



อิทธิพลทางการยศาสตร์ขณะยกทะลายปาล์ม

EFFECT OF ERGONOMICS ON PALM FRESH FRUIT BUNCH HAND-PICKING

ธนกร คงยก

TANAKORN KONGYOK

พลอยงาม ทองนาค

PLOYNGAM TONGNAK

ภาณุพงศ์ คงเอียด

PHANUPHONG KONG-EIAD

ปฏิญญาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลทางการยศาสตร์ขณะยกทะลายปาล์ม

EFFECT OF ERGONOMICS ON PALM FRESH FRUIT BUNCH HAND-PICKING



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF ERGONOMICS ON PALM FRESH FRUIT BUNCH HAND-PICKING



TANAKORN KONGYOK
PLOYNGAM TONGNAK
PHANUPHONG KONG-EIAD

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
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ อธิพิพลทางการยศาสตร์ขณะยกทะลายปาล์ม
PROJECT TITLE EFFECT OF ERGONOMICS ON PALM FRESH FRUIT BUNCH HAND-
PICKING

ชื่อนักศึกษา นายธนกร คงยก รหัสประจำตัว 60512057
นางสาวพลอยงาม ทองนาค รหัสประจำตัว 60512080
นายภาณุพงศ์ คงเอียด รหัสประจำตัว 60512087


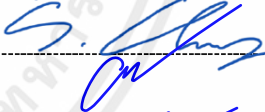
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์

ปริญญาานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์

ปริญญาานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
ผศ.จรัสชัย	เย็นพยัค	กรรมการสอบ	
อ.ดร.ศรีรัตน์	ช่วยบุญ	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ดิษฐพร	ตุงโสธานนท์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	
ผศ.ดร.ชมพูนุช	กุลเกตุวงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 29 พฤษภาคม 2564 เวลา 10:00-11:00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบออนไลน์ Modern Science and Technology for Sustainable
Development

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ มิถุนายน พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดก่แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อิทธิพลทางการยศาสตร์ขณะยกทะเลลายปาล์ม	
ชื่อนักศึกษา	นายธนกร คงยก	รหัสประจำตัว 60512057
	นางสาวพลอยงาม ทองนาค	รหัสประจำตัว 60512080
	นายภาณุพงศ์ คงเอียด	รหัสประจำตัว 60512087
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์	
ปริญญานิพนธ์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงไธธานนท์	
ปริญญานิพนธ์ร่วม		

บทคัดย่อ

การยกทะเลลายปาล์มขึ้นทำยรถบรรทุกเป็นท่าทางการทำงานที่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้กล้องชนิดลึกในการประเมินท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ รวมทั้งประเมินแรงและความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ขณะยกทะเลลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก วิธีดำเนินงานขั้นแรกจะสอบเทียบกล้องชนิดลึกกับโกนิโอมิเตอร์โดยวัดองศาการเคลื่อนไหวของอาสาสมัคร 10 คน ด้วยท่าทางมาตรฐาน 3 แบบ พบว่ากล้องชนิดลึกสามารถวัดมุมองศาแทนโกนิโอมิเตอร์ได้ละเอียดกว่าคิดเป็น 12.39% จากนั้นนำกล้องชนิดลึกไปถ่ายภาพการแกว่งแขนขณะยกทะเลลายปาล์มน้ำมันกับอาสาสมัคร 6 คน แบ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ 3 คน และผู้ที่ไม่เคยทำมาก่อน 3 คน พบว่าองศาการแกว่งแขนทั้งแขนขวาและแขนซ้ายของผู้มีประสบการณ์จะมากกว่าผู้ที่ไม่เคยทำมาก่อนอยู่ที่ 11.42% กับ 13.35% ตามลำดับ หลังจากนั้นทำประเมินแรงยกทะเลลายปาล์มด้วยเหล็กยกที่ติดตั้งเครื่องวัดแรงสามแกนและแรงรยางค์ล่างด้วยแผ่นวัดแรง พบว่าแรงที่วัดได้จากเครื่องวัดแรงสามแกนของผู้ที่มีประสบการณ์ขณะออกแรงสะบัดทะเลลายปาล์มให้หลุดจากเหล็กยกจะมากกว่าผู้ที่ไม่มีความรู้ และแรงที่ขาขวาของอาสาสมัครที่มีประสบการณ์จะมากด้วยเช่นกัน เนื่องจากต้องรักษาสสมดุลร่างกายจากแรงสะบัด และในขั้นตอนสุดท้ายได้ทำการประเมินความเสี่ยงท่าทางการทำงานของอาสาสมัครด้วยวิธี OWAS พบว่าท่าทางขณะยกทะเลลายปาล์มขึ้นมีความเสี่ยงบาดเจ็บมากที่สุดโดยอาจส่งต่อหัวเข่าและหลังได้

คำสำคัญ: กล้องชนิดลึก, ทะลายปาล์ม, OWAS

Project Title	Effect of Ergonomics on Palm Fresh Fruit Bunch Hand-picking	
Student	Mr. Thanakorn Kongyok	Student ID 60512057
	Miss Ployngam Tongnak	Student ID 60512080
	Mr. Phanuphong Kong-Eiad	Student ID 60512087
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Mechanical Engineering	
Project Advisor	Asst.Prof.Dr. Chompoonud Kulketwong	
Project Co-Advisor	Asst.Prof.Dr. Dithaporn Thungsotanon	

ABSTRACT

Hand-picking the oil palm fresh fruit bunches (FFBs) up to the trailer of the light truck is the posture that risks musculoskeletal injuries. This project aimed to apply a depth camera for assessing the human movement and including evaluating the forces and the ergonomic risk factors during lifting the FFBs up to the truck trailer. In the first procedure of the experiment, the depth camera was calibrated with a goniometer by measuring the movement angles of the 10 volunteers with the 3 standard postures. The results were found that the depth camera was measured more sensitive than the goniometer about 12.39%. Then, the depth camera was used to take the motions of the arm swing angles while picking up the FFBs of the 6 volunteers that divided into 3 experienced people and 3 people who had never done before. The results showed that the right and left arm swing degrees of the experienced specimens were higher than the no experienced people at 11.42 and 13.35%, respectively. After that, the lifting FFBs forces were assessed by the loading spike T-handle with the 3-axis transducer and the lower limb forces were evaluated with the flat-bed scale. The results were found that the forces from the loading spike with the 3-axis transducer of the people who had experience during flicked the FFBs were more than who had no experience and so the right leg forces of the experienced volunteers were greater than too, for counterpoising from the flick reaction force. After that, the lifting FFBs forces were assessed by the loading spike T-handle with the 3-axis transducer, and the lower limb forces were evaluated with the flat-bed scale. The results were found that the forces from the 3-axis transducer of the people who had experienced during flicked the FFBs immediately were more than those who had no experience and the right leg forces of the experienced volunteers were greater than too, for keeping body balance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

from the flicked force. Finally, the volunteers' postures were assessed the ergonomic risk factors with the OWAS method and found that the highest risk of the posture had occurred while picking up FFBS that affect the knee and back.

Keywords: Depth camera, Oil palm fresh fruit bunches, OWAS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ คำแนะนำ และคำปรึกษาเกี่ยวกับปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ อาจารย์ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ร่วม ผู้ที่คอยให้แนวคิดและคำปรึกษาในด้านอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ขั้นตอนและวิธีการทดลอง ตลอดจนเพื่อน ๆ ที่คอยช่วยเหลือ

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่งของข้าพเจ้าที่เป็นผู้ให้กำลังใจและโอกาสในการศึกษาอันมีค่ายิ่ง ซึ่งเป็นบุญคุณอย่างหาที่สุดไม่ได้ ข้าพเจ้าจะรำลึกในพระคุณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ฉนกร คงยก
พลอยงาม ทองนาค
ภาณุพงศ์ คงเอียด
พฤษภาคม 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.7 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักการทางด้านการยศาสตร์	4
2.2 การยศาสตร์แรงงานในการเก็บเกี่ยวผลสวนปาล์มน้ำมัน	4
2.3 ปัจจัยเสี่ยงท่าทางการทำงานในการเก็บเกี่ยวปาล์ม	5
2.4 หลักการประเมินด้านการยศาสตร์โดยวิธี OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)	6
2.5 หลักการทำงานของกล้องชัดลึก	8
2.6 ระบบพิกัด 3 มิติ	9
2.7 Dot Product	10
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	18
3.1 การดัดแปลงเหล็กยกทะลายปาล์ม	18
3.2 การสอบเทียบค่าองศาโดยใช้กล้องชัดลึกร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษามาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การสอบเทียบค่าองศาโดยใช้กล้องชัดลึกร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking และ Goniometer	19
3.3 การทดลองยกทะเลลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก	24
3.4 การประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)	26
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	27
4.1 องค์การเคลื่อนไหวร่างกายเฉลี่ยของอาสาสมัครที่วัดด้วยอุปกรณ์วัดมุมและกล้องชัดลึก	27
4.2 มุมแขนของคนที่มีและไม่มีประสบการณ์ยกทะเลลายปาล์มที่วัดได้จากกล้องชัดลึก	31
4.3 ผลการทดสอบของแรงในการยกทะเลลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก	33
4.4 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการยกทะเลลายปาล์มขึ้นรถบรรทุกด้วยวิธี OWAS	39
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการทดลอง	45
5.2 ปัญหาที่พบ	46
5.3 ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก การคำนวณหาองศาด้วยวิธี Dot product	51
ภาคผนวก ข การประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS	60
ภาคผนวก ค ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	66
ประวัติผู้จัดทำ	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนดำเนินการโครงการ	3
2.1	ระดับผลทำทางการประเมินโดย OWAS	8
4.1	องศาการเคลื่อนไหวร่างกายเฉลี่ยของอาสาสมัครที่วัดด้วยอุปกรณ์วัดมุมและ กล้องชัด	27
4.2	องศาของการเคลื่อนไหวร่างกายระหว่างชาย-หญิงและเปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อนของกล้องชัดเทียบกับอุปกรณ์วัดมุม	29
4.3	มุมแขนของคนที่มีและไม่มีประสบการณ์ยกทะเลาะลายปาล์มที่วัดได้จากกล้องชัดลึก	32
4.4	แรงที่แขนและขาเฉลี่ยของอาสาสมัครในช่วงเวลาทั้งหมดที่ทำการยกทะเลาะ ปาล์มขึ้นรถบรรทุก	35
4.5	แรงที่แขนและขาสูงสุดของอาสาสมัครขณะยกทะเลาะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก	36
4.6	การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการยกทะเลาะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุกด้วยวิธี OWAS	39
ข.1	แสดงผลของความหมายคะแนน OWAS	62
ข.2	ตัวอย่างการหาระดับความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึ VII เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานการศึกษาอิทธิพลทางการยศาสตร์ขณะยกทะเลลายปาล์ม ขึ้นรถบรรทุก	2
2.1	ท่าทางการยกทะเลลายปาล์มที่ความสูง (ก) ต่ำกว่าไหล่ และ (ข) เหนือไหล่	5
2.2	ท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันขณะ (ก) แหงทะเลลายปาล์ม และ (ข) ยก ทะเลลายปาล์ม	6
2.3	การประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานด้วยวิธี OWAS	7
2.4	เวกเตอร์ A ในระบบสามมิติ	9
2.5	เวกเตอร์ A และ B ทำมุม θ ในระบบสามมิติ	10
2.6	Microsoft Kinect v.1	12
2.7	Microsoft Kinect v.2	13
2.8	Intel® RealSense™ Depth Camera D435	13
2.9	ZED Stereo Camera (Stereo Labs)	14
2.10	CamBoard Pico Flexx (PMD Technologies)	14
3.1	เหล็กยกทะเลลายปาล์ม	18
3.2	แผ่นเหล็กที่ออกแบบขนาด (ก) 55 mm x 55 mm และ (ข) 60 mm x 60 mm	19
3.3	ปรับผิวหน้าเหล็กแผ่น	19
3.4	เหล็กยกทะเลลายปาล์มดัดแปลง	20
3.5	เหล็กยกทะเลลายปาล์มที่ติดตั้งเครื่องวัดแรง 3 แกน	20
3.6	กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSense รุ่น D455	21
3.7	Goniometer	21
3.8	ท่าอแกนที่ (ก) 15° (ข) 30° และ (ค) 45°	22
3.9	ท่าแกว่งแขนเข้า-ออกที่ (ก) 15° (ข) 30° และ (ค) 45°	23
3.10	ท่าอขาที่ (ก) 15° (ข) 30° และ (ค) 45°	23
3.11	เหล็กยกทะเลลายปาล์มพร้อมเครื่องวัดแรง 3 แกน	24
3.12	การวาง Flat-bed scale	25
3.13	การยกทะเลลายปาล์มของ (ก) คนมีประสบการณ์ และ (ข) คนไม่มีประสบการณ์	25
4.1	แกนในการอ้างอิงการทำงานของ (ก) กล้องชัดลึก และ (ข) Goniometer	28
4.2	ขนาดแขนของอาสาสมัครชายขณะ (ก) เริ่มต้น 0° และ (ข) เปลี่ยนไป 30°	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.3	ขนาดแขนของอาสาสมัครหญิง (ก) เริ่มต้น 0° และ (ข) เปลี่ยนไป 30°	31
4.4	คนมีประสบการณ์ขณะ (ก) ยกทะเลาะปาล์ม (ข) ปล่อยทะเลาะปาล์ม และ (ค) มุมแขนที่เกิดขึ้น	32
4.5	คนไม่มีประสบการณ์ขณะ (ก) ยกทะเลาะปาล์ม (ข) ปล่อยทะเลาะปาล์ม และ (ค) มุมแขนที่เกิดขึ้น	33
4.6	เหล็กยกติดกับเครื่องมือวัดแรง 3 แกน	34
4.7	แรงยกทะเลาะปาล์มขึ้นทำยรถบรรทุกของผู้มีประสบการณ์	37
4.8	แรงยกทะเลาะปาล์มขึ้นทำยรถบรรทุกของผู้ไม่มีประสบการณ์	38
ก.1	ตำแหน่งจอแขนก่อนเปลี่ยนท่าทาง 0°	52
ก.2	ตำแหน่งจอแขนหลังเปลี่ยนท่าทาง 15°	52
ก.3	มุมที่เกิดขึ้นเมื่อจอแขน	52
ก.4	ตำแหน่งจอขาาก่อนเปลี่ยนท่าทาง 0°	53
ก.5	ตำแหน่งจอขาหลังเปลี่ยนท่าทาง 30°	53
ก.6	มุมที่เกิดขึ้นเมื่อจอขา	54
ก.7	ตำแหน่งแกว่งแขนก่อนเปลี่ยนท่าทาง 0°	55
ก.8	ตำแหน่งแกว่งแขนหลังเปลี่ยนท่าทาง 45°	55
ก.9	มุมที่เกิดขึ้นเมื่อแกว่งแขน	55
ก.10	ตำแหน่งขณะยกทะเลาะปาล์มของคนมีประสบการณ์	56
ก.11	ตำแหน่งขณะปล่อยทะเลาะปาล์มของคนมีประสบการณ์	57
ก.12	มุมแขนที่เกิดขึ้นของคนมีประสบการณ์	57
ก.13	ตำแหน่งขณะยกทะเลาะปาล์มของคนไม่มีประสบการณ์	58
ก.14	ตำแหน่งขณะปล่อยทะเลาะปาล์มของคนไม่มีประสบการณ์	58
ก.15	มุมแขนที่เกิดขึ้นของคนไม่ประสบการณ์	59
ข.1	ท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS	61
ข.2	การทดสอบยกทะเลาะปาล์ม	63
ข.3	ท่าทางหลังในการทำงานโดยวิธี OWAS	63
ข.4	ท่าทางแขนในการทำงานโดยวิธี OWAS	64
ข.5	ท่าทางขาในการทำงานโดยวิธี OWAS	64
ค.1	ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของ นายธนกร คงยก	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

ค.2 ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของ นายภาณุพงศ์ คงเอียด

หน้า

67



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
X
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันการทำเกษตรกรรมสวนปาล์มน้ำมันใช้แรงงานมนุษย์ในการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มสด ซึ่งในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยการแหวง การเคียว และการยกทะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก ล้วนเป็นงานที่ต้องใช้แรงและท่าทางที่เสี่ยงต่ออาการบาดเจ็บ โดยคนงานจะใช้หลัง แขน และขา ในการทำงานซ้ำๆ เป็นเวลานาน ส่งผลให้ต้องออกแรงที่มือและเท้าเป็นจำนวนมากขณะปฏิบัติงาน ทำให้เกิดปัจจัยเสี่ยงด้านการยศาสตร์โดยจะมีอาการปวดหลัง แขน และขาเกิดขึ้น ซึ่งเกิดอย่างแพร่หลายในกลุ่มคนงานที่เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน เพราะส่วนใหญ่เป็นการทำงานโดยไม่ได้ออกแบบตามหลักการยศาสตร์ [1-3] นักวิจัยจำนวนมากจึงทำการศึกษาปัจจัยเสี่ยงและนำหลักการด้านการยศาสตร์มาใช้พัฒนาและปรับปรุงสภาพการทำงานในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บ ซึ่งจะช่วยลดอันตรายที่เกิดต่อระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการทำงานได้ [4] โดยงานวิจัยส่วนใหญ่จะศึกษาโดยใช้วิธีการประเมินความเสี่ยง เช่น วิธีประเมินความเสี่ยงแบบ RULA [5] วิธีประเมินความเสี่ยงตามหลักสรีรศาสตร์ (FIOH) [6] วิธีประเมินความเสี่ยงแบบ REBA [7] และวิธีประเมินความเสี่ยงแบบ OWAS [8] โดยทั้งหมดเป็นการหลักการประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยงท่าทางของร่างกายขณะปฏิบัติงาน ซึ่งการประเมินท่าทางในด้านการยศาสตร์สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกับกล้องชัดลึก โดยจะวัดการเคลื่อนไหวแบบละเอียดของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งกล้องสามารถนำเสนอภาพแบบพิกัด 3 มิติ และสามารถลำดับตำแหน่งข้อต่อของร่างกายมนุษย์ได้อย่างชัดเจน โดยส่วนใหญ่กล้องชัดลึกจึงนิยมนำมาใช้ในงานวิจัยด้านการยศาสตร์ [9-10]

ดังนั้นโครงการนี้จึงศึกษาการทำงานของกล้องชัดลึกในการจับการเคลื่อนไหวของผู้ปฏิบัติงาน และประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์และแรงที่เกิดขึ้นขณะยกทะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการลดความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในการทำงานและปรับท่าทางของผู้ปฏิบัติงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของกล้องชัดลึกในการเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์
- 1.2.2 เพื่อประเมินความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์และแรงขณะยกทะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 กล้องชัดลึกร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK สามารถจับภาพและวัดมุมละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า Goniometer

1.3.2 แรงที่ใช้ทำงานของผู้มีประสบการณ์น้อยกว่าผู้ไม่มีประสบการณ์

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ใช้กล้อง Intel® RealSense™ Depth Camera D455 และ โปรแกรม Skeleton Tracking SDK

1.4.2 วัดแรงรยางค์ล่างด้วยแผ่นวัดแรงชนิด Flat-bed scale

1.4.3 วัดแรงขณะยกทะลายปาล์มด้วยหลักยกที่ติดตั้งเครื่องมือวัดแรง (Fx, Fy, Fz)

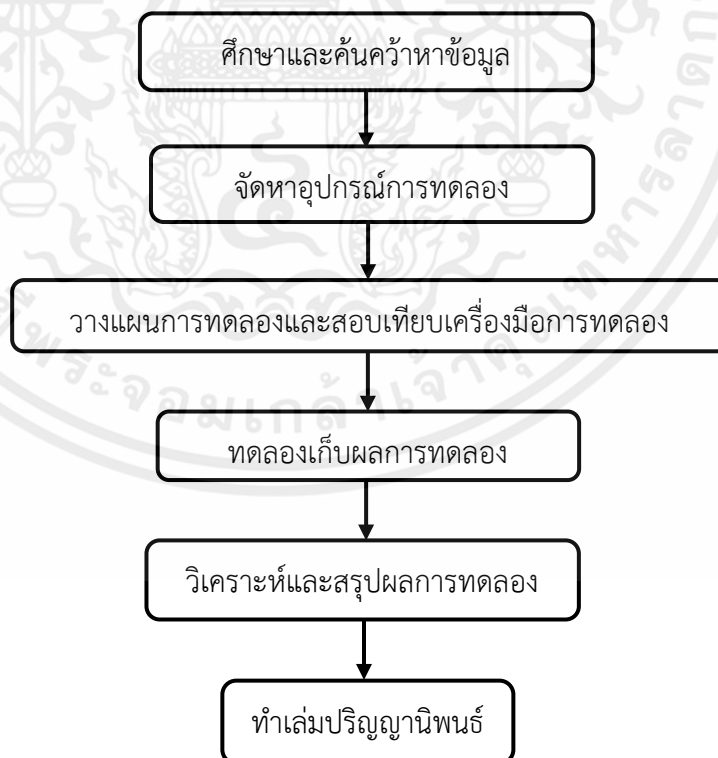
1.4.4 การประเมินความเสี่ยงตามหลักการยศาสตร์โดยวิธี OWAS

1.4.5 ทะลายปาล์มสดที่ใช้ในการทดสอบมีน้ำหนักในช่วง 10 - 15 kg

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ข้อมูลแรงและท่าทางขณะยกทะลายปาล์มขึ้นรถเข็นและรถบรรทุก เพื่อเป็นแนวทางในการแนะนำให้ปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานการศึกษาอิทธิพลทางการยศาสตร์ขณะยกทะลายปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนดำเนินการโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินการ 2563-2564									
	2563					2564				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาและค้นคว้า ข้อมูล	←→									
2.จัดหาอุปกรณ์การ ทดลอง	←→									
3.วางแผนการทดลอง และสอบเทียบ เครื่องมือ						←→				
4.ทดลองและเก็บผล						←→				
5.อภิปรายและสรุปผล การทดลอง						←→				
6.ทำเล่มปริญญานิพนธ์						←→				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงแนวคิด ทฤษฎี บทวรรณกรรมและหลักการต่างๆ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาเป็นข้อมูลสำหรับโครงการนี้

2.1 หลักการทางด้านการยศาสตร์

การยศาสตร์ [11] เป็นศัพท์บัญญัติมาจากคำในภาษาอังกฤษว่า "Ergonomics" ซึ่งมีรากศัพท์มาจากในภาษากรีกซึ่งประกอบด้วยกัน 3 คำ คือ "Ergon" หมายถึง งาน (Work) "Nomoi" หมายถึง กฎ (Law) และ "ikos" หมายถึง ศาสตร์หรือระบบความรู้ (Ics) หากแปลตามตัวอักษร "Ergonomics" จะหมายถึงศาสตร์หรือระบบความรู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกฎกับงาน ส่วนคำว่า การย (การยยะ) ในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้ให้ความหมายไว้ว่า หน้าที่ กิจธุระ งาน ดังนั้นการยศาสตร์จึงเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการประยุกต์วิทยาการในสาขาต่างๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคนกับงานเพื่อป้องกันการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยจากการทำงาน อีกทั้งการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานให้คนเกิดความปลอดภัย นอกจากนี้คำว่า การยศาสตร์ยังมีคำอื่นที่มีความหมายไปในทางเดียวกัน เช่น วิศวกรรมมนุษย์ (Human Engineering or Human Factors Engineering) วิศวกรรมชีวภาพ (Bioengineering) มนุษยปัจจัย (Human Factors) โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษายศาสตร์คือต้องการศึกษาธรรมชาติของงาน เพื่อการป้องกันโรคและการบาดเจ็บเนื่องมาจากการทำงานตั้งแต่ระยะเริ่มต้นในการออกแบบงาน การนำหลักการทางการยศาสตร์มาใช้ในการพัฒนาและปรับปรุง สภาพการทำงาน ซึ่งจะช่วยลดอันตรายที่เกิดกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อลดการประสบอันตรายจากการทำงาน คนงานมีขวัญและกำลังใจในการทำงานคุณภาพและประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น ปัจจุบันการยศาสตร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเนื่องจากองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์มีมากขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกันจากพื้นฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ไม่ว่าจะเป็น กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา จิตวิทยา หรือสังคมวิทยา รวมทั้งวิศวกรรมศาสตร์ก็สามารถนำมาประยุกต์เข้าสู่แกนหลักของการยศาสตร์ได้ ไม่ว่าจะเป็นการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ ชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยาการทำงาน สุขศาสตร์ อุตสาหกรรม จิตวิทยา อุตสาหกรรมและวิศวกรรมอุตสาหกรรม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการยศาสตร์จึงเป็นสหวิทยาการ ซึ่งประกอบด้วยหลากหลายสาขาวิชา เมื่อนำมาประยุกต์ให้เกิดสภาพการทำงานที่เหมาะสมย่อมนำไปสู่วิธีการทำงานหรือท่าทางการทำงานที่เหมาะสม

2.2 การยศาสตร์แรงงานในการเก็บเกี่ยวผลสวนปาล์มน้ำมัน

กิจกรรมการเกษตรมักเกี่ยวข้องกับอันตรายและการบาดเจ็บ การบาดเจ็บที่พบทั่วไปส่วนใหญ่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือการบาดเจ็บด้านสรีรศาสตร์และสุขภาพ [4] การเก็บเกี่ยวเป็นงานที่สำคัญแต่เป็นงานยุ่งยากในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันซึ่งทำด้วยพลังและทักษะของมนุษย์งานที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ของร่างกายมนุษย์ท่าทางการทำงานและท่าทางในงานเก็บเกี่ยวโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับงานและการช่วยเหลือที่จำเป็นเพื่อลดความเสี่ยง ออกแบบการทำงานหรือเครื่องมือโดยพิจารณาขนาดความสูงของตาและไหล่ ความยาวของแขนมนุษย์และความสูงของต้นปาล์ม [1]



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.1 ท่าทางการยกทะเลายปาล์มที่ความสูง (ก) ต่ำกว่าไหล่ และ (ข) เหนือไหล่ [4]

2.3 ปัจจัยเสี่ยงท่าทางการทำงานในการเก็บเกี่ยวปาล์ม

การปลูกปาล์มน้ำมันจัดเป็นอาชีพทางการเกษตรประเภทพืชไร่ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันมักทำงานด้วยมือเป็นหลัก อาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างเป็นผลกระทบต่อสุขภาพอย่างหนึ่งที่ถูกจัดเป็นอันตรายจากการยศาสตร์ที่พบได้บ่อยในกลุ่มแรงงานภาคเกษตรกรรม โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการทำงานด้วยท่าทางที่ไม่เหมาะสมเป็นระยะเวลานานและไม่ได้รับการแก้ไข จึงส่งผลให้เกิดอาการเหล่านี้เพิ่มมากขึ้น เช่น ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและขั้นตอนการขนทะเลายปาล์มขึ้นรถ การเก็บปาล์มน้ำมันมีลักษณะการทำงานโดยใช้ท่าทางและตำแหน่งของการทำงานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บ เช่น การผลัก การดึง การดัน การยก การเดิน การยืนและการบรรทุก อีกทั้งยังมีการทำงานด้วยท่าทางการทำงานซ้ำๆ ก้มๆ เงยๆ มีการเคลื่อนไหวและใช้ท่าทางที่ไม่เหมาะสม ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถส่งผลทำให้เกิดความเมื่อยล้าและอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างได้ [12]



(ก)



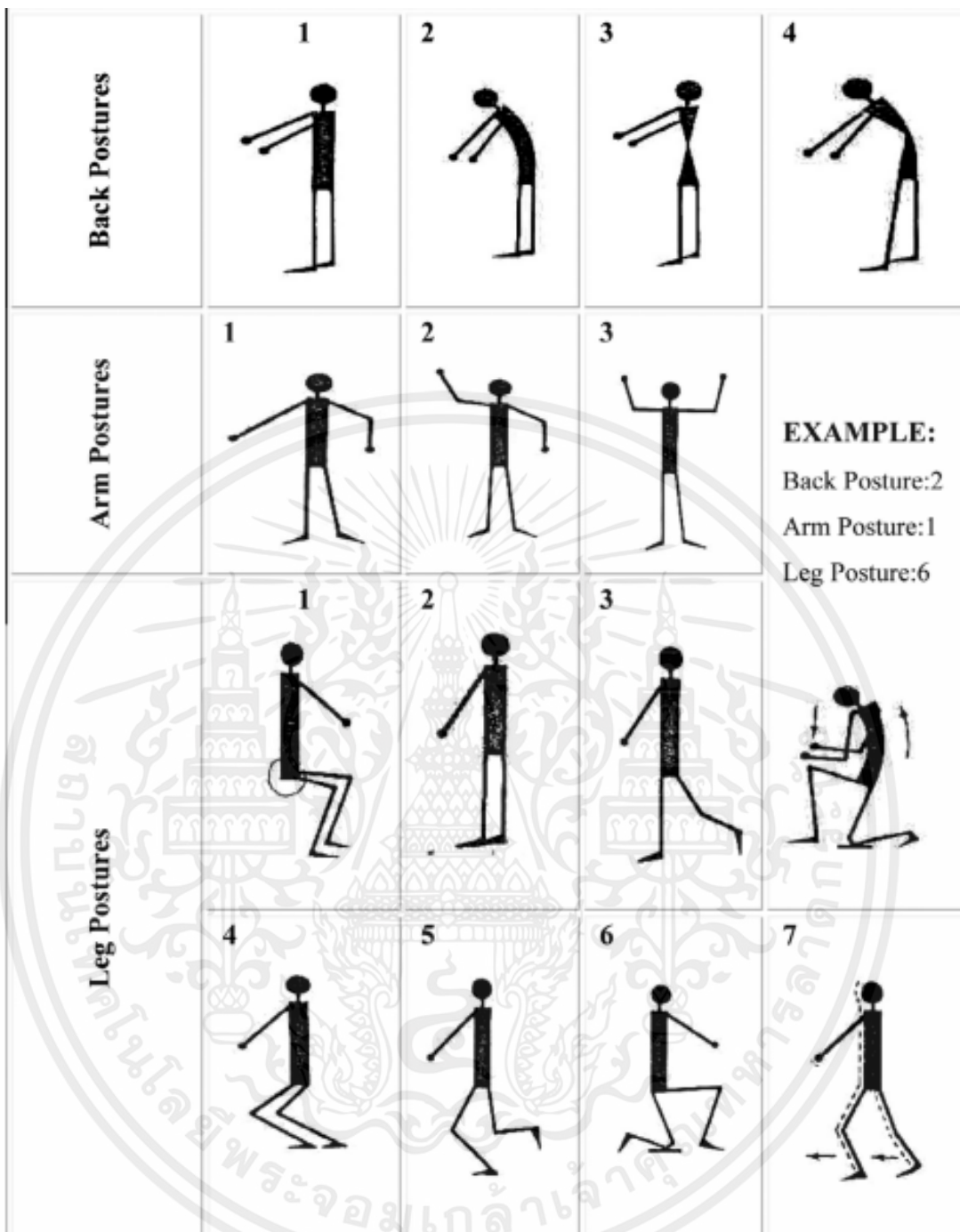
(ข)

รูปที่ 2.2 ท่าทางการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันขณะ (ก) แทงทะลายปาล์ม และ (ข) ยกทะลายปาล์ม [3]

2.4 หลักการประเมินด้านการยศาสตร์โดยวิธี OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานโดยวิธี OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยโรงงานเหล็กในประเทศฟินแลนด์ร่วมกับสถาบันอาชีวอนามัยประเทศฟินแลนด์ (Finnish Institute of Occupational Health) เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1970 โดยใช้ในการประเมินคนงานในโรงงานเหล็ก เนื่องจากพบปัญหาจำนวนคนงานที่มีการเจ็บป่วยเพิ่มขึ้นและมีการลาออกเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากมีอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกของพนักงาน วิธี OWAS เป็นวิธีที่ง่ายต่อการประเมินและมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมและบริการอย่างกว้างขวาง การประเมินด้วยวิธี OWAS ใช้ประเมินอิริยาบถโดยการเฝ้าสังเกตการทำงาน of พนักงานแต่ละท่าทางตลอดช่วงการทำงาน โดยสังเกตหลัง แขน ขา และการออกแรงกล้ามเนื้อ การสังเกตท่าทางในการทำงานควรจะทำโดยการสังเกตในสถานที่จริงและสภาพแวดล้อมจริง หรืออาจจะมีการบันทึก VDO เพื่อใช้ในการประเมินรายละเอียดได้มากขึ้น ข้อดีของการใช้ VDO คือทำให้ผู้ประเมินสามารถย้อนกลับเพื่อสังเกตท่าทางที่ประเมินได้และทำให้มองเห็นรายละเอียดได้อย่างครบถ้วน ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินได้อย่างถูกต้องมากขึ้น นอกจากนั้นเมื่อมีการปรับปรุงการทำงานใหม่จะสามารถใช้ VDO ในการแนะนำหรือชี้แจงให้พนักงานเห็นความแตกต่างของการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น [13]

แบบประเมิน OWAS จะใช้ในการประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานต่อการเกิดปัญหาต่อระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ส่วนต่างๆ ของร่างกายที่เกี่ยวข้องมี 3 ส่วน คือ หลัง แขน และขา โดยในการประเมินโดยใช้ OWAS จะมีบันทึกออกมาเป็นตัวเลข 4 ตัว คือ 1) หลัง 2) แขน 3) ขา 4) น้ำหนัก มีเกณฑ์การประเมินดังนี้ [14]



รูปที่ 2.3 การประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานด้วยวิธี OWAS [15]

น้ำหนัก แรงที่กระทำ หรือการออกแรง

1. น้ำหนักที่ยก หรือแรงที่ต้องการใช้ น้อยกว่า 10 kg
2. น้ำหนักที่ยก หรือแรงที่ต้องการใช้ ตั้งแต่ 10 kg แต่ไม่เกิน 20 kg
3. น้ำหนักที่ยก หรือแรงที่ต้องการใช้ มากกว่า 20 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ระดับผลทำทางการประเมินโดย OWAS

หลัง	แขน	1			2			3			4			5			6			7			ขา			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	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	2	2	2	1	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	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4		
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	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	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	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	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	4	4	4	2	3	4	

แสดงผลของความหมายจากคะแนน OWAS ที่ได้จากรายการ

ระดับ 1 ทำท่าทางการทำงานนั้นยอมรับได้

ระดับ 2 ทำท่าทางการทำงานนั้นมีความเสี่ยงเล็กน้อยต่อการเกิดการบาดเจ็บ การเปลี่ยนแปลงท่าทางในการทำงานอาจมีความจำเป็น

ระดับ 3 ทำท่าทางการทำงานนั้นมีความเสี่ยงปานกลางต่อการเกิดการบาดเจ็บ ดังนั้นควรได้รับการตรวจสอบ และรีบดำเนินการปรับปรุงท่าทางในการทำงาน

ระดับ 4 ทำท่าทางการทำงานนั้นมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดการบาดเจ็บ ดังนั้นควรได้รับการตรวจสอบ และปรับปรุงท่าทางในการทำงานทันที

2.5 หลักการทำงานของกล้องชนิดลึก

ในการทำงานของกล้องชนิดลึกจะใช้ระบบ Time-of-Flight (ToF) ทำหน้าที่สำหรับตรวจจับความลึกของวัตถุ โดยหลักการทำงานคือการยิงแสงอินฟราเรดออกไปกระทบกับวัตถุต่างๆ ข้างหน้าแล้วย้อนกลับมาที่เลนส์กล้อง จากนั้นจะคำนวณระยะเวลาที่แสงอินฟราเรดใช้ในการพุ่งไป-กลับเพื่อประมวลผลออกมาเป็นความลึกของวัตถุแต่ละชิ้น ยิ่งแสงอินฟราเรดใช้เวลาในการเดินทางนานเท่าไรก็แปลว่าวัตถุอยู่ไกลมากขึ้นเท่านั้น โดยสามารถวัดระยะของวัตถุได้หลายชิ้นพร้อมกันจากการยิงอินฟราเรดเพียงครั้งเดียวและยังสามารถทำงานได้ในที่มืด อย่างไรก็ตามการคำนวณอาจถูกรบกวนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมถึงสภาพแวดล้อมภายนอกและโครงสร้างภายในของกล่อง อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในข้อมูลเชิงลึก [16]

2.6 ระบบพิกัด 3 มิติ

คาร์ทีเซียนเวกเตอร์จะกำหนดหน่วย i, j, k ใช้เพื่อกำหนดทิศทางของแกน x, y, z ตามลำดับ ซึ่งสามารถกำหนดทิศทางของเวกเตอร์ [17] ได้ตาม รูปที่ 2.4 และสามารถเขียนได้เป็นสมการที่ 2.1

$$A_x i + A_y j + A_z k \quad (2.1)$$

โดยที่

A คือ เวกเตอร์ใดๆ ในระบบพิกัด 3 มิติ (ไร้หน่วย)

A_x คือ ตำแหน่งใดๆ ในแกน x (ไร้หน่วย)

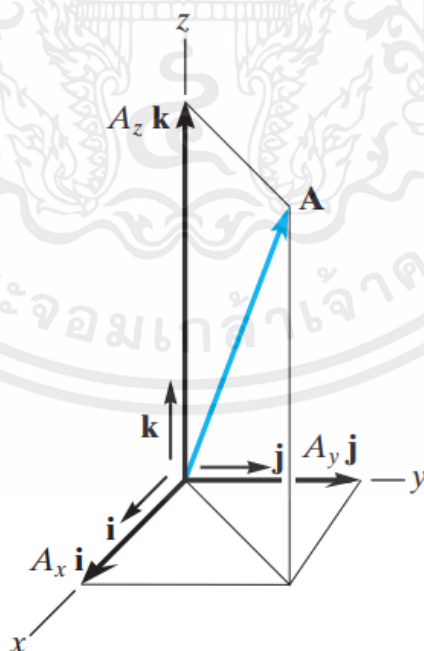
A_y คือ ตำแหน่งใดๆ ในแกน y (ไร้หน่วย)

A_z คือ ตำแหน่งใดๆ ในแกน z (ไร้หน่วย)

i คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนวแกน x (ไร้หน่วย)

j คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนวแกน y (ไร้หน่วย)

k คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนวแกน z (ไร้หน่วย)



รูปที่ 2.4 เวกเตอร์ A ในระบบสามมิติ [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 Dot Product

หลักการคำนวณเวกเตอร์โดยใช้วิธีการคูณแบบ Dot Product หรือสเกลาร์เป็นผลคูณของค่าขนาดของเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ใดๆ และคูณกับค่า Cosine ของมุมเวกเตอร์ทั้งสองนั้น [17] เช่น ถ้า A และ B คือเวกเตอร์จะแสดงดังรูปที่ 2.5 และสมการที่ 2.2

$$A \cdot B = |A||B|\cos\theta \quad \text{เมื่อ } 0^\circ < \theta < 180^\circ \quad (2.2)$$

ในการหาค่ามุม θ ใช้สมการข้างต้นย้ายข้าง จะได้เป็นสมการ ที่ 2.3

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{A \cdot B}{|A||B|}\right) \quad \text{เมื่อ } 0^\circ < \theta < 180^\circ \quad (2.3)$$

โดย

- A คือ เวกเตอร์ใดๆ (ไร้หน่วย)
- B คือ เวกเตอร์ใดๆ (ไร้หน่วย)
- $|A|$ คือ ขนาดเวกเตอร์ A (ไร้หน่วย)
- $|B|$ คือ ขนาดเวกเตอร์ B (ไร้หน่วย)
- θ คือ มุมระหว่างเวกเตอร์ A และ B ($^\circ$)



รูปที่ 2.5 เวกเตอร์ A และ B ทำมุม θ ในระบบสามมิติ [17]

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ismail et al. [1] ได้ศึกษาการเก็บเกี่ยวทะเลสาบปาล์มน้ำมันด้วยแรงงานมนุษย์ พบว่ามีความเสี่ยงด้านกรายศาสตร์มักเกิดที่ร่างกายส่วนบน เช่น คอ ไหล่ และหลัง มีการเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างรุนแรงและท่าทางที่ไม่เหมาะสมในการทำงานรวบรวมของคนงานในประเทศอินโดนีเซีย โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานข้อมูลนี้มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบปรับเปลี่ยนเครื่องมืออุปกรณ์และขั้นตอนการทำงานในอุตสาหกรรมเกษตรโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบควบคู่ไปกับการความปลอดภัยและความสะดวกสบาย ตลอดจนเพื่อป้องกันอุบัติเหตุหรือการบาดเจ็บจากการทำงานและการผลิตด้วย

Rahman et al. [2] ทำการศึกษาปฏิบัติการของแรง และการวิเคราะห์แบบไดนามิกต์ผกผันในระหว่างที่เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน โดยใช้ซอฟต์แวร์การยศาสตร์ ชื่อว่า Anybody โดยวิเคราะห์แบบอินเวิร์สและไดนามิกต์ เป็นเทคนิคการหาจุดแข็งและช่วงเวลาของแรงบิด โดยคำนึงถึงจลศาสตร์การเคลื่อนไหวของร่างกายและคุณสมบัติเนื้อเยื่อของร่างกาย โดยทำการวิเคราะห์แบบจำลองกล้ามเนื้อที่เลือก การวิเคราะห์จะกล่าวถึงแรงปฏิบัติการที่กระทำต่อกล้ามเนื้อและความยาวการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะทำงานมีกล้ามเนื้อที่วิเคราะห์ 3 แบบคือ Biceps Triceps และ Brachialis Simple arm muscle model เพื่อวัดปฏิบัติการที่กระทำกับแขนมนุษย์เมื่อดำเนินการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อช่วยลดอาการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของมนุษย์

Deros et al. [3] ได้ศึกษาอาการบาดเจ็บการทำงานของคนงานสวนปาล์มน้ำมันในเขตสลิมริเวอร์ประเทศมาเลเซีย โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อกำหนดระดับของการรับรู้ของพนักงานเกี่ยวกับสุขภาพและความปลอดภัยของงานจัดการด้วยตนเอง และวิเคราะห์ท่าทางการทำงานและระบุปัจจัยเสี่ยง โดยใช้วิธีการแบบสอบถามนอร์ดิก และทำการวิเคราะห์โดย Rapid Entire Body Assessment (REBA) จะพบว่า 81.4% ของคนงานที่ปฏิบัติตามคำแนะนำ อาการเจ็บปวดหลังช่วงบนหายไป 87.1% อาการปวดหลังช่วงล่างหายไป 94.3%

Nawi et al. [4] ได้ทำแบบสอบถามพบว่าคนงานสวนปาล์มมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการปวดตามร่างกายซึ่งเกือบทั้งหมดมีปัญหาอาการปวดหลัง โดยวิธีการจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1.การให้คนงานทำแบบสอบถาม ส่วนประกอบของแบบสอบถามจะประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปและข้อมูลการให้คะแนนของร่างกาย และ 2.การสังเกตภาคปฏิบัติคือคนงานจะต้องปฏิบัติงานเหมือนจริงทั้งหมด กิจกรรมจะถูกบันทึกโดยใช้กล้องเพื่อให้รู้ถึงกิจกรรมและประเมินความเสี่ยงตามหลักกายศาสตร์ ซึ่งผู้ทำการทดสอบมีทั้งหมด 88 คน ซึ่งจากผลสำรวจจะประเมินอาการเจ็บปวดได้ดังนี้คือผู้ปฏิบัติงานจะมีอาการเจ็บปวดมากที่สุดคือน่องซ้ายและน่องขวาอยู่ที่ 33 % ไหล่ 23.9 % และที่มากที่สุดคือหลังส่วนล่างคิดเป็น 36.4% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องมีการแก้ไขปัญหายศาสตร์ให้กับคนงานโดยการปรับท่าทางการทำงานให้เหมาะสมกับการทำงาน

Vignais et al. [5] ได้ศึกษาและทำการวิเคราะห์ตามหลักสรีรศาสตร์ของคนงานขนถ่ายวัสดุ โดยการวิเคราะห์วีดีโอและการคำนวณ RULA ซึ่งดำเนินการจับภาพด้วยเซ็นเซอร์ระบบการวัดเฉื่อยและอิเล็กทรอนิกส์อินิโอมิเตอร์ ซึ่งมีคนงาน 5 คนเข้าร่วมในการทดลอง โดยอุปกรณ์วางบนร่างกายส่วนบนของคนงาน (กระดูกเชิงกราน, ทรวงอก, ศีรษะ, แขน, ปลายแขน) ซึ่งบันทึกวีดีโอการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมของคนงาน และประเมินตามหลักสรีรศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยจากวิธี RULA มีความเสี่ยงสูง

Chiasson et al. [6] ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินผลความเสี่ยงที่เหมาะสมต่อการทำงานของ คนงานที่ทำให้เกิดอาการปวดและไม่ปวดกล้ามเนื้อ มีการจัดทำแบบสอบถามเกี่ยวกับผู้ที่เคยมี ประสบการณ์ปวดกล้ามเนื้อของคนที่มีถิ่นอาศัยที่ต่างกันจากคนงาน 473 คน ซึ่งวิเคราะห์วิธีตามหลัก สรีรศาสตร์ Finnish Institute of Occupational Health (FIOH) โดยคนงานจะถูกประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่าคนงานมีปัจจัยเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญตามการประเมิน FIOH และพบว่า ความเจ็บปวดต่อกล้ามเนื้อและกระดูกอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานได้

Nawi et al. [7] กล่าวว่า วิธีการ REBA ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ท่าความเสี่ยงของส่วน ต่างๆ ของร่างกาย คือ คอ ลำต้น ขา แขน และข้อมือเป็นวิธีการที่พัฒนาโดย Dr. Sue Hignett และ Dr. Lynn McAtamney เพื่อเชื่อมโยงความเสี่ยงของการบาดเจ็บกล้ามเนื้อและกระดูกกับท่าทางการ ทำงานต่างๆ ปรับปรุงท่าทางการทำงานซึ่งจำเป็นต้องทำโดยการปรับปรุงทุกด้านโดยการลดภาระงาน ด้านหลังคอ ไหล่ แขนและมือ โดยองค์กรหรือเจ้าของสวนปาล์มน้ำมันจำเป็นต้องดำเนินการฝึกอบรม และประเมินผลตามหลักการยศาสตร์ เพื่อระบุและควบคุมปัจจัยเสี่ยงเพื่อความปลอดภัยและสุขภาพ ของคนงาน

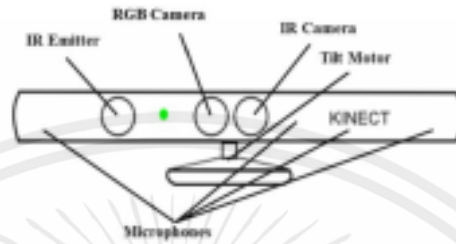
Novaes et al. [8] ทำการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงของการทำงานผิดปกติของกล้ามเนื้อ และกระดูก (Workrelated Musculoskeletal Disorders, WRMD) ในการเก็บหอยแมลงภู่ การ วิเคราะห์ท่าทางการทำงานของ OWAS (The Ovako Working Posture Analysis System) ถูก นำมาใช้ในประเมินท่าทางระหว่างการทำงานหอย ซึ่งเป็นภาระส่วนใหญ่ของกระบวนการเก็บเกี่ยวโดย เฉลี่ย 35 ท่าทาง และท่าเก็บหอยในทะเล 28 ท่า 74.4% ของท่าทางเป็นประเภทอันตรายต่อระบบ กล้ามเนื้อและกระดูกของคนงาน และมี 69% ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความเสี่ยงของการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และกระดูก จึงควรหาวิธีการหลีกเลี่ยงเพื่อจำกัดความเสี่ยง การเก็บหอยแมลงภู่ในทะเลทำให้เสี่ยงต่อ การเกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกถึงแม้จะเป็นการทำงานระยะสั้นก็ตาม

Huynh-The et al. [9] กล่าวถึงการแสดงภาพบันทึกท่าทาง 3 มิติ การจดจำท่าทางการ เคลื่อนไหวของโครงกระดูกในมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้รับความสนใจมากขึ้นจากอุตสาหกรรมและการ วิจัยนี้สำหรับการใช้งานจริงของเซ็นเซอร์ความลึก โดยในบทความนี้จะเสนอวิธีการเข้ารหัสแบบใหม่ นั่นคือ Pose-Transition Feature to Image (PoT2I) เพื่อแปลงข้อมูลโครงกระดูกเป็นการแสดงตาม รูปภาพสำหรับ Deep Convolutional Neural Network (CNNs) มีการเปรียบเทียบชุดข้อมูล หลากหลาย เช่น UTKinect-Action3D, SBU-Kinect Interaction และ NTU RGB+D ได้ผลที่ดีกว่า ถึง 90.33%

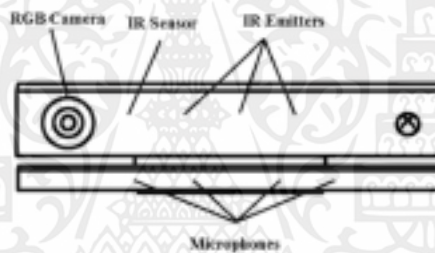
Condotta et al. [10] ได้นำกล้องซัดลิคมาใช้งานในการสังเกตการทำงานของคนงาน หรือ การทำงานอื่นๆ อีกมากมาย ในที่นี้จะเป็นการเปรียบเทียบกล้องซัดลิคที่แตกต่างกันโดยประเมินจาก การเบี่ยงเบนมาตรฐานและข้อผิดพลาดของ (ToF) ได้แก่กล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

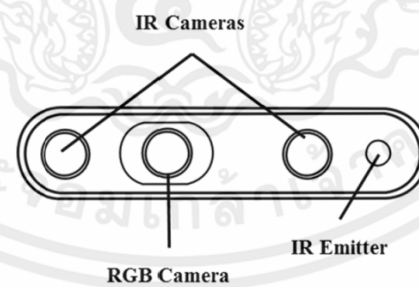
- 1) Microsoft Kinect v.1
- 2) Microsoft Kinect v.2
- 3) Intel® RealSense™ Depth Camera D435
- 4) ZED Stereo Camera (Stereo Labs)
- 5) CamBoard Pico Flexx (PMD Technologies)



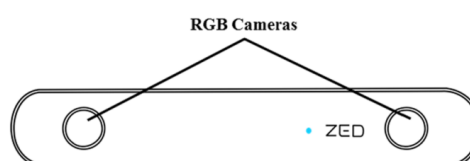
รูปที่ 2.6 Microsoft Kinect v.1 [10]



รูปที่ 2.7 Microsoft Kinect v.2 [10]

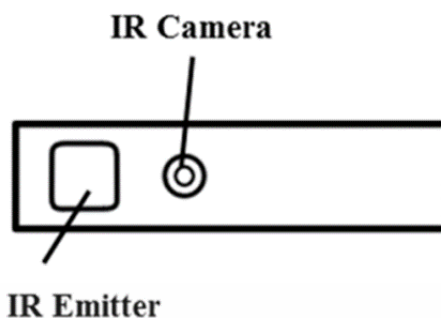


รูปที่ 2.8 Intel® RealSense™ Depth Camera D435 [10]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 ZED Stereo Camera (Stereo Labs) [10]



รูปที่ 2.10 CamBoard Pico Flexx (PMD Technologies) [10]

กล้องชัดลึกใช้เทคโนโลยี (ToF) ภาพสามมิติ ทั้ง 5 กล้อง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับกล้อง ZED Stereo และกล้อง Kinect พบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างจากกล้องกับวัตถุเพิ่มมากขึ้น ซึ่งกล้อง Intel® RealSense™ จะมีข้อผิดพลาด (ToF) น้อยที่สุดแต่มีโซนที่ไม่สามารถอ่านได้บางที่ของมุมมองภาพ และในแนวแกนแนวตั้งของภาพกล้อง CamBoard Pico Flexx (PMD Technologies) จะมีความแตกต่างน้อยที่สุด

Figlali et al. [15] ได้วิเคราะห์ท่าทางการทำงานโดยใช้การประมวลผลภาพ I-OWAS ความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (MSDs) เป็นปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยที่สุดซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากท่าทางการทำงานที่ไม่ดียังส่งผลเสียต่อคนงาน ในการศึกษานี้ได้มีการพัฒนาต้นแบบซอฟต์แวร์ซึ่งใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (I-OWAS) และนำเสนอประสิทธิภาพของแบบจำลอง I-OWAS ซึ่งมี 4 ประเภท คือ 1.ท่าทางการทำงานไม่มีผลเสียต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ไม่จำเป็นต้องปรับตามหลักสรีรศาสตร์ 2.ท่าทางการทำงานมีผลเสียต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูกต้องมีการปรับเปลี่ยนตามหลักสรีรศาสตร์ 3.ท่าทางการทำงานมีผลเสียอย่างชัดเจนต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ต้องมีการปรับเปลี่ยนตามหลักสรีรศาสตร์ที่ให้เร็วที่สุด 4.ท่าทางการทำงานมีผลเสียอย่างมากต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก จำเป็นต้องทำการปรับเปลี่ยนตามหลักสรีรศาสตร์ทันที

Scott and Lambe [18] ได้วิเคราะห์ประเมินการยศาสตร์คนงานในคอกไก่ด้วยระบบวิเคราะห์ท่าทางการทำงานของ OWAS กำหนดตำแหน่งของร่างกายในระหว่างการฝึกปฏิบัติงานและให้คะแนนตามท่าทางในการทำงาน เพื่อช่วยในการออกแบบระบบการทำงานของพนักงานเก็บสตั๊ก ซึ่งรวมถึงการตรวจสอบการจัดการเล้าไก่ การเก็บไข่จากแต่ละพื้นนอกจากนี้ยังมีการประเมินการยศาสตร์เก็บไข่จากเล้าในแง่ของวิธี OWAS ซึ่งจะสังเกตท่าทางในรูปแบบกราฟิก ให้ผลการประเมินอยู่ในความเสี่ยงปานกลาง

Karhu et al. [19] ได้พัฒนาการประยุกต์ใช้ OWAS โดยทดสอบสองวิธีการ วิธีการแรกคือได้ทำการศึกษาโดยให้อาสาสมัครปฏิบัติตามคำแนะนำตามหลักสรีรศาสตร์พัฒนาท่าทางการทำงานของ OWAS วิธีที่สองแสดงภาพผลกระทบจากการทำงานและพัฒนาติดตั้งอุปกรณ์สวมใส่ ซึ่งทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีก็เป็นการประยุกต์การใช้ OWAS ได้ผลว่าต่างก็ช่วยพัฒนาท่าทางในการทำงานให้มีความปลอดภัย ได้ดียิ่งขึ้น

Enez and Nalbantoğlu [20] กล่าวถึงความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูก (MSDs) เป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งที่นักการยศาสตร์พบเจอ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบปัจจัยเสี่ยงของ MSD ที่เกี่ยวข้องกับท่าทางการทำงานที่แตกต่างกันในระหว่างการตัดไม้นอกสถานที่โดยใช้ระบบประเมินท่าทางการทำงาน OWAS และการประเมินร่างกายอย่าง REBA ร่วมกันแสดงให้เห็นว่าหลักการงานตามหลักสรีรศาสตร์ทั่วไปสามารถนำไปใช้กับแรงงานภายใต้สภาวะนอกสถานที่หรือภายนอกอาคารได้

Ji et al [21] นำเสนอแนวทางที่มีประสิทธิภาพสำหรับการจดจำท่าทางการกระทำของมนุษย์ด้วยการใส่ข้อมูลเชิงกระดูกลงในแผนผังซัดลิก ซึ่งคำนึงถึงโครงสร้างทางเรขาคณิต เพื่อแสดงในการใช้คุณลักษณะเฉพาะ โดยใช้วิธีการเข้ารหัส Vector แบบง่าย และได้รับตรวจสอบชุดข้อมูลมาตรฐานสาธารณะสามชุด ได้แก่ MSR Daily Activity 3D, MSR Action Pairs และ MSR Action 3D ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ของแนวทางที่นำเสนอสำหรับการใช้งานแบบเรียลไทม์

Li and Li [22] ได้นำเสนอวิธีการรับรู้ท่าทางการเคลื่อนไหวตามข้อมูลโครงกระดูกของมนุษย์ ซึ่งจับภาพการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้อง Kinect เพื่อแก้ไขข้อจำกัดด้วยวิธี DTW แบบดั้งเดิมช่วยให้ได้รับการปรับปรุงความแม่นยำในการทดลองประสิทธิภาพและความทนทานที่เพิ่มมากขึ้น

Presti and La Cascia [23] กล่าวว่า การจำแนกการกระทำของมนุษย์ตามโครงกระดูก 3 มิติ ซึ่งในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีการแพร่หลายของผลงานเกี่ยวกับการจำแนกการกระทำของมนุษย์จากเชิงลึก โดยทั่วไปนำเสนอวิธีการหรือการแสดงคุณลักษณะสำหรับการจำแนกประเภทของการกระทำ จากลำดับตำแหน่ง 3 มิติของข้อต่อร่างกายมนุษย์หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆ เช่น แผนที่เชิงลึกและวิดีโอ RGB โดยการนำเสนอเทคโนโลยีและแนวทางสำหรับการจำแนกการกระทำตามโครงกระดูก 3 มิติ เช่น การประมวลผลข้อมูลก่อนการประมวลผลมาตรฐานและการวัดความแม่นยำที่ใช้กันทั่วไป นอกจากนี้การสำรวจนี้ยังแนะนำการแบ่งประเภทของผลงานล่าสุดในรูปแบบโครงกระดูก 3 มิติ

Wahyudi et al. [24] ใช้เครื่องมือในการวิจัยเพื่อกำหนดระดับความเสี่ยงของท่าทางในการทำงานและเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงของพนักงานในโรงงานผลิตข้าวโพดคั่วขนาดเล็ก โดยเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัย ได้แก่ 1.แบบสอบถาม Nordic Body Map (NBM) เพื่อระบุเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากพนักงาน 2.กล้องดิจิทัลเพื่อบันทึกท่าทางการทำงานของพนักงาน 3.เครื่องวัดความสูงของร่างกายเพื่อวัดความสูงของร่างกายพนักงาน 4. เครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อวัดน้ำหนักตัวของพนักงาน 5.แบบทดสอบ OWAS เพื่อให้คะแนนท่าทางการทำงานทั้งหมดของพนักงาน 6.ซอฟต์แวร์ WinOWAS เพื่อวิเคราะห์และจัดประเภทความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน โดยทดสอบกับพนักงาน 6 คนและท่าทางการทำงาน 31 ท่า ได้ผลว่าพนักงานต้องทนกับความรู้สึกเจ็บที่คอ หลัง ข้อมือ และเท้าระหว่างทำงานอยู่ที่ 42% 6% 26% และ 26% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vignais et al. [25] ได้ใช้เครื่องมือตามหลักสรีรศาสตร์แบบเรียลไทม์ เพื่อลดความเสี่ยงของความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในอุตสาหกรรม การพัฒนาเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ เช่น เป็นกล้องชัดลึกหรือเซ็นเซอร์แม่เหล็ก จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้คือการนำเสนอแนวคิดกรรมและใช้งานได้จริงระบบสำหรับการประเมินตามหลักสรีรศาสตร์ของกิจกรรมของคนงานแบบเรียลไทม์

Govindarajo et al. [26] กล่าวประเทศมาเลเซียมีอัตราการเติบโตของผลิตของปาล์มน้ำมันสูงถึง 160 เท่าภายใน 45 ปี อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงาน เนื่องจากการผลิตมีการใช้เครื่องจักรน้อยกว่า การผลิตจึงทำให้เกิดการบาดเจ็บได้สูงในระหว่างการใช้แรงงาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุและแก้ไขตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการยศาสตร์ในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งการศึกษาพบว่ามีปัจจัยหลัก 3 ประการ ที่ทำให้เกิดปัญหาทางร่างกายจากการทำงานเพื่อให้เข้าใจถึงปัจจัยเหล่านี้ นักวิจัยได้ใช้เทคนิค Delphi คือการวิเคราะห์กรณีสั้นๆ ผ่านการสัมภาษณ์และสังเกตภาคสนาม การศึกษาระบุ 18 หมวดหมู่ ภายใน 3 ปัจจัย ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบประเด็นเรื่อง การยศาสตร์การศึกษานี้จึงให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับต้นตอของปัญหาด้านการยศาสตร์ของคนงาน

Colombo et al. [27] นำเสนอสภาพแวดล้อมที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ท่าทางและการเคลื่อนไหวเพื่อตรวจสอบตามหลักสรีรศาสตร์การออกแบบอุปกรณ์ที่ชายหรือหญิงเพื่อรับมือกับสภาพแวดล้อมในการทำงานโดยใช้ Digital Human Modeling และเทคนิคการจับภาพเคลื่อนไหวเพื่อตรวจสอบความเหนื่อยล้าและความเครียด โดยคำนึงถึงส่วนร่างกาย กล้ามเนื้อและเส้นเอ็นด้วย ทำให้มีประโยชน์ต่อการประเมินการยศาสตร์มากขึ้น ส่งผลให้การวิเคราะห์ท่าทางในการทำงานเพื่อหาความเครียดหรืออาการบาดเจ็บมีความแม่นยำมากขึ้น

Manivasagam [28] กล่าวว่า การออกแรงอย่างหนักเป็นปัจจัยเสี่ยงของความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของมือและข้อมือเป็นสาเหตุสำคัญการขาดงาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการประเมินความเสี่ยงที่ใช้งานง่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการวัดความเร็วเชิงมุมของข้อมือโดยใช้อิเล็กทรอนิกส์กับระบบจับการเคลื่อนไหวด้วยแสง ซึ่งพบค่าความแตกต่างในการวัดองศาการงอแขนของอิเล็กทรอนิกส์เนื่องจากอุปกรณ์ส่วนนี้ไม่ได้ติดตั้งวัดมุมที่เป็นส่วนข้อต่อของมนุษย์โดยตรงแต่ติดตั้งส่วนที่ผิวหนังจึงเป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบจับการเคลื่อนไหวด้วยแสงได้ให้ผลความแตกต่างที่ไม่มากนักจึงสรุปได้ว่าวิธีการทั้งสองมีประสิทธิภาพพอในการประเมินการเคลื่อนไหวของมนุษย์

Seo [29] พบว่าคนงานก่อสร้างต้องเผชิญปัญหาทางด้านร่างกายเนื่องจากการทำงานด้วยมือเปล่าอาจนำไปสู่ปัญหาด้านความปลอดภัยและสุขภาพของคนงานได้ให้ผู้ปฏิบัติงานประเมินการทำงานและเข้าใจผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยการบันทึกวิดีโอประมวลผลแล้วสร้างแบบจำลองของคนงานในการทำงานจากนั้นประเมินผลกระทบของร่างกายจากการทำงาน เพื่อเสนอแนวทางการแก้ไขและช่วยเหลือสุขภาพของคนงาน

Ng et al. [30] ทำการศึกษาโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะตรวจสอบความสัมพันธ์ของความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก และท่าทางในการทำงานของกลุ่มคนงานเก็บเกี่ยวทะเลสาบปาล์มสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผู้ชายที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 446 คน ถูกศึกษาโดยใช้แบบสอบถาม OWAS ซึ่งพบว่ามีความเสี่ยงสูงในการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะ คอ และไหล่ และปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ เช่น ด้านจิตวิทยา หรือการทำกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงส่งผลให้คนงานมีความผิดปกติต่อกล้ามเนื้อและกระดูก

Sukadarin et al. [31] พบว่าในการทำงานคนงานการเก็บเกี่ยวผลปาล์มน้ำมันต้องเผชิญปัจจัยเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์จึงน่ามีเทคนิคในการวิเคราะห์ คือ Quick Exposure Check (QEC) มาใช้ซึ่งจะพบปัญหาหลากหลายในการประเมินความเสี่ยง เช่น การทรงตัวของคนทำงาน ความผิดพลาดในการประเมินค่า การวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับแขนและไหล่ การผลักการดึง ผลที่ได้คือการวิเคราะห์ด้วยวิธี QEC ไม่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันโดยเฉพาะต้นไม้สูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

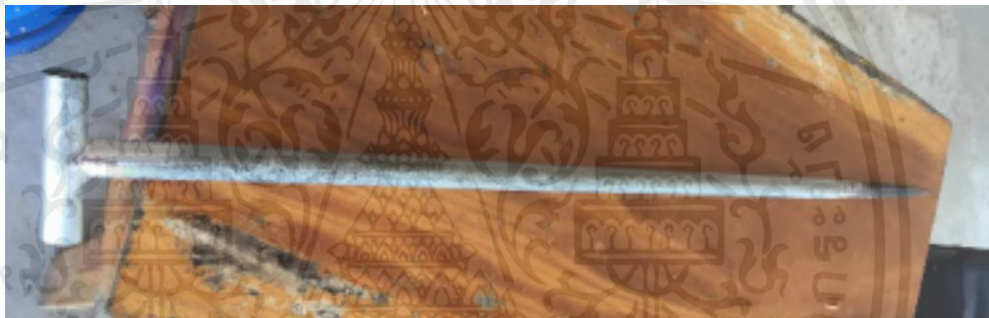
อุปกรณ์และวิธีการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการการสอบเทียบกล้องซัดลิกกับอุปกรณ์วัดองศา (Goniometer) และการทดลองยกทะเลลายปาล์มขึ้นรถบรรทุกและวิธีการประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์ด้วยวิธี OWAS

3.1 การตัดแปลงเหล็กยกทะเลลายปาล์ม

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

1. เหล็กยกทะเลลายปาล์ม (รูปที่ 3.1) มีความยาว 97 cm เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2.4 cm เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.2 cm และด้ามจับยาว 11.5 cm



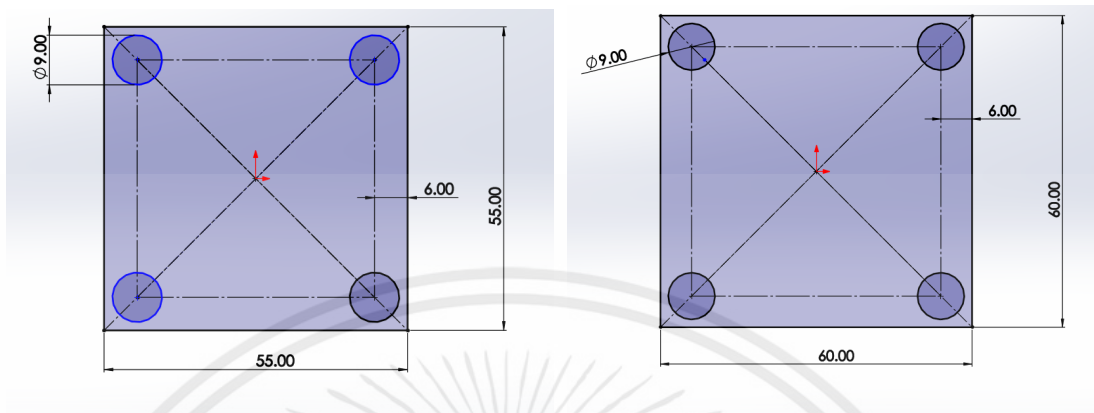
รูปที่ 3.1 เหล็กยกทะเลลายปาล์ม

2. แผ่นเหล็กหนา 9 mm ขนาด 1 m x 3 m จำนวน 1 แผ่น
3. ดอกเจาะ 9 mm
4. สเปรย์กันสนิม KOBE สีเทา
5. เครื่องกัด
6. เครื่องเจาะ
7. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
8. นี้อตตัวผู้และตัวเมีย เบอร์ 9 จำนวน 4 ตัว
9. แท่นตัดไฟเบอร์
10. ลวดเชื่อม YAWATA FT-51 (AWS. E6013) ขนาด 2.6 mm
11. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ASUS รุ่น ROG Strix G512LI_GL542LI
12. โปรแกรม SOLIDWORKS Premium version 2020 SP0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วิธีดำเนินการ

1. ออกแบบแผ่นเหล็กด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS Premium (รูปที่ 3.2 (ก) และ (ข))



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.2 แผ่นเหล็กที่ออกแบบขนาด (ก) 55 mm x 55 mm และ (ข) 60 mm x 60 mm

2. นำแผ่นเหล็กหนา 9 mm ตัดให้ได้ขนาด 60 mm x 60 mm และ 55 mm x 55 mm ตามที่ออกแบบไว้ในข้อ 1 จำนวนขนาดละ 1 แผ่นจากนั้นนำมาปรับผิวหน้าด้วยเครื่องกัดให้เหลือความหนา 7 mm (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 ปรับผิวหน้าเหล็กแผ่น

3. นำแผ่นเหล็กทั้ง 2 แผ่นเจาะรูด้วยเครื่องเจาะ 4 มุมโดยใช้ดอกเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัดเหล็กยกทะลายปาล์มเป็น 2 ส่วนโดยวัดจากปลายแหลมขึ้นไป 27 cm จากนั้น เชื่อมแผ่นเหล็กหนา 7 mm ขนาด 55 mm x 55 mm ติดกับเหล็กยกทะลายปาล์มส่วนที่มีด้ามจับ และเชื่อมแผ่นเหล็กหนา 7 mm ขนาด 60 mm x 60 mm ติดกับเหล็กยกทะลายปาล์มส่วนที่มีปลายแหลมจะได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เหล็กยกทะลายปาล์มดัดแปลง

5. พันสีสเปรย์ป้องกันสนิมเหล็กยกทะลายปาล์ม
6. ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดแรง 3 แกนกับเหล็กยกทะลายปาล์มเข้าด้วยกัน (ดังรูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 เหล็กยกทะลายปาล์มที่ติดตั้งเครื่องวัดแรง 3 แกน

3.2 การสอบเทียบค่าองศาโดยใช้กล้องชัดลึกร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking และ Goniometer

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก HP รุ่น Pavilion Gaming Laptop 15-cx0xxx
2. กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSense รุ่น D455 (รูปที่ 3.6)

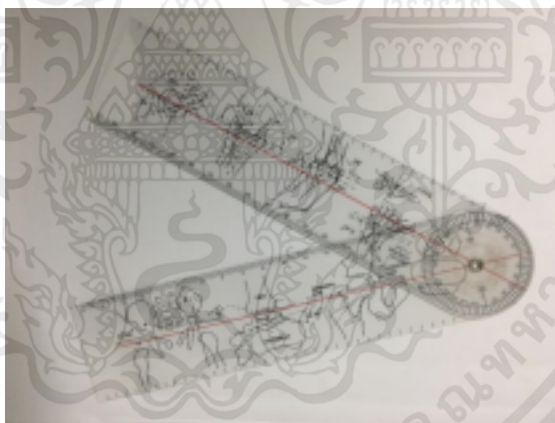
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSense รุ่น D455

Usb 3.1

3. ขาตั้งกล้อง YUNTENG รุ่น VCT-668
4. สาย SuperSpeed USB Type-C ยี่ห้อ Wurth Elektronik รุ่น Awm 20276 Vw-1
5. โปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0
6. Goniometer (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 Goniometer

3.2.2 วิธีการดำเนินงาน

1. ติดตั้งกล้อง Intel RealSense เข้ากับขาตั้งกล้องให้ได้ความสูงจากพื้น 120 cm
2. ทำการต่อกล้อง Intel RealSense เข้ากับคอมพิวเตอร์เน็ตบุ๊คผ่านพอร์ต USB-C-3.1
3. เปิดโปรแกรม Skeleton tracking SDK
4. ให้อาสาสมัครเป็นเพศหญิง 5 คน อายุ 21.4 ± 0.49 ปี น้ำหนัก 53.4 ± 3.98 kg ส่วนสูง 157 ± 2.89 cm ความยาวแขนช่วงบน 25.6 ± 0.8 cm ความยาวแขนล่าง 20.6 ± 0.8 cm และเพศชาย 5 คน อายุ 21.8 ± 0.4 ปี น้ำหนัก 62.4 ± 2.32 kg ส่วนสูง 173.8 ± 2.32 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาวแขนช่วงบน 33.4 ± 1.22 cm ความยาวช่วงแขนล่าง 26.6 ± 2.57 cm ติด Goniometer กับ แขนให้อาสาสมัครงอแขน (Flexion/Extension) เป็นมุม 15° (รูปที่ 3.8 (ก)) โดยบันทึกผ่านกล้อง Intel RealSense ที่ต่อกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK ใช้ในการบันทึกภาพนิ่งจากนั้นสอบเทียบที่ 30° (รูปที่ 3.8 (ข)) และ 45° (รูปที่ 3.8 (ค)) ตามลำดับ



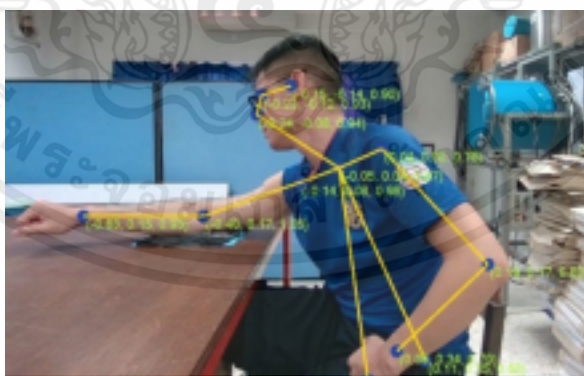
(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 3.8 ท่างอแขนที่ (ก) 15° (ข) 30° และ (ค) 45°

5. ให้อาสาสมัครแกว่งแขนเข้า-ออกจากร่างตัว (Abduction/Adduction) เป็นมุม 15° (รูปที่ 3.9 (ก)) โดยบันทึกผ่านกล้อง Intel RealSense ที่ต่อกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK ใช้ในการบันทึกภาพนิ่งจากนั้นสอบเทียบที่ 30° (รูปที่ 3.9 (ข)) และ 45° (รูปที่ 3.9 (ค)) ตามลำดับ

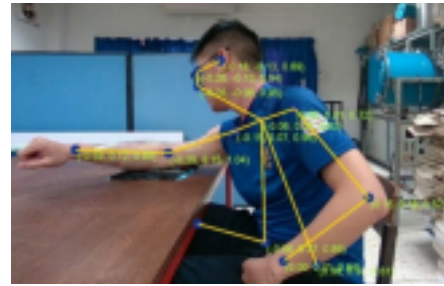


(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.9 ท่าแกว่งแขนเข้า-ออกที่ (ก) 15° (ข) 30° และ (ค) 45°

6. ติด Goniometer กับขาให้อาสาสมัครงอขา (Flexion/Extension) เป็นมุม 15° (รูปที่ 3.10 (ก)) โดยบันทึกผ่านกล้อง Intel RealSense ที่ต่อกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK ใช้ในการบันทึกภาพนิ่งจากนั้นสอบเทียบที่ 30° (รูปที่ 3.10 (ข)) และ 45° (รูปที่ 3.10 (ค)) ตามลำดับ

7. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล



(ก)



(ข)



(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับรูปที่ 3.10 ท่างอขาที่ (ก) 15° (ข) 30° และ (ค) 45° นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดลองยกทะเลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก

3.3.1 วัสดุอุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ASUS รุ่น ROG Strix G512LI_GL542LI
2. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก HP รุ่น Pavilion Gaming Laptop 15-cx0xxx
3. กล้อง Depth Camera ยี่ห้อ Intel RealSense รุ่น D455
4. ขาตั้งกล้อง YUNTENG รุ่น VCT-668
5. โปรแกรม Skeleton tracking SDK version 3.0
6. ทะลายปาล์มน้ำหนัก 10 kg – 15 kg จำนวน 10 ทะหนลาย
7. เหล็กยกทะเลายปาล์มดัดแปลงพร้อมเครื่องวัดแรง 3 แกน (รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.11 เหล็กยกทะเลายปาล์มพร้อมเครื่องวัดแรง 3 แกน

8. โปรแกรม Signal Express version 2015
9. Flat-bed scale
10. เลเซอร์วัดระดับ Eurox fireball รุ่น pl-v5
11. แบตเตอรี่ W Standard รุ่น WEX3R18-MF
12. โปรแกรม Bandicam version 4.2.0.1439
13. สาย SuperSpeed USB Type-C ยี่ห้อ Wurth Elektronik รุ่น Awm 20276 Vw-1

Usb 3.1

3.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้ง Flat-bed scale ให้ได้ระดับด้วยเลเซอร์วัดระดับและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และรันโปรแกรม Signal Express ผ่านพอร์ต USB-C-3.1 เพื่อบันทึกค่า



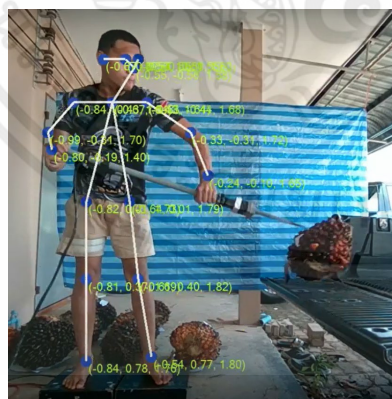
รูปที่ 3.12 การวาง Flat-bed scale

2. ติดตั้งกล้อง Intel RealSense เข้ากับขาตั้งกล้องและต่อ USB ของกล้องเข้ากับคอมพิวเตอร์อีกเครื่องผ่านพอร์ต USB-C-3.1 พร้อมเปิดโปรแกรม Skeleton tracking SDK และอัดหน้าจอด้วยโปรแกรม Bandicam เพื่อบันทึกค่าการทดลอง

3. เปิดเครื่องวัดแรง 3 แกนเพื่อบันทึกค่า

4. จากนั้นให้อาสาสมัครทั้งหมด 6 คน แบ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ 3 คน อายุ 22 ± 0.4 ปี ส่วนสูง 171 ± 7.87 cm น้ำหนัก 60 ± 4.11 kg ความยาวแขนช่วงบน 33.33 ± 0.94 cm ความยาวช่วงแขนล่าง 27 ± 2.16 cm และคนที่ไม่มีประสบการณ์ 3 คน อายุ 22 ± 0.4 ปี ส่วนสูง 171 ± 4.08 cm น้ำหนัก 65.67 ± 7.13 kg ความยาวแขนช่วงบน 33.66 ± 1.25 cm ความยาวช่วงแขนล่าง 27 ± 2.82 cm (รูปที่ 3.13 (ก) และ (ข)) ทำการยกทะเลาะปาล์มด้วยเหล็กยกทะเลาะปาล์มขึ้นทำยรถบรรทุกที่มีความสูงจากพื้น 55 cm

5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.13 การยกทะเลาะปาล์มของ (ก) คนมีประสบการณ์ และ (ข) คนไม่มีประสบการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

3.4.1 อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ASUS รุ่น ROG Strix G512LI GL542LI
2. โปรแกรมดูวิดีโอ Video Player for Google drive

3.4.2 วิธีการดำเนินการ

1. ดูวิดีโอการทดลองยกทะเลาะลายปาล์มเพื่อประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS โดยแบ่งช่วงการทำงานออกเป็นก่อนแทงทะเลาะลายปาล์ม ช่วงยกทะเลาะลายปาล์ม และช่วงนำทะเลาะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก จากนั้นให้คะแนนการประเมินโดยเทียบตามรูปที่ 2.3 และตารางที่ 2.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการสอบเทียบอุปกรณ์วัดมุมและกล้องชัดลึก ผลการทดลองยกทะเลายปาล์มและความเสี่ยงของท่าทางในการยกทะเลายปาล์มขึ้นรถบรรทุกด้วยวิธี OWAS

4.1 องศาการเคลื่อนไหวร่างกายเฉลี่ยของอาสาสมัครที่วัดด้วยอุปกรณ์วัดมุมและกล้องชัดลึก

จากการสอบเทียบองศาการเคลื่อนไหวร่างกายเฉลี่ยของอาสาสมัครที่วัดด้วยอุปกรณ์วัดมุมและกล้องชัดลึกโดยมีอาสาสมัครเพศชาย 5 และเพศหญิง 5 คน เคลื่อนไหวร่างกายคนละ 3 ท่าทาง ได้แก่ ท่างอแขน (Flexion/Extension) ท่าแกว่งแขนเข้า-ออก (Abduction/Adduction) และท่างอขา (Flexion/Extension) แล้วทำการเปรียบเทียบองศาที่วัดได้ จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์สถิติได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องศาการเคลื่อนไหวร่างกายเฉลี่ยของอาสาสมัครที่วัดด้วยอุปกรณ์วัดมุมและกล้องชัด

Posture	Average degree \pm SD ($^{\circ}$)		Differential difference (%)
	Goniometer	Depth camera	
Elbow flexion/extension	15 ^A	20.662 ^B \pm 2.944	37.48%
	30 ^A	33.770 ^B \pm 4.282	12.57%
	45 ^A	50.684 ^B \pm 4.758	12.62%
Elbow abduction/adduction	15 ^A	18.268 ^B \pm 3.559	21.78%
	30 ^A	32.228 ^B \pm 4.420	7.43%
	45 ^A	44.424 ^A \pm 5.859	1.28%
Knee flexion/extension	15 ^A	16.086 ^B \pm 2.589	7.24%
	30 ^A	30.168 ^A \pm 5.259	0.56%
	45 ^A	49.751 ^B \pm 3.798	10.56%

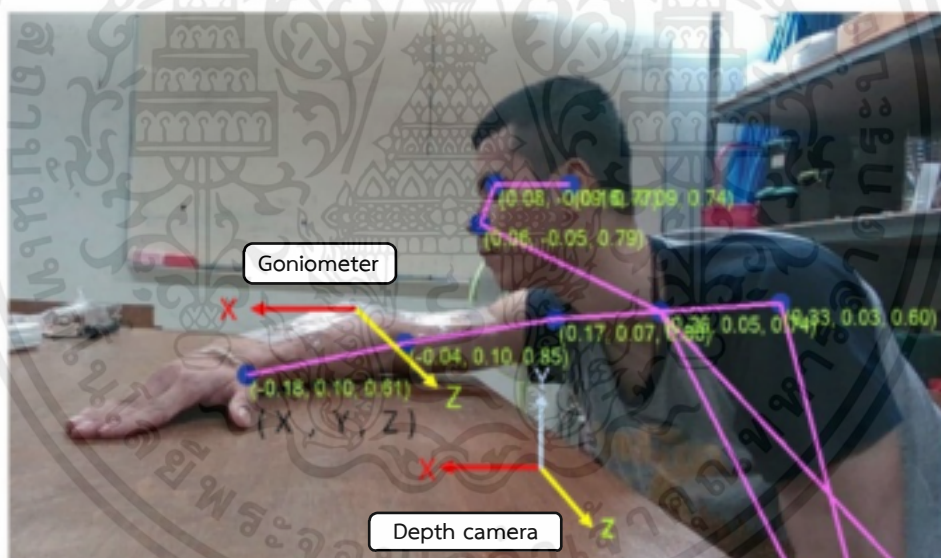
หมายเหตุ: ตัวอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

เมื่อทำการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธี Bonferroni correction ดังตารางที่ 4.1 พบว่ากล้องชัดลึกจับภาพองศา การงอแขนของอาสาสมัครได้มากกว่า Goniometer อย่างชัดเจนทุกช่วงการทดลอง โดยที่มุม 15 $^{\circ}$ มีค่าความคลาดเคลื่อน 37.48% มุม 30 $^{\circ}$ เท่ากับ 12.57% และที่ 45 $^{\circ}$ คิดเป็น 12.62%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่การแกว่งแขนเข้า-ออกลำตัวพบว่าที่มุม 15° และ 30° มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่มุม 45° ค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน คิดความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับ Goniometer ได้ 21.78% 7.43% และ 1.28% ตามลำดับ ส่วนองศาการงอขาของอาสาสมัครมีค่าเฉลี่ยที่ได้จากกล้องชัดลึกใกล้เคียงกับอุปกรณ์วัดมุมที่ 30° ซึ่งแตกต่างกันเพียง 0.56% แต่ที่ 45° พบว่ามีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคิดเป็น 10.56% และเมื่อดูค่าความแตกต่างของกล้องชัดลึกที่จับค่าได้แต่ละครั้ง จะมีค่าความต่างมากที่สุดอยู่ที่ 5.859° ในช่วง 45° ของการงอแขนเข้าออกลำตัว และ 5.259° ในช่วง 30° ของการงอเข้า โดยเฉลี่ยทั้งหมดของค่าความต่างของกล้องชัดลึกที่จับองศาจะต่างกันอยู่ที่ 12.56%

จะเห็นได้ว่าจากตารางที่ 4.1 ค่าสถิติได้จากกล้องชัดลึกมีค่าองศาที่ได้มากกว่า Goniometer เนื่องจากกล้องชัดลึกสามารถวัดมุมองศาได้ถึงสามแนวแกน แต่ Goniometer สามารถวัดได้แค่สองแนวแกน ดังรูปที่ 4.1 และในขณะที่ผู้อาสาสมัครทำการขยับส่วนร่างกายจะเป็นการขยับในเชิงแนวสามมิติมากกว่าที่จะเป็นสองมิติ จึงเป็นที่มาว่าค่าองศาที่ได้จากกล้องชัดลึกมีค่ามากกว่าค่าองศาที่ได้จาก Goniometer ซึ่งมากกว่าคิดเป็น 12.39% โดยเฉลี่ย



รูปที่ 4.1 แกนในการอ้างอิงการทำงานของกล้องชัดลึกและ Goniometer

จากการการสอบเทียบองศาการเคลื่อนไหวร่างกายเฉลี่ยของอาสาสมัครที่วัดด้วยอุปกรณ์วัดมุมและกล้องชัดลึกโดยอาสาสมัครเพศชายและเพศหญิงโดยเคลื่อนไหวร่างกายคนละ 3 ท่าทาง ซึ่งท่าทางละ 3 องศา ได้แก่ 15° 30° และ 45° แล้วทำการเปรียบเทียบองศาที่วัดได้ จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์สถิติความแตกต่างของกล้องชัดลึกระหว่างเพศชายและเพศหญิงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 องศาของการเคลื่อนไหวร่างกายระหว่างชาย-หญิงและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของกล้องซัตติกเทียบกับอุปกรณ์วัดมุม

Posture	Average degree \pm SD ($^{\circ}$)				Depth camera percentage difference (%)	
	Male		Female		Male	Female
	Goniometer	Depth camera	Goniometer	Depth camera		
Elbow flexion/extension	15 ^a	19.799 ^{b,A} ± 2.259	15 ^a	21.526 ^{b,A} ± 3.305	31.99%	43.50%
	30 ^a	34.261 ^{b,A} ± 3.513	30 ^a	33.278 ^{b,A} ± 4.931	14.20%	10.92%
	45 ^a	49.021 ^{b,A} ± 4.761	45 ^a	52.347 ^{b,B} ± 4.185	8.93%	16.32%
Elbow abduction/adduction	15 ^a	19.201 ^{b,B} ± 3.307	15 ^a	17.335 ^{b,A} ± 3.597	28.00%	15.56%
	30 ^a	30.986 ^{a,A} ± 4.280	30 ^a	33.469 ^{b,B} ± 4.253	3.28%	11.56%
	45 ^b	41.240 ^{a,A} ± 5.069	45 ^a	47.608 ^{b,B} ± 4.801	8.35%	5.79%
Knee flexion/extension	15 ^a	16.618 ^{b,A} ± 3.056	15 ^a	15.554 ^{a,A} ± 1.912	10.78%	3.69%
	30 ^a	33.096 ^{b,B} ± 5.180	30 ^b	27.240 ^{a,A} ± 3.408	10.32%	9.27%
	45 ^a	49.510 ^{b,A} ± 3.271	45 ^a	49.992 ^{b,A} ± 4.290	10.02%	11.09%

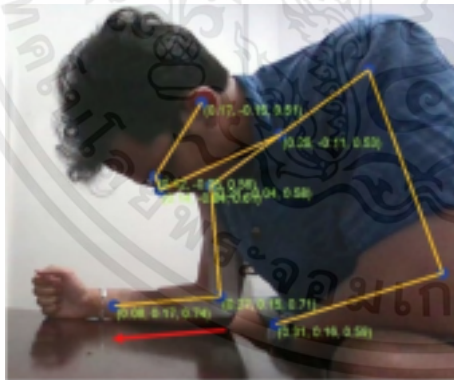
หมายเหตุ: อุปกรณ์ทดลอง: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

เพศ: ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.2 พบว่าองศาของท่าทางการเคลื่อนไหวร่างกายโดยส่วนใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบองศาการเคลื่อนไหวที่วัดได้จากกล้องซัตติกระหว่างอาสาสมัครชายและหญิงได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในท่าทางการงอแขนที่ 15 $^{\circ}$ และ 30 $^{\circ}$ แต่ที่ 45 $^{\circ}$ กล้องสามารถวัดองศาการงอแขนของอาสาสมัครหญิงได้มากกว่าเพศชายอยู่ 6.78% ส่วนในการแกว่งแขนเข้า-ออกจากรำตัวพบว่ามุมที่วัดได้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างเพศชายและหญิง ซึ่งค่ามุมที่ได้จากเพศหญิงมากกว่าเพศชายที่ 30 $^{\circ}$ และ 45 $^{\circ}$ อยู่ 8.01% และ 15.44% ตามลำดับ แต่ที่ 15 $^{\circ}$ มุมแขนของเพศ

ชายมากกว่าเพศหญิงคิดเป็น 10.76% ในขณะที่การงอขาพบความแตกต่างอย่างชัดเจนที่มุม 30° ซึ่งในอาสาสมัครเพศชายจะมีค่าของมุมที่ขาเกิดขึ้นมากกว่าเพศหญิงอยู่ 21.5% เมื่อดูจากภาพรวมเฉลี่ย ค่าความแตกต่างของกล้องชัดลึกที่จับค่าได้แต่ละครั้งของผู้ชายจะอยู่ที่ 11.81% กับ ผู้หญิง 11.62% โดยค่าความต่างมากที่สุดอยู่ 5.180° ในช่วง 30° ของการงอเข้า และ 5.069° ในช่วง 45° ของการแกว่ง แขนเข้าออกลำตัว

จากข้างต้นพบว่าค่าองศาที่วัดด้วย Goniometer โดยส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าจากกล้องชัดลึก เมื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนระหว่างการใช้กล้องชัดลึกและอุปกรณ์วัดมุมพบว่า ค่าองศาที่ได้จากกล้องชัดลึกของเพศชายและเพศหญิงในท่าการงอแขนโดยเฉลี่ยมีค่าความแตกต่างจาก Goniometer อยู่ 18.37% และ 23.58% ตามลำดับ ส่วนในท่างอแขนเข้า-ออกของเพศชายและเพศหญิงมีค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ย 13.21% และ 10.97% ตามลำดับ และท่าการงอขาของทั้งเพศชายและเพศหญิงแตกต่างจาก Goniometer อยู่ 10.37% และ 8.02% ตามลำดับ ซึ่งค่าความแตกต่างองศาที่เกิดขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากการติดตั้ง Goniometer แบบมาตรฐาน เป็นการติดตั้งในส่วนรยางค์ที่เป็นผิวหนังของอาสาสมัครไม่ได้เป็นการติดตั้งในส่วนที่เป็นข้อต่อและกระดูก โดยตรงทำให้การเคลื่อนที่สัมพันธ์ของอุปกรณ์วัดมุมที่ติดกับ ผิวหนัง และ ข้อต่อ ของอาสาสมัคร มีความคลาดเคลื่อนในการวัดองศา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Manivasagam [28] ในขณะที่กล้องชัดลึกจะจับตำแหน่งในส่วนที่เป็นข้อต่อและกระดูก ประกอบกับเมื่อสังเกตจากรูปที่ 4.2 (ก)-(ข) และรูปที่ 4.3 (ก)-(ข) จะเห็นว่าแขนของอาสาสมัครชายขนาดต่างกับอาสาสมัครหญิง จึงเป็นผลให้การขยับร่างกายในส่วนรยางค์มีองศาต่างกันอยู่ที่ 13.98% และ เพศหญิง อยู่ที่ 14.18%



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2 ขนาดแขนของอาสาสมัครชายขณะ (ก) เริ่มต้น 0° และ (ข) เปลี่ยนไป 30°



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.3 ขนาดแขนของอาสาสมัครหญิง (ก) เริ่มต้น 0° และ (ข) เปลี่ยนไป 30°

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.1 กับ 4.2 จะพบว่าค่าความแตกต่างขององศาเป็นผลจากมิติในการวัดองศาของกล้องชนิดลิกกับ Goniometer และการติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมที่ติดกับผิวหนังไม่ใช่ในส่วนกระดูกกับข้อต่อโดยตรงแตกต่างกับกล้องชนิดลิกที่เป็นการจับจุดวัดมุมองศาข้อต่อของมนุษย์โดยตรง โดยกล้องชนิดลิกจะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจาก Goniometer โดยเฉลี่ยที่ 13.98% ในเพศชาย และ 14.18% ในเพศหญิง และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างรวมระหว่างกล้องชนิดลิกกับ Goniometer อยู่ที่ 12.39% และยังสามารถวัดองศาได้ในมุม 3 มิติ ซึ่งสามารถยอมรับได้ในงานทางวิชาการ [28] ดังนั้นการใช้กล้องชนิดลิกจึงมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการนำไปใช้เพื่อประเมินองศาการเคลื่อนไหวของร่างกายได้

4.2 มุมแขนของคนที่มีและไม่มีประสบการณ์ยกทะเลาะลายปาล์มที่วัดได้จากกล้องชนิดลิก

จากการทดลองยกทะเลาะลายปาล์มน้ำหนัก 10 kg – 15 kg ขึ้นทำยรรยงบรรทุกที่ความสูงจากพื้น 55 cm ของคนที่ไม่ได้ประสบการณ์ 3 คน และไม่ได้ประสบการณ์ 3 คน แล้วทำการบันทึกค่ามุมของแขนด้วยกล้องชนิดลิกทั้งแขนซ้ายและแขนขวา จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ที่ได้ดังตารางที่ 4.3 เมื่อใช้กล้องชนิดลิกวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของแขนขณะยกทะเลาะลายปาล์มได้ดังตารางที่ 4.3 ทั้งผู้มีและไม่มีประสบการณ์ในการยกทะเลาะลายปาล์ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวที่แขนของคนที่มีประสบการณ์จะมีค่ามากกว่าเนื่องจากการสังเกตพฤติกรรมของคนมีความชำนาญจะก้มตัวน้อยดังรูปที่ 4.4 (ก)-(ข) เพื่อลดความเสี่ยงการบาดเจ็บที่ช่วงหลัง [5] จึงใช้มุมแขนกว้างกว่า (รูปที่ 4.4 (ค)) เพื่อแกว่งแขนสะบัดทะเลาะลายปาล์มให้หลุด ในขณะที่คนไม่มีประสบการณ์จะวางทะเลาะลายปาล์มลงก่อนทำให้ต้องก้มตัวมากดังรูปที่ 4.5 (ก)-(ข) เพื่อดึงเหล็กทะเลาะลายปาล์มออก ส่งผลให้องศาแขนทั้งสองข้างน้อยกว่าคนมีประสบการณ์ (รูปที่ 4.5 (ค)) โดยคนไม่ประสบการณ์มีมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาช่วงแขนซ้ายกับช่วงแขนขวากว้างน้อยกว่า 0.886 และ 0.866 เท่าของคนมีประสบการณ์ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 มุมแขนของคนที่มีและไม่มีประสบการณ์ยกทะลายปาล์มที่วัดได้จากกล้องซัดลึก

Experience	Degree of upper limb from depth camera (°) ± SD	
	Right	Left
Experience	96.416 ^{a,A} ± 39.682	82.230 ^{a,A} ± 18.070
Non- Experience	85.404 ^{a,A} ± 28.143	71.247 ^{a,A} ± 17.250

หมายเหตุ: แขน: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
 ประสบการณ์: ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.4 คนมีประสบการณ์ขณะ (ก) ยกทะลายปาล์ม (ข) ปล่อยทะลายปาล์ม และ (ค) มุมแขนที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.5 คนไม่มีประสบการณ์ขณะ (ก) ยกทะลายปาล์ม (ข) ปล่อยทะลายปาล์ม และ (ค) มุมแขนที่เกิดขึ้น

ดังนั้นจากการวัดมุมแขนของคนที่มีและไม่มีประสบการณ์ในยกทะลายปาล์มจากกล้องชนิดลึกสามารถประเมินองศาการแกว่งแขนผู้ที่มีประสบการณ์จะมากกว่าผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ เนื่องจากคนมีประสบการณ์จะใช้เป็นองศาแขนการสะบัดทะลายปาล์มแต่คนที่ไม่เคยทำจะเป็นองศาการขนานนำทะลายปาล์มขึ้นท้ายรถบรรทุก

4.3 ผลการทดสอบของแรงในการยกทะลายปาล์มขึ้นท้ายรถบรรทุก

ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบแรงที่ใช้ทำงานแต่ละช่วงในการยกทะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุกของอาสาสมัครที่มีและไม่มีประสบการณ์ จากการทดลองยกทะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก ซึ่งใช้เครื่องมือวัดแรงสามแกนและ Flat-bed Scale ในการวัดค่าแรงที่เกิดขึ้นที่มือและเท้า โดยผู้ที่มีประสบการณ์ 3 คน และผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ 3 คน น้ำหนักทะลายปาล์มโดยเฉลี่ย 11.55 ± 1.76 kg โดยใช้เหล็กยกติดกับเครื่องมือวัดแรง 3 แกน ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งจากรูปจะแสดงถึงทิศทางของแรงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แรงที่แขนและขาเฉลี่ยของอาสาสมัครในช่วงเวลาทั้งหมดที่ทำการยกทะเลาะปาล์มขึ้น
ท้ายรถบรรทุก

Volunteers	Average force at upper limb \pm SD (kg _f)				Average force at lower limb \pm SD (kg _f)		
	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant	Left	Right	Total
Experience	0.462 ^A	1.607 ^A	21.436 ^A	21.740 ^A	34.263 ^A	28.777 ^B	62.909 ^A
	± 0.057	± 0.528	± 7.995	± 8.080	± 5.480	± 6.052	± 3.384
No experience	0.521 ^B	2.366 ^B	34.425 ^A	34.772 ^A	41.454 ^A	26.206 ^A	67.455 ^A
	± 0.184	± 0.523	± 13.814	± 13.773	± 5.400	± 3.400	± 6.421

หมายเหตุ: ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ค่าเฉลี่ยของแรงจากเครื่องมือวัดแรงสามแกนและแผ่นวัดแรงในช่วงเวลาที่ทำการยกทะเลาะปาล์มทั้งหมดเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะได้ดังตารางที่ 4.4 พบว่าแรงที่เกิดขึ้นขณะยกทะเลาะปาล์มของอาสาสมัครที่มีและไม่มีประสบการณ์ในทิศทางแกน z ผลรวมของแรงที่วัดจากเครื่องมือวัดแรงสามแกน แรงที่ขาซ้ายและแรงรวมของขาทั้งสองข้างที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากทิศทางของแรงในแนวแกน z ขึ้นอยู่กับการแทงและการดึงเหล็กยกออกจากทะเลาะปาล์ม ซึ่งทำการสังเกตจากวิดีโอพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในด้านพฤติกรรมการแทงและการดึงเหล็กยก ทำให้แรงทิศทางแกน z ไม่แตกต่างกัน ส่วนแรงรวมในการทำงานมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับแกน z เป็นเพราะว่าแรงในทิศทางแกน z มีอิทธิพลต่อแรงรวมมากที่สุด จึงทำให้มีค่าใกล้เคียงกัน และรถบรรทุกที่ใช้ทดลองอยู่ทางด้านซ้ายของอาสาสมัครทุกคน ทำให้แรงเฉลี่ยที่เกิดขึ้นที่ขาซ้ายไม่มีความแตกต่างกัน และแรงเฉลี่ยที่ขาทั้งสองไม่แตกต่างกัน เป็นเพราะว่าน้ำหนักทะเลาะปาล์มที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักเท่ากัน ในขณะที่แรงในทิศทาง x และ y ของคนที่มีประสบการณ์จะออกแรงน้อยกว่า โดยที่ทิศทางแกน x ออกแรง 0.462 ± 0.057 kg_f น้อยกว่าผู้ไม่มีประสบการณ์ที่ออกแรง 0.521 ± 0.184 kg_f คิดเป็น 11.32% โดยเฉลี่ย และทิศทางแกน y คนที่มีประสบการณ์ออกแรง 1.607 ± 0.528 kg_f น้อยกว่าผู้เคยทำมาก่อนที่ออกแรง 2.366 ± 0.523 kg_f คิดเป็น 32.08% โดยเฉลี่ย เนื่องจากพฤติกรรมการทำงานของอาสาสมัครที่มีประสบการณ์ในช่วงที่จะสะบัดทะเลาะปาล์มดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังรูปที่ 4.7 จึงทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อทะเลาะปาล์มหรือเครื่องมือวัดแรงสามแกนน้อยกว่าการทำงานของผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ แต่แรงที่กระทำที่ขาขวา (28.777 ± 6.052 kg_f) จะมากกว่าผู้ที่ไม่มีประสบการณ์อยู่ 9.8% เนื่องจากพฤติกรรมของผู้ที่มีประสบการณ์ในการสะบัดทะเลาะปาล์มดังที่กล่าวมา การทำงานรูปแบบดังกล่าวผู้ทดลองจะมีการโน้มตัวมาทางแผ่นวัดแรงที่ขาด้านขวาในขณะที่สะบัดทะเลาะปาล์มให้หลุดออก ซึ่งจะเกิดแรงปฏิกิริยาขึ้นเพื่อรักษาสมดุลของร่างกาย ทำให้แรงเฉลี่ยที่เกิดขึ้นที่ขาขวาของผู้ที่มีประสบการณ์จึงมีค่ามากกว่า

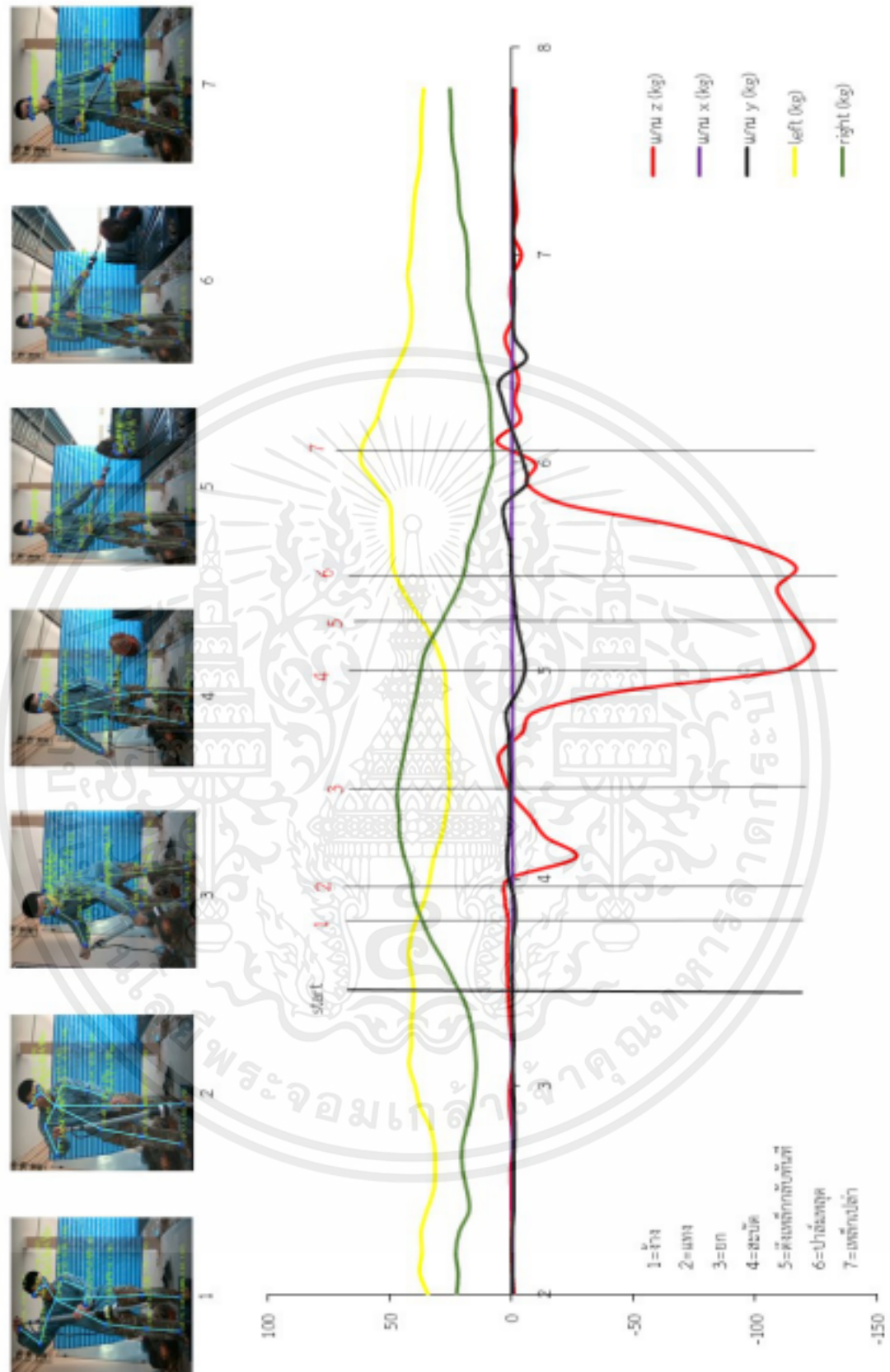
ตารางที่ 4.5 แรงที่แขนและขาสูงสุดของอาสาสมัครขณะยกทะเลลายปาล์มขึ้นท้ายรถบรรทุก

Volunteers	Maximum force at upper limb \pm SD (kg _f)				Maximum force at lower limb \pm SD (kg _f)		
	x-axis	y-axis	z-axis	Resultant	Left	Right	Total
Experience	0.757 ^A	8.720 ^B	94.634 ^A	94.779 ^A	62.756 ^A	56.374 ^B	80.572 ^A
	± 0.227	± 3.795	± 43.634	± 43.603	± 5.445	± 9.482	± 5.622
No experience	0.989 ^B	8.143 ^A	129.621 ^A	126.533 ^A	68.243 ^B	53.345 ^A	86.573 ^B
	± 0.410	± 2.521	± 45.053	± 41.076	± 4.646	± 7.636	± 8.341

หมายเหตุ: ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

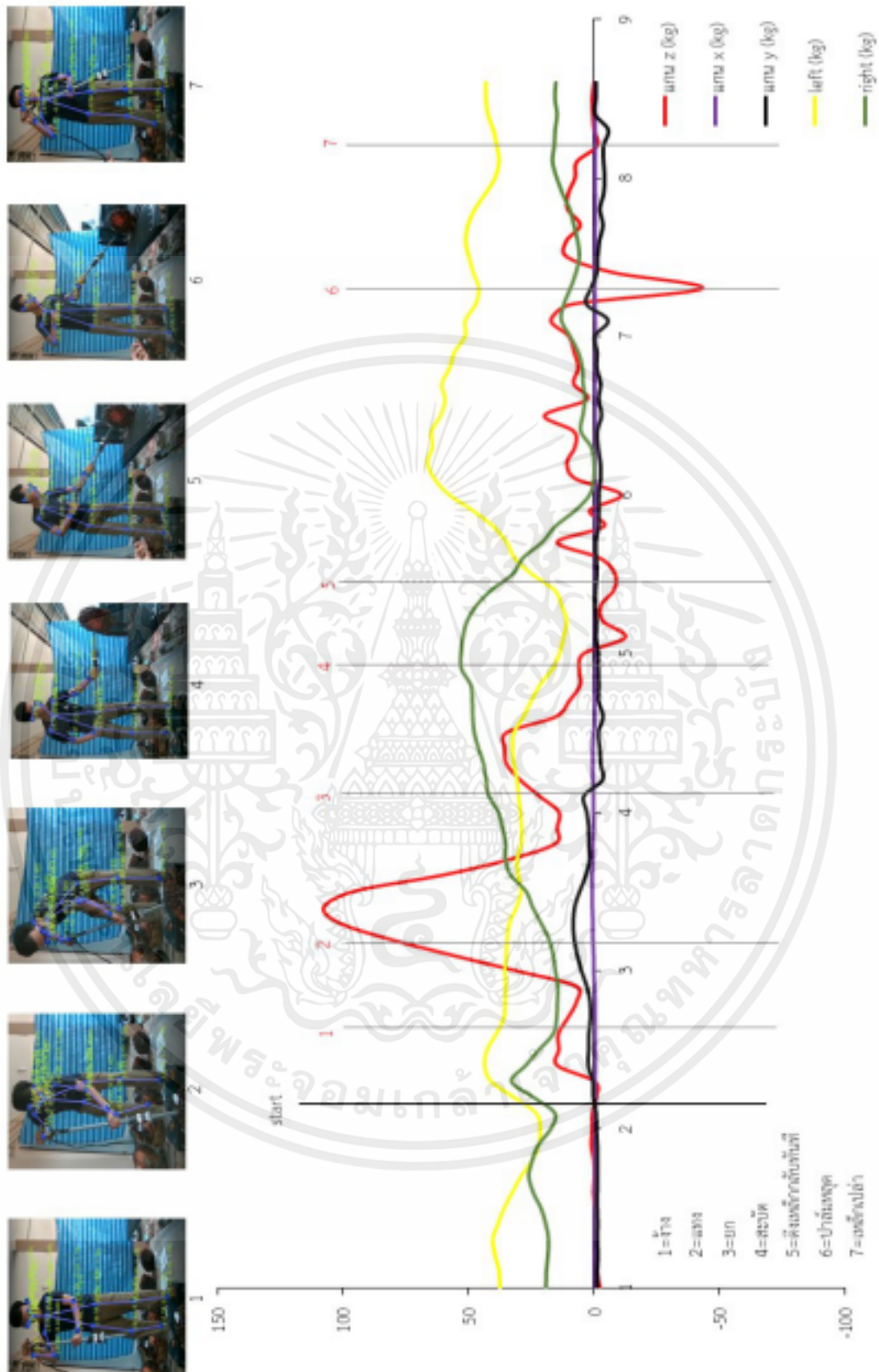
จากตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อนำค่าแรงสูงสุดของจากเครื่องมือวัดแรงสามแกนและแผ่นวัดแรง มาวิเคราะห์สถิติพบว่าแรงของอาสาสมัครในทิศทางแกน z และผลรวมแรง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองประเภท เนื่องจากพฤติกรรมในการแหง ดึงเหล็กยกออกจากทะเลลายปาล์มไม่แตกต่างกัน ดังที่กล่าวไปในตารางที่ 4.4 ซึ่งแรงรวมสูงสุดของผู้มีประสบการณ์น้อยกว่าผู้ไม่มีประสบการณ์ 0.75 เท่า ส่วนแรงในแนวแกน x แรงของขาซ้ายและแรงที่ขาทั้งสองข้างของผู้ไม่มีประสบการณ์มากกว่าผู้ที่เคยทำมาก่อน ในทิศทางแกน x ผู้ไม่มีประสบการณ์ใช้แรงอยู่ 0.989 ± 0.410 kg_f มากกว่าผู้ที่มีประสบการณ์ที่ใช้แรง 0.757 ± 0.227 kg_f อยู่ 30.64% ส่วนที่ขาซ้ายผู้ไม่มีประสบการณ์ใช้แรงอยู่ที่ 68.243 ± 4.646 kg_f ซึ่งมากกว่าผู้ที่มีประสบการณ์ที่ใช้แรง 62.756 ± 5.445 kg_f อยู่ 8.04% และที่ขาทั้งสองผู้ไม่มีประสบการณ์ใช้แรงกระทำอยู่ 86.573 ± 8.341 kg_f ซึ่งมากกว่าผู้ที่มีประสบการณ์ที่ใช้แรง 80.572 ± 5.622 kg_f อยู่ 7.44% เนื่องจากพฤติกรรมการทำงานของผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ในช่วงดึงเหล็กยกออกจากทะเลลายปาล์ม ทำโดยการยกตั้งบนท้ายรถบรรทุกก่อน ทำให้ต้องโน้มตัวลงไปทางขาด้านซ้ายและใช้การบิดเหล็กยกไปด้านซ้ายและขวาอยู่เป็นเวลานาน ดังรูปที่ 4.8 จึงเกิดแรงสูงสุดในทิศทางแกน x ขาข้างซ้ายและขาทั้งสองข้าง ในขณะที่แรงขาขวาของผู้ที่มีประสบการณ์ใช้แรง 56.374 ± 9.482 kg_f มากกว่าผู้ไม่มีประสบการณ์ที่ใช้แรง 80.572 ± 5.622 kg_f อยู่ 5.67% เนื่องจากการพฤติกรรมช่วงสะบัดทะเลลายปาล์มให้หลุดดังที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ ส่วนแรงสูงสุดในทิศทางแกน y มากกว่าคนที่เคยไม่เคยทำมาก่อน โดยผู้ที่มีประสบการณ์ใช้แรงอยู่ที่ 8.720 ± 3.795 kg_f มากกว่าผู้ไม่มีประสบการณ์ที่ใช้แรง 8.143 ± 2.521 kg_f อยู่ 7.08% เป็นเพราะผู้ที่มีประสบการณ์ยกทะเลลายปาล์มขึ้นสูงกว่า ซึ่งสังเกตได้จากวิดีโอการทดลองและดังรูปที่ 4.7 เพื่อที่จะสะบัดทะเลลายปาล์มให้หลุดออกในทันทีจึงมีค่าแรงสูงสุดในแกน y เกิดขึ้น

ดังนั้นการยกทะเลลายปาล์มของผู้ชำนาญจะใช้แรงเฉลี่ยและแรงสูงสุดโดยส่วนใหญ่้นน้อยกว่าผู้ไม่มีประสบการณ์ ยกเว้นแรงเฉลี่ยและแรงสูงสุดที่ขาขวาจะมากกว่า ซึ่งเหตุผลได้กล่าวไปแล้วในก่อนหน้านี้ และการใช้เครื่องมือวัดแรงสามแกนกับ Flat-bed Scale สามารถนำมาใช้วัดค่า และวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นจากมือและเท้าในการยกทะเลลายปาล์มขึ้นรถบรรทุกได้



รูปที่ 4.7 แรงยกทะเลาะปาล์มขึ้นทำยรถบรรทุกของผู้มีประสบการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



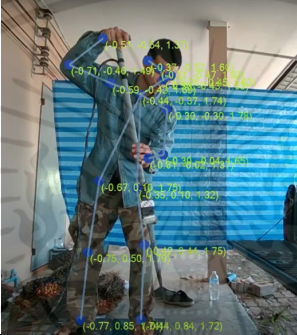



รูปที่ 4.8 แรงยกทะลายนาล์มขึ้นทำยรถบรรทุกของผู้ไม่มีประสบการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการยกทะลายปาล์มขึ้นท้ายรถบรรทุกด้วยวิธี OWAS





จากการทดลองยกทะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุก แบ่งเป็นคนมีประสบการณ์ 3 คน และไม่มีประสบการณ์ 3 คน แล้วบันทึกภาพด้วยกล้องชนิดลึก จากนั้นนำผลที่ได้มาประเมินความเสี่ยงของท่าทางด้วยวิธี OWAS โดยแยกตามช่วงการทำงานได้แก่ ก่อนแทงทะลายปาล์ม ขณะยกทะลายปาล์ม และหลังยกทะลายปาล์ม ได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการยกทะลายปาล์มขึ้นรถบรรทุกด้วยวิธี OWAS

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
1/ Experience	Before picking		2	2	2	1	2
	Picking		2	1	4	2	3
	After picking		1	1	3	2	1
2/ Experience	Before picking		2	2	2	1	2


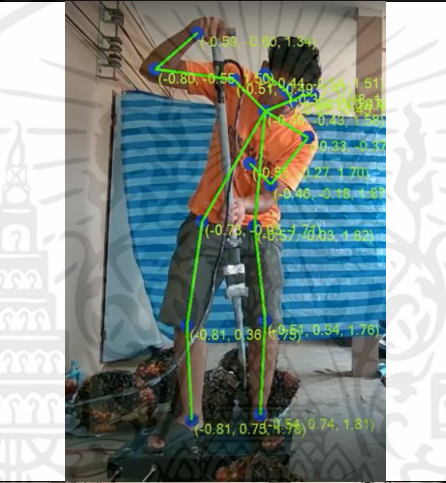
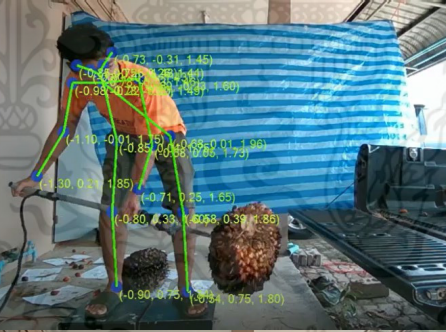

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
2/ Experience	Picking		2	1	2	2	2
	After picking		1	1	2	1	1
3/ Experience	Before picking		1	2	2	1	1
	picking		2	1	2	2	2




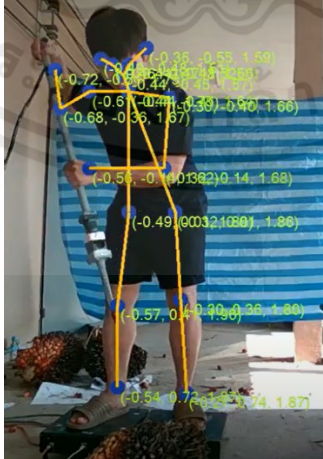
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
3/ Experience	After picking		1	2	2	1	1
	Before picking		2	2	2	1	2
4/ no experience	Picking		2	1	4	2	3
	After picking		2	1	4	1	3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
5/ No experience	Before picking		2	2	4	1	3
	Picking		2	1	4	2	3
	After picking		1	1	2	1	1
6/ No experience	Before picking		2	2	2	1	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Volunteers	Period	Posture	Back	Arms	Legs	Force	Action code
6/ No experience	Picking		1	1	2	2	1
	After picking		2	1	2	1	2

จากตารางที่ 4.6 เป็นการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ ในช่วงก่อนยกทะลายปาล์ม ยกทะลายปาล์ม และเอาทะลายปาล์มออก อาสาสมัครคนที่ 1 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ มีโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่สุดในช่วงยกทะลายปาล์ม เนื่องจากมีการก้มตัว งอเข่า และรับน้ำหนักของทะลายปาล์ม อาสาสมัครคนที่ 2 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ มีความเสี่ยงบาดเจ็บในขณะก่อนยกและยกทะลายปาล์มเพราะมีการอตัวรับน้ำหนักทะลายปาล์ม อาสาสมัครคนที่ 3 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์เสี่ยงบาดเจ็บขณะก้มตัวเพื่อยกทะลายปาล์ม อาสาสมัครคนที่ 4 และ 5 เป็นผู้ไม่มีประสบการณ์ ต่างก็เสี่ยงการบาดเจ็บขณะยกทะลายปาล์มเช่นกัน เนื่องจากมีการก้มตัวและงอเข่า เพื่อรับน้ำหนักของทะลายปาล์ม ยกเว้นอาสาสมัครคนที่ 6 แม้จะเป็นผู้ไม่มีประสบการณ์ แต่เป็นผู้ที่ฝึกยกเวทเป็นประจำจึงมีการจัดสรีระของร่างกายให้ยกของแบบมีความเสี่ยงต่ำจากการบาดเจ็บน้อยที่สุด จากการสังเกตพฤติกรรมจะเสี่ยงที่สุดในช่วงก่อนและหลังยกทะลายปาล์มเพราะมีการก้มตัวแต่ในขณะที่ยกทะลายปาล์มนั้นไม่มีการก้มตัว

ดังนั้นท่าทางการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของอาสาสมัครส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นผู้ที่มีประสบการณ์และไม่มีประสบการณ์จะมีความเสี่ยงต่ออาการบาดเจ็บมากที่สุดในระดับ 3 ช่วงยกทะลายปาล์ม เนื่องจากมีการงอตัวและงอเข่าส่งผลให้เกิดความเสี่ยงสูง ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยง

ปรับปรุงท่าทางยกทะเลลายปาล์ม ให้มีการงอเข่าหรืองอหลังน้อยที่สุดโดยใช้การคุกเข่าแทนการงอเข่า และให้มีการงอหลังให้น้อยที่สุดเพื่อลดภาระความเสี่ยงที่ร่างกายได้รับ

จากการทดลองทั้งหมดจะเห็นว่า การนำกล้องชัดลึกมาใช้ร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK สามารถวัดองศาการเคลื่อนไหวของร่างกายทดแทน Goniometer ได้ และแรงที่เกิดขึ้นขณะยกทะเลลายปาล์มสามารถใช้เครื่องวัดแรงสามแกนและ Flat-bed-scale วัดการเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานได้จริง ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นที่มีผลต่อการยกมากที่สุดจะอยู่ในช่วงแนวแกน x และ y โดยผู้ที่มีประสบการณ์จะเกิดค่าแรงสูงสุดในทิศทางแกน y ซึ่งเกิดช่วงกำลังยกทะเลลายปาล์ม แต่ผู้ไม่มีประสบการณ์จะเกิดแรงสูงสุดในทิศทางแกน x ซึ่งเกิดช่วงกำลังจะดึงเหล็กยกออกจากทะเลลายปาล์ม ประกอบกับการประเมินความเสี่ยงด้านกายศาสตร์โดยวิธี OWAS สามารถนำมาอธิบายความเสี่ยงของการบาดเจ็บจากการยกทะเลลายปาล์มได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการดำเนินงานเพื่อหาอิทธิพลทางการยศาสตร์ขณะยกทะเลลายปาล์มขึ้นทำยรรทุก ได้แบ่งการทดลองออกเป็นขั้นตอนแรกได้ทำการสอบเทียบกล้องซัดลึก Intel Realsense รุ่น D455 ร่วมกับโปรแกรม Skeleton tracking SDK กับ Goniometer โดยให้อาสาสมัครชายและหญิงจำนวน 10 คน ทำท่าทามาตรฐานสามแบบได้แก่ท่างอแขน ท่าแกว่งแขนแนวระนาบเข้า-ออกลำตัว ท่าอขาแบบละ 15° 30° 45° ตามลำดับได้ผลว่ากล้องสามารถวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ละเอียดกว่า Goniometer คิดเป็น 12.39% และจับทิศทางได้ทั้งสามแกน จากนั้นนำกล้องซัดลึกไปใช้ประเมินองศาการเคลื่อนไหวที่ของแขนขณะยกทะเลลายปาล์มน้ำมันของอาสาสมัครผู้มีประสบการณ์ 3 คน และผู้ไม่มีประสบการณ์ 3 คน พบว่า องศาของแขนที่ได้จากกล้องซัดลึกสำหรับผู้ที่มีประสบการณ์จะมีองศาการแกว่งแขนขาอยู่ในช่วง $56.734^\circ - 134.098^\circ$ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองศาการแกว่งแขนมากกว่าคนไม่มีประสบการณ์ที่ 11.42% และการแกว่งแขนซ้ายของผู้ที่มีประสบการณ์ อยู่ในช่วง $64.160^\circ - 100.3^\circ$ มากกว่าผู้ที่ไม่ประสบการณ์ 13.35% ทั้งนี้ได้ทำการวัดแรงที่เกิดขึ้นที่ขณะยกทะเลลายปาล์มและรยางค์ล่างด้วยเครื่องวัดแรงสามแกนและแผ่นวัดแรงแบบ Flat-bed scale พบว่าผลแรงเฉลี่ยช่วงการยกทะเลลายปาล์มของเครื่องวัดแรงสามแกนของผู้อาสาสมัครที่มีประสบการณ์กับผู้ไม่มีประสบการณ์มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะมีค่าต่างกันช่วงค่าสูงสุด แนวแกน y (แรงขณะยก) กับแกน x (แรงขณะหมุนเหล็กยก) ซึ่งผู้ที่มีประสบการณ์จะมีค่าแรงที่สูงสุดแนวแกน y มากกว่าผู้ที่ไม่เคยทำมาก่อนที่ 6.16% เนื่องจากจะใช้แรงในช่วงสะบัดทะเลลายปาล์มให้หลุดออกจากเหล็กยกในทันทีทันใด ส่วนผู้ที่ไม่เคยทำมาก่อนจะมีค่าสูงสุดในแนวแกน x มากกว่าผู้ที่มีประสบการณ์ที่ 23.4% เพราะช่วงดึงทะเลลายปาล์มจะใช้แรงหมุนที่มากกว่าในการเอาเหล็กออกจากทะเลลายปาล์มในส่วนรยางค์ล่างของผู้ไม่มีประสบการณ์จะออกแรงด้านซ้ายมากเนื่องจากขณะออกแรงดึงเหล็กออกจากทะเลลายปาล์มจะโน้มตัวไปทางด้านทิศเดียวทำยรรทุกซึ่งจัดไว้ทางด้านซ้ายทำให้น้ำหนักถ่ายโอนไปทางฝั่งซ้ายมาก แต่ผู้ที่มีประสบการณ์จะมีแรงปฏิกิริยาที่ขาขวามากเกิดจากการรักษาสมดุลขณะการสะบัดทะเลลายปาล์มให้หลุดจากเหล็กยก และขั้นตอนสุดท้ายเป็นประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี OWAS พบว่าโอกาสของความเสี่ยงในการเกิดบาดเจ็บจากการทำงานที่เกิดขึ้นของอาสาสมัครโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับที่ 3 โดยท่าทางในการทำงานนั้นมีความเสี่ยงปานกลางต่อการเกิดการบาดเจ็บต่อหลังและหัวเข่า

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 สายอุปกรณ์ USB 3.1 Gen 2 ที่มาพร้อมกับกล้องชนิดลึก ไม่สามารถส่งถ่ายข้อมูลจากกล้องสู่คอมพิวเตอร์ได้เนื่องจากในการใช้อุปกรณ์ในภาคสนามเกิดอุบัติเหตุทำให้สายไฟข้างในชำรุด

5.2.2 กล้องชนิดลึก Intel Realsense รุ่น D455 เมื่อใช้งานในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูงจะเกิดการกระตุกของโปรแกรมที่ใช้ร่วม Skeleton tracking SDK

5.2.3 ในการทดสอบเทียบ Goniometer ไม่ได้ขยับตามการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างสมบูรณ์จึงเกิดค่าความแตกต่าง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการปฏิบัติงานเก็บเกี่ยวทะเลลายปาล์มมีความเสี่ยงสูง ซึ่งอาจจะต้องมีอุปกรณ์ในการช่วยคนงานเพื่อลดโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในอนาคต เช่น ตัวลิตีในการยกทะเลลายปาล์มหรือสายพานลำเลียงทะเลลายปาล์ม

5.3.2 ในการยกทะเลลายปาล์มจะเป็นท่าที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บที่หลังและหัวเข่ามากที่สุด จึงแนะนำให้คุกเข่าแทนการงอเข่าและในขณะยกให้พยายามมีการงอหลังน้อยที่สุดเพื่อลดความเสี่ยง

5.3.3 ในการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ เช่น วิธี RULA หรือ REBA ควรใช้กล้องชนิดลึกอย่างน้อยสองตัวขึ้นไปเพื่อประเมินองศาการงอหลัง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ismail, A., S.M. Ahmad, and S.Z. Sharudin. (2015). "Labour productivity in the Malaysian oil palm plantation sector." **Oil Palm Industry Economic Journal** 15, 2: 1-10.
- [2] Rahman, Aliff, et al. (2017). "Simple Arm Muscle Model for Oil Palm Harvesting Process." **MATEC Web of Conferences** 87: 02015. (10.1051/mateconf/20178702015)
- [3] Deros, Baba Mohd, et al. (2016). "Ergonomic risk assessment on oil palm industry workers." **Iranian Journal of Public Health** 45, Supple 1: 44-51.
- [4] Nawī, Nur Syazwani Mohd, et al. (2016). "Malaysian oil palm workers are in pain: Hazards identification and ergonomics related problems." **Malaysian Journal of Public Health Medicine** 16, Supple 1: 50-57
- [5] Vignais, Nicolas, et al. (2017). "Physical risk factors identification based on body sensor network combined to videotaping." **Applied ergonomics** 65: 410-417.
- [6] Chiasson, Marie-Eve, et al. (2015). "Influence of musculoskeletal pain on workers' ergonomic risk-factor assessments." **Applied Ergonomics** 49: 1-7.
- [7] Nawī, N.S.M., B. Md Deros, and N. Norani. (2013). "Assessment of oil palm fresh fruit bunches harvesters working postures using REBA." **Advanced Engineering Forum** 10: 122-127.
- [8] Novaes, André Luís Tortato, et al. (2017). "Ergonomics applied to aquaculture: a case study of postural risk analysis in the manual harvesting of cultivated mussels." **Aquacultural Engineering** 77: 112-124.
- [9] Huynh-The, Thien, et al. (2020). "Image representation of pose-transition feature for 3D skeleton-based action recognition." **Information Sciences** 513: 112-126.
- [10] Condotta, Isabella CFS, et al. (2020). "Evaluation of low-cost depth cameras for agricultural applications." **Computers and Electronics**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- in *Agriculture* 173: 105394. (<https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.10.5394>)
- [11] กิตติ อินทรานนท์. (2559). “การยศาสตร์ Ergonomics.” พิมพ์ครั้งที่ 3.
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- [12] อนุวัฒน์ อัครศิสุวรรณ และคณะ. (2015). “การบาดเจ็บและอาการทางระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ และ กระดูก อันเนื่องมาจากการทำงานของเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพสวนปาล์ม เขตพื้นที่ตำบลสินปุน อำเภอ เขาคันทรง จังหวัดกระบี่.” *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ* 8, 29: 48-58.
- [13] นิรนาม. (2557). **หลักการประเมินด้านการยศาสตร์ (Ergonomics assessment)**. เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2563. เข้าถึงได้จาก <https://thai-ergonomic-ergonomic-assessment.blogspot.com/2014/07/owas.html>
- [14] กลุ่มอาชีพอนามัย สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค. (2560). **แนวทางการจัดบริการอาชีพอนามัยให้กับแรงงานในชุมชนด้านการยศาสตร์สำหรับเจ้าหน้าที่หน่วยบริการสุขภาพ ปฐมภูมิ.**
- [15] Figlali, Nilgün, et al. (2015). “Image processing-aided working posture analysis: I-OWAS.” *Computers & Industrial Engineering* 85: 384-394.
- [16] Fang, YuJie, et al. (2020). “Study of the depth accuracy and entropy characteristics of a ToF camera with coupled noise.” *Optics and Lasers in Engineering* 128: 106001. (<https://doi.org/10.1016/j.optlase ng.2020.106001>)
- [17] Hibbeler R.C. (2016). **Engineering Mechanics: Statics, Fourteenth Edition.** Pearson Education, New Jersey.
- [18] Scott, G.B., and N.R. Lambe. (1996). “Working practices in a perchery system, using the OVAKO Working posture Analysing System (OWAS).” *Applied Ergonomics* 27, 4: 281-284.
- [19] Karhu, Osmo, et al. (1981). “Observing working postures in industry: Examples of OWAS application.” *Applied Ergonomics* 12, 1: 13-17.
- [20] Enez, K., and S.S. Nalbantoğlu. (2019). “Comparison of ergonomic risk assessment outputs from OWAS and REBA in forestry timber harvesting.” *International Journal of Industrial Ergonomics* 70: 51-57.
- [21] Ji, Xiaopeng, et al. (2018). “Skeleton embedded motion body partition for human action recognition using depth sequences.” *Signal Processing* 143: 56-68.
- [22] Li, G., and C. Li. (2020). “Learning skeleton information for human action

- analysis using Kinect.” **Signal Processing: Image Communication** 84: 115814. (<https://doi.org/10.1016/j.image.2020.115814>)
- [23] Presti, L.L., and M. La Cascia. (2016). “3D skeleton-based human action classification: A survey.” **Pattern Recognition** 53: 130-147.
- [24] Wahyudi, M.A., W.A. Dania, and R.L. Silalahi. (2015). “Work posture analysis of manual material handling using OWAS method.” **Agriculture and Agricultural Science Procedia** 3: 195-199.
- [25] Vignais, Nicolas, et al. (2013). “Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing.” **Applied Ergonomics** 44, 4: 566-574.
- [26] Govindarajo, N.S., D.M. Kumar, and S.S. Ramulu. (2014). “Identifying, Categorizing and setting variables on ergonomics issues in oil palm plantations.” **Asian Social Science** 10, 16: 113-122.
- [27] Colombo, Giorgio, et al. (2012). “Motion capture and virtual humans to enhance ergonomic design and validation of refrigerated display units.” In **ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference**, 663-671. Chicago, Illinois, USA, August 12–15, 2012.
- [28] Manivasagam, Karnica. (2020). “Comparison of wrist velocity measurement methods: IMU, goniometer and optical motion capture system.” Degree Project in Medical Engineering, School of Engineering Sciences in Chemistry, Biotechnology and Health, KTH Royal Institute of Technology, Department of Biomedical Engineering and Health Systems, Stockholm, Sweden.
- [29] Seo, JoonOh. (2016). “Evaluation of Construction Workers Physical Demands Through Computer Vision-Based Kinematic Data Collection and Analysis.” Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering, the University of Michigan, USA.
- [30] Ng, Yee Guan, et al. (2015). “Risk factors of musculoskeletal disorders among oil palm fruit harvesters during early harvesting stage.” **Annals of Agricultural and Environmental Medicine** 22, 2: 286–292.
- [31] Sukadarin, Ezrin Hani, et al. (2013). “Investigation of ergonomics risk factors for musculoskeletal disorders among oil palm workers using Quick Exposure Check (QEC).” **Advanced Engineering Forum** 10: 103-109.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณทางศาด้วยวิธี Dot product

ตัวอย่างการคำนวณ

กำหนดให้ A_1 คือ ตำแหน่งเริ่มต้นของรยางค์ก่อนเปลี่ยนท่าทาง

B_1 คือ ตำแหน่งปลายของรยางค์ก่อนเปลี่ยนท่าทาง

A_2 คือ ตำแหน่งเริ่มต้นของรยางค์หลังเปลี่ยนท่าทาง

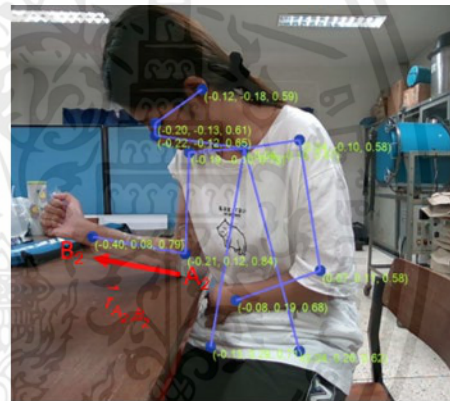
B_2 คือ ตำแหน่งปลายของรยางค์หลังเปลี่ยนท่าทาง

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

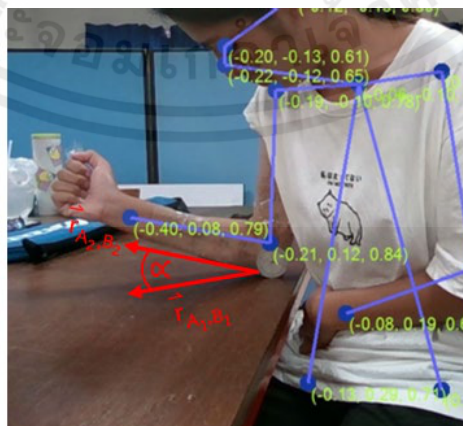
\vec{r}_{A_2, B_2} คือ เวกเตอร์จากจุด A_2 ไปจุด B_2

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

การคำนวณทางศาในท่าอแขน 15°



รูปที่ ก.1 ตำแหน่งอแขนก่อนเปลี่ยนท่าทาง 0° รูปที่ ก.2 ตำแหน่งอแขนหลังเปลี่ยนท่าทาง 15°



รูปที่ ก.3 มุมที่เกิดขึ้นเมื่ออแขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาองศาของท่าอแกนที่ 15° พิจารณาจากรูปที่ ก.1 ก.2 และ ก.3

$$A_1 = -0.22i + 0.12j + 0.83k$$

$$B_1 = -0.41i + 0.15j + 0.79k$$

$$A_2 = -0.21i + 0.12j + 0.84k$$

$$B_2 = -0.40i + 0.08j + 0.79k$$

$$\vec{r}_{A_1, B_1} = (-0.41+0.22)i + (0.15-0.12)j + (0.79-0.83)k = -0.19i + 0.03j - 0.04k$$

$$\vec{r}_{A_2, B_2} = (-0.40+0.21)i + (0.08-0.12)j + (0.79-0.84)k = -0.19i - 0.04j - 0.05k$$

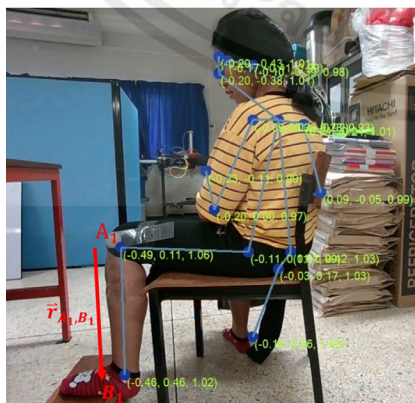
$$\begin{aligned} \vec{r}_{A_1, B_1} \cdot \vec{r}_{A_2, B_2} &= (-0.19i + 0.03j - 0.04k) \cdot (-0.19i - 0.04j - 0.05k) \\ &= 0.0361 - 0.0012 + 0.002 \\ &= 0.0369 \end{aligned}$$

$$|\vec{r}_{A_1, B_1}| = \sqrt{(-0.19)^2 + (0.03)^2 + (-0.04)^2} = 0.1965$$

$$|\vec{r}_{A_2, B_2}| = \sqrt{(-0.19)^2 + (-0.04)^2 + (-0.05)^2} = 0.2005$$

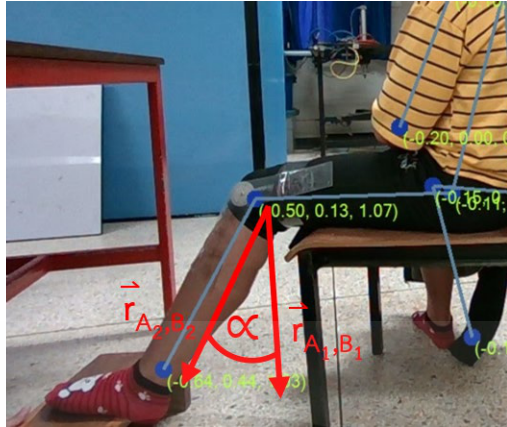
$$\begin{aligned} \vec{r}_{A_1, B_1} \cdot \vec{r}_{A_2, B_2} &= |\vec{r}_{A_1, B_1}| |\vec{r}_{A_2, B_2}| \cos \alpha \\ 0.0353 &= (0.1965)(0.2005) \cos \alpha \\ \alpha &= 26.36^\circ \end{aligned}$$

การคำนวณหาองศาของท่าอขาที่ 30°



รูปที่ ก.4 ตำแหน่งอซาก่อนเปลี่ยนท่าทาง 0° รูปที่ ก.5 ตำแหน่งอขาลหลังเปลี่ยนท่าทาง 30°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 มุมที่เกิดขึ้นเมื่องอขา

การคำนวณหาองศาของท่างอขาที่ 30° พิจารณาจากรูปที่ ก.4 ก.5 และ ก.6

$$A_1 = -0.49i + 0.11j + 1.06k$$

$$B_1 = -0.46i + 0.46j + 1.02k$$

$$A_2 = -0.5i + 0.13j + 1.07k$$

$$B_2 = -0.64i + 0.44j + 1.03k$$

$$\vec{r}_{A_1, B_1} = (-0.46 - 0.49)i + (0.46 - 0.11)j + (1.02 - 1.06)k = 0.03i + 0.35j - 0.04k$$

$$\vec{r}_{A_2, B_2} = (-0.64 - 0.5)i + (0.44 - 0.13)j + (1.03 - 1.07)k = -1.14i + 0.31j - 0.04k$$

$$\begin{aligned} \vec{r}_{A_1, B_1} \cdot \vec{r}_{A_2, B_2} &= (0.03i + 0.35j - 0.04k) \cdot (-1.14i + 0.31j - 0.04k) \\ &= -0.0427 + 0.1085 + 0.0016 \\ &= 0.0681 \end{aligned}$$

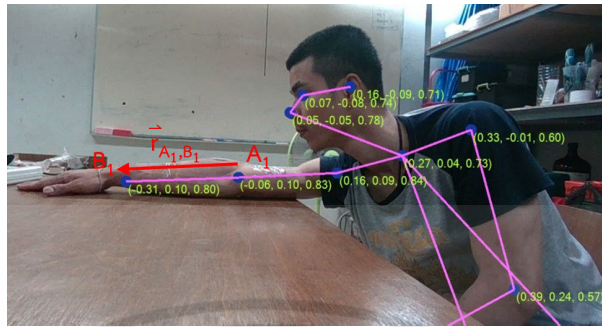
$$|\vec{r}_{A_1, B_1}| = \sqrt{(0.03i)^2 + (0.35j)^2 + (-0.04k)^2} = 0.3535$$

$$|\vec{r}_{A_2, B_2}| = \sqrt{(-1.14i)^2 + (0.31j)^2 + (-0.04k)^2} = 1.1825$$

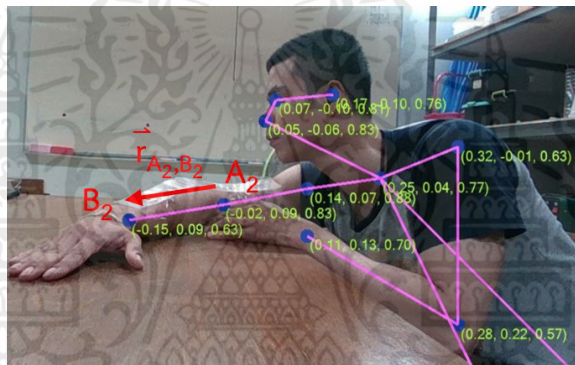
$$\begin{aligned} \vec{r}_{A_1, B_1} \cdot \vec{r}_{A_2, B_2} &= |\vec{r}_{A_1, B_1}| |\vec{r}_{A_2, B_2}| \cos \alpha \\ 0.0681 &= (0.3535)(1.1825) \cos \alpha \\ \alpha &= 55.77^\circ \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

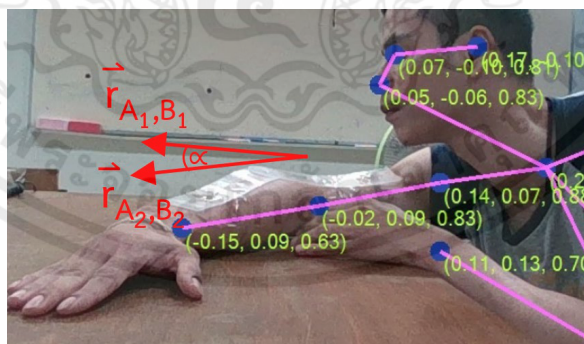
การคำนวณหาองศาของท่าแกว่งที่ 45°



รูปที่ ก.7 ตำแหน่งแกว่งแขนก่อนเปลี่ยนท่าทาง 0°



รูปที่ ก.8 ตำแหน่งแกว่งแขนหลังเปลี่ยนท่าทาง 45°



รูปที่ ก.9 มุมที่เกิดขึ้นเมื่อแกว่งแขน

การคำนวณหาองศาของท่าแกว่งแขนที่ 45° พิจารณาจากรูปที่ ก.7 ก.8 และ ก.9

$$A_1 = -0.06i + 0.10j + 0.83k$$

$$B_1 = -0.31i + 0.1j + 0.8k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_2 = -0.02i + 0.09j + 0.83k$$

$$B_2 = -0.15i + 0.09j + 0.63k$$

$$\vec{r}_{A_1, B_1} = (-0.31+0.06)i + (0.10-0.10)j + (0.8-0.83)k = -0.37i + 0j - 0.03k$$

$$\vec{r}_{A_2, B_2} = (-0.15+0.02)i + (0.09-0.09)j + (0.63-0.83)k = -0.13i + 0j - 0.2k$$

$$\vec{r}_{A_1, B_1} \cdot \vec{r}_{A_2, B_2} = (-0.37i + 0j - 0.03k)(-0.13i + 0j - 0.2k)$$

$$= 0.0481 + 0 + 0.006$$

$$= 0.0487$$

$$|\vec{r}_{A_1, B_1}| = \sqrt{(-0.37i)^2 + (0j)^2 + (-0.03k)^2} = 0.3712$$

$$|\vec{r}_{A_2, B_2}| = \sqrt{(-0.13i)^2 + (0j)^2 + (-0.2k)^2} = 0.2385$$

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

$$0.0487 = (0.3712)(0.2385) \cos \alpha$$

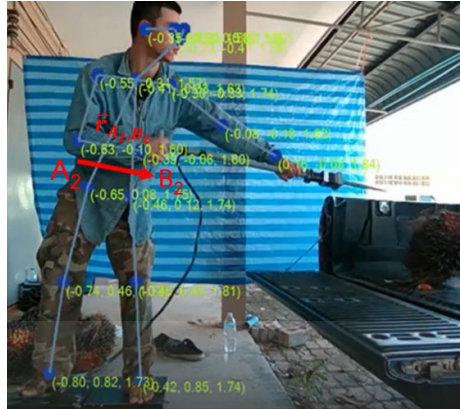
$$\alpha = 56.62^\circ$$

การคำนวณหาองศาแขนของคนมีประสบการณ์



รูปที่ ก.10 ตำแหน่งขณะยกทะเลาะลายปาล์มของคนมีประสบการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 ตำแหน่งขณะปล่อยทะลายนาล์มของคนมีประสบการณ์



รูปที่ ก.12 มุมแขนที่เกิดขึ้นของคนมีประสบการณ์

การคำนวณหาองศาแขนของคนมีประสบการณ์ พิจารณาจากรูปที่ ก.10 ก.11 และ ก.12

$$A_1 = -0.87i - 0.13j + 1.78k$$

$$B_1 = -1.07i + 0.04j + 1.66k$$

$$A_2 = -0.63i - 0.1j + 1.6k$$

$$B_2 = 0.39i - 0.06j + 1.8k$$

$$\vec{r}_{A_1, B_1} = (-1.07 + 0.87)i + (0.04 + 0.13)j + (1.66 - 1.78)k = -0.02i + 0.17j - 0.12k$$

$$\vec{r}_{A_2, B_2} = (0.39 + 0.63)i + (-0.06 + 0.1)j + (1.8 - 1.6)k = 0.99i + 0.04j - 0.2k$$

$$\vec{r}_{A_1, B_1} \cdot \vec{r}_{A_2, B_2} = (-0.02i + 0.17j - 0.12k)(0.99i + 0.04j - 0.2k)$$

$$= -0.0198 + 0.0068 + 0.024$$

$$= 0.011$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$|\vec{r}_{A_1, B_1}| = \sqrt{(-0.02i)^2 + (0.17j)^2 + (-0.12k)^2} = 0.209$$

$$|\vec{r}_{A_2, B_2}| = \sqrt{(0.99i)^2 + (0.04j)^2 + (-0.2k)^2} = 1.011$$

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

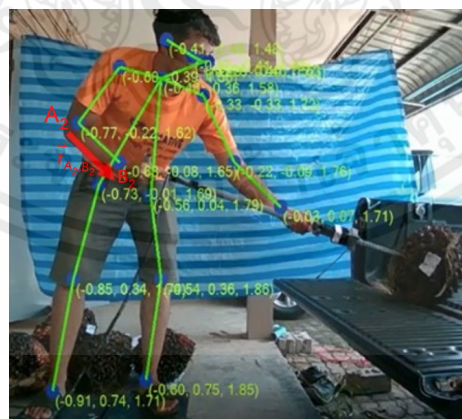
$$0.011 = (0.209)(1.011) \cos \alpha$$

$$\alpha = 81.02^\circ$$

การคำนวณทางศาณของคนที่ไม่มีประสบการณ์



รูปที่ ก.13 ตำแหน่งขณะยกทะลายปาล์มของคนไม่มีประสบการณ์



รูปที่ ก.14 ตำแหน่งขณะปล่อยทะลายปาล์มของคนไม่มีประสบการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.15 มุมแขนที่เกิดขึ้นของคนไม่ประสพการณ์

การคำนวณหาองศาแขนของคนไม่ประสพการณ์ พิจารณาจากรูปที่ ก.13 ก.14 และ ก.15

$$A_1 = -1.18i + 0.04j + 1.77k$$

$$B_1 = -1.32i + 0.22j + 1.79k$$

$$A_2 = -0.77i - 0.22j + 1.62k$$

$$B_2 = -0.73i - 0.01j + 1.69k$$

$$\vec{r}_{A_1, B_1} = (-1.32 + 1.18)i + (0.22 - 0.04)j + (1.79 - 1.77)k = -0.14i + 0.18j - 0.02k$$

$$\vec{r}_{A_2, B_2} = (-0.73 + 0.77)i + (-0.01 + 0.22)j + (1.69 - 1.62)k = 0.04i + 0.21j - 0.07k$$

$$\begin{aligned} \vec{r}_{A_1, B_1} \cdot \vec{r}_{A_2, B_2} &= (-0.14i + 0.18j - 0.02k)(0.04i + 0.21j - 0.07k) \\ &= -0.0056 + 0.0378 + 0.0014 \\ &= 0.0336 \end{aligned}$$

$$|\vec{r}_{A_1, B_1}| = \sqrt{(-0.14i)^2 + (0.18j)^2 + (-0.02k)^2} = 0.2289$$

$$|\vec{r}_{A_2, B_2}| = \sqrt{(0.04i)^2 + (0.21j)^2 + (-0.07k)^2} = 0.2249$$

$$\begin{aligned} \vec{r}_{A_1, B_1} \cdot \vec{r}_{A_2, B_2} &= |\vec{r}_{A_1, B_1}| |\vec{r}_{A_2, B_2}| \cos \alpha \\ 0.0336 &= (0.2289)(0.2249) \cos \alpha \\ \alpha &= 49.26^\circ \end{aligned}$$

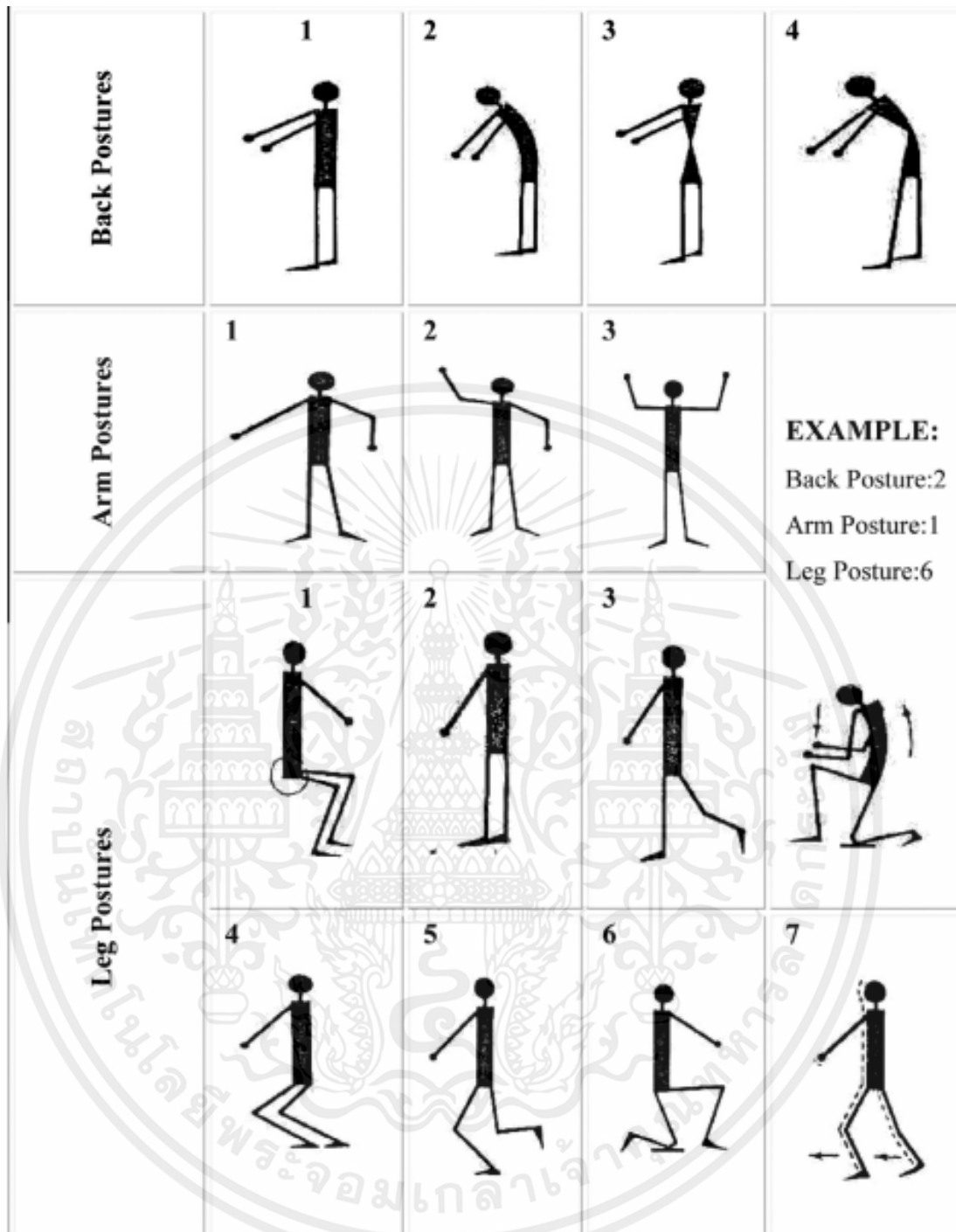
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

การประเมินความเสี่ยงท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 ท่าทางในการทำงานโดยวิธี OWAS [15]

การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี OWAS แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ท่าทางหลัง ท่าทางแขน ท่าทางขาและน้ำหนักของภาระ ซึ่งจะได้เป็นรหัสของแต่ละด้านรวม 4 ตำแหน่ง ดังรูปที่ ข.1 จากนั้นนำรหัสที่ได้มาอ่านค่าประเมินความเสี่ยงได้จากตารางที่ ข.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงผลของความหมายคะแนน OWAS

หลัง	แขน	1			2			3			4			5			6			7			ขา
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
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	
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	

แสดงผลของความหมายคะแนน OWAS

ระดับที่ 1 ทำท่าทางในการทำงานนั้นยอมรับได้

ระดับที่ 2 ทำท่าทางในการทำงานนั้นมีความเสี่ยงเล็กน้อยต่อการเกิดอาการบาดเจ็บ การเปลี่ยนแปลงท่าทางในการทำงานอาจมีความจำเป็น

ระดับที่ 3 ทำท่าทางในการทำงานนั้นมีความเสี่ยงปานกลางต่อการเกิดอาการบาดเจ็บดังนั้นควรได้รับการตรวจสอบและรีบดำเนินการในการปรับปรุงท่าทางในการทำงานทันที

ระดับที่ 4 ทำท่าทางในการทำงานนั้นมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอาการบาดเจ็บดังนั้นควรได้รับการตรวจสอบและการปรับปรุงท่าทางในการทำงานทันที

ตัวอย่างขั้นตอนการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี OWAS ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินหลังแบ่งได้ 4 รหัส ดังรูปที่ ข.3 โดยรหัส 1 ท่าทางของหลังจะยึด

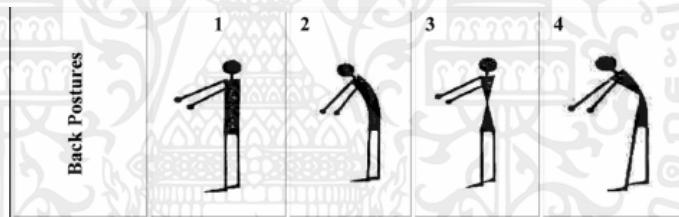
ตรง รหัส 2 ก้มตัวด้านหน้าหรือหลัง รหัส 3 บิดตัว เอี้ยวตัว หรือก้มไปทางด้านข้าง และรหัส 4 เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่าทางที่ทั้งก้มตัวและบิดเอี้ยวตัวรวมกัน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ ข.2 เทียบกับรูปที่ ข.3 ส่วนของหลังหรือลำตัว จะได้รับรหัส คือ 2

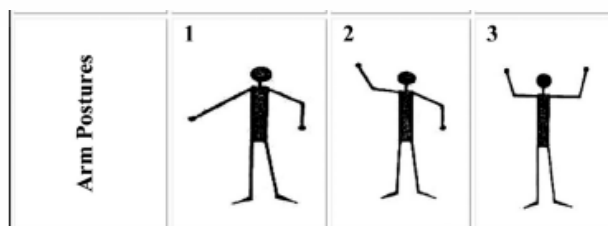


รูปที่ ข.2 การทดสอบยกกะลายปาล์ม



รูปที่ ข.3 ท่าทางหลังในการทำงานโดยวิธี OWAS [15]

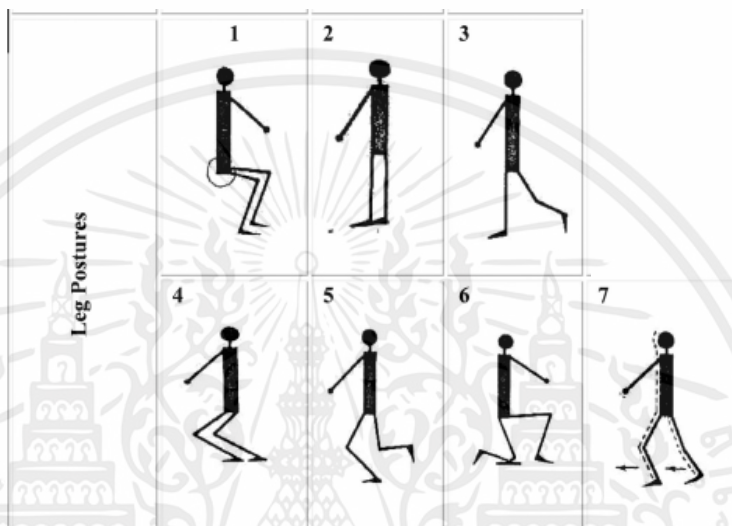
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินท่าทางของแขนในการปฏิบัติงานจะสังเกตแขนทั้ง 2 ข้าง แบ่งได้เป็น 3 รหัส ดังรูปที่ ข.4 คือ รหัส 1 แขนทั้ง 2 ข้างอยู่ในระดับต่ำกว่าไหล่ รหัส 2 แขนข้างใดข้างหนึ่งอยู่ในระดับเดียวกับหรือสูงกว่าไหล่ และ รหัส 3 แขนทั้ง 2 ข้างอยู่ระดับเดียวกับหรือสูงกว่าไหล่ จากท่าทางของแขนในรูปที่ ข.2 เทียบกับรูปที่ ข.4 แขนอยู่ในระดับต่ำกว่าไหล่ ได้แต้ม เท่ากับ 1



รูปที่ ข.4 ท่าทางแขนในการทำงานโดยวิธี OWAS [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินขาแบ่งได้เป็น 7 รหัส (รูปที่ ข.5) ดังนี้ รหัส 1 นั่งโดยน้ำหนักของร่างกายอยู่บนพื้นท้าย และตำแหน่งขาจะอยู่ด้านล่าง ต่อมาคือ รหัส 2 มีท่าทางยืนโดยขาตรงทั้ง 2 ข้าง รหัส 3 จะยืนโดยน้ำหนักลงที่ขาข้างใดข้างหนึ่ง รหัส 4 ยืนหรือนั่งยองๆ โดยเข่างอทั้ง 2 ข้าง ส่วนรหัส 5 ผู้ปฏิบัติงานจะยืนหรือนั่งยองๆ โดยเข่างอข้างเดียว รหัส 6 กุกเข่าข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง และสุดท้ายรหัส 7 เป็นลักษณะที่มีการเคลื่อนไหว เช่น เดิน หรือ เคลื่อนที่ไปมา จากท่าทางของขาในรูปที่ ข.2 ยืนโดยเข่างอทั้ง 2 ข้าง ได้แต้ม 4 เมื่อเทียบกับรูปที่ ข.5



รูปที่ ข.5 ท่าทางขาในการทำงานโดยวิธี OWAS [15]

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการประเมินภาระน้ำหนักโดยผู้ปฏิบัติงานต้องแบกภาระน้ำหนักขณะทำงาน แบ่งเป็น 3 รหัส ได้แก่ ระดับ 1 น้ำหนักหรือแรงที่ออกไม่เกิน 10 kg รหัส 2 น้ำหนักหรือแรงที่ออกมากกว่า 10 kg แต่ไม่เกิน 20 kg และในระดับ 3 น้ำหนักหรือแรงที่ออกมากกว่า 20 kg ซึ่งน้ำหนักของทะลายปาล์มที่ใช้ในการทดสอบอยู่ที่ 10 kg – 15 kg จะได้แต้ม 2

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินภาระงาน จากขั้นตอนที่ 1 – 4 จะได้รับรหัส 4 ตำแหน่ง นำไปหา ระดับความเสี่ยงได้ดังตารางที่ ข.2 จะได้คะแนน OWAS อยู่ในระดับ 3 หมายความว่าท่าทางในการทำงานมีความเสี่ยงปานกลางต่อการเกิดอาการบาดเจ็บดังนั้นควรได้รับการตรวจสอบและรีบดำเนินการในการปรับปรุงท่าทางในการทำงานทันที

ตารางที่ ข.2 ตัวอย่างการหาระดับความเสี่ยงทำทางในการทำงานโดยวิธี OWAS

หลัง	แขน	1			2			3			4			5			6			7			ขา
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
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	
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	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของ นายธนกร คงยก



รูปที่ ค.2 ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของ นายภาณุพงศ์ คงเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายธนกร คงยก
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดกระบี่
 ที่อยู่ 123 หมู่ 8 ตำบลทับปริก อำเภอเมือง
 จังหวัดกระบี่ 81000
 E-mail t.Pre1000@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนอำมาตย์พานุกล จังหวัดกระบี่
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- รางวัลชนะเลิศการแข่งขันเทเบิลเทนนิสปี 2560 ในการแข่งขันกีฬาภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวพลอยงาม ทองนาค
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดบุรีรัมย์
 ที่อยู่ 3 หมู่ 4 ตำบลสะแกโพรง อำเภอเมือง
 จังหวัดบุรีรัมย์ 31000
 E-mail Ployngam4252@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์ กรุงเทพมหานคร
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมโครงการเพชรยอดมงกุฎ ปี 2561
- เกียรติบัตรรับรองการใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ช่วยในการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล ปี 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล นายภาณุพงศ์ คงเอียด
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง
 ที่อยู่ 68 หมู่ 3 ตำบลท่าสะบ้า อำเภอวังวิเศษ
 จังหวัดตรัง 92000
 E-mail Phanuphong_PK@hotmail.com

- ประวัติการศึกษา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนวิเชียรมาตุ จังหวัดตรัง
 - สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
- ผลงานและกิจกรรม
- เข้าร่วมโครงการเพชรยอดมงกุฎ ปี 2561
 - เกียรติบัตรรับรองการใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ช่วยในการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล ปี 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้