซึ่งในทางปฏิบัติการใช้ความถี่ในการสังเกตหรือช่วงเวลาที่สั้นกว่านี้จะทำได้ยาก และการบันทึก VDO ไม่ควรเกิน 40 min และมีการพัก 10 min โดยกระบวนการ OWAS จะมีการแบ่งท่าทาง 84 ท่า และมีการประเมิน 4 ด้าน คือ ช่วงขา แขน หลัง และการออกแรง ซึ่งจะได้รหัสรวม 4 ตำแหน่ง เรียกว่ารหัส OWAS

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาแรงและแรงบิดปฏิกิริยาในการเก็บเกี่ยวร่วมกับการประเมินในการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ เพื่อช่วยลดความผิดปกติที่เกิดจากกล้ามเนื้อและกระดูกในท่าทางการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้นำไปใช้เป็นข้อมูลประยุกต์ในเรื่องเกี่ยวกับปาล์มน้ำมันต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินลักษณะและท่าทางขณะเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยวิธีการประเมินความเสี่ยงตามหลักการยศาสตร์ ร่วมกับการศึกษาแรงและแรงบิดปฏิกิริยาในการเก็บเกี่ยว

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลจากการวัดแรงและแรงบิด กับการวัดแรงแบบสามแกน (x, y และ z) เมื่อทำการทดสอบเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

1.3 สมมติฐาน

1. ท่าทางและเครื่องมือในการทำงานมีผลต่อความเสี่ยงในการเมื่อยล้า การเกิดอุบัติเหตุและความเร็วในการปฏิบัติงาน

1.4 ขอบเขต

1. ใช้กล้อง Intel® RealSense™ Depth Camera D455 ในการจับภาพเคลื่อนไหว และใช้โปรแกรม Skeleton Tracking SDK ประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงแบบ OWAS

3. ต้นปาล์มน้ำมันสายพันธุ์คอมแพค สูงไม่เกิน 1.5 m

4. ใช้ใบมีดแทงปาล์มที่มีขนาดความกว้างคมตัด 5” ต่อกับด้ามเหล็กที่มีขนาด 32 mm (1.5”) และมีความยาว 2 m ที่สามารถวัดแรง (x, y และ z) และแรงบิดในการทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบข้อมูลแรง และท่าทางเพื่อนำเป็นพารามิเตอร์ ในการออกแบบเครื่องมือและ AI ROBOT เพื่อใช้งานต่อไป

2. ได้ข้อแนะนำที่เหมาะสมในการปฏิบัติงานเพื่อลดโอกาสในการเมื่อยล้าและลดโอกาสในการเกิดการบาดเจ็บและอุบัติเหตุ

1.6 ขั้นตอนการดำเนินการ

รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7แผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 ระยะทำโครงงาน 1 ปี ศึกษา ตั้งแต่ สิงหาคม 2563 - พฤษภาคม 2564

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินการ 2563 - 2564									
	ส.ค. 63	ก.ย. 63	ต.ค. 63	พ.ย. 63	ธ.ค. 63	ม.ค. 64	ก.พ. 64	มี.ค. 64	เม.ย. 64	พ.ค. 64
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล	←	—	→							
2. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน			←	—	→					
3. ขั้นตอนการดำเนินงาน					←	—	→			
4. ทดลองและเก็บผล						←	—	→		
5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง							←	—	→	
6. ทำเล่มปริญญานิพนธ์									←	— →

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยการเปรียบเทียบของผู้มีประสบการณ์ในอาชีพการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันกับผู้ริเริ่มเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาข้อมูลจากแนวคิด ทฤษฎี บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทางด้านการยศาสตร์เพื่อมาช่วยเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานเก็บเกี่ยว ข้อมูลปัจจัยเสี่ยงด้านการยศาสตร์ที่มีผลกระทบต่อกระดูกและกล้ามเนื้อเพื่อนำไปพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยลดกลุ่มอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกในผู้ประกอบอาชีพเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ซึ่งประกอบไปด้วย

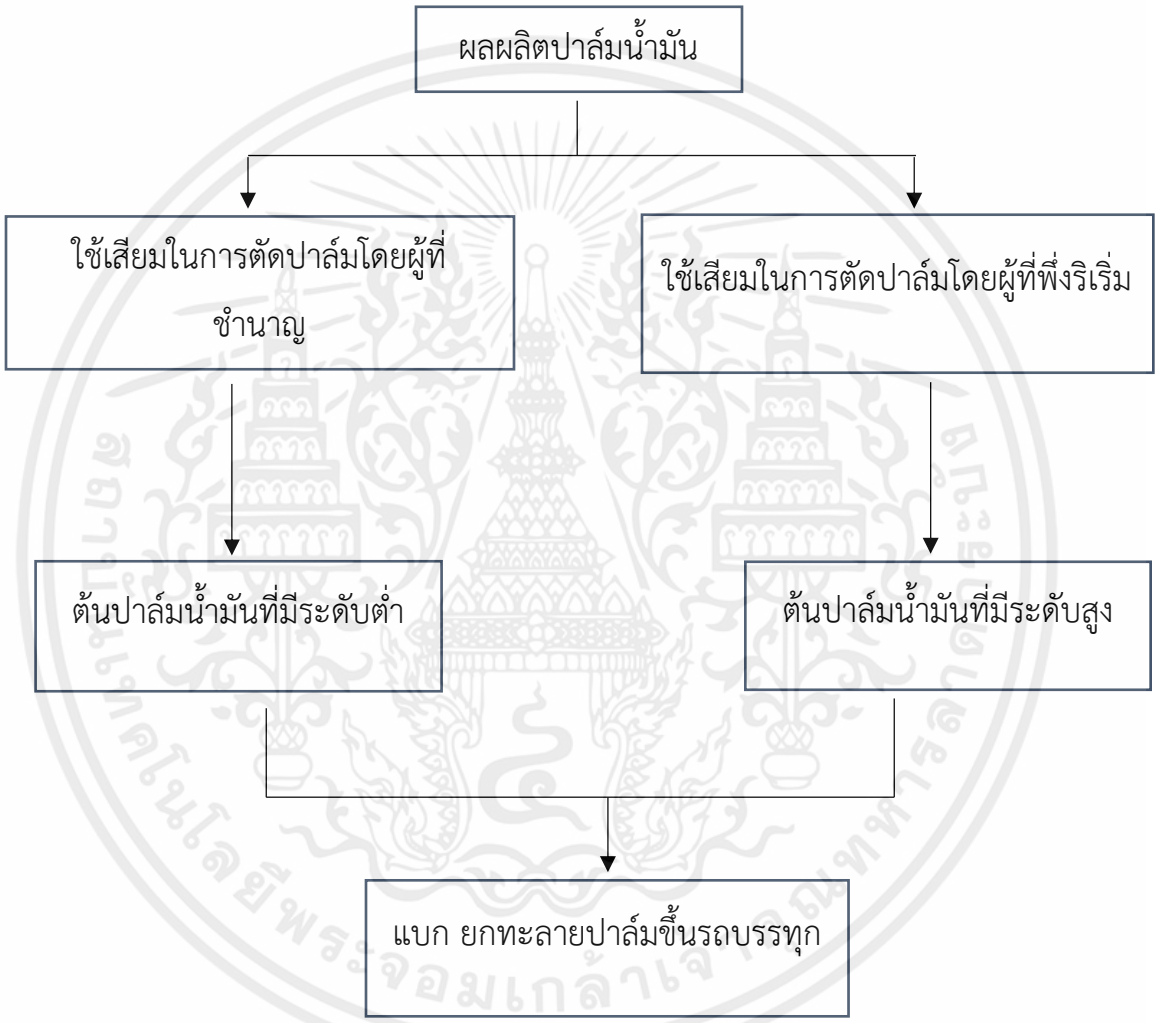
2.1 ขั้นตอนการตัดปาล์ม
2.2 ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกี่ยวข้องในการทำงาน
2.3 สาเหตุต่อการเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก
2.4 หลักการทางด้านการยศาสตร์
2.5 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขั้นตอนการตัดปาล์ม

การแทง (เสียม) หรือการเกี่ยว (เคียว) ทะลายปาล์มน้ำมัน สองวิธีนี้ จำเป็นต้องใช้แรงกายของคนในการปฏิบัติงานเป็นอย่างมาก ซึ่งในการตัดทะลายปาล์มแต่ละครั้งจำเป็นต้องใช้แรงค่อนข้างมาก เพื่อที่จะทำให้ทะลายขาดออกจากขั้วต้น ซึ่งในการตัดทะลายปาล์มที่ใช้เสียม จำเป็นต้องออกแรงกระทุ้งไปยังทะลายปาล์มน้ำมันหรือ การตัดทะลายปาล์มน้ำมันที่ใช้เคียวก็ต้องออกแรงเกี่ยวกระชากเพื่อให้ขั้วของทะลายปาล์มหลุดขาดออกจากต้นปาล์มน้ำมัน ทำให้การเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งเป็นไปด้วยความยากลำบาก และมีความเสี่ยงสูงจากความเหนื่อยล้า ที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูกจากการปฏิบัติงานได้ง่ายในส่วนของ หลัง แขน ขา และ ข้อมือ โดยเฉพาะผู้ริเริ่มปฏิบัติงานในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่ยังไม่มีความชำนาญ จะมีโอกาสเกิดอาการการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูกได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าผู้ที่มีความชำนาญในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ขณะปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันจำเป็นที่จะต้องใช้ผู้ที่มีทั้งความชำนาญ มีประสบการณ์สูง และมีร่างกายที่แข็งแรงพอสมควร ในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน เพื่อลดอุบัติเหตุที่ไม่คาดคิดจากการปฏิบัติงาน [14] โดยสรุปขั้นตอนการตัดปาล์มน้ำมันได้ดังภาพ (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการตัดปาล์ม [11]

2.1.1 กระบวนการตัดปาล์ม

กระบวนการตัดปาล์ม สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1.1.1 การแทงปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแทงปาล์ม คือ กระบวนการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมัน ที่ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เสียม แทงไปที่ขั้วของทะลายปาล์ม เพื่อให้ขั้วของทะลายปาล์มขาด โดยต้องใช้แรงในการกระทุ้งของเสียมไปที่ขั้วทะลายปาล์ม ประกอบไปด้วยท่าทางในทรงตัวเพื่อที่จะตัดขั้วของทะลายปาล์มให้ขาดลงสู่พื้นดิน ซึ่งโดยทั่วไปต้นปาล์มน้ำมันที่สามารถใช้เสียมแทงได้ ความสูงของต้นปาล์มน้ำมันจะอยู่ที่ความสูงตั้งแต่ 0.5 – 2.5 m อายุของต้นปาล์มน้ำมันจะอยู่ที่ 4 - 7 ปี (รูปที่ 2.2)

รูปที่ 2.2 การแทงทะลายปาล์มโดยใช้เสียม [4]

2.1.1.2 การเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

การเกี่ยวปาล์ม คือ กระบวนการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมัน ที่ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เคียวเกี่ยวไปที่ขั้วของทะลายปาล์ม เพื่อให้ขั้วของทะลายปาล์มขาด โดยต้องใช้แรงในการกระชากเคียวที่ขั้วทะลายปาล์ม ประกอบไปด้วย ท่าทางการทรงตัวที่เหมาะสม ในการงอเข่า งอข้อศอก และการโน้มตัวลงเพื่อที่จะตัดขั้วทะลายปาล์มให้ขาดลงสู่พื้นดิน ซึ่งโดยทั่วไปต้นปาล์มน้ำมันที่สามารถใช้เคียว ตัดได้ ความสูงของต้นปาล์มน้ำมันจะอยู่ที่ความสูงตั้งแต่ 4 – 20 m (รูปที่ 2.3)

รูปที่ 2.3 การเกี่ยวทะลายปาล์มโดยใช้เคียว [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ทฤษฎี

2.1.2.1 เสียม

เสียม คือ อุปกรณ์ทางการเกษตรที่ใช้ตัดปาล์มชนิดหนึ่ง ดังแสดงในรูป 2.4 (ก) โดยส่วนมากจะใช้กับปาล์มที่มาความสูงของลำต้นตั้งแต่ 0.5-4 m หรือต้นปาล์มที่มีอายุประมาณ 3-8 ปี และจะใช้เสียมสำหรับการแทงทะลายปาล์ม

2.1.2.2 เคียว

เคียว คือ อุปกรณ์ทางการเกษตรที่ใช้ตัดปาล์มชนิดหนึ่ง ดังแสดงในรูป 2.4 (ข) โดยส่วนมากจะใช้กับปาล์มที่มีความสูงของลำต้นตั้งแต่ 4 - 20 m หรือต้นปาล์มที่มีอายุประมาณ 8 ปีขึ้นไป และจะใช้เคียวสำหรับการเกี่ยวทะลายปาล์ม

(ก) (ข)

รูปที่ 2.4 ใบมีดเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน (ก) เสียม (ข) เคียว [12]

2.1.2.3 ใบมีด

ในการเลือกใบมีดมาใช้ตัดทะลายปาล์มน้ำมันนั้น ควรเลือกใบมีดที่มีความแข็งแรงเหมาะสมในการใช้งาน โดยสังเกตตรงสวนความกว้างของใบมีด จะเห็นได้ว่ามีลักษณะแคบเกินไปทำให้ผู้ปฏิบัติงานใช้แรงเยอะขึ้น ในการเข้าไปตัดตรงตำแหน่งของทางใบและทะลายปาล์มน้ำมันที่ต้องการให้ขาด ซึ่งลักษณะใบมีดที่กว้างขึ้นจะช่วยลดแรงในการเข้าไปตัดตรงตำแหน่งของทางใบและทะลายปาล์ม (รูปที่ 2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 ใบมีด [12]

2.1.2.4 กลศาสตร์วิศวกรรม

เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่ว่าด้วยพฤติกรรมของวัตถุทางกายภาพเมื่อถูกแรงกระทำหรือเมื่อมีการกระจัดและ กลศาสตร์เป็นสาขาหนึ่งของฟิสิกส์ดั้งเดิมที่เกี่ยวข้องอนุภาคทั้งที่หยุดนิ่งและที่กำลังเคลื่อนที่ ด้วยความเร็วที่น้อยกว่าความเร็วแสง และเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุและแรงที่กระทำต่อวัตถุ สาขาย่อยของกลศาสตร์มีดังนี้

- สถิตยศาสตร์ (Statics) ศึกษาวัตถุที่อยู่นิ่งและทราบภาระ
- พลศาสตร์ (Dynamics) ศึกษาผลกระทบของแรงที่เข้ากระทำต่อวัตถุ
- ความแข็งแรงของวัสดุ ศึกษาการเปลี่ยนรูปของวัสดุ ภายใต้ความเค้นแบบต่าง ๆ

2.1.2.5 แรงตัดเฉือน

Shear force หรือ แรงตัดเฉือน หมายถึงการกระทำของแรงที่มีทิศทางขนานกับพื้นที่รับแรง อัตราส่วนระหว่างแรงเฉือนต่อพื้นที่เรียกว่า ความเค้นเฉือน (shear stress) คือแรงกระทำที่เฉือนวัตถุออกจากกัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะของแรงที่มีผลต่อโครงสร้าง คือแรงเฉือนปกติ (Shear force) และ แรงบิด (Torsion force)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกี่ยวข้องในการทำงานของผู้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกเนื่องจากการทำงาน (Musculoskeletal Disorders, MSDs) หมายถึง ความผิดปกติของของร่างกาย ได้แก่ กระดูกกล้ามเนื้อข้อต่อ เอ็นกล้ามเนื้อ และเอ็นกระดูก รวมถึงเส้นประสาท ซึ่งมัก พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับการทำงานในสภาพแวดล้อมหรือสภาพการทำงานซึ่งเป็นปัจจัยที่ ก่อให้เกิดความผิดปกตินั้นและมักเกิดจากการได้รับอันตรายสะสมเรื้อรัง อาทิจาก การ เคลื่อนไหวซ้ำ ๆ หรือท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมเป็นระยะเวลายาวนาน ส่งผลให้เกิดอาการเจ็บปวดเฉพาะที่และจากการเคลื่อนไหว เป็นสาเหตุให้ความสามารถในการทำงานลดน้อยลง ท่าทางในการปฏิบัติระหว่างการทำงานพบว่าผู้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่มีปัญหากับลักษณะท่าทางที่น่าอึดอัดใจในการทำงาน อย่างเช่น การออกแรงในการบิดข้อมือ การออกแรงในการขยับกล้ามเนื้อ และท่าทางในการยืนที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งปัญหาเกิดจากความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก มักถูกพบในบริเวณคอ หัวไหล่ แขน มือ และกล้ามเนื้อส่วนหลัง [17]

2.2.1 กลุ่มอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกของผู้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

2.2.1.1 กลุ่มอาการผิดปกติของคอและไหล่

เกิดจากลักษณะงานที่ต้องมีการยกการแบกหาม การเคลื่อนไหวซ้ำๆ ของไหล่ การเงยศีรษะและการหิ้วัตถุที่มีน้ำหนักมาก การเกร็งคอและไหลเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีความสูง จึงทำให้เกิดการคัดตึงบริเวณคอเกิดจากการที่กล้ามเนื้อบริเวณคอถูกยืดบ่อย ๆ อาการมักปวดร้าวไปที่ยังสะบัก และทำให้เกิดการกดทับเอ็นข้อไหล่ เช่น การยกแขนขึ้นเหนือศีรษะเป็นการทำงานที่ต้องเอื้อมหรือยกแขนขึ้นเหนือศีรษะ เมื่อยกแขนขึ้นเป็นระยะเวลานานๆ ส่งผลให้การไหลเวียนของเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อบริเวณไหลลดลง จึงมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกในบริเวณคอและไหล่ได้ [17]

2.2.1.2 กลุ่มการผิดปกติของมือและข้อมือ

เกิดจากการทำงานที่ได้รับบาดเจ็บสะสมบริเวณมือและข้อมือ เกิดจากการเคลื่อนไหวซ้ำๆ จากการบิดหมุนข้อมือ การออกแรงจับสิ่งของและการสัมผัสการสั่นสะเทือนจากเครื่องมือเป็นระยะเวลานานๆ จึงทำให้เกิดเอ็นอักเสบหรือมีการฉีกขาดของเส้นเอ็น ซึ่งการอักเสบของเอ็นบริเวณข้อมือและมือมักจะทำให้เกิดภาวะปลอกหุ้มเอ็นอักเสบร่วมด้วย และทำให้เกิดการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (Carpal Tunnel Syndrome [CTS]) เกิดจากแรงกดบนเส้นประสาทที่ผ่านข้อมือทำให้รู้สึกชา ปวดและหมดความรู้สึกบริเวณนิ้วหัวแม่มือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลากลางคืน เกิดจากการทำงานที่ต้องบิดข้อมือซ้ำๆ จากการใช้เครื่องมือที่มีการสั่นสะเทือน [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 กลุ่มการผิดปกติของแขนและข้อศอก

เกิดจากการทำงานบริเวณแขนและข้อศอก ทำให้เกิดการบาดเจ็บสะสมบริเวณแขน และข้อศอกมักเกิดจากการยืดหรือมีการใช้งานมากเกินไป การทำงานที่ต้องงอข้อศอกบ่อยๆ มีการบิดหมุนแขนและมีแรงมากระทำ บริเวณข้อมือมักทำให้เกิดเอ็นข้อศอกอักเสบ เกิดการอักเสบบริเวณที่เชื่อมต่อกันระหว่างกระดูกและเส้นเอ็น ทำให้มีอาการปวดและบวมบริเวณที่ได้รับจากการทำงานซ้ำๆ ซึ่งมักเป็นงานที่ต้องใช้กำลังมาก [17]

2.2.1.4 กลุ่มอาการผิดปกติของบริเวณหลัง

เกิดการการแบกรับแรงกระแทกในแต่ระครั้งหรือในการออกแรงในการยกผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในปริมาณมากและมีน้ำหนักเยอะ รวมถึงการก้มเพื่อยกผลผลิตของทะลายปาล์มน้ำมันทำให้เกิดอาการบาดเจ็บบริเวณแผ่นหลังช่วงล่าง ช่วงกลาง และช่วงบนได้ ทำให้เกิดการอักเสบมีอาการปวด บวม จากบริเวณที่กระทำงานซ้ำๆ [17]

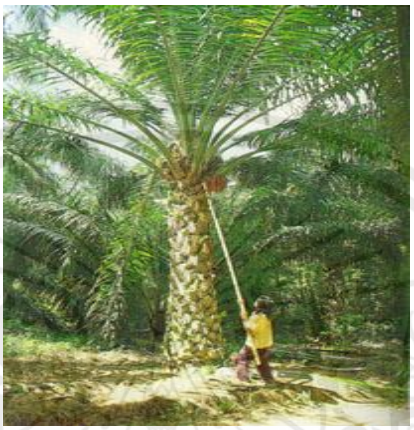
2.2.2 การบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

ปัจจัยเสี่ยงทางการยศาสตร์จาการตัดปาล์มน้ำมันนั้น จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมันมีความเสี่ยงต่อกล้ามเนื้อและกระดูก มือ ข้อมือ แขน ข้อศอก หัวไหล่ คอ และกล้ามเนื้อบริเวณแผ่นหลังส่งผลกระทบต่อสุขภาพทางการยศาสตร์ ในระยะเวลาในการทำงานเป็นเวลานานๆ โดยจะมีการขาดการคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ย่อมส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและสุขภาพอนามัย

ขั้นตอนการทำงานจะมีปัญหาเรื่องท่าทางในการทำงานของผู้ไม่ชำนาญจะส่งผลเสียอย่างมากต่อร่างกายของผู้ทำงานทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ง่ายกว่าผู้ที่ทำงานชำนาญแล้ว ในการทำงานเกี่ยวกับปาล์มน้ำมันนั้นจะมีความสูงของต้นที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7 ในการทำงานช่วงแรกของผู้ไม่ชำนาญจะต้องเข้าใจในองศาหรือท่าทางที่แตกต่างกันระหว่างความสูงต่ำของต้นปาล์ม และในการออกแรงแต่ละครั้งต้องคำนึงถึงท่าทางในการยืนเพื่อให้เหมาะสมกลับการออกแรงทำงานในแต่งละครั้ง หากไม่คำนึงถึงจะทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ และแม้เป็นผู้ชำนาญงานแล้วก็ยังมีโอกาสได้รับบาดเจ็บอยู่ จึงเป็นปัญหาหลักทางด้านการยศาสตร์ที่คนงานสวนปาล์มสัมผัสจากการทำงานอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ รวมถึงปัจจัยเสี่ยงทางกายภาพต่างๆ เช่น ตำแหน่งท่าทางที่ต้องอยู่กับที่ การงอของกระดูกเป็นเวลานานๆ การยกและแบกของหนักๆ การนั่งคุกเข่าและความสั่นสะเทือนในการใช้งานของเครื่องมือ ซึ่งปัจจุบันการศึกษาวิจัยทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในกลุ่มคนงาน อย่างไรก็ตามกรณีนี้ยังไม่มีการรายงานเกี่ยวกับสถานะทางสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกลุ่มคนตัดปาล์มที่อาจส่งผลต่อภาวะสุขภาพของคนตัดปาล์มมาก่อน และมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาในปัจจุบันและอนาคตต่อไป และในภาคอุตสาหกรรมมักมีผู้เชี่ยวชาญทางด้านการดูแลสุขภาพและการแพทย์ในการดูแล แต่ในด้านการเกษตรยังเข้าไม่ถึงและยังมีข้อมูลจำกัด



รูปที่ 2.6 ท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มต้นสูง [2]

รูปที่ 2.7 ท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มต้นต่ำ [2]

จากตารางที่ 2.1 การตัดปาล์มทั้งทะลาย พบว่ามีความจำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานอย่างมาก ทั้งความแม่นยำและความสมดุลของเสียมซึ่งเป็นสิ่งที่ได้มาจากประสบการณ์ และเป็นสิ่งที่จำเป็นนอกเหนือไปจากความแข็งแรง ดังนั้นความสูงของต้นปาล์มจึงสอดคล้องกับอายุปาล์มที่จะตัดด้วย ทำให้คนงานต้องแหงนศีรษะขึ้นเพื่อดูทลายปาล์ม และจะต้องรักษาความสมดุลของเคียวไว้ซึ่งจะต้องยื่นแขนออกไปเหนือศีรษะ การยกทลายปาล์มทั้งทลายต้องใช้แรงซ้ำๆ และต้องดำเนินการเพียงคนเดียว เป็นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้ทั้งเหล็กแชลงเพื่อการยกทลายปาล์มทั้งทลายจากพื้นดิน โดยทั่วไปในการยกทลายปาล์มลำตัวผู้ยกจะต้องโค้งงอไปข้างหน้าและมีท่าบิดในระหว่างการยก ท่าทางดังกล่าวก็มีความรุนแรงมากขึ้นทำให้ส่งผลต่อความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกมหาศาล

ตารางที่ 2.1 กระบวนการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่ส่งผลต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก

กระบวนการ	กิจกรรมการทำงาน	กลุ่มอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก
1. การตัดปาล์มน้ำมัน	1. การตัดปาล์มน้ำมันที่มีต้นสูง จำเป็นต้องเงยหน้าเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต 2. การตัดปาล์มน้ำมันที่มีต้นต่ำ จำเป็นต้องก้มหน้าเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต	1. ปวดบริเวณคอและหัวไหล่ จากการก้มหรือเงยใบหน้าจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่สูงหรือต่ำ 2. ปวดแขนและข้อมือเนื่องจากการออกแรงในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่ใช้แรงเยอะ
2. การขนย้ายปาล์มน้ำมัน	1. การขนผลทะลายปาล์มออกจากต้นเพื่อรอขนขึ้นรถบรรทุก 2. ขนผลปาล์มขึ้นรถบรรทุก	1. ปวดหลัง หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือและมือจากการก้มเพื่อยกทะลายปาล์มขึ้นบริเวณหัวไหล่จากการใช้แรงในการยก 2. การยกจะได้รับบาดเจ็บจากทะลายปาล์มน้ำมันจากเหล็กยกปาล์มและจากการเดินหรือการยกขึ้นรถจะมีการบาดเจ็บบริเวณหัวไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สาเหตุต่อการเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก (MSDs)

สาเหตุที่ก่อให้เกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก [9] คือ โครงร่างของร่างกาย ได้แก่ กระดูก กล้ามเนื้อ ข้อต่อ เอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) และเอ็นกระดูก (ligament) รวมไปถึงเส้นประสาทซึ่งมักพบว่ามีความเกี่ยวข้องกับการทำงานในสภาพแวดล้อมหรือสภาพการทำงานซึ่งเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความผิดปกตินั้น และปัญหานี้มักเกิดจากการได้รับอันตรายสะสมเรื้อรัง อาทิ จากการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ หรือท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมในแต่ละวันเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เกิดอาการเจ็บปวดเฉพาะที่และจำกัดการเคลื่อนไหว เป็นสาเหตุให้ความสามารถในการทำงานลดน้อยลง แต่นอกจากนี้การเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกนี้อาจากจะไม่ใช้สาเหตุจากการทำงานโดยตรงในหลายๆกรณี การวินิจฉัยโรคไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าสาเหตุของการเกิดโรคนี้จากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งแต่มักจะเกิดจากหลายๆ ปัจจัยที่เป็นสาเหตุร่วมกัน ในทางการแพทย์จึงจัดให้โรคหรือทางผิดปกตินี้เป็นโรคอันเกี่ยวเนื่องจากการทำงาน นอกจากการเรียกความผิดปกติในกลุ่มนี้ว่า MSDs แล้ว ยังมีชื่ออื่น ๆ ที่เรียกในกลุ่มความผิดปกตินี้ ได้แก่ ความผิดปกติจากการบาดเจ็บสะสมเรื้อรัง (Cumulative Trauma Disorders, -9- CTDs) การบาดเจ็บจากการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ (Repetitive Strain Injury, OOS) หรือกลุ่มอาการที่เกิดจากการออกแรงเกินกำลังในการทำงาน (Occupational Overuse Syndrome, OOS) ซึ่งความหมายในทางปฏิบัติไม่มีความแตกต่างกัน ความผิดปกติเหล่านี้แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เกิดอาการแล้วหายได้ (reversible MSD) และกลุ่มที่เกิดอาการแล้วเป็นถาวร (persistent MSD) กลุ่มที่เกิดอาการแล้วหายได้จะกินเวลาสั้น มีอาการปวดเฉพาะที่ที่กล้ามเนื้อและเอ็น นั้น และจะหายเมื่อเลิกทำงาน สำหรับกลุ่มอาการที่เป็นถาวรนั้นนอกจากจะปวดกล้ามเนื้อและเอ็นนั้น แล้วยังลุกลามไปถึงข้อ ต่อและเนื้อเยื่อที่อยู่ใกล้เคียงอีกด้วย เมื่อหยุดทำงานอาการนี้ก็ยังไม่หายยังคงปวดต่อเนื่องไปอีก เนื่องจากการอักเสบและการเสื่อมของเนื้อเยื่อที่ต้องทำงานหนัก ปัญหานี้ พบมากในกลุ่มคนงานผู้สูงอายุและคนงานเกษตรหรือคนงานในอุตสาหกรรมเป็นระยะเวลานานเป็นปี โดยปัญหาความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างจะทวีความรุนแรงขึ้นไปอีกถ้ายังคงทำงานแบบเดิมไปเรื่อย ๆ โดยไม่มีการปรับปรุงสภาพการทำงาน และนำไปสู่การอักเสบเรื้อรังของเอ็นหรือแม้กระทั่งการเสียรูปร่างของข้อกระดูกความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างเนื่องจากการทำงาน

ดังที่ได้กล่าวแล้วในตอนต้น การทำงานออกแรงกล้ามเนื้อในลักษณะงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าและความเจ็บปวดเฉพาะที่ได้ และถ้าต้องทำงานซ้ำ ๆ เช่นเดียวกันทุกๆ วันเป็นระยะเวลานานก็อาจเกิดความเจ็บปวดถาวรและความเสื่อมของกล้ามเนื้อนั้น โดยอาจรวมไปถึงข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเอ็นและเนื้อเยื่ออื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียงจากรายการศึกษาวิจัยหลายฉบับพบการทำงานของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยง เช่น [18]

1. โรคข้ออักเสบ (arthritis) เนื่องจากแรงเค้นเชิงกล(mechanical stress)
2. การอักเสบของเอ็นหรือปลอกหุ้มเอ็น (tendinitis/peritendinitis)
3. การอักเสบของส่วนที่ติดหรือเชื่อมต่อกับเอ็นกล้ามเนื้อ
4. โรคข้อเสื่อมเรื้อรัง (arthrosis)
5. กล้ามเนื้อเกร็งและเจ็บปวด
6. ความผิดปกติของหมอนรองกระดูกสันหลัง

สาเหตุหรือ ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ กล่าวคือ ปัจจัยบุคคลและปัจจัยจากการทำงาน

2.3.1 ปัจจัยบุคคล (Non Occupational Factors)

ปัจจัยบุคคล คือ เป็นปัจจัยที่นอกเหนือจากการทำงาน (Non Occupational Factors) ที่ส่งผลทำให้เกิดการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ซึ่งผลการศึกษาความแตกต่างกันทุกปัจจัยขึ้นอยู่กับปัจจัยและวิธีการศึกษา ดังนี้ [18]

2.3.1.1 เพศ

เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการ ยกเคลื่อนย้ายวัสดุหรืองานที่ต้องออกแรง ในกรณีที่ได้รับการฝึกฝนกล้ามเนื้อเท่า ๆ กัน เพศหญิงมักมี กล้ามเนื้อที่เล็กกว่า จะสามารถออกแรงได้ประมาณร้อยละ 70 ของเพศชาย

2.3.1.2 อายุ

ความแข็งแรงของร่างกายจะลดน้อยลงตามอายุที่มากขึ้นเมื่ออายุ65 ปี ความแข็งแรงจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 75 ของความแข็งแรงที่เคยมีอยู่เดิม อย่างไรก็ตามความ แข็งแรงที่ลดลงนั้นจะเป็นไปอย่างช้า ๆ ส่วนความชำนาญหรือประสบการณ์ในการทำงานที่เกิดขึ้นก็จะช่วยทดแทนสมรรถภาพร่างกายที่ลดลงไปได้

2.3.1.3 การขาดการออกกำลังกาย

ในรายที่ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะทำให้ขาดความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของร่างกาย นับเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อปัญหาดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.4 การสูบบุหรี่

การไหลเวียนของโลหิตที่ลดลงแม้เพียงเล็กน้อยก็ส่งผลให้สารอาหารในกระแสเลือดไม่เพียงพอต่อการเกิดเมตาบอลิซึมตามปกติของเซลล์หมอนรองกระดูกเสีย แล้วการสูบบุหรี่มีผลให้การไหลเวียนของโลหิตลดลงได้และส่งผลกระทบต่อระบบการไหลเวียน เลือดโดยรอบหมอนรองกระดูกด้วยการส่งผ่านสารอาหาร เช่น ออกซิเจน กลูโคส หรือซัลเฟต เข้าไปยังหมอนรองกระดูกถูกทำให้ลดลง หลังจากการสูบบุหรี่เพียง 20-30 นาทีซึ่งอธิบายได้ถึงอัตราการ ปวดหลังส่วนบั้น เอว (low-back pain) ที่พบสูงกว่าในกลุ่มคนที่สูบบุหรี่ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนที่ ไม่สูบบุหรี่

2.3.1.5 ความจำเป็นพิเศษ

ในบางกรณีคนงานอาจมีความจำเป็นพิเศษบางอย่าง เช่น การกลับมาทำงานหลังจากลาป่วย หรือลางานไปนาน การตั้งครรภ์ความทุพพลภาพบางอย่างรวมถึงโรคประจำตัว ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อปัญหาดังกล่าว

2.3.1.6 การประสบอุบัติเหตุ

การประสบอุบัติเหตุ หรือการเกิดความผิดปกติมาแต่กำเนิด เช่น โรคข้อกระดูกเสื่อมจากอายุที่เพิ่มขึ้น โรครูมาตอยด์ โรคข้ออักเสบจากการติดเชื้อ โรคเนื้องอก โรคมะเร็งที่เกี่ยวกับกระดูก การได้รับอุบัติเหตุจนทำให้กระดูกหรือกล้ามเนื้อได้รับบาดเจ็บ ความผิดปกติของการไหลเวียนเลือดในกระดูก เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่มีอาการที่แสดงคล้ายคลึงกับการได้รับบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อทั้งสิ้น

2.3.1.7 ระยะเวลาในการทำงาน

ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความผิดปกติทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ซึ่งมีรายงานการศึกษาจำนวนหนึ่งที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดระยะเวลาในการทำงานกับความผิดปกติทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยมีการศึกษาภาวะปวดหลัง ในพยาบาลโรงพยาบาลลำพูน พบว่าจำนวนวันที่ทำงานต่อสัปดาห์ในกลุ่มที่มีอาการปวดหลังและไม่มีอาการปวดหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปฏิบัติงานที่ยาวนานเกินกว่า 8 ชั่วโมงต่อวันนั้น ย่อมก่อให้เกิดความอ่อนเพลียและขาดความตื่นตัวในการทำงาน อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุการบาดเจ็บและได้งานที่ไม่มีประสิทธิภาพตามมาด้วย

2.3.2 ปัจจัยการทำงาน (Work related musculoskeletal risk factors) แบ่งออกได้เป็น ปัจจัยด้านกายภาพ และ ปัจจัยด้านสังคมจิตวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 ปัจจัยด้านกายภาพ (Physical factors)

ปัจจัยเสี่ยงด้านกายภาพ คือ ลักษณะงานที่ต้องก้มโค้งไปด้านหน้าหรือด้านหลัง การยกของไปไว้ในมือ การยื่นมือไปข้างหน้าในแนวราบ การยืนอยู่กับที่นานๆ การดัน หรือดึงวัตถุหนักๆ การเอนศีรษะไปข้างหน้าหรือข้างหลัง และการยกไหล่เป็นเวลานานๆ การกระทำให้ลักษณะท่าทางต่างๆ เหล่านี้ย่อมทำให้เกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อไฟเบอร์กล้ามเนื้อเล็กๆ ที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ซึ่งความเสียหายที่สำคัญที่สุด เป็นผลมาจากการยืดหดเกร็งอย่างผิดปกติ เมื่อไฟเบอร์กล้ามเนื้อได้รับความเสียหาย ร่างกายจะตอบสนองด้วยการเพิ่มการไหลเวียนเลือดและการทำงานของเอ็นไซม์ในบริเวณที่บาดเจ็บ การตอบสนองเช่นนี้ทำให้เกิดการอักเสบ (Inflammations) และบวมขึ้นเล็กน้อยกระตุ้นประสาทความรู้สึกต่อเนื่องทำให้รู้สึกปวดเมื่อยและไม่สบาย อาการปวดเมื่อยนี้มักเกิดพร้อมกับอาการตึงแข็ง (Stiffness) ของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันรอบๆ ข้อ ซึ่งมักไม่เกิดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อในทันทีโดยมีปัจจัยดังนี้ [3]

1. การออกแรงเกินกำลัง (overload)

การพยายามออกแรงทำงาน มีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อที่อยู่ภายในของร่างกาย เช่น แรงอัดบนหมอนรองกระดูกสันหลังเกิดจากการยกแรงตึงภายในกล้ามเนื้อเอ็นที่เกิดจากการจับวัสดุแบบหนีบ แรงบีบที่ใช้ในการควบคุมเครื่องมือโดยทั่วไปแล้วลักษณะงานที่ยิ่งต้องใช้แรงมากก็ยิ่งมีความเสี่ยงมากขึ้นไปด้วย ลักษณะงานหรือสภาวะที่ต้องทำให้มีการออกแรงมือมาก ได้แก่ แรงเสียด ทานระหว่างมือกับวัสดุที่จับยึดมีน้อย จึงทำให้ต้องออกแรงกำให้แน่นขึ้น

2. การออกแรงกล้ามเนื้อแบบสถิต (Static muscular effort)

การออกแรงกล้ามเนื้อแบบสถิต เมื่อกล้ามเนื้อต้องออกแรงในลักษณะสถิตเป็นผลให้ความต้องการเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อนั้นมีมากขึ้น ในขณะที่เลือดไม่สามารถไหลไปเลี้ยงได้อย่างเพียงพอทำให้กล้ามเนื้อต้องทำงานในลักษณะ (Anaerobic state) เพราะออกซิเจนไม่เพียงพอทำ ให้เกิดความล่าช้าและอาการเจ็บปวดเนื่องจากการสะสมกรดแลคติคและของเสียที่ได้จากการเผาผ่านอาหารโดยทั่วไปผู้ปฏิบัติงานไม่ควรออกแรงกล้ามเนื้อแบบสถิต (Static muscular effort) ที่ใช้แรงมากกว่าร้อยละ 20 ของแรงสูงสุดที่กล้ามเนื้อนั้นมีความสามารถออกแรงได้ (Maximum voluntary effort) เพราะจะมีผลต่อการไหลเวียนของโลหิตในกล้ามเนื้อ

3. การทำงานที่ต้องการความเที่ยงตรงแม่นยา (precision)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานที่ต้องการความเที่ยงตรงแม่นยำในการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่ต้องใช้ทักษะหรือความชำนาญในการทำงาน (Skill job) ซึ่งส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับการใช้มือและนิ้วมือ มีรายงานการศึกษาในผู้ประกอบอาชีพนวดแผนไทย ซึ่งต้องมีการใช้มือและข้อมือตลอดเวลาการทำงาน พบว่าท่าทางการทำงานที่มีการบิดหรือหมุนข้อมือและท่าทางการทำงานที่บิด เอี้ยวลำตัวหรือบิดเอวไปด้านข้าง มีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงร่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต

4. การทำงานที่ต้องใช้สายตาเพ่งมอง (visual demand)

การทำงานที่ต้องใช้สายตาเพ่งมอง นั้นนอกจากจะส่งผลต่อความล้าของสายตา แล้วการหดเกร็งของกล้ามเนื้อบริเวณคอและหัวไหล่ก็จะเกิดตามไปด้วยอย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาระยะการมองให้คงที่อยู่ตลอดเวลา ก็ยังส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บในระบบโครงร่างกล้ามเนื้ออีกด้วย

5. ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม (unnatural posture)

ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม หมายถึง ท่าทางการทำงานที่มีบางส่วนของร่างกายเบี่ยงเบนไปจากท่าทางที่เป็นธรรมชาติ ท่าทางการทำงานที่เหมาะสมหรือเป็นธรรมชาติของมนุษย์ (Neutral posture) คือการจัดวางท่าทางให้อยู่ในแนวตรงหรือใกล้เคียงแนวตรงให้มากที่สุด ได้แก่ ลำตัวตรง ใบหูอยู่ตรงแนวเหนือไหล่และข้อศอกอยู่ในท่าสบาย แนวแกนข้อมือตรงขาเหยียด ตรงเท้าวางราบกับพื้น ดังนั้นลักษณะงานที่มีการก้มหลัง ยกไหล่ หรือเอื้อมบิดเอี้ยวหรือคุกเข่ายกของในสถานที่คับแคบ จึงจัดเป็นลักษณะท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมส่งผลในการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดความผิดปกติในระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง

6. การทำงานซ้ำ ๆ (repetitive)

การออกแรงกระทำซ้ำๆ หมายถึง การเคลื่อนไหวส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ซึ่งต้องกระทำซ้ำๆ บ่อยๆ เช่น ทำทุกๆ 2-3 วินาที และเป็นเวลาต่อเนื่องยาวนานหรือตลอด 8 ชั่วโมง การทำงานย่อมเป็นการสะสมความล้าของกล้ามเนื้อและเอ็นอย่างเรื้อรัง เพราะระยะเวลาในการฟื้นตัวไม่เพียงพอต่อการลดผลกระทบต่อร่างกายหรือการกระทำซ้ำๆ ลักษณะท่าทางที่ไม่เหมาะสมหรือมีการออกแรงมากด้วยแล้วความเสี่ยงต่อการที่เนื้อเยื่อจะถูกทำลาย รวมถึงปัญหาการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อก็มีมากขึ้นตามมา

7. ระยะเวลาในการทำงาน (work period)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาในการทำงาน ส่งผลต่อการบาดเจ็บทางระบบโครงร่างกล้ามเนื้อและกระดูก โดยยิ่งระยะเวลาในการทำงานด้วยท่าทางที่ไม่เหมาะสมยาวนานก็ยิ่งส่งผลให้กระทบต่อสุขภาพมากขึ้นตามไปด้วย

8. ความเค้นเชิงกล (mechanical stress)

ความเค้นเชิงกลเป็นแรงกระทำที่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายอย่างต่อเนื่อง เช่น แขนส่วนล่างที่กดทับอยู่ขอบแข็งของเคาน์เตอร์ หรือการใช้ฝ่ามือทำหน้าที่แทนเครื่องมือในการกระแทกลงบนวัสดุ

9. สิ่งแวดล้อมในการทำงาน (Working environment)

สิ่งแวดล้อมในการทำงาน ได้แก่ ความร้อน ความเย็น ความสั่นสะเทือน แสง สว่าง เสียงดัง เป็นต้น ความร้อน นอกจากเป็นสาเหตุของการสูญเสียน้ำในร่างกายการเกิดตะคริวหรือ การเป็นลมหมดสติเนื่องจากความร้อนแล้วยังส่งผลให้ร่างกายต้องสูญเสียความสามารถในการทำงานทั้งทางกายและทางจิตใจด้วย

2.3.2.2 ปัจจัยด้านสังคมจิตวิทยา

ปัจจัยด้านสังคมจิตวิทยา หมายถึง สิ่งแวดล้อมการทำงานที่ก่อให้เกิดความเครียดความวิตกกังวล แล้วส่งผลต่อร่างกายทำให้เกิดความผิดปกติในระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ ได้เมื่อเกิดความเครียดร่างกายจะหลั่งฮอร์โมน (Adrenaline) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อร่างกายอย่างมาก ทำให้หลอดเลือดในร่างกายบีบตัว การไหลเวียนเลือดไปสู่อวัยวะต่าง ๆ น้อยลง หัวใจต้องทำงานหนัก บีบตัวสูงขึ้นความดันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้กล้ามเนื้อจะมีการเกร็งตัวมากกว่าปกติ ทำให้ร่างกายรู้สึกเมื่อยล้า กล้ามเนื้อส่วนที่มีปัญหามากที่สุด คือ กล้ามเนื้อบริเวณบ่าและคอ กล้ามเนื้อเหล่านี้จะเป็นมัดเล็กๆ เกาะตามขอบของท้าทอยเป็นทางผ่านของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมองและเลี้ยงอวัยวะต่างๆ บนศีรษะ ทำให้เกิดอาการปวดคอปวดบ่า บางรายร้าวไปที่หลังและรอบสะบักได้ [3]

2.3.3 สิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง 7 ประการเพื่อป้องกันการปวดเมื่อย [20]

1. งานที่ทำซ้ำซาก งานที่ทำซ้ำๆ (repetition work) หมายถึงกิจกรรมใดๆ ที่มีรอบของการทำงานให้เสร็จ 1 หน่วยในเวลาน้อยกว่า หรือเท่ากับ 2 นาทีซึ่งทำซ้ำอยู่เช่นเดิมตลอดกะการทำงาน สำหรับงานที่ซ้ำซากมากๆ จะมีรอบของการทำงานน้อยกว่า หรือเท่ากับ 30 วินาที)

2. งานที่ต้องใช้กำลังหรือออกแรงนานๆ หรือซ้ำๆ กันมากกว่า 30% ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของคนงานในการทำงานนั้น

3. ทำงานในท่าทางที่ก่อให้เกิดการปวดเมื่อยได้เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำงานในท่าเดียวนานๆ

5. ทำงานกับเครื่องมือที่ทำให้ส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งร่างกายสั่น

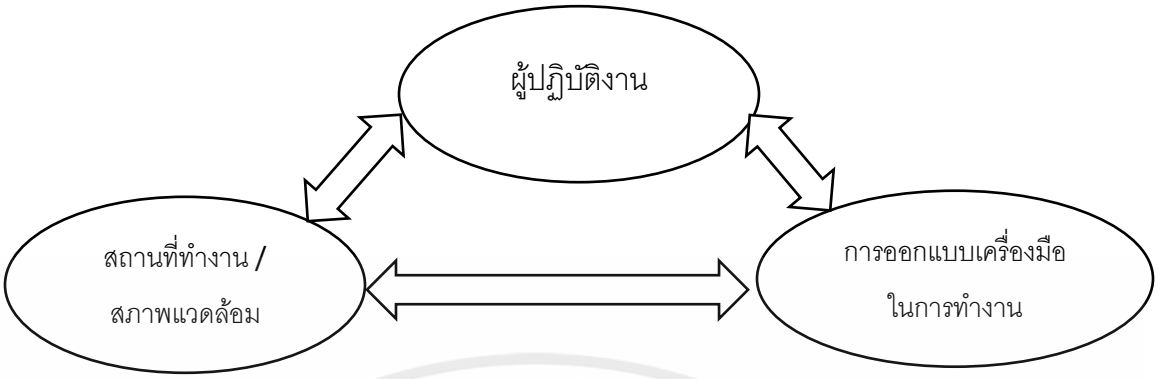
6. ทำงานที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสกับความเย็นหรือความร้อนมากเกินไป

7. การทำงานที่มีลักษณะงานผสมผสานกันทั้ง 6 อย่างข้างต้น

2.4 หลักการทางด้านการยศาสตร์

การยศาสตร์[7] คือการศึกษาสภาพการทำงานที่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม การทำงานเป็นการพิจารณาว่าสถานที่ดังกล่าว ได้มีการออกแบบหรือปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันปัญหาต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้อีกด้วย หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่ามีการแก้ปัญหาให้งานดังกล่าวมีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน แทนที่จะบังคับให้ผู้ปฏิบัติงานต้องทนฝืนปฏิบัติงานนั้นในลักษณะที่น่าอึดอัดใจ การนำหลักการพื้นฐานทางด้านการยศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือป้องกันมิให้เกิดปัญหาขึ้นนั้น โดยปกติแล้ววิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือดำเนินการตรวจสอบสภาพการทำงาน และการเปลี่ยนแปลงด้านการยศาสตร์เพียงเล็กน้อยในเรื่องของการออกแบบเครื่องมือของงานที่ปฏิบัติ สามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกสะดวกสบายมีสุขภาพอนามัยดี มีความปลอดภัย และเพิ่มผลผลิตได้อย่างเด่นชัด ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการยศาสตร์ หรือนักการยศาสตร์ (Ergonomist) จึงเป็นผู้ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงาน สถานที่ทำงาน และการออกแบบเครื่องมือ การยศาสตร์เป็นเรื่องของการประยุกต์ใช้หลักการทางด้านชีววิทยา จิตวิทยา กายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยา เพื่อขจัดสิ่งที่อาจเป็นสาเหตุทำให้พนักงานเกิดความไม่สะดวกสบาย ปวดเมื่อย หรือมีสุขภาพอนามัยที่ไม่ดี โดยให้มีการนำการยศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องมือ ดังตัวอย่าง พนักงานที่ต้องใช้เครื่องมือในการทำงาน ความเสี่ยงในการเกิดอันตรายต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจะสามารถลดลงได้ ถ้าพนักงานใช้เครื่องมือที่ได้มีการออกแบบอย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ตั้งแต่เริ่มแรก(รูปที่ 2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ภาพแสดงการทำงานของหลักการยศาสตร์ [10]

ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันพบว่ามีท่าทางไม่เหมาะสมในการทำงานทุกครั้ง โดยกลุ่มอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกมักเกิดจากการทำงานซ้ำๆ ในลักษณะเดิม และการใช้ระยะเวลานานเกินไปในการทำงาน และเครื่องมือที่ก่อให้เกิดความไม่สะดวกสบายในการทำงาน โดยการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์สามารถทำการประเมินได้ 3 รูปแบบดังนี้

2.4.1 แบบประเมินตนเอง (Self-Report Survey)

การประเมินโดยการรายงานด้วยตนเองเป็นการวิเคราะห์อาการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกิดจากปัจจัยเสี่ยงจากการทำงานที่เกิดขึ้นบ่อยในช่วง 7 วัน ถึง 12 เดือน ส่วนใหญ่นิยมใช้แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิค(Standardized Nordic Questionnaire [SNQ]) ซึ่งเป็นแบบการประเมินความเสี่ยงของกล้ามเนื้อและกระดูกที่มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองกลุ่มอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกิดจากปัจจัยเสี่ยงด้านลักษณะงาน สามารถวิเคราะห์ได้ 2 แบบ

1) แบบสอบถามทั่วไป จะเป็นการสอบถามอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกในส่วนต่างๆ ของร่างกายแบ่งเป็น 9 ส่วนได้แก่ คอ ไหล่ หลังส่วนบน หลังส่วนล่าง ข้อศอก ข้อมือ/มือ สะโพก เข่า และข้อเท้า/เท้า ซึ่งเป็นส่วนที่มักจะพบว่ามีอาการผิดปกติเกิดขึ้นทั้งแบบสะสมและแบบเฉียบพลัน โดยจะสอบถามอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นในช่วง 7 วัน และ 12 เดือนที่ผ่านมา

2) แบบสอบถามเฉพาะส่วน จะเป็นแบบสอบถามที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลอาการผิดปกติในส่วนที่มักจะเกิดขึ้นมากที่สุด 2 ส่วน คือ หลังส่วนล่างและคอ/ไหล่ โดยจะมีคาถามที่ระบุรายละเอียด เกี่ยวกับอาการผิดปกติในส่วนนั้นๆ โดยสอบถามอาการที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านมา ในช่วง 7 วัน และ 12 เดือนที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 แบบประเมินจากการสังเกต (Observation Assessment)

1) การประเมินด้วยวิธี RULA (Rapid Upper Limp Assessment) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดย Lynn McAtamney และ Nigel Corlett ใน ปี ค.ศ. 1993 [9] เพื่อใช้ประเมินท่าทางการทำงานในท่านั่ง หรือมุ่งเน้นการประเมินท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน ตัวอย่างของการประเมินด้วยวิธีนี้ได้แก่ การนำมาใช้ในการประเมินท่าทางการทำงานของพนักงานทอผ้า พนักงานเย็บผ้า พนักงานขับรถ เป็นต้น ซึ่งพบว่า สามารถใช้ในการชี้บ่งระดับความเสี่ยงหรือระดับอันตรายของการทำงานของพนักงานได้เป็นอย่างดี การประเมินนี้แบ่งการประเมินเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่ม A ประกอบด้วย การประเมินส่วนแขนและข้อมือ และกลุ่ม B ประกอบด้วยการประเมินในส่วน คอ ลำตัว และขา

2) การประเมินความเสี่ยงโดยวิธี REBA (Rapid Entire Body Assessment, REBA) เป็นการประเมินท่าทางการทำงานที่เป็นการประเมิน ตั้งแต่ส่วนของ คอ ลำตัว ขา แขน และมือ เป็นเทคนิคที่คิดค้นโดยซู ฮิกเน็ท (Sue Hignett) [8] การประเมินด้วยวิธี REBA จะเหมาะสำหรับการประเมินส่วนต่างๆของร่างกายสำหรับงานที่มีลักษณะเปลี่ยนท่าทางอย่างรวดเร็วหรืองานที่ไม่อยู่กับที่ งานที่ไม่นั่งหรือยืนปฏิบัติงานในท่าทางเดิมๆซ้ำๆตลอดเวลา รวมถึงงานที่มีท่าทางการทำงานที่ไม่สามารถคาดเดาได้ เช่น งานบริการ

3) การประเมินความเสี่ยงโดยวิธี OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยโรงงานเหล็กในประเทศฟินแลนด์ร่วมกับสถาบันอาชีวอนามัยประเทศฟินแลนด์ (Finnish Institute of Occupational Health) เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1970 [10] โดยใช้ในการประเมินคนงานในโรงงานเหล็ก เนื่องจากพบปัญหาจำนวนคนงานที่มีการเจ็บป่วยเพิ่มขึ้นและมีการลาออกเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากมีอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกของพนักงาน วิธี OWAS เป็นวิธีที่ง่ายต่อการประเมินและมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมและบริการอย่างกว้างขวาง เช่น งานก่อสร้าง งานเกษตร

2.4.3 แบบประเมินโดยตรงด้วยการวัดจากเครื่องมือต่างๆ

การประเมินท่าทางของร่างกาย สามารถใช้เครื่องมือวัดด้วยมือ หรือใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์เครื่องมือที่วัดโดยการใช้มือ เช่น

1) การวัดความล้าของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG)

2) การวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อโดยใช้ โกนิโอมิเตอร์ (Goniometer)

3) การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Measurement)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวัดอัตราการใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption analyzer)

5) เครื่องมือการวัดการเคลื่อนไหว (Motion Analyzer)

2.5 การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์

จากการศึกษาในกลุ่มงานเกษตรพบว่าท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมของผู้ประกอบอาชีพเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน มักพบความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกได้ใน การงอข้อมือ ข้อศอก และแขนในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ในขณะที่เอียงตัวไปข้างหน้าในการแทงปาล์มน้ำมันต้นเตี้ย หรือเงยศีรษะขึ้นในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันต้นสูง ล้วนมีผลต่อการอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก ในการนำหลักการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้นั้น ต้องมีการคำนึงถึงความจริงที่เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคลในเรื่องความสูง รูปร่าง และขนาดสัดส่วน รวมทั้งระดับความแข็งแรงที่แตกต่างกัน ซึ่งล้วนมีความสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณา เพื่อให้พนักงานมีสุขภาพอนามัยที่ดีและมีความสะดวกสบายในการทำงาน และขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันนั้นมักจะมีปัญหาเรื่องท่าทางที่ไม่ปลอดภัย เช่น การก้มๆ เงยๆ ขณะเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ทำให้เกิดอาการปวดหลังตามมา และการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวในระยะเวลานานเกินไปจะส่งไหลให้เกิดการบาดเจ็บในส่วนของกล้ามเนื้อไหล่และข้อมือตามมาได้ ดังนั้นอาการบาดเจ็บและปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อเป็นปัญหาหลักทางด้านการยศาสตร์ของผู้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่มักจะได้รับ หลักการประเมินด้านการยศาสตร์มีด้วยกันหลายวิธี โดยการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันจะใช้การประเมินความเสี่ยงแบบ OWAS ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการประเมินและมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมและบริการอย่างกว้างขวาง เช่น งานเกษตร และการประเมินปัจจัยด้านการยศาสตร์ ในส่วนของท่าทางการทำงานโดยจะมีการพัฒนาในส่วนของเครื่องมือให้เหมาะสมกับการทำงาน ซึ่งเกิดจากการปรับปรุง ปรับเปลี่ยนแก้ไขให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานสูงสุด (รูปที่ 2.9)

รูปที่ 2.9 ภาพแสดงการประเมินตามหลักการยศาสตร์แบบ OWAS [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fedi et al. [1] ศึกษาความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกของคนงานในงานเกษตร เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูกในระหว่างการทำงาน (MSD) มีวิธีการหลากหลายวิธีในการลด MSD ในด้านการเกษตร รวมถึงการควบคุมด้านวิศวกรรมและการบริหารงานในอุตสาหกรรม วิธีที่ดีที่สุดควรคำนึงถึงคนงานเป็นหลักของแนวทางการแก้ไขปัญหา และควรพิจารณาในแง่มุมทางจิตสังคมและสังคมวัฒนธรรมของสภาพแวดล้อมในการทำงาน การพึ่งพาแรงงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานเกษตรเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่ง

Rozadi et al. [2] การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดปัจจัยเสี่ยงตามหลัก ระบุอุบัติเหตุทั่วไปที่คนงานต้องเผชิญในระหว่างการเก็บเกี่ยว และกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงต่อความเจ็บปวดและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในภาคสวนปาล์มน้ำมัน ในแง่ของความปลอดภัยและสุขภาพ สำหรับการวางแผนในอนาคตเพื่อลดความเจ็บปวดตามหลักสรีรศาสตร์ และช่วยโดยอ้อมในการปรับปรุงผลิตภาพของผู้ปฏิบัติงาน

อนุวัฒน์ และคณะ [3] การศึกษาแบบภาคตัดขวางนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกและปัจจัยเสี่ยงทางการยศาสตร์ที่สัมพันธ์กับอาการทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ในกลุ่มคนตัดปาล์ม จำนวน 159 คน โดยสุ่มแบบเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามระหว่างพักการทำงาน ข้อมูลที่ได้สามารถใช้ในการจัดการปัญหาสุขภาพและความปลอดภัย ในกลุ่มคนตัดปาล์มต่อไป

Aoife Osborne, et al. [4] เพื่อตรวจสอบความชุกของความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (MSDs) ในหมู่เกษตรกร โดยในการศึกษาระบุความชุกของ MSD ของร่างกายในเกษตรกรพบว่าการบาดเจ็บของแผ่นหลังลงมา (LBP) ของMSD ที่พบบ่อยที่สุด รองลงมาคือร่างกายส่วนบนและส่วนล่าง แนวโน้มที่รายงานบ่งชี้ว่าความชุกของความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกในเกษตรกรมีมากกว่าคนงานประเภทอื่นๆ เนื่องจากท่าทางการยืนและท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้องในการปฏิบัติงาน

Shamsul et al. [6] การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันเป็นงานที่มีความเสี่ยงสูง และงานอันตรายเป็นอย่างมากที่จะนำไปสู่ความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก (MSD) ในบรรดาผู้เก็บเกี่ยว พฤติกรรมการทำงานและเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานปัจจุบันในการทำงาน เป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มขึ้นของอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการออกแบบและการพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวต้นทุนต่ำ ตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดความเสี่ยงและปรับปรุงสภาพสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานให้มีความเสี่ยงน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lina et al. [7] การออกแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันนี้ ศึกษาเพื่อช่วยลดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูกส่วนของแผ่นหลัง และในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต จากการศึกษาพบว่าคนงานต้องแบกรับน้ำหนักของเครื่องมือเก็บเกี่ยวและมีท่าทางการเคลื่อนไหวตลอดเวลา จึงเริ่มออกแบบด้วยการวิเคราะห์ซึ่งจำลองในโปรแกรม CAD โดยใช้รูปแบบเครื่องมือแบบรถเข็นควบคู่เครื่องมือในการเก็บเกี่ยวตามหลักการยศาสตร์ เพื่อป้องกันการเกิดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก

Nawi et al. [8] การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินท่าทางการทำงานระหว่างการเก็บเกี่ยวผลปาล์มน้ำมันสด โดยการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์สำหรับผู้ปฏิบัติงานด้วยวิธี REBA จากการวิเคราะห์พบว่าคนงานส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบจากความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเฉพาะมือ การแก้ปัญหานี้แก้ได้ด้วยการฝึกและให้ความรู้แก่คนงานเกี่ยวกับการยศาสตร์ในการทำงาน

Lidilia et al. [9] แนวคิดของ Fuzzy logic ในกรณีศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์สำหรับผู้ปฏิบัติงานด้วยวิธี RULA โดยระบุความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในการทำงาน เนื่องจากคนงานเป็นทรัพยากรอันสำคัญแก่องค์กร หากมีการบาดเจ็บหรือการลาออก เป็นเรื่องสำคัญอย่างมากที่ส่งผลกระทบต่อองค์กรโดยตรง โดยวิธีการคือสังเกตถึงอุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน และลดอาการบาดเจ็บจากการทำงานในสภาพที่ไม่เหมาะสมหรือปรับปรุงแก้ไขท่าทางการทำงานที่เสี่ยงอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก

Katarzyna Grzybowska [10] การประเมินท่าทางการทำงานโดยวิธีการประเมินความเสี่ยงแบบ Ovako (OWAS) เป็นวิธีการประเมินแบบสังเกตที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม ซึ่งการประเมินจะตรวจสอบท่าทางของแต่ละบุคคล การศึกษานี้มีผู้ร่วมทดสอบเป็นอาสาสมัคร 20 คน โดยมีผู้ทำการประเมิน 3 คน ในห้องปฏิบัติการ โดยจำแนกร่างกายส่วนบน ในส่วนของแขน และหลัง และร่างกายส่วนล่าง คือขา ซึ่งไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างผู้ทำการประเมินทั้ง 3 คน ผลที่ได้จึงมีความน่าเชื่อถือ

Aliff et al. [11] การทำงานขนย้ายวัสดุด้วยมือ ส่วนใหญ่แล้วจะเกี่ยวข้องกับการยก การประคอง การวาง การผลักและดึง การถือ และการเคลื่อนย้ายของหนัก เมื่องานเหล่านี้ดำเนินการเป็นระยะเวลานานซ้ำแล้วซ้ำเล่า จะทำให้แขนของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมและปัจจัยเสี่ยงด้านสรีรศาสตร์ ตัวอย่างเช่น องค์ประกอบในการทำงานที่ต้องทำซ้ำบ่อยๆ อาจทำให้แขนต้องเผชิญกับร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเหนื่อยล้าทางร่างกาย อาจมีความเสี่ยงสูงหากงานของพนักงานต้องการสมาธิหรือใช้เวลามากขึ้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้ยังคงเกิดขึ้นในกระบวนการเก็บเกี่ยวน้ำมันปาล์มเนื่องจากคนงานยังคงใช้การจัดการด้วยมือ

Preethi et al. [12] ศึกษาการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน และทำการทดลองปฏิบัติงาน ในต้นปาล์มอายุ 10 ถึง 15 ปี ที่มีความสูงเฉลี่ย 20 ft ที่ไอคาร์-ไอโอปรุ โดยศึกษาสองวิธีของการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันคือการใช้เสียมและเคียว โดยได้จัดแบ่งกลุ่มการศึกษาบุคคล 2 ประเภท คือผู้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่มีทักษะประสบการณ์ และผู้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่ไม่มีทักษะประสบการณ์

สราและคณะ [13] อาชีวอนามัยและความปลอดภัยสำหรับเกษตรกรรายย่อยผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน สวัสดิภาพของแรงงานและสมาชิกในครัวเรือนถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอันนำไปสู่ความยั่งยืนของอาชีพนั้นๆ เพื่อให้เกษตรกรและแรงงานสามารถทำความเข้าใจนำไปปฏิบัติได้จริงนอกจากนั้นยังประกอบด้วย แบบสำรวจ การประเมินความเสี่ยง และแนวทางจัดทำแผนปรับปรุงสภาพการทำงาน ซึ่งเป็นการเตรียมพร้อมตามมาตรฐานปาล์มน้ำมันที่มีความยั่งยืน

Nilgün Fıgˇlalı, et al. [15] โรคกล้ามเนื้อและกระดูก (MSDs) จัดอยู่ในกลุ่มปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากท่าทางการทำงานที่ไม่ดี และยังส่งผลเสียต่อพนักงานทั้งในด้านประสิทธิภาพการทำงาน คุณภาพชีวิต และทั้งทางร่างกาย และกิจกรรมเพื่อสังคม การวิเคราะห์และปรับปรุงท่าทางการทำงานด้วยวิธีการทางการยศาสตร์ มีส่วนสำคัญในด้านการควบคุมประสิทธิภาพงานและการลดโรคกล้ามเนื้อและกระดูก OWAS (Ovako Working Posture Analyzing System) เป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานและสามารถนำไปใช้ได้สำเร็จ

จากการศึกษาในการเก็บเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยมีการเปรียบเทียบของผู้มีประสบการณ์ในอาชีพการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันกับผู้ริเริ่มเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ทำให้ทราบว่าท่าทางที่เหมาะสมในการทำงานตามหลักการยศาสตร์มีประเด็นที่น่าสนใจ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่โครงงานนี้ได้มีการศึกษาข้อมูลจากแนวคิดทฤษฎีบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทางด้านการยศาสตร์ ซึ่งขั้นตอนการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันจะมีปัญหาเรื่องท่าทางในการทำงานของผู้ไม่ชำนาญจะส่งผลเสียอย่างมากต่อร่างกายของผู้ทำงานทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ง่ายกว่าผู้ที่ทำงานชำนาญแล้ว จากการทำงานเกี่ยวกับปาล์มน้ำมันที่มีความสูงของต้นที่แตกต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาแรงเค้นเฉือนในการเก็บเกี่ยวร่วมกับการประเมินในการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ เพื่อช่วยลดโอกาสที่จะเกิดความผิดปกติจากกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกิดจากการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการปรับปรุงและดัดแปลงอุปกรณ์เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน วิธีการศึกษาความสัมพันธ์ของแรงกับท่าทางขณะเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน และเครื่องวัดแรงและแรงบิด และวิธีการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์แบบ OWAS

3.1 การปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ที่ใช้ในขณะปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน

ในการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ที่ใช้ในขณะปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ในส่วนของเครื่องวัดแรงสามแกน เดิมทีตัวกล่องส่วนควบคุมและบันทึกค่าผลทดลองทำจากวัสดุเหล็กที่มีน้ำหนักมาก จึงได้ปรับปรุงแก้ไข โดยเลือกใช้วัสดุที่เป็นอะคริลิคใส เพื่อทำการแก้ไขให้ตัวกล่องส่วนควบคุมและบันทึกค่าผลทดลองมีน้ำหนักที่เบามากยิ่งขึ้น ในส่วนของเครื่องวัดแรงและแรงบิด เดิมทีไม่สามารถถอด - เปลี่ยนใบมีดได้ จึงทำการปรับปรุงโดยการทำหน้าแปลนที่ยึดติดกับใบมีดขึ้นมา เพื่อให้สามารถถอด – เปลี่ยน ใบมีดได้

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

1. ใบมีดขนาด 5” เนื่องจากใบมีดแบบเดิมมีขนาดหน้าตัดที่เล็ก ทำให้ขณะปฏิบัติงานต้องใช้แรงในการตัดเยอะ จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อง่ายต่อการทำงาน (รูปที่ 3.1)

รูปที่ 3.1 ใบมีด หน้ากว้างขนาด 5”

2. แผ่นเหล็กหนา 6 mm ขนาด 60 x 60 cm จำนวน 2 แผ่น ใช้ทำเป็นหน้าแปลนยึดติดกับใบมีด และใช้เป็นหน้าแปลนของเครื่องวัดแรงและแรงบิด

3. เหล็กท่อกลมกลวงหนา 32 mm ยาว 6 cm จำนวน 1 ท่อน เพื่อนำไปเชื่อมยึดติดกับใบมีดที่ทำการเปลี่ยนขนาดมาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เหล็กท่อกลมตันหนา 29 mm ยาว 6 cm จำนวน 1 ท่อน เพื่อนำไปเชื่อมต่อกับหน้าแปลน แล้วนำไปตอกอัดเข้าเครื่องวัดแรงและแรงบิด

5. แบตเตอร์รี่ชนิด Lipo รุ่น HELICOX 12V 900mAh เพื่อจ่ายไฟไปให้ตัวบอร์ดอาดูโน่ ที่อยู่ในเครื่องวัดแรงและแรงบิด กับเครื่องวัดแรงสามแกน

6. เครื่องชาร์จแบตเตอร์รี่ชนิด Lipo รุ่น imax เพื่อนำไปชาร์จแบตเตอรี่ชนิด Lipo ให้พร้อมต่อการใช้งาน

7. เวอร์เนียคาลิปเปอร์ เครื่องวัดระยะที่มีความแม่นยำสูงมีความละเอียดแบบมีสเกลในการวัดมักกำหนดความละเอียดไว้ที่ 0.01 mm หรือหนึ่งในพันนิ้ว ใช้วัดขนาดชิ้นงานกลึงของเหล็กท่อกลม

8. แผ่นอะคริลิคใส ขนาด 38 x 300 x 30 mm จำนวน 2 แผ่น และขนาด 76 x 300 x 30 mm จำนวน 2 แผ่น ใช้ทำเป็นกล่องใส่บอร์ดอาดูโน่ และเป็นวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า มีน้ำหนักเบา และมีความทนทานต่อแรงกระแทกขณะปฏิบัติงาน

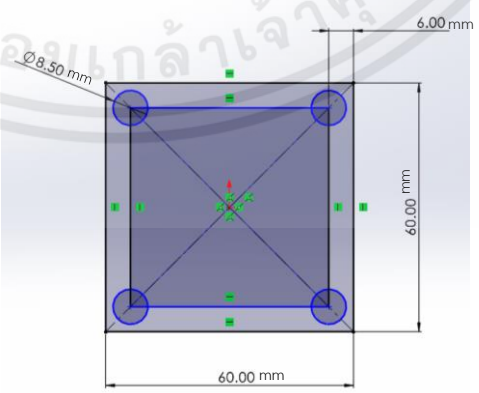
9. ท่อ PVC ขนาด ½” ยาว 8 cm นำมาเชื่อมติดกับส่วนควบคุมและบันทึกค่าผลการทดลองเพื่อให้สายไฟของตัวเครื่องเชื่อมเข้ากับบอร์ดอาดูโน่ได้

10. ตลับเมตร Stanley ขนาด 3 m ใช้วัดขนาดระยะความยาวของตัวแผ่นอะคริลิคใสเพื่อทำการตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ

11. คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค Acer รุ่น e5-553g-t03k ใช้ร่วมกับโปรแกรม SolidWorks version 2020 ในการออกแบบแผ่นเหล็ก

3.1.2 วิธีดำเนินการ

1. ออกแบบแผ่นเหล็กขนาด 60 x 60 mm หนา 6 mm ด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยจะทำการเจาะรูแผ่นเหล็กขนาด 8.50 mm ทั้งหมดสี่รู เพื่อที่จะทำหน้าแปลนยึดใบมีดให้กับเครื่องทดลองทั้งสองเครื่อง (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 แบบจำลองแผ่นเหล็กที่ออกแบบให้ได้ขนาด 60 x 60 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กัดแผ่นเหล็กที่มีความหนา 6 mm ด้วยเครื่องกัด ให้ได้ขนาดความกว้าง 60 mm ยาว 60 mm ทั้งหมด 4 ชิ้น

3. เจาะรูแผ่นเหล็กที่ทำการกัดทั้งหมด 4 ชิ้น ให้ได้ขนาด 8.5 mm ทั้งหมด 4 รู เพื่อทำเป็นหน้าแปลนยึดติดกับเครื่องมือวัดแรงในขณะเก็บเกี่ยวทะลายปาล์ม

4. นำเหล็กท่อกลม ขนาด 32 mm มาเชื่อมติดกับเหล็กแผ่นที่ทำการกัด แล้วผ่าเหล็กท่อกลมเข้าไป 70 mm เพื่อจะนำใบมีดตัดทะลายปาล์มมาเชื่อมติดกัน ทั้งหมดจำนวน 2 ชิ้น

5. กลึงเหล็กตันให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29 mm ยาว 80 mm ด้วยเครื่องกลึงทั้งหมด 2 ชิ้น และนำเหล็กตันไปเชื่อมติดกับแผ่นเหล็กเจาะรูที่เตรียมไว้ก่อนหน้าจำนวน 2 ชิ้น

6. นำเหล็กตันที่เชื่อมติดกับเหล็กแผ่น อัดด้วยการใช้ค้อนอัดเข้ากับของตัวเครื่องวัดแรงกับแรงบิดและเครื่องวัดแรงสามแกน เพื่อทำหน้าที่เป็นหน้าแปลนที่จะยึดติดกับใบเสียม

7. นำใบเสียมตัดทะลายปาล์มที่สามารถถอด - เปลี่ยนได้ มาประกอบโดยวิธีขันน็อตเข้ากับเครื่องวัดแรงกับแรงบิดและเครื่องวัดแรงสามแกน (รูปที่ 3.3 (ก) และ (ข))

(ก) (ข)

รูปที่ 3.3 (ก) เครื่องวัดแรงสามแกน (ข) เครื่องวัดแรงและแรงบิด

8. นำแผ่นอะคริลิคใสมาวัดด้วยตลับเมตรและตัดด้วยเลื่อยฉลุให้ได้ขนาด 96.52 x 762 x 76.2 mm จำนวน 2 แผ่น และขนาด 193.04 x 762 x 76.2 mm จำนวน 2 แผ่น

9. นำแผ่นอะคริลิคใสทั้ง 4 ชิ้น นำมาประกอบเป็นกล่องโดยใช้กาวร้อนและใส่น็อตเกลียวปล่อยขนาด ½” จำนวน 4 ตัว ยึดตัวแผ่นอะคริลิคใสไว้ พร้อมติดตั้งท่อ PVC เข้ากับกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. นำกล่องที่ได้ปรับเปลี่ยนใหม่ มาติดตั้งกับส่วนควบคุมและบันทึกค่าผลการทดลอง และจัดวางสายไฟให้เรียบร้อย (รูปที่ 3.4)

รูปที่ 3.4 ส่วนควบคุมและบันทึกค่าผลการทดลอง

3.2 การทดลองภาคสนาม

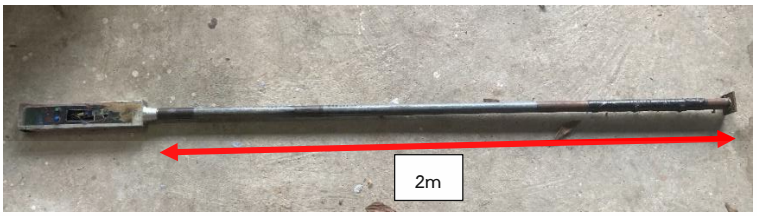
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

1. ใบมีดขนาด 5” ปรับปรุงจากขนาดเดิม 3” ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัด ช่วยให้การตัดแต่ละครั้งมีความลึกและความกว้างของรอยตัดมากกว่าใบมีดขนาดพื้นที่น้อย เพื่อช่วยในการตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันให้ง่ายขึ้น (รูปที่ 3.5)

รูปที่ 3.5 ใบมีด หน้ากว้างขนาด 5”

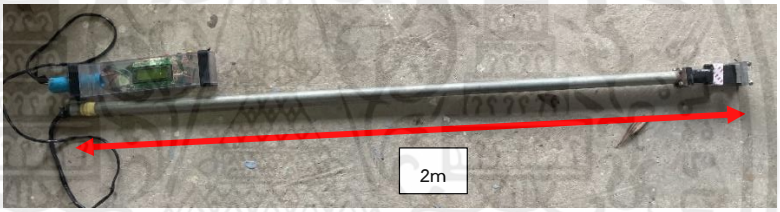
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องวัดแรงและแรงบิด ขนาดความยาวด้ามเก็บเกี่ยว 2 m เป็นเครื่องมือที่ใช้ปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยใช้แรงจากคนงาน ส่งแรงไปยังขั้วทะลายปาล์มน้ำมันเพื่อให้ขาดออกจากต้น โดยวัดแรงออกมาเป็น แรง(แรงดึงเข้าออก)และแรงบิด(แรงบิดซ้ายขวา) (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดแรงและแรงบิด

3. เครื่องวัดแรงสามแกน ขนาดความยาวด้ามเก็บเกี่ยว 2 m เป็นเครื่องมือที่ใช้ปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยใช้แรงจากคนงาน ส่งแรงกระทุ้งไปยังขั้วทะลายปาล์มน้ำมันเพื่อให้ขาดออกจากต้น โดยวัดแรงออกมาเป็นสามแกน(x, y, z) (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 เครื่องวัดแรงสามแกน

4. คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค HP รุ่น Pavilion Gaming Laptop 15-cx0xxx นำไปใช้ร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0 และ กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSence รุ่น D455 เพื่อเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้ปฏิบัติงานให้ออกมาในรูปแบบ 3 มิติและบันทึกข้อมูลทั้งหมดจากการทดสอบ

5. โปรแกรม Bandicam version 4.2.0.1439 เป็นโปรแกรมที่ใช้บันทึกหน้าจอ เพื่อดูผลทดลองที่ใช้ร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0 ขณะปฏิบัติงาน

6. กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSence รุ่น D455 มีช่วงการรับแสงมากขึ้นสองเท่า เพิ่มประสิทธิภาพกล้องที่สูงขึ้น โดยเพิ่มระยะระหว่างเซ็นเซอร์วัดระยะความลึกเป็น 95 mm ช่วยลดข้อผิดพลาดระยะชัดลึกลงต่ำกว่า 2% ที่ระยะ 4 m อีกทั้งยังมีเซ็นเซอร์ RGB ที่มีฟังก์ชั่น Global shutter และขอบเขตการมองเห็นที่ตรงกับขอบเขตการมองเห็นระยะชัดลึกที่ 86° สามารถวัดความชัดลึกและระยะของผู้ปฏิบัติงานในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน ร่วมกับ โปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0 (รูปที่ 3.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

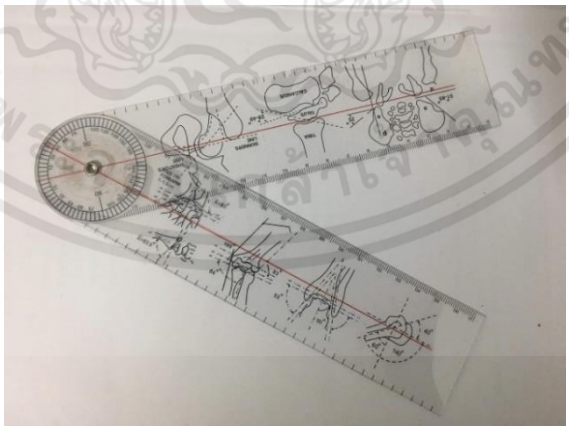
รูปที่ 3.8 กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSence รุ่น D455

7. ขาตั้งกล้อง YUNTENG ใช้เพื่อจับยึดตัวกล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSence รุ่น D455 ให้ตั้งตรง และตั้งปรับระดับมุมกล้องให้เหมาะสมกับการเก็บผลทดสอบขณะปฏิบัติงาน

8. โปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0 เป็นโปรแกรมที่ใช้วัดการเคลื่อนไหวของผู้ปฏิบัติงานให้ออกมาในรูปแบบ 3 มิติ ขณะปฏิบัติงานเพื่ออ่านค่าตามจุดพิกัดต่างๆ บนตัวผู้ทดสอบ

9. สาย SuperSpeed USB Type-C ยี่ห้อ Wurth Elektronik รุ่น Awm 20276 Vw-1 Usb 3.1 ยาว 1 m เป็นตัวเชื่อมเข้าระหว่างตัวกล้อง Depth Camera กับคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค เพื่ออ่านค่าผ่านโปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0 ขณะปฏิบัติงาน

10. Goniometer ใช้วัดขนาดพื้นที่และองศาการตัดเฉือนของทางปาล์มและขั้วทะลายปาล์มน้ำมัน ซึ่งการตัดแต่ละครั้งจะเกิดรอยในการตัดซึ่งสามารถวัดค่าได้จากระยะรอยจากการตัด จากนั้นนำค่าไปวิเคราะห์และคำนวณออกเป็นข้อมูล (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 Goniometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. กระดาษ นำมาจดค่าระหว่างเก็บผลจาก Goniometer ที่ได้จากการวัดขนาดพื้นที่ของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน

12. ดินสอ นำมาจดค่าระหว่างเก็บผลจาก Goniometer ที่ได้จากการวัดขนาดพื้นที่ของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน

13. กล้องบันทึกภาพนิ่ง นำมาบันทึกภาพระหว่างเก็บผลจาก Goniometer ที่ได้จากการวัดองศาการตัดเฉือนของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน

3.2.2 วิธีดำเนินงาน

1. ติดตั้งกล้อง Intel RealSense รุ่น D455 เข้ากับขาตั้งกล้องและต่อ USB ของกล้องเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB-C -3.1 พร้อมเปิดโปรแกรม Skeleton tracking SDK และอัดหน้าจอด้วยโปรแกรม Bandicam เพื่อบันทึกค่าทดลอง

2. ให้อาสาสมัคร 5 คน แบ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ 2 คน อายุ 41.5 ± 3.5 ปี น้ำหนัก 59 ± 1.4 kg ส่วนสูง 170.5 ± 7.7 cm ผู้ไม่มีประสบการณ์ 2 คน อายุ 22.5 ± 0.7 ปี น้ำหนัก 64 ± 2.8 kg ส่วนสูง 176.5 ± 2.1 cm บันทึกข้อมูลขณะตัดทะลายปาล์มและทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องมือวัดแรงและแรงบิดกับต้นปาล์มที่มีความสูง 0 – 0.5 m, 0.5 – 1 m และ 1 – 1.5 m ตามลำดับ (รูปที่ 3.10)

รูปที่ 3.10 ขณะเก็บเกี่ยวทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

3. วัดองศาและพื้นที่ของทะลายปาล์มและทางปาล์มด้วย Goniometer (รูปที่ 3.11) (หากผู้สนใจศึกษาผลการหาขนาดพื้นที่ของทางปาล์มและขั้วทะลายปาล์มน้ำมัน สามารถศึกษาต่อได้จากภาคผนวก จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 ขณะวัดมุมองศาและหาขนาดพื้นที่ขั้วทะลายปาล์มน้ำมันด้วย Goniometer

4. นำข้อมูลของแรงที่ใช้และข้อมูลพิกัดฉากที่ได้มาวิเคราะห์ผล (หากผู้สนใจศึกษาผลการทดลองเกี่ยวกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK สามารถศึกษาต่อได้จากภาคผนวก ช และหากผู้สนใจศึกษาผลการทดลองของแรงระหว่างปฏิบัติงาน สามารถศึกษาต่อได้จากไฟล์ CD)

5. ให้อาสาสมัคร 5 คน แบ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ 3 คน อายุ 38 ± 14.5 ปี น้ำหนัก 67.3 ± 14.4 kg ส่วนสูง 176 ± 11.5 cm ผู้ไม่มีประสบการณ์ 2 คน อายุ 22.5 ± 0.7 ปี น้ำหนัก 64 ± 2.8 kg ส่วนสูง 176.5 ± 2.1 cm บันทึกข้อมูลขณะตัดทะลายปาล์มและทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องมือวัดแรงสามแกนกับต้นปาล์มที่มีความสูง 0 – 0.5 m, 0.5 – 1 m และ 1 – 1.5 m ตามลำดับ (รูปที่ 3.12) และดำเนินงานตามข้อ 3 และ 4 อีกครั้ง

รูปที่ 3.12 ขณะเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน

3.3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงท่าทางการทำงานโดยวิธี OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

3.3.1 วัสดุอุปกรณ์

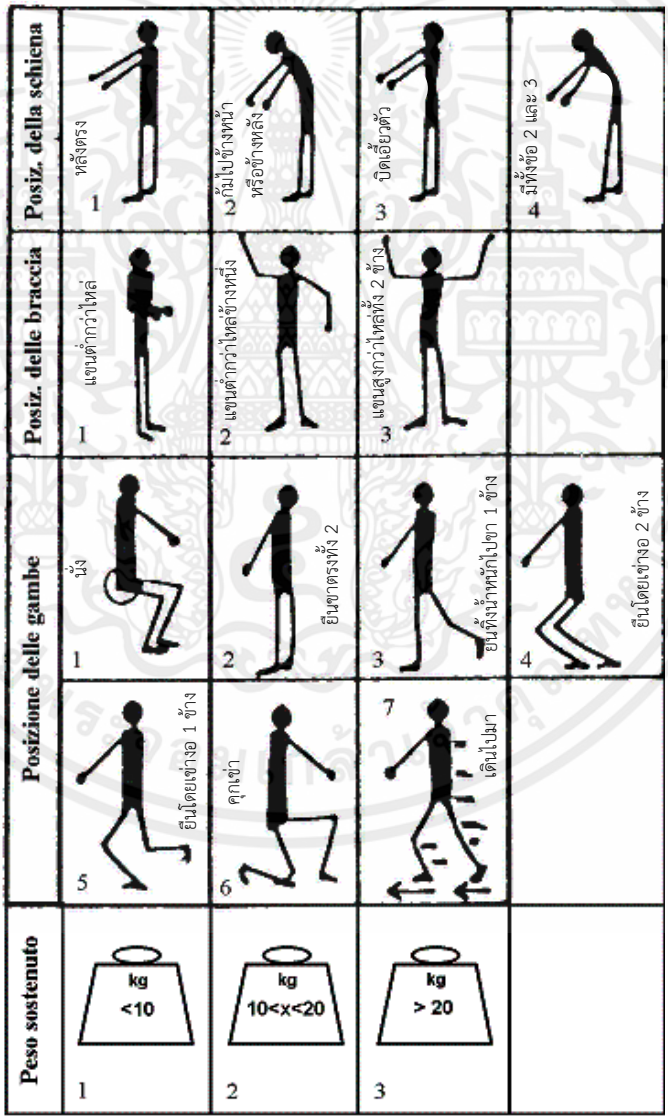
1. คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค Acer รุ่น e5-553g-t03k
2. วิดีโอจากการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วิธีดำเนินการ

1. ดูวิดีโอการทดสอบการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่บันทึกไว้ ด้วยการย้อนกลับวิดีโอไปยังแต่ละท่าทางและหยุดเป็นภาพนิ่ง จากนั้นสังเกตท่าทางที่ต้องการประเมิน ซึ่งการดูข้อมูลจากวิดีโอสามารถมองเห็นรายละเอียดท่าทางของผู้ปฏิบัติงานเป็นรูปร่างของก้างปลา โดยพิจารณาสองช่วงการทำงาน คือ ก่อนแทงทะลายปาล์มน้ำมันหรือทางปาล์มน้ำมัน และหลังแทงทะลายปาล์มน้ำมันหรือทางปาล์มน้ำมัน

2. ทำการวิเคราะห์ตามตารางการให้คะแนนการประเมินความเสี่ยงท่าทางโดยวิธี OWAS ขั้นตอนแรกเลือกภาพนิ่งจากวิดีโอที่ได้ทำการเลือกไว้ โดยการประเมินจะแยกเป็น 4 ด้าน คือ หลัง แขน ขา และออกแรง ซึ่งจะได้เป็นรหัสของแต่ละด้านรวม 4 ตำแหน่ง เรียกว่า รหัส OWAS โดยตัวอย่างขั้นตอนการประเมิน OWAS สามารถพิจารณาจากรูป 3.13 และ 3.14 ดังนี้



รูปที่ 3.13 ท่าทางในการวิเคราะห์ความเสี่ยงท่าทางการทำงานโดยวิธี OWAS [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 การทดสอบแทงทางปาล์มน้ำมัน

3. การประเมินส่วนแรกจะเป็นการพิจารณาส่วนหลังของผู้ปฏิบัติงาน โดยรหัส 1 คือท่าทางของหลังตั้งตรง รหัส 2 คือท่าทางที่ก้มตัวไปด้านหน้าหรือด้านหลัง รหัส 3 คือ บิดตัว เอี้ยวตัวหรือก้มไปทางด้านข้าง และรหัส 4 คือทั้งก้มและบิดเอี้ยวตัวรวมกัน การประเมินความเสี่ยงเมื่อเปรียบเทียบจากรูป 3.14 และตาราง 3.1 ส่วนของหลังจะได้รหัส คือ 4

ตารางที่ 3.1 แสดงการประเมินท่าทางของหลังโดยวิธี OWAS [19]

รหัส	ท่าทาง
1	ตรง
2	ก้มตัวด้านหน้าหรือหลัง
3	บิดตัว เอี้ยวตัว หรือก้มไปทางด้านข้าง
4	ก้มและบิดเอี้ยวตัว (มีทั้งระดับ 2 และระดับ 3)

4. การประเมินส่วนที่สอง จะเป็นการพิจารณาท่าทางของแขนในการปฏิบัติงานจะสังเกตแขนทั้ง 2 ข้างของผู้ปฏิบัติงาน โดยรหัส 1 คือแขนทั้ง 2 ข้างอยู่ต่ำกว่าไหล่ รหัส 2 แขนข้างใดข้างหนึ่งอยู่ระดับเดียวหรือสูงกว่าไหล่ และรหัส 3 แขนทั้ง 2 ข้างอยู่ระดับเดียวหรือสูงเหนือไหล่ การประเมินความเสี่ยงเมื่อเปรียบเทียบจากรูป 3.14 และตาราง 3.2 ส่วนของแขนจะได้รหัส คือ 1

ตารางที่ 3.2 แสดงการประเมินท่าทางของแขนโดยวิธี OWAS [19]

รหัส	ท่าทาง
1	แขนทั้ง 2 ข้างอยู่ในระดับต่ำกว่าไหล่
2	แขนข้างใดข้างหนึ่งอยู่ในระดับเดียวกับหรือสูงกว่าไหล่
3	แขนทั้ง 2 ข้างอยู่ระดับเดียวกับหรือสูงกว่าไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การประเมินส่วนที่สาม จะเป็นการพิจารณาท่าทางของขาในการปฏิบัติงาน โดยรหัส 1 คือ นั่งโดยน้ำหนักของร่างกายอยู่บนบั้นท้าย และตำแหน่งขาจะห้อยอยู่ด้านล่าง รหัส 2 คือ ยืนโดยขาตรงทั้ง 2 ข้าง รหัส 3 คือ ยืนโดยทิ้งน้ำหนักไปที่ขาข้างใดข้างหนึ่ง ต่อมารหัส 4 คือ ยืนหรือนั่งยองๆ โดยเข่างอทั้ง 2 ข้าง รหัส 5 คือ ยืนหรือนั่งๆ ยอง โดยงอเข่าข้างเดียว รหัส 6 คือ คุกเข่าข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง และรหัส 7 คือการเดินหรือเคลื่อนไหวไปมา การประเมินความเสี่ยงเมื่อเปรียบเทียบจากรูป 3.14 และตาราง 3.3 ส่วนของขาจะได้รหัส คือ 4

ตารางที่ 3.3 แสดงการประเมินท่าทางของขาโดยวิธี OWAS [19]

รหัส	ท่าทาง
1	นั่งโดยน้ำหนักของร่างกายอยู่บนบั้นท้าย และตำแหน่งขาจะอยู่ด้านล่าง
2	ยืนโดยขาตรงทั้ง 2 ข้าง
3	ยืนโดยน้ำหนักลงที่ขาข้างใดข้างหนึ่งที่เป็นขาข้างที่ตรง
4	ยืนหรือนั่งยองๆโดยเข่างอทั้ง 2 ข้าง
5	ยืนหรือนั่งยองๆโดยเข่างอข้างเดียว
6	คุกเข่าข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง
7	เดินหรือเคลื่อนที่ไปมา

6. การประเมินในขั้นตอนนี้จะเป็นการประเมินภาระ ว่าผู้ปฏิบัติงานต้องแบกภาระน้ำหนักที่ถือมากน้อยเพียงใด หรือผู้ปฏิบัติต้องออกแรงการทำงานมากน้อยเพียงใด โดยรหัส 1 คือน้ำหนักหรือแรงที่ออกไม่เกิน 10 kg รหัส 2 คือน้ำหนักหรือแรงที่ออกมากกว่า 10 kg แต่ไม่เกิน 20 kg รหัส 3 คือน้ำหนักหรือแรงที่ออกมากกว่า 20 kg การประเมินความเสี่ยงเมื่อเปรียบเทียบจากรูป 3.14 และตาราง 3.4 ส่วนของภาระหรือแรงที่ใช้ จะได้รหัส คือ 2

ตารางที่ 3.4 แสดงการประเมินน้ำหนักหรือการออกแรงโดยวิธี OWAS [19]

ระดับ	ท่าทาง
1	น้ำหนักหรือแรงที่ออกไม่เกิน 10 kg
2	น้ำหนักหรือแรงที่ออกมากกว่า 10 kg แต่ไม่เกิน 20 kg
3	น้ำหนักหรือแรงที่ออกมากกว่า 20 kg

7. หลังจากการประเมินทั้ง 4 ขั้นตอน คือ หลัง แขน ขา และออกแรง ซึ่งจะได้เป็นรหัสของแต่ละด้านรวม 4 ตำแหน่ง เรียกว่า รหัส OWAS นำผลไปอ่านค่าการให้คะแนนจากการประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS ได้ดังตาราง 3.5 โดยระดับความเสี่ยงของท่าทางการแทงทางปาล์มน้ำมันอยู่ในระดับ 4 คือมีอันตรายมาก หรือหมายความว่า ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวมีความเสี่ยงสูงมากที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก ดังแสดงในตาราง 3.6

ตาราง 3.5 การให้คะแนนจากการประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS [19]

แต้มหลัง	แต้มแขน	1			2			3			4			5			6			7			แต้มขา
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	การออกแรง
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

ตาราง 3.6 แสดงระดับของการดำเนินการการประเมินความเสี่ยงแบบ OWAS

ระดับ	อันตรายจากภาระงาน	การดำเนินการ
1	ไม่เป็นอันตราย (ยอมรับได้)	ไม่ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากการทำงานดังกล่าวเป็นท่าทางปกติไม่มีอันตราย หรือมีความเสี่ยงที่จะส่งผลต่อการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก
2	มีอันตรายเล็กน้อย	ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในไม่ช้า เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าว อาจมีผลกระทบหรือก่อให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก
3	มีอันตรายชัดเจน	ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยเร็ว เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวมีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก
4	มีอันตรายมาก	ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวมีความเสี่ยงสูงมากที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การหาค่าองศาการแกว่งแขนขณะปฏิบัติงานโดยใช้กล้องชัดลึกร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking

3.4.1 วัสดุอุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค HP รุ่น Pavilion Gaming Laptop 15-cx0xxx
2. โปรแกรม Bandicam version 4.2.0.1439 เป็นโปรแกรมที่ใช้บันทึกหน้าจอ เพื่อดูผลทดลองที่ใช้ร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0 ขณะปฏิบัติงาน
3. กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSence รุ่น D455
4. ขาตั้งกล้อง YUNTENG
5. โปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0
6. สาย SuperSpeed USB Type-C ยี่ห้อ Wurth Elektronik รุ่น Awm 20276 Vw-1 Usb 3.1

3.4.2 วิธีดำเนินการ

1. ติดตั้งกล้อง Intel RealSense เข้ากับขาตั้งกล้องให้ได้ความสูงจากพื้น 120 cm
2. ทำการต่อกล้อง Intel RealSense เข้ากับคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คผ่านพอร์ต USB-C-3.1
3. เปิดโปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0
4. อัดวิดีโอระหว่างปฏิบัติงานจนเสร็จสิ้นกระบวนการ
5. ดูวิดีโอการทดสอบการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่บันทึกไว้ ด้วยการย้อนกลับวิดีโอไปยังแต่ละท่าทางและหยุดเป็นภาพนิ่ง จากนั้นสังเกตท่าทางที่ต้องการหาค่าองศาการแกว่งแขน ซึ่งการดูข้อมูลจากวิดีโอสามารถมองเห็นรายละเอียดท่าทางของผู้ปฏิบัติงานเป็นรูปร่างของก้างปลา โดยพิจารณาสองช่วงการทำงาน คือ ก่อนแทงทะลายปาล์มน้ำมันหรือทางปาล์มน้ำมัน และหลังแทงทะลายปาล์มน้ำมันหรือทางปาล์มน้ำมัน
6. ขั้นตอนแรกนำภาพก่อนแทงทางปาล์มน้ำมันมาหาจุดพิกัด โดยให้ข้อศอกเป็นจุด A1 และข้อมือเป็นจุด B1 และภาพหลังแทงทางปาล์มน้ำมัน โดยให้ข้อศอกเป็นจุด A2 และข้อมือเป็นจุด B2

(ก) (ข)

รูปที่ 3.15 การทดสอบแทงทางปาล์มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. จากนั้นนำพิกัดของทั้งสองรูปไปคำนวณหาด้วยวิธี Dot product จะได้ค่าองศาการแกว่งแขนดังรูปที่ 3.16 (หากผู้สนใจศึกษาวิธีการคำนวณด้วยวิธี Dot product สามารถศึกษาต่อได้จากภาคผนวก)

รูปที่ 3.16 มุมที่เกิดขึ้นเมื่อทำการแทงทางปาล์มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองแทงทางปาล์มน้ำมันและทะลายปาล์มน้ำมัน ร่วมกับการประเมินความเสี่ยงท่าทางในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยวิธี OWAS และ RULA* เพื่อประเมินแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างแรงและระดับความสูงของต้นปาล์มขณะเก็บเกี่ยว

* ไม่สามารถวิเคราะห์การประเมินความเสี่ยงโดยวิธี RULA ได้ เพราะไม่สามารถอธิบายการประเมินส่วนของลำตัวที่ใช้พิจารณาในการประเมินร่วมกับส่วนอื่นๆ เนื่องจากอุปกรณ์มีข้อจำกัด และจะมีการนำไปพัฒนาต่อไปในอนาคต

4.1 การประเมินความเสี่ยงท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยวิธี OWAS

4.1.1 จากการทดลองเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด แบ่งเป็นคนมีประสบการณ์ 2 คน และไม่มีประสบการณ์ 2 คน แล้วบันทึกด้วยกล้อง จากนั้นนำผลที่ได้มาประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานโดยวิธี OWAS โดยมีช่วงการทำงาน ได้แก่ ก่อนแทงทะลายปาล์ม และ หลังแทงทะลายปาล์ม ได้ดังตาราง 4.1 และตาราง 4.2

ตารางที่ 4.1 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในต้นปาล์มช่วงความสูง 0 – 0.5 m ด้วยวิธี OWAS

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
1. Experienced	Before cutting		4	1	4	2	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
	After cutting		4	1	4	2	4
2. No Experience	Before cutting		4	1	6	2	4
	After cutting		4	1	6	2	4

การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานตามวิธี OWAS พบว่า การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0 – 0.5 m ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) จากกลุ่มตัวอย่างพบความชุกของการเกิดอาการบาดเจ็บจากระบบกระดูกและกล้ามเนื้อมากที่สุด เนื่องจากท่าทางในการตัดปาล์มน้ำมัน บริเวณลำตัวและคอต้องโน้มลงไปข้างหน้าค่อนข้างมาก บิดเอี้ยวหรือเอียงลำตัวให้ก้มต่ำเพื่อให้อยู่ในระดับเดียวกับความสูงของต้นปาล์ม ในขณะที่ข้อมือออกแรงบิด ส่งแรงกระทุ้งหรือกระชากทลายปาล์มในท่าทางที่ไม่สะดวกสบาย ซึ่งท่าทางการทำงานดังกล่าว มีความเสี่ยงสูงมากที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก โดยขั้นตอนการง้างเสียมก่อนเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันทั้งคนชำนาญและไม่ชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่ผิดปกติ บริเวณที่พบอาการผิดปกติมากที่สุดคือ แผ่นหลังส่วนบน แผ่นหลังส่วนล่าง เข่า และคอ และขั้นตอนการชักเสียมออกหลังเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันทั้งคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชำนาญและไม่ชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่ผิดปกติ บริเวณที่พบอาการผิดปกติมากที่สุดคือ แผ่นหลังส่วนบน แผ่นหลังส่วนล่าง เข่า และคอ

ตารางที่ 4.2 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในต้นปาล์มช่วงความสูง 0.5 – 1 m ด้วยวิธี OWAS

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
1. Experienced	Before cutting		3	1	4	2	3
	After cutting		2	1	4	2	3
2. No Experience	Before cutting		3	1	5	2	4
	After cutting		2	1	4	2	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานตามวิธี OWAS พบว่า การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงของท่าทางการ ทำงานอยู่ในระดับ 3 (มีอันตรายชัดเจน) จากกลุ่มตัวอย่างพบความชุกของการเกิดอาการบาดเจ็บจากระบบกระดูกและกล้ามเนื้อมาก เนื่องจากท่าทางในการตัดปาล์มน้ำมัน บริเวณลำตัวและคอมีการก้มไปข้างหน้าเล็กน้อยถึงปานกลาง มีการบิดเอี้ยวหรือเอียงลำตัวน้อยถึงปานกลางขึ้นอยู่กับความชำนาญเนื่องจากเป็นระดับความสูงที่พอดีในการเก็บเกี่ยว ในขณะที่ข้อมือออกแรงบิด ส่งแรงกระทุ้งหรือกระชากทลายปาล์มอยู่ในท่าทางที่สะดวกในการออกแรง ซึ่งท่าทางการทำงานดังกล่าว มีความเสี่ยงสูงที่จะทำ ให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก โดยขั้นตอนการง้างเสียมก่อนเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน คนชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 3 (มีอันตรายชัดเจน) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยเร็ว เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่ไม่สะดวกสบาย ความสูงของผู้เก็บเกี่ยวเข้ามามีผลทำให้ได้รับความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกมากบริเวณ แผ่นหลังส่วนล่าง เข่า และข้อมือ และคนไม่ชำนาญมีระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่ไม่ถูกต้อง มีการออกแรงบิดมือและข้อมือมากเกินความจำเป็น และมีการขยับเอี้ยวตัวไปทางด้านหน้ามากเกินไป ทำให้มีความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกมากบริเวณ แผ่นหลังส่วนล่างบน แผ่นหลังส่วนล่าง มือและข้อมือ และขั้นตอนชักเสียมออกหลังเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันทั้งคนชำนาญและไม่ชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในมีระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับ 3 (มีอันตรายชัดเจน) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยเร็ว เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่ผิดปกติ บริเวณที่พบอาการผิดปกติมากที่สุดคือ แผ่นหลังส่วนบน แผ่นหลังส่วนล่าง คอ และข้อมือ

4.1.2 จากการทดลองเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน แบ่งเป็นคนมีประสบการณ์ 3 คน และไม่มีประสบการณ์ 2 คน แล้วบันทึกด้วยกล้องโทรศัพท์มือถือ จากนั้นนำผลที่ได้มาประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานโดยวิธี OWAS โดยมีช่วงการทำงาน ได้แก่ ก่อนแทงทะลายปาล์ม และหลังแทงทะลายปาล์ม ได้ดังตาราง 4.3 – 4.5

ตารางที่ 4.3 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกนในต้นปาล์มช่วงความสูง 0 – 0.5 m ด้วยวิธี OWAS

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
1. Experienced	Before cutting		2	1	4	2	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
	After cutting		4	1	4	2	4
2. No Experience	Before cutting		4	1	4	2	4
	After cutting		4	1	4	2	4

การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานตามวิธี OWAS พบว่า การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0 – 0.5 m ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) จากกลุ่มตัวอย่างพบความชุกของการเกิดอาการบาดเจ็บจากระบบกระดูกและกล้ามเนื้อมากที่สุด เนื่องจากท่าทางในการตัดปาล์มน้ำมัน บริเวณลำตัวและคอต้องโน้มลงไปข้างหน้าค่อนข้างมาก บิดเอี้ยวหรือเอียงลำตัวให้ก้มต่ำเพื่อให้อยู่ในระดับเดียวกับความสูงของต้นปาล์ม ในขณะที่ข้อมือออกแรงบิด ส่งแรงกระทุ้งหรือกระชากทลายปาล์มในท่าทางที่ไม่สะดวกสบาย ซึ่งท่าทางการทำงานดังกล่าว มีความเสี่ยงสูงมากที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก โดยขั้นตอนการง้างเสียมก่อนเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน คนชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 3 (มีอันตรายชัดเจน) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยเร็ว เนื่องจากท่าพร้อมก่อนแทงอยู่ในท่าที่บิดเอี้ยวลำตัวมากเกินไป ทำให้ได้รับความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกมาก บริเวณ แผ่นหลังส่วนล่าง และข้อมือ และคนไม่ชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่สุ่มเสี่ยง ท่าพร้อมก่อนแทงมีการก้มตัวมากเกินความจำเป็นทำให้บริเวณที่พบอาการผิดปกติมากที่สุดคือ แผ่นหลังส่วนบน แผ่นหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนล่าง เข่า และคอ และขั้นตอนการชักเสียมออกหลังเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันทั้งคนชำนาญและไม่ชำนาญ มีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่สุ่มเสี่ยง เนื่องจากมีการเกร็งกล้ามเนื้อ มีการบิดเอี้ยวลำตัว การก้มโน้มไปด้านหน้าที่มากเกินไป บริเวณที่พบอาการผิดปกติมากที่สุดคือ แผ่นหลังส่วนบน แผ่นหลังส่วนล่าง เข่า และคอ

ตาราง 4.4 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกนในต้นปาล์มช่วงความสูง 0.5 – 1 m ด้วยวิธี OWAS

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
1. Experienced	Before cutting		2	1	4	2	3
	After cutting		2	1	5	2	3
2. No Experience	Before cutting		3	1	5	2	4
	After cutting		2	1	5	2	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานตามวิธี OWAS พบว่า การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงของท่าทางการ ทำงานอยู่ในระดับ 3 (มีอันตรายชัดเจน) จากกลุ่มตัวอย่างพบความชุกของการเกิดอาการบาดเจ็บจากระบบกระดูกและกล้ามเนื้อมาก เนื่องจากท่าทางในการตัดปาล์มน้ำมัน บริเวณลำตัวและคอมีการก้มไปข้างหน้าเล็กน้อยถึงปานกลาง มีการบิดเอี้ยวหรือเอียงลำตัวน้อยถึงปานกลางขึ้นอยู่กับความชำนาญเนื่องจากเป็นระดับความสูงที่พอดีในการเก็บเกี่ยว ในขณะที่ข้อมือออกแรงบิด ส่งแรงกระทุ้งหรือกระชากทลายปาล์มอยู่ในท่าทางที่สะดวกในการออกแรง ซึ่งท่าทางการทำงานดังกล่าว มีความเสี่ยงสูงที่จะทำ ให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก โดยขั้นตอนการง้างเสียมก่อนเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน คนชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 3 (มีอันตรายชัดเจน) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยเร็ว เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่สุ่มเสี่ยง มีการก้มหลังและบิดเอี้ยวลำตัวเล็กน้อย มีผลทำให้ได้รับความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกมากบริเวณ แผ่นหลังส่วนบน คอ และคนไม่ชำนาญมีระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่สุ่มเสี่ยง มีการบิดเอี้ยวลำตัวไปทางด้านข้างงในท่าพร้อมแทงมากเกินความจำเป็น และมือข้างขวาอยู่ในระดับที่รับน้ำหนักมากเกินไป ทำให้มีความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกมากบริเวณ แผ่นหลังส่วนล่าง มือและข้อมือ และขั้นตอนชักเสียมออกหลังเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันทั้งคนชำนาญและไม่ชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในมีระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับ 3 (มีอันตรายชัดเจน) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยเร็ว เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่สุ่มเสี่ยง มีการโน้มตัวไปข้างหน้ามากเกินไปทำให้มีการทิ้งน้ำหนักลงขาข้างใดข้างหนึ่งจนอาจเกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูกได้ บริเวณที่พบอาการผิดปกติมากที่สุดคือ แผ่นหลังส่วนบน เข่า

ตารางที่ 4.5 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงสามแกนในต้นปาล์มช่วงความสูง 1 – 1.5 m ด้วยวิธี OWAS

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
1. Experienced	Before cutting		3	1	5	2	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
	After cutting		3	2	5	2	4
2. No Experience	Before cutting		3	2	5	2	4
	After cutting		3	2	5	2	4

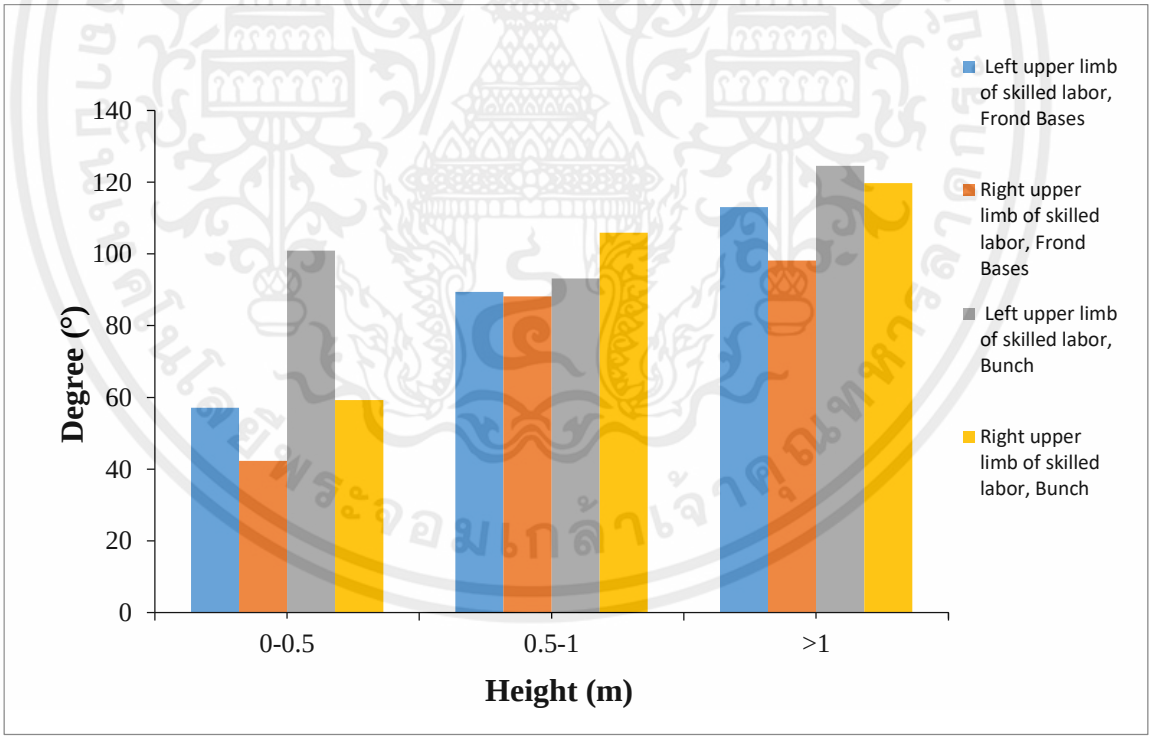
การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานตามวิธี OWAS พบว่า การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0 – 0.5 m ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) จากกลุ่มตัวอย่างพบความชุกของการเกิดอาการบาดเจ็บจากระบบกระดูกและกล้ามเนื้อมากที่สุด เนื่องจากท่าทางในการตัดปาล์มน้ำมัน มีการเขย่งขาทิ้งน้ำหนักไปข้างหน้า เงยคอตลอดเวลา อีกทั้งแขนข้างหนึ่งที่ยื่นอยู่สูงกว่าไหล่ มีการบิดเอี้ยวหรือเอียงลำตัวให้สะดวกเพื่อทำการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในลักษณะต้นที่สูงกว่าส่วนสูงผู้เก็บเกี่ยว ในขณะเดียวกันข้อมือออกแรงบิด ส่งแรงกระทุ้งหรือกระชากทลายปาล์มในท่าทางที่สุ่มเสี่ยง ซึ่งท่าทางการทำงานดังกล่าว มีความเสี่ยงสูงมากที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อและกระดูก โดยขั้นตอนการง้างเสียมก่อนเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันทั้งคนชำนาญและไม่ชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในท่าที่สุ่มเสี่ยง มีการบิดเอี้ยวลำตัวและข้อมือมากเกินไป ทำให้บริเวณที่พบอาการผิดปกติมากที่สุดคือ แผ่นหลังส่วนบน แผ่นหลังส่วนล่าง ขา คอ แขน มือ และขั้นตอนการชักเสียมออกหลังเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันทั้งคนชำนาญและไม่ชำนาญมีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 4 (มีอันตรายมาก) ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในทันที เนื่องจากท่าทางการทำงานดังกล่าวอยู่ในท่าที่สุ่มเสี่ยง และมีการเขย่งเท้ารวมถึงมีการกระโดดในจังหวะแทงเนื่องจากปาล์มน้ำมันมีช่วงความสูงของต้นสูงเลยผู้เก็บเกี่ยว บริเวณที่พบอาการผิดปกติมากที่สุดคือ แผ่นหลังส่วนบน แผ่นหลังส่วนล่าง คอ ขา แขน มือ

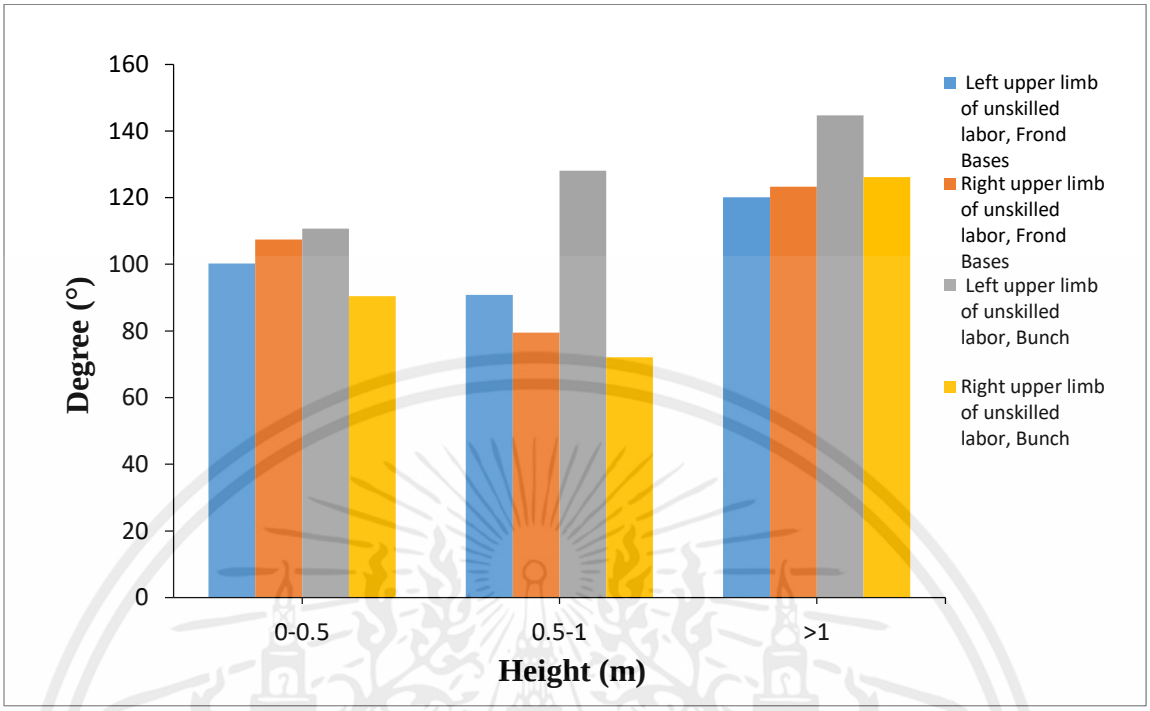
4.2 มุมแขนของคนที่มีและไม่มีประสบการณ์ขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันที่วัดได้จากกล้องชัดลึก

จากการทดสอบขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันของต้นปาล์มในช่วงความสูง 0 – 0.5 m 0.5 – 1 m และ 1 m ขึ้นไป ของคนที่มีประสบการณ์ 5 คน และไม่มีประสบการณ์ 2 คน แล้วทำการบันทึกค่ามุมของแขนด้วยกล้องชัดลึกทั้งแขนซ้ายและแขนขวา จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงองศามุมแขนของคนมีประสบการณ์ขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงองศามุมแขนของคนไม่มีประสบการณ์ขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน

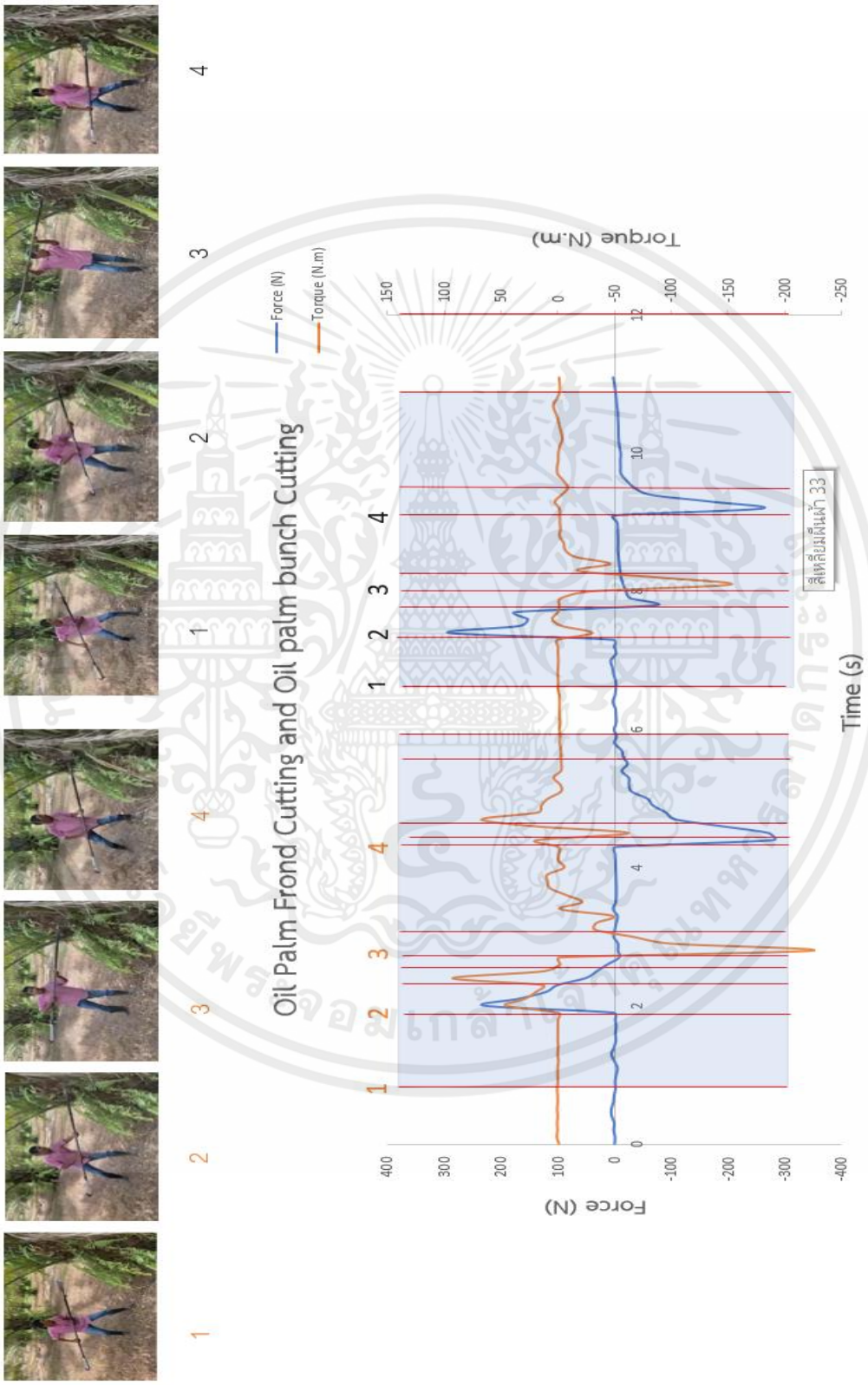
เนื่องจากพฤติกรรมการทำงานขณะปฏิบัติงานในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน พบว่า พฤติกรรมของคนมีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ของต้นปาล์มในช่วงความสูง 0 – 0.5 m ค่าเฉลี่ยองศาการแกว่งแขนของคนไม่มีประสบการณ์มีค่ามากกว่าในแขนทั้งสองข้าง เนื่องจากความสูงของต้นปาล์มในระดับนี้เป็นการบังคับท่าทางในการทำงานให้มีการก้มหลังและย่อตัวต่ำลงและตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มให้ขาดในท่าทางที่ย่อเข่าทั้งสองข้าง และส่งแรงออกไปให้ทางปาล์มหรือทะลายปาล์มน้ำมันหลุดออก แต่พฤติกรรมคนไม่มีประสบการณ์ในระหว่างทำงานมีการนั่งคุกเข่าลงกับพื้นทำให้องศาในการแกว่งแขนมีมากขึ้นเมื่อเทียบกับคนมีประสบการณ์ และในช่วงความสูง 0.5 – 1 m ค่าเฉลี่ยองศาแทบไม่แตกต่างกันในแขนทั้งสองข้าง เนื่องจากเป็นระดับความสูงที่พอดีในการเก็บเกี่ยวทำให้มีท่าทางที่สะดวกสบายในการทำงาน และในช่วงความสูงมากกว่า 1 m

4.3 ผลการทดลองขณะเก็บเกี่ยวทางปาล์มน้ำมันและทะลายปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

จากการเก็บผลทดลองในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด โดยให้อาสาสมัครทำการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน 4 คน และเป็นเพศชายทั้งหมด แบ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ 2 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และผู้ไม่มีประสบการณ์ 2 คน โดยทดสอบเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่ความสูงของต้นปาล์มน้ำมันแตกต่างกัน มีข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ซึ่งปรากฏผลตามรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงแรงที่เกิดขึ้นขณะทำการทดสอบเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด สายพันธุ์คอมแพค อายุ 5 - 7 ปี ในระดับความสูง 0.5 – 1 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 ในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m โดยอาสาสมัครคนชำนาญ พบว่า จากกราฟแรงกดในการตัดทางปาล์มน้ำมัน มีค่าสูงสุด 227.62 N แรงดึง มีค่าสูงสุด -280.55 N แรงบิดมีค่าสูงสุด 92.54 N.m และ -223.79 N.m และจากกราฟแรงกดในการตัดทะลายปาล์มน้ำมัน มีค่าสูงสุด 290.28 N แรงดึง มีค่าสูงสุด -258.99 N แรงบิดมีค่าสูงสุด 4.88 N.m และ -151.73 N.m แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดังตารางที่ 4.9 ผลของแรงและแรงบิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญ ซึ่งพบว่าต้นปาล์มน้ำมันที่มีความสูง 0.5 - 1 m มีความเหมาะสมในการเก็บเกี่ยว และมีความปลอดภัยของกล้ามเนื้อและกระดูกมากกว่าช่วงความสูงอื่นๆ เนื่องจากความสูงของต้นสัมพันธ์กับท่าทางในการออกแรงที่สะดวกสบาย และมีการออกแรงในการเก็บเกี่ยวไม่สูงมาก

ตารางที่ 4.6 แรงสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

Height of tree	Maximum force at palm frond ± SD (kg)	
(m)	Skillful	Unskillful
0-0.5	118.898 $^{a, A}$ ± 3.747	230.583 $^{b, B}$ ± 22.037
0.5-1	254.835 $^{b, B}$ ± 18.735	165.295 $^{a, A}$ ± 34.490

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ค่าแรงสูงสุดของอาสาสมัครที่มีประสบการณ์ในช่วงเวลาขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะได้ดังตารางที่ 4.6 พบว่าแรงที่เกิดขึ้นขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด ในช่วงความสูงของต้นปาล์ม 0-0.5 m และ 0.5-1 m ของบุคลทั้งสองประเภท มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการออกแรงของคนที่มีประสบการณ์ในการตัดทางปาล์มของต้นปาล์มที่มีความสูง 0.5 - 1 m ขึ้นไปจะใช้แรงเป็น 2.14 เท่า ของต้นปาล์มที่อยู่ในช่วง 0-0.5 m เพราะว่าขนาดของทางปาล์มในแต่ละช่วงความสูง จะมีขนาดแตกต่างกันทำให้การออกแรงในการตัดทางปาล์มเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงของต้นปาล์ม ในส่วนของคนที่ไม่มีประสบการณ์ ในการตัดทางปาล์มที่ช่วงความสูงเหมือนกันทั้งสองต้น จะพบว่าในช่วงความสูงของต้นปาล์ม 0.5 - 1 m ขึ้นไป แรงในการตัดทางปาล์มน้อยกว่าคนที่มีประสบการณ์ ซึ่งมีการออกแรงแทงทางปาล์มหลายรอบต่อการตัดทางปาล์ม และจะใช้แรงบิดช่วยให้ทางปาล์มขาดมากกว่าคนที่มีประสบการณ์ เนื่องจากคนที่มีประสบการณ์จะใช้แรงในการตัดทางปาล์มให้ขาดในครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแรงสูงสุดของอาสาสมัครที่มีประสบการณ์ในช่วงเวลาขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะได้ดังตารางที่ 4.7 พบว่าแรงที่เกิดขึ้นขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด ในช่วงความสูงของต้นปาล์ม 0-0.5 m ของบุคคลทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากคนที่ไม่มีประสบการณ์ขณะที่ออกแรงตัดทะลายปาล์มจะส่งแรงไม่โดนจุดที่ทำให้ขั้วทะลายปาล์มขาดออกจากต้นและ ไม่เอียงหน้าใบเสียมให้เหมาะสมต่อการตัดทะลายปาล์มทำให้ต้องใช้แรงที่มากกว่าคนที่มีประสบการณ์เป็น 2 เท่า ต่อการตัดทะลายปาล์มให้ขาด และในช่วงความสูงของต้นปาล์ม 0.5 - 1 m ขึ้นไป ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คนที่ไม่มีประสบการณ์จะออกแรงมากกว่าคนที่มีประสบการณ์เป็น 1.15 เท่า เนื่องจากคนที่มีประสบการณ์จะเอียงหน้าใบเสียมให้เหมาะสมต่อการตัดทะลายปาล์ม และขณะที่ออกแรงตัดทะลายปาล์มคนที่มีประสบการณ์จะส่งแรงโดนจุดที่ทำให้ขั้วทะลายปาล์มขาดทันที จึงทำให้ใช้แรงในการตัดทะลายปาล์มน้อยกว่าคนที่ไม่มีประสบการณ์

ตารางที่ 4.7 แรงสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

Height of tree	Maximum force at fresh fruit brunch ± SD (kg)	
(m)	Skillful	Unskillful
0-0.5	109.200 $^{a, A}$ ± 18.616	217.155 $^{b, A}$ ± 26.879
0.5-1	286.923 $^{a, B}$ ± 50.347	329.514 $^{a, B}$ ± 84.946

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตารางที่ 4.8 แรงบิดสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

Height of tree	Maximum torque at palm frond ± SD (kg)	
(m)	Skillful	Unskillful
0-0.5	64.245 $^{a, A}$ ± 21.933	32.583 $^{a, A}$ ± 21.958
0.5-1	83.728 $^{a, A}$ ± 61.077	108.005 $^{a, B}$ ± 21.352

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแรงบิดสูงสุดของอาสาสมัครในช่วงเวลาขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดทั้งหมด เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะได้ดังตารางที่ 4.8 พบว่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นขณะตัดทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในช่วงความสูง 0 – 0.5 m ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของบุคคลทั้งสองประเภท เนื่องจากความสูงของต้นปาล์มในช่วง 0 - 0.5 m ทางปาล์มน้ำมันมีขนาดเล็กและขาดง่ายเนื่องจากอายุน้อยยังเนื้อเยื่อยังไม่เหนียวเท่าต้นปาล์มที่มีอายุเยอะกว่า ทำให้อาสาสมัครใช้แรงในการแทงทางปาล์มน้ำมันและมีการออกแรงบิดน้อย ในส่วนคนที่ไม่มีประสบการณ์ขณะตัดทางปาล์มน้ำมันนั้นในช่วงความสูงของต้นปาล์ม 0.5-1 m จะใช้แรงบิดมากกว่าคนที่มีประสบการณ์ 1.28 เท่า เนื่องจากคนที่ไม่มีประสบการณ์ขณะปฏิบัติงานจะเอียงหน้าใบเสียมอยู่ในแนวระนาบกับต้นปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ใช้แรงและแรงบิดเยอะกว่าคนที่มีประสบการณ์ในการตัดทางปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 4.9 แรงบิดสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

Height of tree	Maximum torque at fresh fruit brunch ± SD (kg)	
(m)	Skillful	Unskillful
0-0.5	52.248 $^{a, A}$ ± 13.013	59.328 $^{a, A}$ ± 24.439
0.5-1	66.778 $^{a, A}$ ± 65.565	113.373 $^{a, A}$ ± 35.796

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ค่าแรงบิดสูงสุดของอาสาสมัครในช่วงเวลาขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดทั้งหมด เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะได้ดังตารางที่ 4.9 พบว่าแรงบิดที่เกิดขึ้นขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในช่วงความสูง 0 – 0.5 m และ 0.5 – 1 m ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของบุคคลทั้งสองประเภท แต่การออกแรงของคนที่ไม่มีประสบการณ์ในช่วงของสูงของต้นปาล์มที่ 0.5 – 1 mนั้น มีการออกแรงมากกว่า 1.70 เท่า ของคนที่มีประสบการณ์ในช่วงความสูงเดียวกัน เนื่องจากพฤติกรรมการทำงานของคนที่ไม่มีประสบการณ์ ขณะตัดทะลายปาล์มในช่วงความสูง 0.5 – 1 mนั้น ไม่สามารถตัดทะลายให้ขาดได้ในทีเดียวเมื่อเทียบกับคนมีประสบการณ์ จึงทำให้คนไม่มีประสบการณ์เกิดการเพิ่มแรงมากขึ้นในแต่ละครั้งที่ทำการแทงทะลายปาล์มน้ำมันจนกว่าทะลายปาล์มน้ำมันที่ทำการเก็บเกี่ยวอยู่นั้นจะขาดออกจากขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แรงเฉลี่ยในช่วงเวลาของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

Height of tree	Average force at fresh fruit brunch ± SD (kg)	
(m)	Skillful	Unskillful
0-0.5	10.507 ± 2.232[a, A]	15.178 ± 2.088[a, A]
0.5-1	17.965 ± 4.256[a, B]	35.228 ± 3.848[b, B]

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ค่าเฉลี่ยของแรงจากอาสาสมัครในช่วงเวลาขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดทั้งหมด เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะได้ดังตารางที่ 4.10 พบว่าแรงที่เกิดขึ้นของอาสาสมัครที่มีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในช่วงความสูง 0 – 0.5 m ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของบุคคลทั้งสองประเภท แต่แรงที่เกิดขึ้นของคนที่มีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในช่วงความสูง 0.5 – 1 m มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน จะเห็นได้ว่าคนที่ไม่มีประสบการณ์มีการออกแรงมากกว่า 1.96 เท่าของคนที่มีประสบการณ์ในช่วงความสูงเดียวกัน เนื่องจากคนที่ไม่มีประสบการณ์ มักมีพฤติกรรมในการทำงานในการออกแรงแทงทะลายในแต่ละครั้งไม่ชำนาญเท่าคนที่มีประสบการณ์ ด้วยเทคนิคการจับเอียงใบเสียมแทงเข้าหาทะลายปาล์มให้เหมาะสมกับแรงที่ใช้ในการตัดทะลายปาล์มแต่ละช่วง ทำให้คนที่มีประสบการณ์ใช้แรงน้อยกว่าโดยเฉลี่ย

ตารางที่ 4.11 แรงบิดเฉลี่ยในช่วงเวลาของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

Height of tree	Average torque at fresh fruit brunch ± SD (kg)	
(m)	Skillful	Unskillful
0-0.5	14.718 ± 4.031[a, A]	6.334 ± 1.143[a, A]
0.5-1	19.466 ± 8.061[a, A]	28.126 ± 7.446[a, B]

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

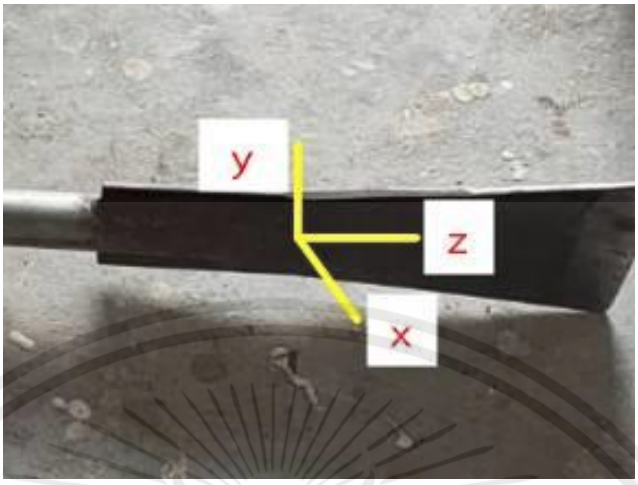
ค่าเฉลี่ยของแรงบิดจากอาสาสมัครในช่วงเวลาขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดทั้งหมด เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะได้ดังตารางที่ 4.11 พบว่าแรงที่เกิดขึ้นของอาสาสมัครที่มีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงและแรงบิดในช่วงความสูง 0 – 0.5 m และ 0.5 – 1 m ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของบุคคลทั้งสองประเภท แต่การออกแรงบิดของคนไม่มีประสบการณ์ในช่วงของสูงของต้นปาล์ม 0.5 – 1 m มีการออกแรงบิดมากกว่า 1.4 เท่าของคนที่มีประสบการณ์ในช่วงความสูงเดียวกัน เนื่องจากคนที่ไม่มีประสบการณ์ มักมีพฤติกรรมในการทำงานในการออกแรงบิดขณะแทงทะลายในแต่ละครั้งมากกว่าคนที่มีประสบการณ์ โดยเชื่อว่าการออกแรงบิดมากจะส่งผลให้ขั้วทะลายปาล์มขาดได้เร็วขึ้น แต่คนที่มีประสบการณ์ใช้แค่เทคนิคการจับเอียงใบเสียมเพื่อเข้ามุมในการช่วยทุ่นแรงและออกแรงบิดให้ขาดโดยใช้แรงบิดน้อยกว่าโดยเฉลี่ย

4.4 ผลการทดลองขณะเก็บเกี่ยวทางปาล์มน้ำมันและทะลายปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงสามแกน

จากการเก็บผลทดลองในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงสามแกน โดยให้อาสาสมัครทำการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน 5 คน และเป็นเพศชายทั้งหมด แบ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ 3 คน และผู้ไม่มีประสบการณ์ 2 คน โดยทดสอบเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันที่ความสูงของต้นปาล์มน้ำมันแตกต่างกัน ได้ค่าความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาตามแนวแกนขณะปฏิบัติงานดังรูปที่ 4.4 แสดงถึงทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นจากเครื่องวัดแรงสามแกน โดยแรงในแนวแกน z คือแรงที่อาสาสมัครทำการแทงทางปาล์มหรือทะลายปาล์มน้ำมันและชักออกขณะที่ทางปาล์มหรือทะลายปาล์มหลุดขาดออกจากต้น ซึ่งทิศทางขณะแทงเข้าหาทะลายปาล์ม แรงในแนวแกนจะมีทิศทางเป็น +z และทิศทางขณะชักออกจากทางปาล์มหรือทะลายปาล์มน้ำมันเข้าหาตัวผู้ทำการทดสอบ แรงในแนวแกนจะมีทิศทางเป็น –z โดยแรงในในแนวแกน y คือแรงที่อาสาสมัครทำบิดทางปาล์มหรือทะลายปาล์มน้ำมัน ซึ่งทิศทางขณะบิดเครื่องมือไปทางซ้ายในระหว่างการทำงาน แรงในแนวแกนจะมีทิศทางเป็น –y และทิศทางขณะบิดเครื่องมือไปทางขวาในระหว่างการทำงาน แรงในแนวแกนจะมีทิศทางเป็น +y โดยแรงในแนวแกน x* คือแรงที่อาสาสมัครทำการงัดทางปาล์มหรือทะลายปาล์มน้ำมัน ซึ่งทิศทางขณะงัดเครื่องมือขึ้นด้านบนในระหว่างการทำงาน แรงในแนวแกนจะมีทิศทางเป็น +x และทิศทางขณะงัดเครื่องมือลงด้านล่างในระหว่างการทำงาน แรงในแนวแกนจะมีทิศทางเป็น –x ซึ่งความสัมพันธ์ของแรงขณะปฏิบัติงานเป็นดังรูปที่ 4.5

* แรงในแนวแกน x จากการทดสอบจากอาสาสมัครทั้งคนชำนาญและไม่ชำนาญ พบว่ามีค่าน้อยมาก เนื่องจากพฤติกรรมขณะทำงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันมีความสัมพันธ์กับแรงในแนวแกน x น้อยมากหรือแทบไม่มี เนื่องจากระหว่างการทำงานของบุคคลทั้งสองประเภทในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันไม่มีวิธีการในการใช้เครื่องมือที่ทำการงัดทางปาล์มหรือทะลายปาล์มน้ำมัน

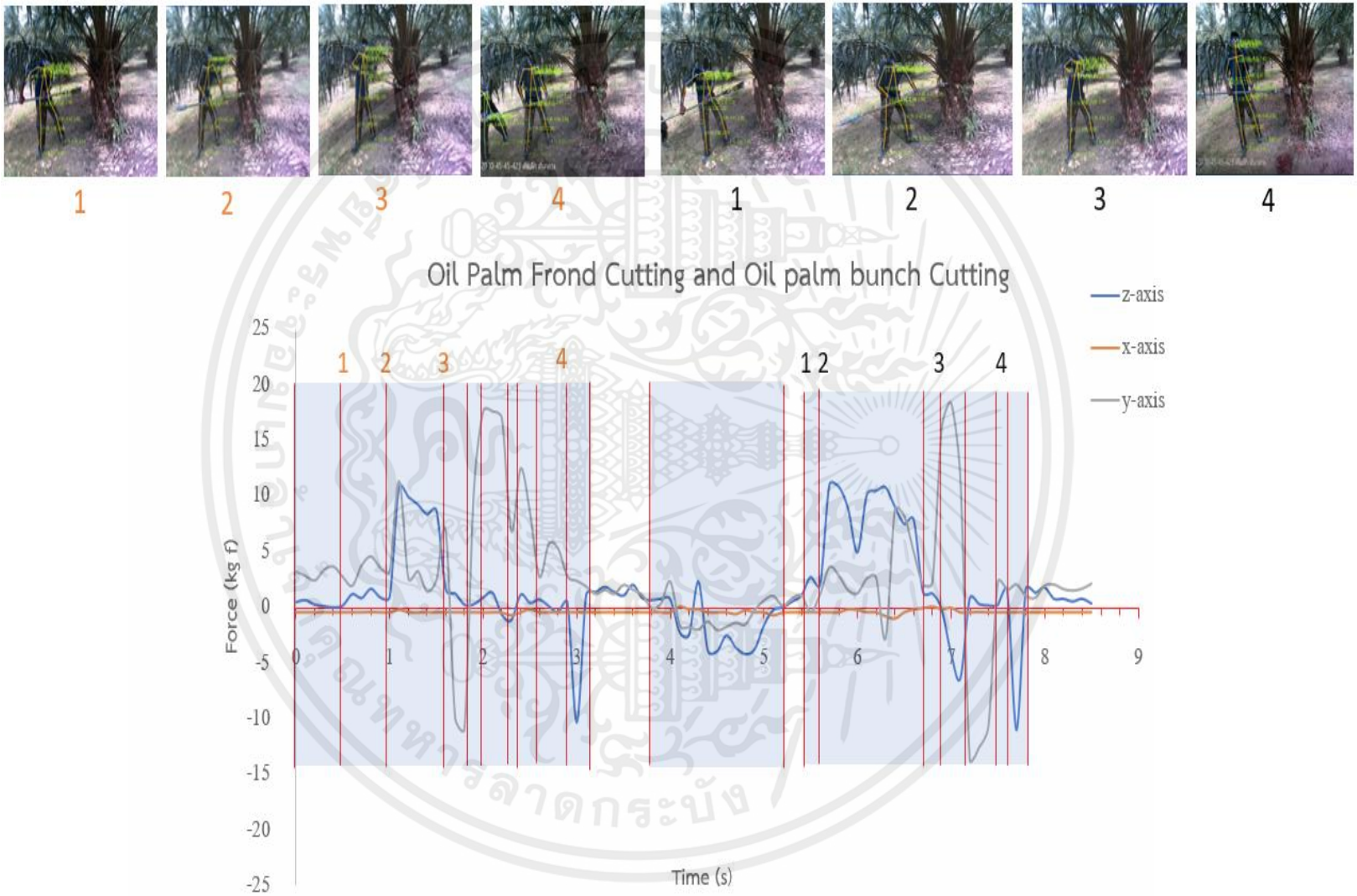
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานของเครื่องวัดแรงสามแกน

จากรูปที่ 4.5 ในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m โดยอาสาสมัครคนชำนาญ พบว่าแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นทุกแนวแกน และมีค่าแรงปฏิกิริยาในแนวแกน y มากที่สุด เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานพยายามเบี่ยงเบนด้ามเก็บเกี่ยวเพื่อช่วยให้เสียมหลุดออกจากทลายได้ง่ายขึ้นในจังหวะที่ทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันได้ขาดออกจากต้น โดยมีแรงกด (แรงแกน z) ในการตัดทางปาล์มน้ำมันมากที่สุดเท่ากับ 11.4044 kg และมีแรงดึง (แรงแกน z) มากที่สุดเท่ากับ -10.2881 kg มีแรงบิดไปทางขวา (แรงแกน y) มากที่สุดเท่ากับ 17.672 kg และแรงบิดไปทางซ้าย (แรงแกน y) มากที่สุดเท่ากับ -10.8113 kg ซึ่งแรงงัด(แรงแกน x) มากที่สุดเท่ากับ -0.6859 kg และ มีแรงกด (แรงแกน z)ในการตัดทะลายปาล์มน้ำมันมากที่สุดเท่ากับ 11.0045 kg และมีแรงดึง (แรงแกน z) มากที่สุดเท่ากับ -10.9448 kg มีแรงบิดไปทางขวา (แรงแกน y) มากที่สุดเท่ากับ 18.456 kg และแรงบิดไปทางซ้าย (แรงแกน y) มากที่สุดเท่ากับ -13.6093 kg ซึ่งแรงงัด(แรงแกน x) มากที่สุดเท่ากับ -0.9643 kg ซึ่งพบว่าต้นปาล์มน้ำมันที่มีความสูง 0.5 - 1 m มีความเหมาะสมในการเก็บเกี่ยว และมีความปลอดภัยของกล้ามเนื้อและกระดูกมากกว่าช่วงความสูงอื่นๆ เนื่องจากความสูงของต้นสัมพันธ์กับท่าทางในการออกแรงที่สะดวกสบาย และมีการออกแรงในการเก็บเกี่ยวไม่สูงมาก แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดังตารางที่ 4.12 ตารางที่ 4.13 และ 4.14 ผลของแรงรวมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสูงของต้นปาล์มน้ำมันแต่ละช่วง ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงแรงที่เกิดขึ้นขณะทำการทดสอบเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยเครื่องวัดแรงสามแกน สายพันธุ์คอมแพค อายุ 5 - 7 ปี ในระดับความสูง 0.5 – 1 m

ตารางที่ 4.12 แรงสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทางปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน

Height of tree (m)	Maximum force at palm frond ± SD (kg)							
	Skillful				Unskillful			
	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant
0-0.5	$0.271^{a, A}$	$3.719^{a, A}$	$10.371^{a, A}$	$14.264^{a, A}$	$0.214^{a, A}$	$8.985^{a, A}$	$12.791^{a, A}$	$15.223^{a, A}$
	±0.187	±1.882	±2.181	±1.061	±0.118	±1.445	±1.600	±2.778
0.5-1	$0.207^{a, A}$	$12.654^{a, A}$	$13.929^{a, A}$	$18.378^{a, A}$	$0.538^{a, A}$	$32.803^{b, B}$	$21.869^{a, A}$	$36.081^{b, B}$
	±0.173	±3.614	±5.317	±4.169	±0.231	±9.314	±8.841	±14.249
1-1.5	$0.285^{a, A}$	$29.830^{a, B}$	$59.029^{a, B}$	$64.377^{a, B}$	$0.710^{a, A}$	$27.812^{a, B}$	$75.441^{b, B}$	$81.017^{b, C}$
	±0.153	±10.566	±6.657	±11.445	±0.215	±12.631	±11.415	±10.014

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตารางที่ 4.13 แรงสูงสุดของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน

Height of tree (m)	Maximum force at fresh fruit brunch ± SD (kg)							
	Skillful				Unskillful			
	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant
0-0.5	$0.176^{a, A}$	$5.750^{a, A}$	$15.169^{a, A}$	$16.926^{a, A}$	$0.216^{a, A}$	$9.292^{a, A}$	$18.701^{a, A}$	$21.068^{a, A}$
	±0.156	±1.707	±2.070	±0.756	±0.118	±4.540	±2.989	±2.223
0.5-1	$0.207^{a, A}$	$12.654^{a, B}$	$13.929^{a, A}$	$18.378^{a, B}$	$0.273^{a, A}$	$34.697^{a, B}$	$29.816^{a, B}$	$38.741^{a, B}$
	±0.173	±3.614	±5.317	±4.169	±0.182	±2.434	±8.507	±4.885
1-1.5	$0.280^{a, B}$	$37.031^{a, B}$	$55.882^{a, B}$	$66.988^{a, C}$	$0.863^{a, A}$	$59.911^{b, C}$	$71.998^{b, C}$	$76.639^{b, C}$
	±0.247	±11.018	±1.564	±8.096	±0.225	±11.612	±9.951	±8.440

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 พบว่าแรงขณะตัดทางปาล์มของต้นปาล์มในช่วงความสูง 0 – 0.5 m ทั้งคนที่ชำนาญและไม่ชำนาญไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของบุคคลทั้งสองประเภท ในขณะที่ต้นปาล์มในช่วงความสูง 0.5 - 1 m แรงในทิศทางแกน y และผลรวมแรงของผู้ชำนาญจะน้อยกว่าคนที่ไม่ชำนาญ ส่วนที่ต้นปาล์มในช่วงความสูง 1 – 1.5 m แรงในแกน z และแรงรวมของคนที่ไม่ชำนาญจะมากกว่า จะส่งผลต่อการออกแรงของอาสาสมัครผู้เชี่ยวชาญมากกว่าต้นปาล์มในช่วงความสูง 0 – 0.5 m

ตารางที่ 4.13 พบว่าแรงสูงสุดขณะตัดทลายปาล์มในช่วงความสูง 0 – 0.5 m และช่วงความสูง 0.5 - 1 m ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของบุคคลทั้งสองประเภท แต่ที่ต้นปาล์มในช่วงความสูง 1 – 1.5 m มีเฉพาะแรงแกน x ที่ไม่แตกต่าง ส่วนแรงอื่นที่กระทำโดยผู้เชี่ยวชาญจะน้อยกว่า แรงที่เกิดขึ้นตามความสูงของต้นปาล์มพบว่าแรงรวมของผู้ชำนาญในการตัดทะลายปาล์มแตกต่างกันขึ้นกับความสูง แรงแกน x และ z มากสุดที่ต้นปาล์มในช่วงความสูง 1 – 1.5 m ในขณะที่แรงแกน y น้อยสุดที่ต้นปาล์มไม่เกิน 0.5 m ส่วนคนที่ไม่ชำนาญพบว่าแรงแกน x ไม่แตกต่างกัน ส่วนแรงแกน y, z และผลรวมมีความแตกต่างกันตามความสูง

ตารางที่ 4.14 แรงเฉลี่ยในช่วงเวลาของอาสาสมัครขณะตัดทะลายปาล์มด้วยเครื่องวัดแรงสามแกน

Height of tree (m)	Average force at fresh fruit brunch ± SD (kg)							
	Skillful				Unskillful			
	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant
0-0.5	$0.298^{a, A}$	$2.250^{a, A}$	$2.272^{a, A}$	$3.636^{a, A}$	$0.357^{a, A}$	$4.130^{b, A}$	$2.263^{a, A}$	$5.411^{b, A}$
	±0.025	±0.199	±0.333	±0.312	±0.093	±0.840	±0.285	±0.580
0.5-1	$0.344^{a, A}$	$8.198^{a, B}$	$3.319^{a, A}$	$9.959^{a, B}$	$0.595^{a, A}$	$8.917^{a, B}$	$5.691^{b, B}$	$11.945^{b, C}$
	±0.039	±1.296	±0.516	±1.355	±0.130	±1.608	±0.841	±2.391
1-1.5	$0.332^{a, A}$	$5.565^{a, B}$	$4.057^{a, B}$	$7.699^{a, C}$	$0.402^{a, A}$	$4.838^{a, A}$	$5.920^{b, B}$	$8.530^{a, B}$
	±0.078	±0.805	±0.578	±0.903	±0.081	±0.642	±1.629	±0.845

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความชำนาญ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน (ความสูงต้น) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

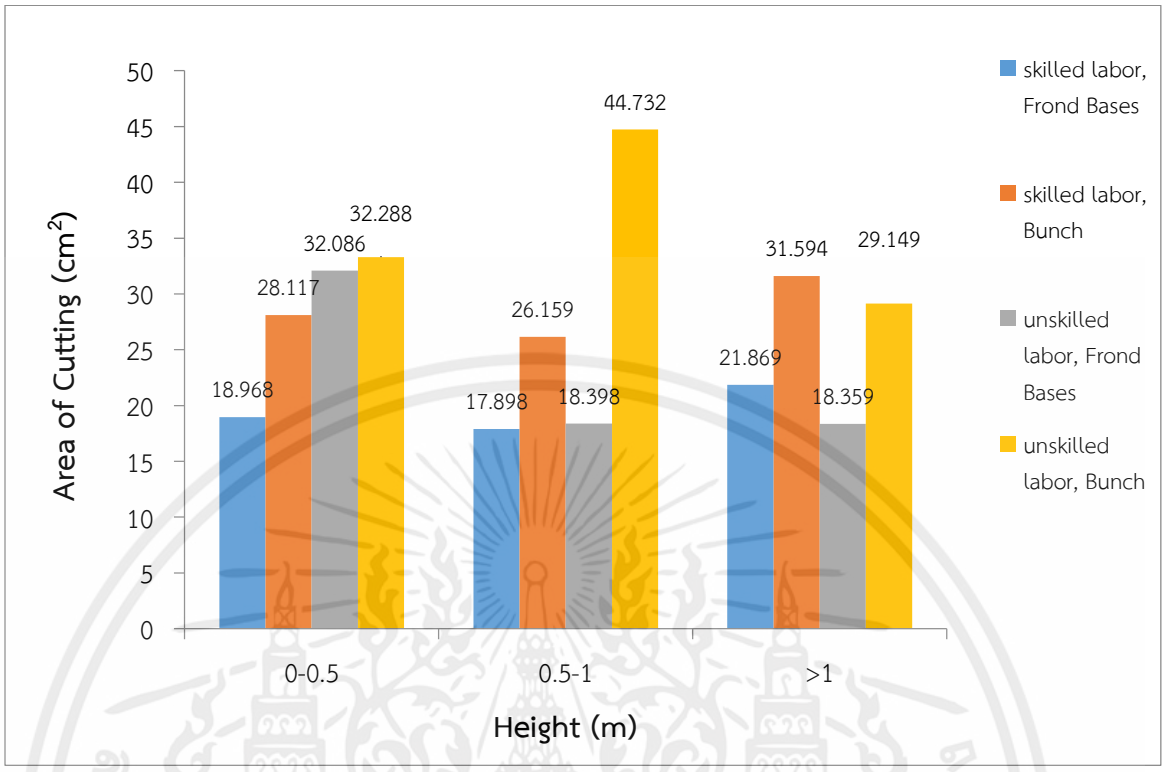
ตารางที่ 4.14 พบว่าแรงเฉลี่ยสูงสุดที่เกิดขึ้นขณะตัดทลายปาล์มในช่วงความสูง 0 – 0.5 m มีความแตกต่างกัน โดยมีแรงในทิศทางแกน y และผลรวมของแรงเฉลี่ยของคนมีประสบการณ์จะน้อยกว่าคนไม่มีประสบการณ์ และที่ต้นปาล์มในช่วงความสูง 0.5 - 1 m แรงในทิศทางแกน z และผลรวมของแรงเฉลี่ยของคนมีประสบการณ์จะน้อยกว่าคนไม่มีประสบการณ์ ส่วนต้นปาล์มที่อยู่ในช่วงความสูง 1 – 1.5 m แรงในแกน z และแรงรวมของคนไม่มีประสบการณ์จะมีการออกแรงมากกว่าคนมีประสบการณ์ เนื่องจากพฤติกรรมของแรงขณะขณะตัดทลายปาล์มจะขึ้นอยู่กับความสูง โดยพิจารณาในช่วงความสูง 1 – 1.5 m คนไม่มีประสบการณ์ทำการกระโดดขณะทำการตัดทะลายปาล์มโดยใช้แรงสูงสุด และมีการใช้แรงในการบิดร่วมในการตัดทะลายปาล์มน้อย ในขณะที่คนมีประสบการณ์ในช่วงความสูงเดียวกันมีการออกแรงน้อยกว่า แต่มีการใช้แรงในการบิดร่วมในการตัดทะลายปาล์มมากกว่าคนไม่มีประสบการณ์ พบว่าแรงรวมของผู้มีประสบการณ์ในการตัดทะลายปาล์มแตกต่างกันขึ้นกับความสูงของต้นปาล์มน้ำมัน มีแรงแกน x ไม่แตกต่างกัน และแกน y มีค่าแรงน้อยที่สุดของต้นปาล์มในช่วงความสูง 0 - 0.5 m ในขณะที่แรงแกน z มีค่าน้อยสุดที่ต้นปาล์มช่วงความสูง 0 - 0.5 m และคนที่ไม่มีประสบการณ์พบว่าแรงแกน x ไม่แตกต่างกัน ส่วนแรงแกน y มีค่าสูงสุดที่ต้นปาล์มช่วงความสูง 0.5 - 1 m ส่วนแกน z มีค่าแรงน้อยที่สุดของต้นปาล์มในช่วงความสูง 0 - 0.5 m และแรงรวมของผู้ไม่มีประสบการณ์ในการตัดทะลายปาล์มแตกต่างกันขึ้นกับความสูงของต้นปาล์มน้ำมัน

4.5 ขนาดพื้นที่และมุมองศาการตัดเฉือนของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันที่วัดได้จาก Goniometer

ขนาดพื้นที่และมุมองศาการตัดเฉือน ของทางปาล์มและทะลายปาล์มของต้นปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0 – 0.5 m 0.5 – 1 m และ 1 m ขึ้นไป แล้วทำการบันทึกค่าพื้นที่ที่วัดได้จาก Goniometer ลงในกระดาษ จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7

จากรูปที่ 4.6 การทดสอบขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันของต้นปาล์มในช่วงความสูง 0 – 0.5 m 0.5 – 1 m และ 1 m ขึ้นไป พบว่าคนไม่มีประสบการณ์ในช่วงความสูง 0.5 – 1 m ได้ทำการตัดทะลายปาล์มที่มีขนาดใหญ่ 44.732 cm^2 และพบว่า การทดสอบขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน ของคนมีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ ไม่มีความแตกต่างในความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ขนาดของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันในทุกช่วงความสูง

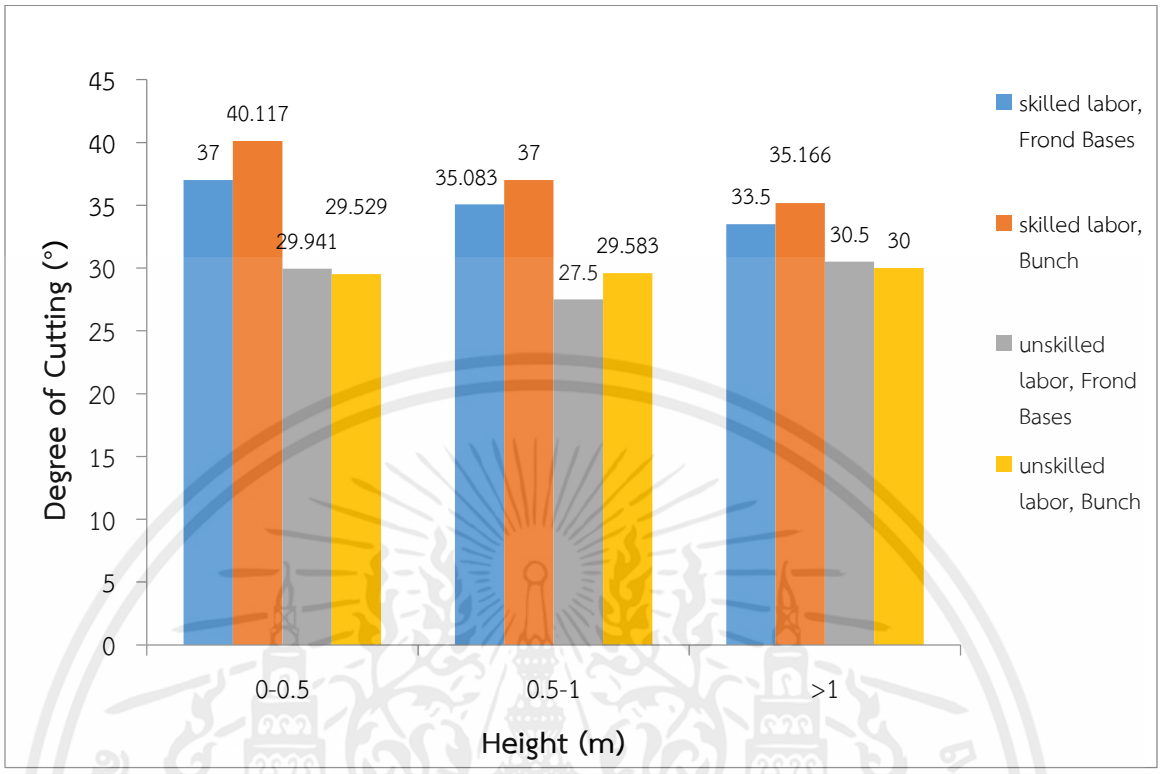
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงขนาดของพื้นที่ทางปาล์มและทะลายปาล์มของต้นปาล์มในช่วงความสูงที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.7 การทดสอบขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันของต้นปาล์มในช่วงความสูง 0 – 0.5 m 0.5 – 1 m และ 1 m ขึ้นไป จากการทดสอบขณะตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันของคนมีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์ไม่มีความแตกต่างในความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ขนาดของทางปาล์มและทะลายปาล์ม และองศาการตัดเฉือนของทางปาล์มและทะลายปาล์ม เนื่องจากพื้นที่ขนาดของทางปาล์มและทะลายปาล์มเยอะจะมีองศาการตัดเฉือนน้อยตามไป และหากพื้นที่ขนาดของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้อยจะมีองศาการตัดเฉือนเยอะตามไป แต่จากพฤติกรรมการทดสอบขณะทำงานพบว่าคนมีประสบการณ์มีการวางเอียงมุมใบมีดใกล้เคียง 40° ทุกช่วงความสูงต้น เนื่องจากเทคนิคจากความชำนาญสะสมจากประสบการณ์มานับหลายปี ทำให้รู้มุมการตัดที่คงที่และสามารถลดแรงที่เสียไปโดยเปล่าประโยชน์จากการตัดผิดมุมที่ไม่สามารถตัดให้ขาดได้ในครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงองศาของมุมตัดเฉือนทางปาล์มและทะลายปาล์มของต้นปาล์มในช่วงความสูงที่แตกต่างกัน

จากการทดสอบในภาคสนามพบว่าในระยะความสูงของต้นปาล์มน้ำมันที่มีความสูงอยู่ระหว่าง 0.5 – 1 m มีความเหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในท่าทางปลอดภัยต่อกล้ามเนื้อและกระดูกมากที่สุดโดยอาสาสมัครผู้มีประสบการณ์ จากพฤติกรรมขณะทำงานค่าแรงจากเครื่องวัดแรงและแรงบิดพบว่าค่าแรงกดและแรงบิดเกิดขึ้นขณะตัดทะลายปาล์มโดยอาสาสมัครไม่มีประสบการณ์มากที่สุดในช่วงความสูงของต้นปาล์มน้ำมัน 0.5 – 1 m และจากพฤติกรรมขณะทำงานค่าแรงจากเครื่องวัดแรงสามแกนพบว่าเกิดแรงปฏิกิริยาขึ้นทั้ง 3 แกน ซึ่งมีแรงปฏิกิริยามากที่สุดในแนวแกน z และในบางการทดลองจะสังเกตได้ว่ามีแรงปฏิกิริยาในแนวแกน y สูงผิดปกติเนื่องจากผู้เก็บเกี่ยวพยายามเบี่ยงเบนด้ามเก็บเกี่ยวเพื่อช่วยให้เสียมหลุดออกจากทะลาย เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถตัดทะลายปาล์มให้ขาดออกจากกันได้ภายในครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลารทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทดสอบภาคสนามเบื้องต้น พบว่าในขณะทำงานเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน เครื่องวัดแรงและแรงบิดเหมาะสมต่อการใช้งาน เนื่องจากค่าแรงปฏิกิริยาเพียงพอต่อการวิเคราะห์ และจากการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี OWAS โดยใช้กล้องชัดลึก Intel Realsense รุ่น D455 ร่วมในการทดสอบภาคสนาม โดยจับภาพด้วยโปรแกรม Skeleton tracking ในการทดสอบ พบว่าในระยะความสูงของต้นปาล์มน้ำมัน 0.5 - 1 m โอกาสของความเสี่ยงที่เกิดขึ้นของอาสาสมัครคนไม่มีความชำนาญนั้นสูงกว่าคนชำนาญ โดยท่าทางที่มีความเสี่ยงสูงสุดเกิดที่แผ่นหลังส่วนบนและส่วนล่าง การประเมินองศาการเคลื่อนที่ของแขนขณะแทงทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน พบว่าคนที่ไม่ชำนาญจะมีการแกว่งแขนมากกว่าคนที่ชำนาญ โดยแขนขวาและซ้ายของผู้ไม่ชำนาญจะมากกว่าผู้ชำนาญอยู่ที่ 16.15% และ 5.38% ตามลำดับ เนื่องจากขาดเทคนิคในการปฏิบัติงาน และในการวัดแรงที่เกิดขึ้นขณะเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน พบว่าคนที่ไม่ชำนาญจะใช้แรงมากกว่าคนที่ชำนาญ เนื่องจากการวางเอียงมุมใบมีดในการทดสอบไม่คงที่ ทำให้แรงที่ใช้ในการปฏิบัติงานมากกว่าคนที่ชำนาญ โดยองศาการตัดทางปาล์มและทะลายปาล์มที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 40°

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 เกิดการเสียหายของส่วนควบคุมและบันทึกค่าอุปกรณ์ และสายไฟขาดที่เกิดจากแรงกระแทกในระหว่างทำการทดลองเครื่องวัดแรงและแรงบิดบ่อยครั้ง

5.2.2 พบปัญหาเมมโมรี่การ์ด Error ทำให้บันทึกข้อมูลไม่ได้ในบางช่วงระหว่างการทำงาน จึงเกิดความล่าช้าขณะปฏิบัติงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ส่วนควบคุมและบันทึกค่าอุปกรณ์ ควรแยกออกมาจากด้ามเสียมแทงปาล์มน้ำมัน เพื่อป้องกันการเสียหายของตัวเครื่องที่เกิดจากการกระแทกระหว่างทำการทดลอง

5.3.2 ด้ามแทงปาล์มน้ำมัน และส่วนควบคุมและบันทึกค่าอุปกรณ์ของเครื่องวัดแรงและแรงบิดและเครื่องวัดแรงสามแกน สามารถนำไปประยุกต์ใช้เก็บผลร่วมกับเคียวเกี่ยวปาล์มได้ในต้นปาล์มที่มีความสูงมากกว่า 1 m ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 บอร์ดอาดูโน่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบไร้สายในการใช้งาน เพื่อที่จะทำงานได้อย่างสะดวกมากขึ้นโดยส่งข้อมูลแบบความถี่ 2.4G และบันทึกค่าข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Fadi A. Fathallah. (2010). "Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture." **Applied ergonomics** 41: 738-743.

[2] กรมวิชาการเกษตร. (2560). **ลักษณะพันธุ์ปาล์มน้ำมัน**. เข้าถึงเมื่อ 24 ธันวาคม 2563. เข้าถึงได้จาก https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/palm/controller/index.php

[3] อนุวัฒน์ อัคคีสุวรรณ์ และคณะ. (2015). "การบาดเจ็บและอาการทางระบบโครงร่าง กล้ามเนื้อและกระดูก อันเนื่องมาจากการทำงานของเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพสวนปาล์ม เขตพื้นที่ตำบลสินปุน อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่." **วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ** 8, 29: 48-58.

[4] Aoife Osborne, et al. (2011). "Prevalence of Musculoskeletal Disorders among Farmers" **AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE** 55:143–158

[5] นิรนาม. (2557). **หลักการประเมินด้านการยศาสตร์ (Ergonomics assessment).** เข้าถึงเมื่อ 24 ธันวาคม 2563. เข้าถึงได้จากhttp://thai-ergonomic- http://thai-ergonomic-assessment.blogspot.com/2014/07/owas.html

[6] Shamsul Bahri M.T, et al. (2015). "Developing low cost harvesting tool using Ergonomics Concept for Oil Palm Fresh Fruit Bunch Harvesters in Malaysia: A case study." **Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA, Melbourne 9-14**

[7] Lina Parra-Ruiz1, Jorge Quintero-Medina, and Fernanda Maradei. (2018). "Design of a cutting tool for oil-palm bunches." **Revista UIS Ingenierías** 10: 59-68

[8] Nawi, N.S.M., Deros, B.M. and Nordin, N. (2013). "Assessment of oil palm fresh fruit bunches harvesters working postures using REBA." **Advanced Engineering Forum** 10: 122-127.

[9] Lidilia CruzRivero, et al. (2015). "Fuzzy Logic and RULA Method for Assessing the Risk of Working." **Procedia Manufacturing** 3: 4816-4822

[10] Katarzyna Grzybowska. (2010). "An OWAS-based Analysis of Storekeeper Workloads." **Logistics and Transport** 10: 57-63

[11] Aliff Rahman, et al. (2017). "Simple Arm Muscle Model for Oil Palm Harvesting Process." **MATEC Web of Conferences** 1:4

[12] P. Preethi, et al. (2018). "Pole harvesting - A skillful operation in oil palm fresh fruit bunch (FFB) harvest." **Journal of Plantation Crops** 46: 204-209

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] สรา อาภรณ์และคณะ. (2011). **อาชีวอนามัยและความปลอดภัยสำหรับเกษตรกรรายย่อยผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน.**

[14] นิรนาม. (2557). **โรคระบบกล้ามเนื้อ.** เข้าถึงเมื่อ 29 ธันวาคม 2563. เข้าถึงได้จาก https://bupa.co.th/musculoskeletal-system/

[15] Nilgün Fıgˇlalı, et al. (2015). “Image processing-aided working posture analysis: I-OWAS.” **Computers & Industrial Engineering** 85: 384-394

[16] Thianthip Diawkee. (2018). **7 ปัจจัยเสี่ยงบาดเจ็บจากการทำงาน.** เข้าถึงเมื่อ 6 มกราคม 2564. เข้าถึงได้จาก https://www.thaihealth.or.th/Content/42831-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

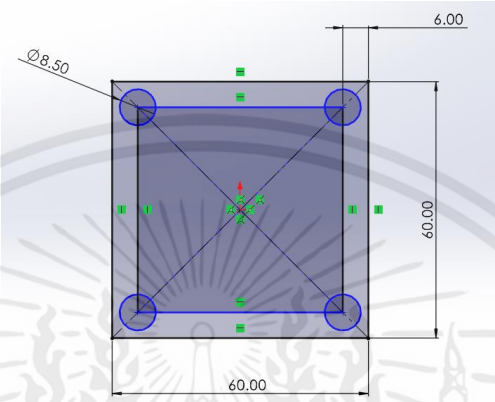
ภาคผนวก ก

เครื่องวัดแรงสามแกนและเครื่องวัดแรงและแรงบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบแผ่นหน้าแปลน ด้วยโปรแกรม Solidworks

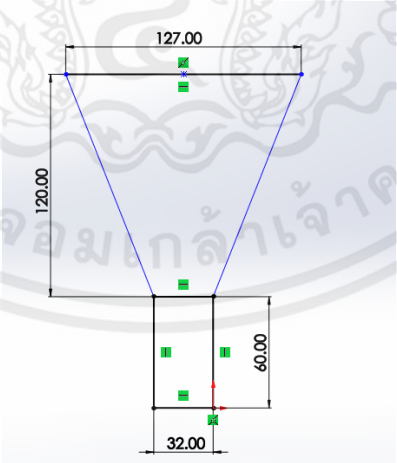
การออกแบบแผ่นเหล็กหน้าแปลน โดยนำแผ่นเหล็กที่มีขนาด 60 x 60 mm หนา 6 mm นำมาเจาะรูขนาด 8.50 ทั้ง 4 รู เพื่อนำมาจับยึดกับตัวใบมีดแทงปาล์ม



รูปที่ ก.1 แผ่นเหล็กที่ออกแบบขนาด 60 x 60 mm

การออกแบบใบมีดแทงปาล์ม ด้วยโปรแกรม Solidworks

การออกแบบใบมีดแทงปาล์ม โดยมีขนาดหน้าตัด 127 mm ยาว 120 mm เชื่อมติดกับเหล็กท่อแป๊ปขนาด 32 mm ยาว 60 mm



รูปที่ ก.2 ใบมีดแทงปาล์มที่ออกแบบขนาดหน้าตัด 127 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครที่มีความชำนาญและไม่มีความชำนาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครที่มีความชำนาญ

ข้อมูลสัดส่วนบุคคล	คนชำนาญคนที่ 1		คนชำนาญคนที่ 2		คนชำนาญคนที่ 3		คนชำนาญคนที่ 4		คนชำนาญคนที่ 5	
	ด้านซ้าย (cm)	ด้านขวา (cm)	ด้านซ้าย (cm)	ด้านขวา (cm)	ด้านซ้าย (cm)	ด้านขวา (cm)	ด้านซ้าย (cm)	ด้านขวา (cm)	ด้านซ้าย (cm)	ด้านขวา (cm)
อายุ	24 ปี		37 ปี		39 ปี		44 ปี		53 ปี	
ส่วนสูง	185 cm		163 cm		176 cm		165 cm		180 cm	
น้ำหนัก	84 kg		58 kg		58 kg		60 kg		60 kg	
ความยาวช่วงไหล่ถึงศอก	32	32	31	31	32	32	32	32	32	32
ความยาวของข้อมือถึงมือ	19	19	18	18	19	19	18.5	18.5	19	19
ความยาวของเอวถึงเข่า	50	50	44	44	46	46	47	47	47	47
ความยาวของเข่าถึงขา	46	46	46	46	46	46	44	44	46	46
ความยาวช่วงเท้า	25.5	25.5	24	24	24.5	24.5	24	24	25	25
มือข้างที่ถนัด		ขวา		ขวา		ขวา		ขวา		ขวา

ตารางที่ ข.2 ขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครที่ไม่มีความชำนาญ

ข้อมูลสัดส่วนบุคคล	คนไม่ชำนาญคนที่ 1		คนไม่ชำนาญคนที่ 2	
	ด้านซ้าย(cm)	ด้านขวา(cm)	ด้านซ้าย(cm)	ด้านขวา(cm)
อายุ	23 ปี		22 ปี	
ส่วนสูง	175 cm		178 cm	
น้ำหนัก	66 kg		62 kg	
ความยาวช่วงไหล่ถึงศอก	34	34	34	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

ข้อมูลสัดส่วนบุคคล	คนไม่ชำนาญคนที่ 1		คนไม่ชำนาญคนที่ 2	
	ด้านซ้าย(cm)	ด้านขวา(cm)	ด้านซ้าย(cm)	ด้านขวา(cm)
ความยาวของข้อมือถึงมือ	18.5	18.5	19.5	19.5
ความยาวของเอวถึงเข่า	48	48	46	46
ความยาวของเข่าถึงขา	48	47	47	47
ความยาวช่วงเท้า	25.5	25.5	26	26
มือข้างที่ถนัด		ขวา		ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลของแรงจากการทดสอบภาคสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าแรงที่ตัดทางปาล์มกับทะลายปาล์มโดยใช้เครื่องวัดแรงสามแกน

Skillful and Height of tree 0.5 – 1 m							
force at palm frond (kg)				force at fresh fruit brunch (kg)			
x-axis	y-axis	z-axis	Resultant	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant
-0.4327	3.3056	0.4672	3.36637735	0.0483	-1.5537	-2.2489	2.733837557
-0.4327	2.9007	0.6463	3.00316391	-0.1795	-1.6896	-2.4577	2.987851686
-0.4327	2.4957	0.2284	2.54320945	-0.4327	-1.2081	-3.8907	4.096862384
-0.4327	3.4406	0.109	3.469414742	-0.4327	-1.9719	-3.9504	4.436358761
-0.4327	3.7443	-0.0104	3.76923333	-0.4327	-1.6715	-2.5177	3.052860107
-0.4327	2.7994	0.1687	2.837662654	-0.5846	-1.3003	-3.6219	3.892389608
-0.4327	2.0233	1.1835	2.383620026	-0.2555	-1.469	-4.1892	4.446643441
-0.4327	3.8455	0.8254	3.956814969	-0.4327	-0.1801	-3.7713	3.800311696
-0.4327	4.6554	1.6611	4.959634778	-0.4327	0.6982	-1.6222	1.818308381
-0.4327	3.6431	0.8851	3.773964614	-0.6859	1.1001	-0.2492	1.320143727
-0.4327	3.3056	0.9448	3.465092739	-0.458	0.2348	-0.0104	0.514784615
-0.4074	11.4044	10.7948	15.70445893	-0.4327	0.876	0.5269	1.110058062
-0.4327	2.6644	9.9059	10.26708875	-0.4327	1.1459	1.0641	1.622536567
-0.4327	3.3393	9.2492	9.843061232	-0.4327	-0.3389	2.7357	2.790365028
-0.2049	1.5171	8.3478	8.495562756	-0.4327	1.2471	2.0193	2.412480091
-0.4327	2.5295	8.706	9.076344834	-0.4327	3.6768	11.0045	11.61056018
-0.4327	6.795	1.6014	6.993030939	-0.4327	2.9344	10.8254	11.22440278
-0.4327	-9.855	1.2432	9.942524857	-0.1795	1.6183	8.8551	9.003549919
-0.4327	-10.8113	0.2284	10.82236589	-0.2302	1.3484	4.9445	5.130229512
-0.4074	10.5271	0.2881	10.5399272	-0.4327	2.6644	10.109	10.46318009
-0.4327	17.7148	0.8851	17.74280995	-0.4327	2.7319	10.4672	10.82648524
-0.4327	17.672	1.3029	17.72524645	-0.7618	-2.6673	10.7657	11.11733444
-0.4327	17.0284	-0.6671	17.04761546	-0.9643	8.8398	9.0253	12.66996364
-0.458	6.9272	-1.1447	7.054565666	-0.4327	8.2999	7.488	11.18685449
-0.4327	12.5403	1.1238	12.59798713	-0.1795	5.0941	7.8999	9.401621938

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

Skillful and Height of tree 0.5 – 1 m							
force at palm frond (kg)				force at fresh fruit brunch (kg)			
x-axis	y-axis	z-axis	Resultant	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant
-0.458	8.5698	0.4075	8.58136053	-0.0783	2.1245	1.3626	2.52513562
-0.6859	2.8332	0.706	2.951726195	0.0483	2.2932	1.2432	2.608954842
-0.4327	5.769	0.109	5.786231182	-0.1542	16.139	-0.1895	16.14084908
-0.1795	5.3641	-0.488	5.403604547	-0.053	18.456	-4.1295	18.91241696
-0.4327	2.8669	0.4075	2.927866314	-0.4327	11.6401	-6.3675	13.27494684
-0.4327	2.462	-10.2881	10.58743004	-0.4327	-13.6093	0.8254	13.64117154
-0.4327	1.9558	1.1238	2.296804164	-0.4074	-12.4957	0.2881	12.50565851
-0.4327	1.2809	1.3626	1.919534543	-0.4327	-10.5751	0.1687	10.58529305
-0.4327	1.6521	1.8402	2.510577571	-0.4327	2.3607	0.2284	2.410871282
-0.4327	1.2809	1.3626	1.919534543	-0.4327	1.6521	1.5417	2.300761307
-0.4327	2.0908	1.0641	2.385578073	-0.4327	2.1245	-10.9448	11.15748075
-0.4327	1.6521	2.0193	2.644661829	-0.4327	1.1122	1.6611	2.045353598
-0.4327	1.1797	0.8254	1.50339833	-0.4327	0.9434	1.3029	1.665767469

รูปที่ ค.1 การแทงทางปาล์มของคนชำนาญโดยเครื่องวัดแรงสามแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1.1 การแทงทะลายปาล์มของคนชำนาญโดยเครื่องวัดแรงสามแกน

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าแรงที่ตัดทางปาล์มกับทะลายปาล์มโดยใช้เครื่องวัดแรงและแรงบิด

Skillful and Height of tree 0.5 – 1 m			
force at palm frond		force at fresh fruit brunch	
Force (N)	Torque (N.m.)	Force (N)	Torque (N.m.)
-0.83	0.61	0.71	-1.46
-0.98	-0.06	-3.09	-1.92
-3.09	0.21	-2.67	-1.19
-5.21	0.21	-1.83	-1.52
0.28	-0.52	2.82	-1.66
5.35	0.21	-0.98	-1.26
0.71	-0.32	-2.67	0.01
-2.67	0.08	-2.25	-0.39
-1.4	-0.06	1.55	0.14
-3.09	0.01	3.66	-0.19
-0.98	-0.06	6.62	-0.46
1.55	-0.39	-2.67	-0.12
227.62	45.88	0.28	-0.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

Skillful and Height of tree 0.5 – 1 m			
force at palm frond		force at fresh fruit brunch	
Force (N)	Torque (N.m.)	Force (N)	Torque (N.m.)
169.81	29.01	2.4	-0.06
121.18	19.41	290.28	-30.06
100.18	13.28	166.94	-3.39
51.31	92.54	152.58	4.88
31.31	12.28	175.38	-0.12
12.25	-2.12	-73.19	-1.26
-8.58	-1.59	-28.43	-2.46
-6.05	-223.79	-19.98	-28.12
-6.05	-99.79	-15.34	-151.73
1.55	-66.01	-11.54	-90.08
-0.56	-33.08	-9.85	-17.87
-3.09	-33.92	-8.16	-45.74
-5.21	-48.7	-7.32	-15.34
2.41	-2.19	-5.99	-6.47
-2.19	-21.26	-6.32	-5.21
-3.19	-7.86	-6.12	-1.52
51.31	92.54	152.58	4.88
31.31	12.28	175.38	-0.12
12.25	-2.12	-73.19	-1.26
-8.58	-1.59	-28.43	-2.46
-6.05	-223.79	-19.98	-28.12
-6.05	-99.79	-15.34	-151.73
1.55	-66.01	-11.54	-90.08
-0.56	-33.08	-9.85	-17.87
-3.09	-33.92	-8.16	-45.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

Skillful and Height of tree 0.5 – 1 m			
force at palm frond		force at fresh fruit brunch	
Force (N)	Torque (N.m.)	Force (N)	Torque (N.m.)
-5.21	-48.7	-7.32	-15.34
2.41	-2.19	-5.99	-6.47
-2.19	-21.26	-6.32	-5.21
-3.19	-7.86	-6.12	-1.52
-2.12	-5.46	-5.52	-2.32
-1.86	-0.46	-4.78	-1.79
-0.98	-0.79	0.71	-1.86
-2.25	-0.66	-258.99	-1.46
-280.55	18.14	-170.31	2.66
-272.15	-62.28	-63.06	-3.32
-189.66	20.54	-35.19	-8.79
-106.55	66.88	-22.1	-5.12
-90.5	17.34	-11.54	0.08
-67.7	14.59	-10.61	0.61

รูปที่ ค.2 การแทงทางปาล์มของคนชำนาญโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.2.1 การแทงทะลาย ปาล์มของคนชำนาญโดยเครื่องวัดแรงและแรงบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาขนาดพื้นที่ของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

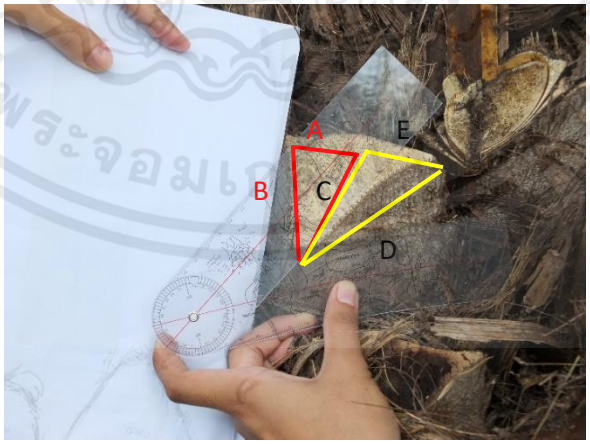
การคำนวณหาขนาดพื้นที่ของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมัน

การคำนวณหาขนาดพื้นที่ของทางปาล์มน้ำมัน

ขั้นตอนที่ 1 ให้ทำการเก็บข้อมูลโดยการวัดขนาดพื้นที่ของทางปาล์มทุกด้าน (cm)

รูปที่ ง.1 การเก็บข้อมูลพื้นที่ทางปาล์ม

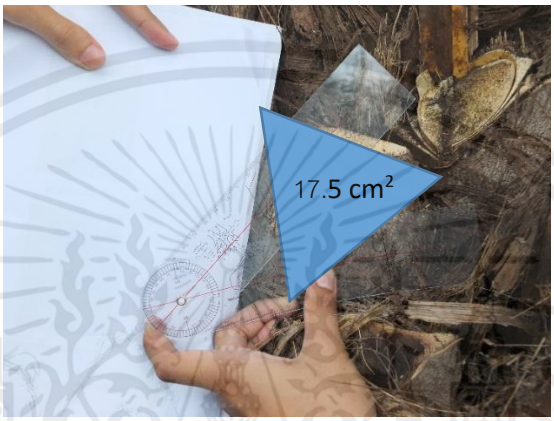
ขั้นตอนที่ 2 ทำการมองภาพทางปาล์มเป็นรูปสามเหลี่ยมสองรูปติดกัน ดังพิจารณาจากรูปที่ ง.2 A = 1.5 cm, B = 7 cm, C = 10 cm, D = 11 cm, E = 2 cm



รูปที่ ง.2 จำลองรูปทางปาล์มน้ำมันออกเป็นสามเหลี่ยมสองรูปติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 ทำการคำนวณหาพื้นที่สามเหลี่ยมแต่ละรูปจากสูตร พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม = 1/2 x ฐาน x สูง หลังจากนั้นทำการบวกค่าพื้นที่ของทั้งสองรูปเข้าด้วยกัน โดยพื้นที่สามเหลี่ยมรูปที่ 1 + พื้นที่สามเหลี่ยมรูปที่ 2 = พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม จึงได้ค่าพื้นที่ของทางปาล์ม 7.5 cm^2 + 10 cm^2 = 17.5 cm^2



รูปที่ ง.3 พื้นที่ของทางปาล์มน้ำมันที่วัดค่าได้

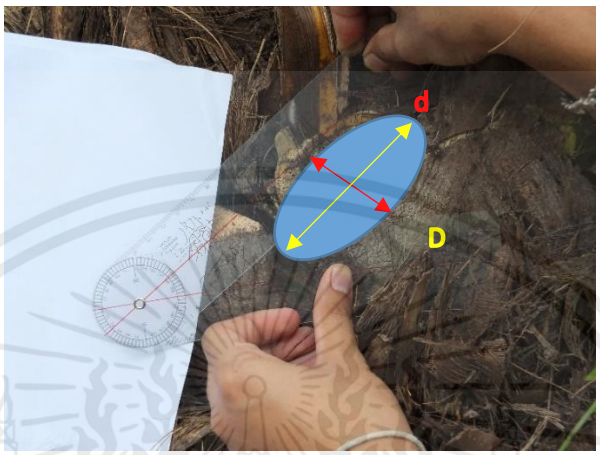
การคำนวณหาขนาดพื้นที่ของทะลายปาล์มน้ำมัน

ขั้นตอนที่ 1 ให้ทำการเก็บข้อมูลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของทะลายปาล์มทุกด้าน(cm)

รูปที่ ง.4 การเก็บข้อมูลพื้นที่ทะลายปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ทำการมองภาพทะลายปาล์มเป็นรูปวงรี ดังพิจารณาจากรูปที่ง.5 D = 14 cm , d = 3 cm



รูปที่ ง.5 จำลองรูปทะลายปาล์มน้ำมันเป็นรูปวงรี

ขั้นตอนที่ 3 ทำการคำนวณหาพื้นที่วงรีจากสูตร พื้นที่ของวงรี $\pi/_4 AB$ จึงได้ค่าพื้นที่ของทะลายปาล์ม = 32.98 cm^2

รูปที่ ง.6 พื้นที่ของทะลายปาล์มน้ำมันที่วัดค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ข้อมูลขนาดพื้นที่การตัดเฉือนและองศาการตัดเฉือนของทางปาล์ม และทะลายปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ขนาดพื้นที่การตัดเฉือนของทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m

ต้นที่	พื้นที่ตัดเฉือนของทะลายปาล์มน้ำมัน(cm^2)	พื้นที่ตัดเฉือนของทางปาล์มน้ำมัน(cm^2)
1	29.93326	19.25
2	26.22022	20.00429
3	19.55671	19.44643
4	39.19184	21.37143
5	49.47727	21.37143
6	24.13949	20.625

ตารางที่ จ.2 องศาการตัดเฉือนทางปาล์มและทะลายปาล์มน้ำมันในช่วงความสูง 0.5 – 1 m

ต้นที่	องศาการตัดเฉือนของทะลายปาล์มน้ำมัน(°)	องศาการตัดเฉือนของทางปาล์มน้ำมัน(°)
1	45	39
2	36	34
3	41	39
4	39	42
5	37	40
6	40	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การคำนวณองศาการแกว่งแขนของอาสาสมัครด้วยวิธี Dot product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาองศาด้วยวิธี Dot product

ตัวอย่างการคำนวณ

กำหนดให้ A_1 คือ ตำแหน่งเริ่มต้นของรยางค์ก่อนเปลี่ยนท่าทาง

B_1 คือ ตำแหน่งปลายของรยางค์ก่อนเปลี่ยนท่าทาง

A_2 คือ ตำแหน่งเริ่มต้นของรยางค์หลังเปลี่ยนท่าทาง

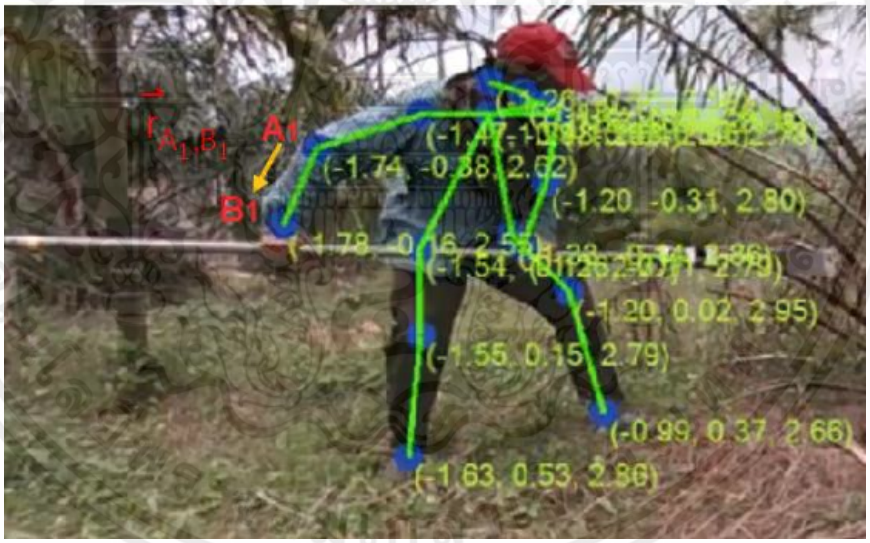
B_2 คือ ตำแหน่งปลายของรยางค์หลังเปลี่ยนท่าทาง

$\vec{r}_{A_1,B_1}$ คือ เวกเตอร์จากจุด A_1 ไปจุด B_1

$\vec{r}_{A_2,B_2}$ คือ เวกเตอร์จากจุด A_2 ไปจุด B_2

$\propto$ คือ มุมที่เกิดขึ้นระหว่าง $\vec{r}_{A_1,B_1}$ และ $\vec{r}_{A_2,B_2}$

การคำนวณองศาการแกว่งแขนของคนไม่มีประสบการณ์



รูปที่ ฉ.1 ตำแหน่งแขนขณะง้างแทงทะลายปาล์มของคนไม่ชำนาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ฉ.2 ตำแหน่งแขนขณะแทงทะลายปาล์มของคนไม่ชำนาญ

รูปที่ ฉ.3 มุมองศาที่เกิดขึ้นของคนที่ไม่ชำนาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาองศาแขนของคนมีประสบการณ์ พิจารณาจากรูปที่ ฉ.1 ฉ.2 และ ฉ.3

A1 = -1.74i -0.38j + 2.62k

B1 = -1.78i -0.16j + 2.55k

A2 =-1.4i -0.30j +2.73k

B2 = -1.30i -0.14j +2.80k

$\vec{r}_{A_1,B_1} = (-1.78+1.74)i + (-0.16+0.38)j + (2.55-2.62)k = -0.04i + 0.22j - 0.07k$

$\vec{r}_{A_2,B_2} = (-1.30+1.4)i + (-0.14+0.30)j + (2.80-2.73)k = 0.1i + 0.16j + 0.07k$

$\vec{r}_{A_1,B_1} \cdot \vec{r}_{A_2,B_2} = (-0.04i + 0.22j - 0.07k)(0.1i + 0.16j + 0.07k)$

$= -0.004 + 0.0352 - 0.0049$

$= 0.0263$

$\left|\vec{r}_{A_1,B_1}\right| = \sqrt[2]{(-0.04i)^2 + (0.22j)^2 + (-0.07k)^2} = 0.2343$

$\left|\vec{r}_{A_2,B_2}\right| = \sqrt[2]{(0.1i)^2 + (0.6j)^2 + (0.07k)^2} = 0.6123$

$\vec{r}_{A_1,B_1} \cdot \vec{r}_{A_2,B_2} = \left|\vec{r}_{A_1,B_1}\right|\left|\vec{r}_{A_2,B_2}\right| \cos \propto$

$0.0263 = (0.2343)(0.6123) \cos \propto$

$\propto = 79.44^\circ$

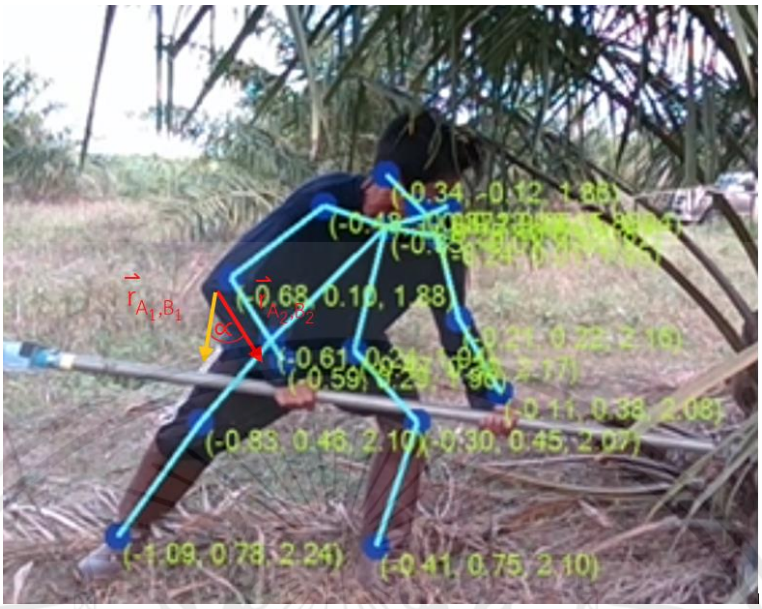
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณองศาการแกว่งแขนของคนมีประสบการณ์

รูปที่ ฉ.4 ตำแหน่งแขนขณะง้างแทงทะลายปาล์มของคนชำนาญ

รูปที่ ฉ.5 ตำแหน่งแขนขณะแทงทะลายปาล์มของคนชำนาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ.6 มุมองศาที่เกิดขึ้นของคนชำนาญ

การคำนวณหาองศาแขนของคนมีประสบการณ์ พิจารณาจากรูปที่ ฉ.4 ฉ.5 และ ฉ.6

A1 = -1.02i - 0.01j + 1.62k

B1 = -1.05i + 0.22j + 1.97k

A2 = -0.68i + 0.10j + 1.88k

B2 = -0.61i + 0.24j + 1.94k

$\vec{r}_{A_1,B_1}$ = (-1.05+1.02)i + (0.22+0.01)j + (1.97-1.62)k = -0.03i + 0.23j + 0.35k

$\vec{r}_{A_2,B_2}$ = (-0.61+0.68)i + (0.24-0.10)j + (1.94-1.88)k = 0.07i + 0.14j + 0.06k

$\vec{r}_{A_1,B_1} \cdot \vec{r}_{A_2,B_2}$ = (-0.03i + 0.23j + 0.35k)(0.07i + 0.14j + 0.06k)

= 0.0021 + 0.0322 + 0.021

= 0.0553

$\left|\vec{r}_{A_1,B_1}\right| = \sqrt[2]{(-0.03i)^2 + (0.23j)^2 + (0.35k)^2} = 0.4198$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\left|\vec{r}_{A_2,B_2}\right| = \sqrt[2]{(0.07i)^2 + (0.14j)^2 + (0.06k)^2} = 0.1676$$

$$\vec{r}_{A_1,B_1} \cdot \vec{r}_{A_2,B_2} = \left|\vec{r}_{A_1,B_1}\right|\left|\vec{r}_{A_2,B_2}\right| \cos \propto$$

$$0.0553 = (0.4198)(0.1676) \cos \propto$$

$$\propto = 38.19^{\circ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ข้อมูลองศาการแกว่งแขนของอาสาสมัครที่มีความชำนาญและไม่ชำนาญขณะปฏิบัติงานในต้นปาล์มน้ำมันช่วงความสูง 0.5 – 1 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.1 องศาการแกว่งแขนของอาสาสมัครที่มีความชำนาญขณะปฏิบัติงานในต้นปาล์มช่วงความสูง 0.5 – 1 m

องศาการแกว่งแขนขณะแทงทางปาล์มน้ำมัน		องศาการแกว่งแขนขณะแทงทะลายปาล์มน้ำมัน	
แขนซ้าย (°)	แขนขวา (°)	แขนซ้าย (°)	แขนขวา (°)
15.85533	134.4	90.77591	145.1093
90.95403	91.41156	76.72587	36.89664
86.03625	53.9442	59.91946	161.2756
41.77876	70.57672	58.05801	144.6957
144.5956	59.88199	142.6719	79.05823
157.4365	118.5177	130.6707	68.69718

ตารางที่ ช.2 องศาการแกว่งแขนของอาสาสมัครที่ไม่มีความชำนาญขณะปฏิบัติงานในต้นปาล์ม ช่วงความสูง 0.5 – 1 m

องศาการแกว่งแขนขณะแทงทางปาล์มน้ำมัน		องศาการแกว่งแขนขณะแทงทะลายปาล์มน้ำมัน	
แขนซ้าย (°)	แขนขวา (°)	แขนซ้าย (°)	แขนขวา (°)
56.44541	39.59286	135.168	57.9648
134.9372	14.18561	155.3057	12.68522
104.2146	50.3218	114.8911	122.7567
119.5891	122.5887	129.0462	150.3147
14.40951	114.9391	118.9782	29.94633
115.2365	135.5297	114.9539	59.03951

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

ใบรับรองจริยธรรมการทำงานในคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Certificate of Completion

National Research Council of Thailand (NRCT) and Forum for Ethical Review Committee in Thailand (FERCIT)

Certify that

chouwalert saepu

Has completed the ON-LINE RESEARCH ETHICS TRAINING

Course หลักสูตรหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำหรับนักศึกษา/นักวิจัย

Date approved (13/10/2563)

Date expired (13/10/2566)

(Professor Dr.Sirirurg Songsivilai)
Secretary-General
National Research Council of Thailand

รูปที่ ซ.1 ใบรับรองจริยธรรมการทำงานในคนของ นายเชาวเลิศ แซ่ภู่

Certificate of Completion

National Research Council of Thailand (NRCT) and Forum for Ethical Review Committee in Thailand (FERCIT)

Certify that

nattharikarn aodpum

Has completed the ON-LINE RESEARCH ETHICS TRAINING

Course หลักสูตรหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำหรับนักศึกษา/นักวิจัย

Date approved (18/10/2563)

Date expired (18/10/2566)

(Professor Dr.Sirirurg Songsivilai)
Secretary-General
National Research Council of Thailand

รูปที่ ซ.2 ใบรับรองจริยธรรมการทำงานในคนของ นางสาวณัฐฑริกานต์ ออดพุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Certificate of Completion

National Research Council of Thailand (NRCT) and Forum for Ethical Review Committee in Thailand (FERCIT)

Certify that

sarawut changchana

Has completed the ON-LINE RESEARCH ETHICS TRAINING

Course หลักสูตรหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำหรับนักศึกษา/นักวิจัย

Date approved
(13/10/2563)

Date expired
(13/10/2566)

(Professor Dr.Sirirurg Songsivilai)
Secretary-General
National Research Council of Thailand

รูปที่ ซ.3 ใบรับรองจริยธรรมการทำงานในคนของ นายศราวุฒิ ชังชะนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นายเชาวเลิศ แซ่ภู่

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2541

ภูมิลำเนา จังหวัดชุมพร

ที่อยู่ 65 หมู่ 7 ตำบลท่าแซะ อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร 86140

E-mail Chouwalert11@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างกลโรงงาน ปีการศึกษา 2559 จากวิทยาลัยเทคนิคชุมพร จังหวัดชุมพร
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวณัฐฑริกานต์ ออดพุ่ม

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2541

ภูมิลำเนา จังหวัดกระบี่

ที่อยู่ 77/1 ม.1 ต.ห้วยน้ำขาว อ.คลองท่อม จ.กระบี่ 81120

E-mail Nattharikarn2541@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย จังหวัดกระบี่
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นายศราวุฒิ ชังชะนา

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2542

ภูมิลำเนา จังหวัดชุมพร

ที่อยู่ 2/1 หมู่ 3 บ้านนา อำเภอเมืองชุมพร จังหวัดชุมพร 86190

E-mail Sarawut60512097@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างกลโรงงาน ปีการศึกษา 2559 จากวิทยาลัยเทคนิคชุมพร จังหวัดชุมพร
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เกียรติบัตรรับรองการใช้โปรแกรม SolidWorks ช่วยในงานออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้