

การพัฒนาโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE DEVELOPMENT OF AN ANTHROPOMETRY APPLICATION ON TABLET

Mr. Tewarit Prasertsri



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต
โดย	นายเทวฤทธิ์ ประเสริฐศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รุ่งกิจการพานิช)
.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)
.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์)

5570915621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: ANTHROPOMETRY / TABLET / EDGE DETECTION / CANNY EDGE DETECTION ALGORITHM

TEWARIT PRASERTSRI: THE DEVELOPMENT OF AN ANTHROPOMETRY APPLICATION ON TABLET. ADVISOR: DR.PHAIROAT LADAVICHITKUL, 192 pp.

An anthropometric data collection commonly uses an anthropometer. Moreover, there is the photogrammetric. Each method is required many equipments, complicated to use or expensive. Due to technological advance of tablet device, it can combine the photogrammetric procedures from taking photography, determining the scale and measuring proportion together. The photogrammetric application had been developed on Android tablet using Canny Edge Detection technique. The previous research showed that the distance (between the object and the camera tablet) and the ambient light effected on the error of the measurement. Therefore, the first section is finding the best condition of distance and ambient light. The results showed that the best condition of distance was 6 meters and ambient light was 400 lx. Then verified tablet application by measurement of 20 proportions from 50 participants. The verified result found that the minimum error was 0.51% at the Stature. The maximum error was 2.20% at the Shoulder – Grip Length and the average error of overall proportions was 1.48%. When comparing to the proportion measured using AnthroDIP program (Nathapon, 2009), found that the overall error of measuring from this application is greater than (0.17%). However, proportion measured by this tablet application has low cost and very convenient to carry. Furthermore, the using must be concern about the error in each proportion from this application.

Department: Industrial Engineering

Student's Signature

Field of Study: Industrial Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการดำเนินการวิจัยที่ดีตลอดมา รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช ประธานกรรมการ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โจรจนโรวรรณ กรรมการภายในมหาวิทยาลัยและกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์นายแพทย์ อติศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์ ที่กรุณาสละเวลามารับฟังและให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอขอบคุณกลุ่มอาสาสมัครผู้เข้าร่วมการทดลองทุกท่านที่เสียสละเวลาและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเพื่อประกอบงานวิจัย และส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัย ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	5
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	6
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์.....	8
2.1.1 ความสำคัญของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย.....	8
2.1.2 ประเภทของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์.....	8
2.1.3 การวัดขนาดสัดส่วนของร่างกาย.....	9
2.2 แท็บเล็ต.....	9
2.2.1 ความหมายของแท็บเล็ต.....	9
2.2.2 หลักการทำงานของกล้องแท็บเล็ต.....	11
2.2.3 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์รับภาพ.....	11
2.3 การประมวลผลภาพดิจิทัล.....	12

2.4 ความบิดเบี้ยวของเลนส์ (Lens Distortion)	14
2.5 การแยกส่วนของภาพ	16
2.5.1 การทำเทรชโฮลด์ (Thresholding).....	16
2.5.2 การหาขอบภาพ (Edge Detection)	16
2.6 การตรวจจับขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่ (Canny Edge Detection Algorithm)	20
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	27
3.1 การออกแบบโปรแกรม.....	27
3.1.1 การวิเคราะห์และพัฒนาโปรแกรม.....	27
3.1.2 การออกแบบกระบวนการการทำงานของโปรแกรม	41
3.1.3 การออกแบบหน้าจอผู้ใช้งาน.....	53
3.1.4 การเขียนโปรแกรม.....	56
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	59
3.2.1 เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายแบบ Lafayette's Anthropometer.....	59
3.2.2 แท็บเล็ต (Tablet)	59
3.2.3 แก้วน้ำที่สามารถปรับระดับความสูงได้.....	60
3.2.4 ฉากหลัง.....	60
3.2.5 หมวกคลุมผม	61
3.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง	61
3.2.7 ชุดสปอร์ตไลท์ที่สามารถปรับระดับความสว่างได้	62
3.2.8 อุปกรณ์วัดปริมาณความเข้มแสงสว่าง (Lux Meter).....	62
3.3 การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม.....	63
3.4 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม	66

3.5	ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรมโดยการนำไปใช้วัดกับอาสาสมัคร.....	67
บทที่ 4	ผลการดำเนินงาน	69
4.1	ผลการออกแบบโปรแกรม	69
4.1.1	ส่วนของหน้าหลัก.....	69
4.1.2	ส่วนของหน้าจอถ่ายรูป	70
4.1.3	ส่วนของหน้าจอการวัดสัดส่วน	71
4.1.4	ส่วนของหน้าจอการปรับคุณสมบัติรูปภาพ.....	71
4.1.5	ส่วนของหน้าจอจัดการชื่อรูปแบบการวัด	72
4.1.6	ส่วนของหน้าจอจัดการชื่อสัดส่วน	72
4.2	ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในขนาดสูงสุด	73
4.3	ผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของโปรแกรม	77
4.4	ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดและผลการหาค่า ของระดับปัจจัยที่เหมาะสม	78
4.4.1	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัดตุ่มแผ่นเรียบ.....	79
4.4.2	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัดตุ่มทรงกลม	81
4.4.3	ผลการหาค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสม	84
4.5	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยแท็บเล็ต โดยการอ้างอิงค่าได้ทีจาก การวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเป็นมาตรฐาน	86
4.5.1	การเปรียบเทียบกับโปรแกรมในส่วนของ การหาขนาดกว้างสุดและสูงสุด	86
4.5.2	การเปรียบเทียบกับโปรแกรมในส่วนของ การหาขนาดสัดส่วนที่สนใจ	91
4.6	เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและการวัดด้วย แท็บเล็ต	101
4.7	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดสัดส่วนด้วยแท็บเล็ตกับงานวิจัยอื่น	102
4.8	ข้อจำกัดของการใช้โปรแกรม.....	103

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	104
5.1 สรุปผลการวิจัย	104
5.2 ปัญหาที่พบในงานวิจัย.....	108
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....	108
รายการอ้างอิง	109
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	192



สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	เปรียบเทียบผลความสำเร็จในส่วนของอัตราการตรวจสอบแผ่นป้ายทะเบียน	20
ตารางที่ 3.1	สัญลักษณ์ของแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)	41
ตารางที่ 3.2	คำอธิบายยูสเคส (Use Case Description)	43
ตารางที่ 3.3	คำอธิบายฟังก์ชันการถ่ายรูป	43
ตารางที่ 3.4	คำอธิบายฟังก์ชันการจัดการรูปแบบการวัด	44
ตารางที่ 3.5	คำอธิบายฟังก์ชันการปรับคุณสมบัติรูปภาพ	44
ตารางที่ 3.6	คำอธิบายฟังก์ชันการหมุนรูปภาพ	45
ตารางที่ 3.7	คำอธิบายฟังก์ชันการวัดสัดส่วนร่างกาย	45
ตารางที่ 3.8	คำอธิบายฟังก์ชันบันทึกสัดส่วน	46
ตารางที่ 3.9	สัญลักษณ์ของแบบจำลองลำดับเหตุการณ์ของระบบ (Sequence Diagram)	47
ตารางที่ 3.10	การกำหนดค่าระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง	65
ตารางที่ 4.1	แสดงผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของวัตถุแผ่นเรียบ	77
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของวัตถุทรงกลม	78
ตารางที่ 4.3	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติถึงปัจจัยที่มีผลต่อการวัดวัตถุแผ่นเรียบ	80
ตารางที่ 4.4	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติถึงปัจจัยที่มีผลต่อการวัดวัตถุทรงกลม	83
ตารางที่ 4.5	ตัวแปรตอบสนองและปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง	84
ตารางที่ 4.6	ผลของ Stepwise regression	85
ตารางที่ 4.7	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากอาสาสมัคร 50 คน ของการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเปรียบเทียบกับการวัดด้วยแท็บเล็ต ในการหาขนาดกว้างสุดและสูงสุด	99
ตารางที่ 4.8	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากอาสาสมัคร 50 คน ของการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเปรียบเทียบกับการวัดด้วยแท็บเล็ต ในการหาขนาดสัดส่วนที่สนใจ	100
ตารางที่ 4.9	เปรียบเทียบระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนของวิธีการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและแท็บเล็ต	101

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายแบบ Martin's Anthropometer.....	1
รูปที่ 1.2	ตัวอย่างการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย	2
รูปที่ 1.3	การทำงานของเครื่อง 3D Body Scanner โดยใช้เทคโนโลยีริ้วแสง.....	2
รูปที่ 1.4	การทำงานของเครื่องสแกนเนอร์ 3 มิติ โดยใช้เทคนิคแสงเลเซอร์.....	3
รูปที่ 1.5	ตัวอย่างภาพที่ถ่ายด้วยเทคนิคมอเร	4
รูปที่ 1.6	การใช้งานโปรแกรมวัดสัดส่วนบนคอมพิวเตอร์	5
รูปที่ 2.1	ภาพแท็บเล็ต.....	10
รูปที่ 2.2	หลักการทำงานของกล้องแท็บเล็ต	11
รูปที่ 2.3	หลักการทำงานของเซ็นเซอร์รับภาพ.....	12
รูปที่ 2.4	ภาพแบบ Binary หรือภาพขาว-ดำ.....	13
รูปที่ 2.5	ภาพแบบ Grayscale หรือภาพระดับเทา	13
รูปที่ 2.6	ภาพสี.....	14
รูปที่ 2.7	ผลของความบิดเบี้ยวในแนวนอน.....	15
รูปที่ 2.8	ผลของความบิดเบี้ยวในแนวสัมผัส	15
รูปที่ 2.9	กระบวนการหาขอบโดย Gradient method	17
รูปที่ 2.10	กระบวนการหาขอบโดย Laplacian method	18
รูปที่ 2.11	เทคนิคที่ใช้หาขอบภาพในรูปแบบต่างๆ	19
รูปที่ 2.12	ขั้นตอนการหาขอบภาพโดยวิธีแคนนี่	20
รูปที่ 2.13	ผลของการค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่.....	21
รูปที่ 3.1	การระบุพิกัดบนภาพด้วยโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต	28
รูปที่ 3.2	เปรียบเทียบลักษณะของจุดอ้างอิง	29
รูปที่ 3.3	วัตถุทรงกลมที่ต้องการหาจุดศูนย์กลาง	29

รูปที่ 3.4 การหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่.....	30
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งจุดสมมาตรทั้ง 4 ของทรงกลม.....	30
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งจุดสมมาตรทั้ง 8 ของทรงกลม.....	31
รูปที่ 3.7 การตรวจสอบโดยการวาดเส้นทึบวงกลม.....	31
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางทรงกลม.....	32
รูปที่ 3.9 เปรียบเทียบการหามาตราส่วนแบบอัตโนมัติ.....	33
รูปที่ 3.10 การทำงานของโปรแกรมในการหามาตราส่วนแบบอัตโนมัติ.....	34
รูปที่ 3.11 การทำงานของโปรแกรมในการหามาตราส่วนแบบกำหนดเอง.....	35
รูปที่ 3.12 การวัดขนาดแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม AnthroDIP.....	36
รูปที่ 3.13 การวัดขนาดแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมวัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต.....	37
รูปที่ 3.14 การวัดขนาดแบบวัดด้วยตนเองด้วยโปรแกรม AnthroDIP.....	38
รูปที่ 3.15 การวัดขนาดแบบวัดด้วยตนเองด้วยโปรแกรมวัดขนาดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต.....	39
รูปที่ 3.16 การบันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรม AnthroDIP.....	40
รูปที่ 3.17 การบันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต.....	40
รูปที่ 3.18 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ระบบรูปแบบของการวัด.....	42
รูปที่ 3.19 Sequence Diagram การถ่ายรูป.....	48
รูปที่ 3.20 Sequence Diagram การจัดการรูปแบบการวัด.....	49
รูปที่ 3.21 Sequence Diagram การปรับคุณสมบัติรูปภาพ.....	50
รูปที่ 3.22 Sequence Diagram การหมุนรูปภาพ.....	50
รูปที่ 3.23 Sequence Diagram การวัดสัดส่วน.....	52
รูปที่ 3.24 หน้าจอเมนูหลักของโปรแกรม.....	53
รูปที่ 3.25 หน้าจอถ่ายรูป.....	53
รูปที่ 3.26 หน้าจอการวัดสัดส่วน.....	54
รูปที่ 3.27 หน้าจอการปรับคุณสมบัติรูปภาพ.....	55

รูปที่ 3.28 หน้าจอการบันทึกชื่อรูปแบบการวัด	55
รูปที่ 3.29 หน้าจอการบันทึกชื่อสัดส่วน	56
รูปที่ 3.30 ลักษณะหน้าจอโปรแกรม IntelliJ IDEA	57
รูปที่ 3.31 ลักษณะหน้าจอการเขียนโปรแกรมด้วย IntelliJ IDEA	57
รูปที่ 3.32 ภาพรวมการทำงานของโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต.....	58
รูปที่ 3.33 เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายแบบ Lafayette's Anthropometer	59
รูปที่ 3.34 แท็บเล็ต (Tablet) ยี่ห้อ Samsung Galaxy Note 10.1	59
รูปที่ 3.35 แก้วน้ำที่สามารถปรับระดับความสูงได้.....	60
รูปที่ 3.36 ฉากหลัง.....	60
รูปที่ 3.37 หมวกคลุมผม	61
รูปที่ 3.38 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง	61
รูปที่ 3.39 ชุดสปอร์ตไลท์ที่สามารถปรับระดับความสว่างได้	62
รูปที่ 3.40 อุปกรณ์วัดปริมาณความเข้มแสงสว่าง	62
รูปที่ 3.41 การบิดเบี้ยวของเลนส์กล้อง Samsung Galaxy Note 10.1.....	63
รูปที่ 3.42 วัตถุแผ่นเรียบที่ใช้ในการทดลอง	64
รูปที่ 3.43 วัตถุทรงกลมที่ใช้ในการทดลอง	65
รูปที่ 3.44 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม.....	66
รูปที่ 3.45 ท่าทางการวัดสัดส่วนของร่างกายตามมาตรฐาน.....	67
รูปที่ 3.46 การวัดขนาดสัดส่วนของอาสาสมัครด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย.....	68
รูปที่ 3.47 ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรมกับอาสาสมัคร	68
รูปที่ 4.1 ส่วนของหน้าหลัก.....	70
รูปที่ 4.2 ส่วนของหน้าจอถ่ายรูป.....	70
รูปที่ 4.3 ส่วนของหน้าจอการวัดสัดส่วน	71
รูปที่ 4.4 ส่วนของหน้าจอการปรับคุณสมบัติรูปภาพ.....	71

รูปที่ 4.5 ส่วนของหน้าจอดีการซื้อรูปแบบการวัด	72
รูปที่ 4.6 ส่วนของหน้าจอดีการซื้อสัดส่วน.....	72
รูปที่ 4.7 ภาพที่ต้องการวัดขนาดความสูงยื่น.....	73
รูปที่ 4.8 บริเวณพื้นที่ที่เป็นจุดอ้างอิง.....	73
รูปที่ 4.9 หน้าต่างของโปรแกรมที่ให้ระบุระยะห่างจริงของลูกบอล	74
รูปที่ 4.10 มาตรฐานที่คำนวณได้.....	74
รูปที่ 4.11 บริเวณพื้นที่ที่ต้องการหาขนาดสูงสุด.....	75
รูปที่ 4.12 ตำแหน่งจุดสีขาวที่อยู่สูงสุด.....	75
รูปที่ 4.13 ตำแหน่งจุดสีขาวที่อยู่ต่ำสุด.....	76
รูปที่ 4.14 ความยาวจริงที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม	76
รูปที่ 4.15 หน้าต่างของโปรแกรมในการบันทึกข้อมูล	77
รูปที่ 4.16 การกระจายตัวของข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุแผ่นเรียบ	79
รูปที่ 4.17 Interaction Plot ของร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุแผ่นเรียบ	81
รูปที่ 4.18 การกระจายตัวของข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุทรงกลม.....	82
รูปที่ 4.19 Interaction Plot ของร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุทรงกลม.....	83
รูปที่ 4.20 Optimization Plot	85
รูปที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 1	87
รูปที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 2	87
รูปที่ 4.23 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 17.....	88
รูปที่ 4.24 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 19	88
รูปที่ 4.25 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 20	89
รูปที่ 4.26 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 3	90
รูปที่ 4.27 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 13.....	90
รูปที่ 4.28 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 16.....	91

รูปที่ 4.29 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 4	92
รูปที่ 4.30 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 5	92
รูปที่ 4.31 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 6	93
รูปที่ 4.32 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 8	93
รูปที่ 4.33 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 14	94
รูปที่ 4.34 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 15	94
รูปที่ 4.35 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 18	95
รูปที่ 4.36 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 7	96
รูปที่ 4.37 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 9	96
รูปที่ 4.38 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 11	97
รูปที่ 4.39 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 10	97
รูปที่ 4.40 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 12	98
รูปที่ 4.41 การเปรียบเทียบร้อยละความคลาดเคลื่อนในแต่ละสัดส่วนของทั้ง 3 งานวิจัย	102

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

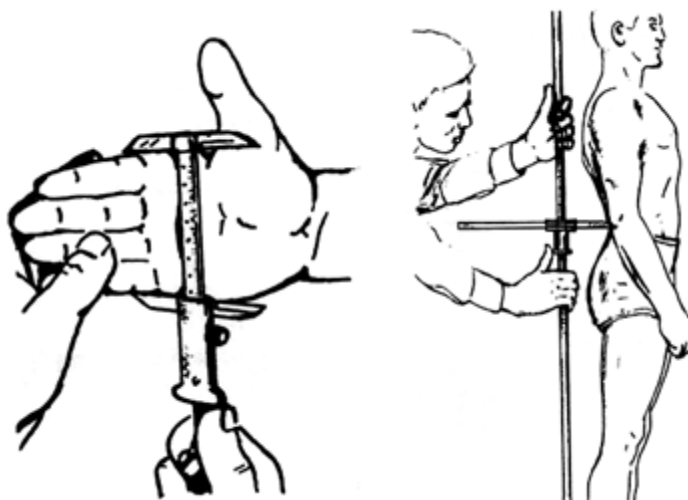
ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเครื่องมือเครื่องใช้ ตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆ จากการลองผิดลองถูกเรื่อยมาเพื่อนำมาใช้ในการดำรงชีวิต ซึ่งเครื่องมือเครื่องใช้เหล่านั้นล้วนเกิดจากการออกแบบของผู้ผลิตให้มีรูปลักษณะที่ทันสมัย สวยงาม เหมาะแก่การใช้งาน แต่ถ้าหากการออกแบบเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ มิได้ออกแบบโดยคำนึงถึงหลักการทางกายศาสตร์แล้วนั้น อาจก่อให้เกิดปัญหาจากการใช้งาน ความเมื่อยล้า ความไม่สะดวกหรืออันตรายต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การหยิบจับ การเดิน การกอดปุ่ม การมองเห็น เป็นต้น

โรงงานอุตสาหกรรมและสถานประกอบกิจการเป็นอีกสถานที่หนึ่งที่ต้องคำนึงถึงการออกแบบและการจัดสถานีงานให้มีความเหมาะสมกับคนทำงาน เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานในโรงงานต้องใช้เวลาส่วนใหญ่ในการทำงานกับเครื่องจักร เครื่องมือต่างๆ การออกแบบจึงต้องออกแบบให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความสะดวกในการทำงาน ปลอดภัยจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้น การออกแบบนั้นจะต้องใช้หลักการทางกายศาสตร์ในเรื่องการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry) ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย เช่น ขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนา ปรับปรุงการออกแบบเครื่องมือเครื่องใช้และการจัดสถานีงานให้สอดคล้องกับสรีระของผู้ปฏิบัติงาน การได้มาของข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์นั้น จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometer) เป็นอุปกรณ์ในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย



รูปที่ 1.1 เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายแบบ Martin's Anthropometer

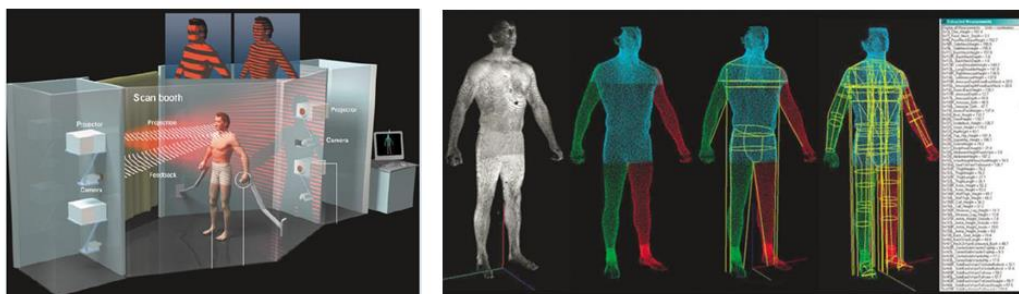
ที่มา : http://mentone-educational.com.au/var/files/uploads/images/pe_036.jpg



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย

ที่มา : (กิตติ, 2554)

แต่ด้วยข้อจำกัดการจากใช้งาน เช่น เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายมีอุปกรณ์หลายชิ้นในการใช้งาน ข้อจำกัดด้านวัฒนธรรมในเรื่องการถูกเนื้อต้องตัว การใช้ระยะเวลานานหากวัดสัดส่วนกับประชากรที่มีจำนวนมาก จึงทำให้มีวิธีการวัดนอกจากการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเกิดขึ้น เช่น สแกนเนอร์ 3 มิติ (3D Body Scanner) โดยใช้เทคโนโลยีริ้วแสงสีขาว (Light stripe) ซึ่งทำงานด้วยการฉายริ้วแสงดังกล่าวไปที่ร่างกายผู้รับการสแกน มีเซ็นเซอร์ 12 ตัว เป็นตัวจัดเก็บข้อมูลและส่งผลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลภาพที่ได้ สร้างเป็นโครงร่างจุดสำคัญต่างๆ และเชื่อมโยงจุดทั้งหมดเข้าด้วยกันจนเห็นเป็นพื้นผิวแบบ 3 มิติ ต่อจากนั้นโปรแกรมกำหนดจุดสำคัญต่างๆบนร่างกายและวัดสัดส่วนของร่างกายโดยอัตโนมัติ โดยมีการนำมาใช้ในการสำรวจจัดทำมาตรฐานรูปร่างคนไทยตามโครงการ SizeThai (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2537) ตัวอย่างการทำงานดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การทำงานของเครื่อง 3D Body Scanner โดยใช้เทคโนโลยีริ้วแสง

ที่มา : (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2537)

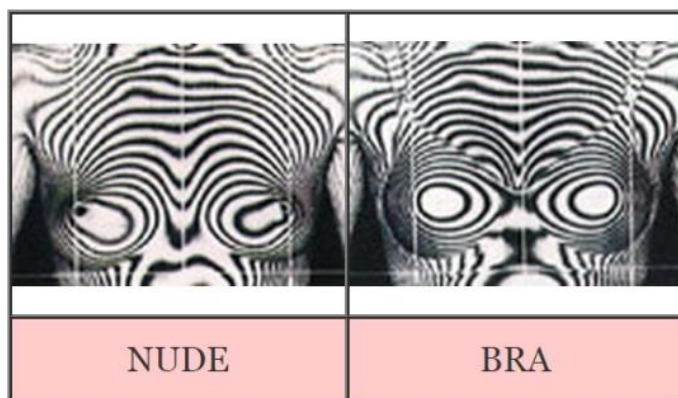
เนื่องจากเครื่องสแกนเนอร์ 3 มิติที่ใช้เทคโนโลยีริ้วแสงนั้น ระบบมีขนาดใหญ่ การประมวลผลช้า มีราคาแพงและมีความละเอียดต่ำ ทำให้ต่อมาได้มีการพัฒนาปรับปรุงระบบการตรวจจับที่รวดเร็วยิ่งขึ้น มีราคาต่ำลงและมีความละเอียดเพิ่มขึ้นโดยเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น ใช้เทคโนโลยีแสงอินฟราเรด (Infrared) ของบริษัท SizeStream หรือการใช้เทคโนโลยีแสงเลเซอร์ (Laser Line) จากบริษัท Vitronics หรือจะเป็นการใช้เทคโนโลยี Stereo photogrammetry จากบริษัท 3dMDbody ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีสแกนเนอร์ 3 มิติ จะมีราคาถูกลงแต่ก็ยังถือว่ามีความราคาค่อนข้างสูง โดยมีราคาขั้นต่ำสำหรับเครื่องสแกนเนอร์ จากบริษัท 4ddynamics มีราคาอยู่ที่ 10,000 USD และพบว่ามีบางรุ่นมีราคาสูงถึง 240,000 USD จากบริษัท Cyberware



รูปที่ 1.4 การทำงานของเครื่องสแกนเนอร์ 3 มิติ โดยใช้เทคนิคแสงเลเซอร์
ที่มา : (H.A.M. Daanena and F.B. Ter Haara, 2013)

ซึ่งการทำงานของเครื่องสแกนเนอร์ 3 มิติ นั้นมีข้อจำกัดในการใช้ คือ กลุ่มประชากรต้องเดินทางไปยังสถานที่ที่วัด อีกทั้งข้อจำกัดของเครื่องมือคือ ต้องไม่มีรอยง่ามใดที่สามารถซ่อนอยู่เลยจึงจะทำให้การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้การวัดสามารถวัดได้เพียงทำยื่นเท่านั้น ท่าทางในการนั่งไม่สามารถวัดได้เพราะอาจเกิดรยางค์ของเก้าอี้ที่ใช้นั่งเกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถมองเห็นสัดส่วนได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคนิคมอเร (Moire Technique) ที่ทางบริษัท ไทยวาโก้ จำกัด (มหาชน) ใช้ในโครงการสำรวจสัดส่วนสตรีไทย โดยใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการถ่ายภาพ โดยจะวิเคราะห์โครงสร้างจากลายเส้นที่เกิดจากแสงผ่านเลนส์พิเศษที่ปรากฏบนร่างกาย เกิดเป็นภาพมอเร ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 ตัวอย่างภาพที่ถ่ายด้วยเทคนิคมอเร

ที่มา : <http://corp.wacoal.co.th/useruploads/images/moire01.jpg>

ข้อจำกัดจากการใช้เทคนิคนี้มีลักษณะคล้ายกับสแกนเนอร์ 3 มิติ ในเรื่องของกลุ่มประชากรต้องเดินทางไปวัดสัดส่วนร่างกาย เครื่องมีขนาดใหญ่ ราคาสูง ในเรื่องของความแม่นยำนั้นยังไม่สามารถทราบค่าที่แท้จริงได้

แม้ว่าจะมีเทคโนโลยีในการวัดสัดส่วนร่างกายแบบ 3 มิติ หลายประเภท แต่ในงานบางประเภทอาจต้องการเพียงแค่ว่าความกว้างสุดหรือสูงสุดเท่านั้น เช่น การออกแบบทางเดิน การออกแบบประตู การออกแบบความสูงโต๊ะเก้าอี้ เป็นต้น ดังนั้นจึงทำให้ยังมีงานวิจัยที่ต้องการพัฒนาการวัดสัดส่วนแบบ 2 มิติ เพื่อให้มีความสะดวกในการใช้งานกว่าวิธีวัดสัดส่วนด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย โดยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์แบบ 2 มิติ (สังกัสพิริยะสุรวงศ์, 2546) โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการเขียนโปรแกรม และต่อมาทีมงานวิจัยได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิทัลแบบ 2 มิติ (ณัฐพล พุฒยางกูร, 2552) สำหรับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย เริ่มจากการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นฉากหลัง เสาอ้างอิงระยะที่มีแผ่นวงกลม 2 แผ่น ซึ่งทราบระยะห่างของแผ่นวงกลมทั้ง 2 ระยะห่างระหว่างผู้เข้าร่วมทดลองกับระยะวางกล้อง เมื่อถ่ายภาพจากสัดส่วนที่ต้องการวัดเสร็จสิ้นแล้ว จึงนำภาพถ่ายถ่ายโอนข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นนำภาพถ่ายเข้าสู่โปรแกรม หามาตราส่วน ปรับคุณสมบัติของภาพ วัดขนาดสัดส่วน บันทึกข้อมูลเป็นรูปแบบไฟล์ CSV (Comma Separated Value)



รูปที่ 1.6 การใช้งานโปรแกรมวัดสัดส่วนบนคอมพิวเตอร์

โดยทั้ง 2 งานวิจัยข้างต้นใช้ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลแทนการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย แต่ด้วยวิธีการดังกล่าวต้องนำภาพจากกล้องไปถ่ายโอนข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ผล อาจจะทำให้เกิดความไม่สะดวก รวมถึงต้องมีความชำนาญในการใช้งานอุปกรณ์แต่ละชิ้น ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้มีอุปกรณ์ที่เรียกว่า แท็บเล็ต (Tablet) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการบน แอนดรอยด์ สามารถถ่ายภาพได้เหมือนกับกล้องดิจิทัลและยังสามารถระบุพิกัดบนภาพ ตลอดจนการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายให้ได้ผลลัพธ์ ซึ่งต่างจากการวัดสัดส่วนร่างกายที่ต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการถ่ายโอนภาพเพื่อใช้ในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย ดังนั้นเพื่อเป็นการรวบรวมขั้นตอนดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาการออกแบบโปรแกรมการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต

1.2 วัดคุณสมบัติของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบโปรแกรมการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์แบบ 2 มิติ บนแท็บเล็ต
2. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการวัดสัดส่วนร่างกายระหว่างการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายกับการวัดด้วยแท็บเล็ต

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. วัดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัคร จำนวน 50 คน แบ่งเป็นเพศชาย 35 คน และเพศหญิง 15 คน

2. วัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในแนวระนาบและแบบสถิติเท่านั้น
3. วัดตำแหน่งสัดส่วนร่างกายโดยอ้างอิงจากมาตรฐานการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์จากงานวิจัยของ Pheasant (1986) ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกาย จำนวน 20 สัดส่วน
 - 3.1 ระยะกางแขน (Span)
 - 3.2 ระยะกางศอก (Elbow Span)
 - 3.3 ความสูงขณะยืน (Stature)
 - 3.4 ความสูงระดับสายตา (Eye Height)
 - 3.5 ความสูงระดับไหล่ (Shoulder Height)
 - 3.6 ความสูงระดับข้อศอก (Elbow Height)
 - 3.7 ความสูงระดับข้อสะโพก (Hip Height)
 - 3.8 ความสูงระดับมือ (Knuckle Height)
 - 3.9 ความสูงระดับนิ้วมือ (Fingertip Height)
 - 3.10 ระยะไหล่ถึงปลายนิ้ว (Upper limb Length)
 - 3.11 ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ (Shoulder – Grip Length)
 - 3.12 ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า (Forward Grip Reach)
 - 3.13 ระยะเอื้อมจับสูงสุดขณะยืน (Vertical Grip Reach ; Standing)
 - 3.14 ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ (Elbow – Fingertip Length)
 - 3.15 ระยะระดับไหล่ถึงข้อศอก (Shoulder - Elbow Height)
 - 3.16 ระยะเอื้อมจับสูงสุดในท่านั่ง (Vertical Grip Reach ; Sitting)
 - 3.17 ความกว้างศีรษะ (Head Breadth)
 - 3.18 ความกว้างของไหล่ (อ้างอิงปุ่มหัวไหล่) (Shoulder Breadth; Bicromial)
 - 3.19 ความกว้างของไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) (Shoulder Breadth; Bideltoid)
 - 3.20 ความกว้างของสะโพก (Hip Breadth)

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถนำโปรแกรมที่ออกแบบไปใช้วัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต ทำให้ประหยัดเวลาในการวัดสัดส่วนร่างกายประชากรที่มีจำนวนมาก สามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย
2. สามารถนำการออกแบบโปรแกรมการวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตมาใช้เป็นแนวทาง

ในการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือ อุปกรณ์ในการวัดสัดส่วนร่างกายให้มีความเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การศึกษาข้อมูล

ก. ศึกษาความเป็นมาและข้อจำกัดของวิธีการวัดสัดส่วนร่างกายในแบบต่างๆไม่ว่าจะเป็นเป็นการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายแบบ Lafayette's Anthropometer หรือการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยภาพถ่ายดิจิทัล

ข. ศึกษาทฤษฎีการวัดสัดส่วนร่างกายและทฤษฎีการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล

ค. ศึกษาวิธีทางสถิติที่ใช้เพื่อนำมาออกแบบการทดลอง ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนสุดท้าย

2. การออกแบบการทดลอง

ออกแบบการทดลองโดยการกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อน คือ ระยะทางวางแท็บเล็ตและปริมาณความเข้มแสงสว่าง โดยวัดวัตถุแผ่นเรียบและวัตถุทรงกลม โดยมีรูปแบบการทดลองแบบ Central Composite Design และมีการทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง

3. การทดลอง

การทดลองเพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

4. การเก็บข้อมูล

เมื่อได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้ว เก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครจำนวน 50 คน ละ 20 สัดส่วนโดยวัดสัดส่วนร่างกายด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายแบบ Lafayette's Anthropometer และถ่ายภาพด้วยกล้องแท็บเล็ต จำนวน 6 ท่าทางรวม 20 สัดส่วน

5. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

วัดสัดส่วนร่างกายจากภาพถ่ายด้วยแท็บเล็ต และเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยแท็บเล็ต โดยอ้างอิงค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเป็นมาตรฐาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์

สัดส่วนร่างกายของมนุษย์ หมายถึง ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์และเรขาคณิตของส่วนต่างๆ บนร่างกายของมนุษย์ สัดส่วนร่างกายของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะมีความสูงระหว่าง 7 เท่าหรือ 7 เท่าครึ่งของความยาวส่วนศีรษะ ถ้ากางแขนออกทั้งสองข้างจะมีความยาวเท่ากับความสูงของร่างกายมนุษย์ (มะลิฉัตร เอื้ออานันท์, 2540)

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยสัดส่วนร่างกายและสมบัติทางกายภาพของมนุษย์ เช่น น้ำหนัก ปริมาตร จุดศูนย์ถ่วง สมบัติของแรงเฉื่อย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นต้น ซึ่งถือว่าการวัดสัดส่วนดังกล่าวมีความสำคัญอย่างมากต่อการออกแบบเครื่องมืออุปกรณ์ รวมทั้งสถานี่งานได้อย่างเหมาะสม (กิตติ อินทรานนท์, 2548)

2.1.1 ความสำคัญของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย (สุดา เลิศวิสุทธิไพบุลย์, 2554) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและปรับปรุงสภาพงานให้สอดคล้องกับสรีระของผู้ปฏิบัติงานนั้น มีความสำคัญ ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการทำงาน ทำงานได้เร็วและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ช่วยลดความคลาดเคลื่อนของการทำงานลงได้
2. ช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน ช่วยลดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บจากการทำงานได้ ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้อย่างเหมาะสม
3. ช่วยป้องกันและลดความเมื่อยล้าจากการทำงานกับอุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ทำงานที่ไม่สัมพันธ์กับขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน
4. ช่วยส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานมีสุขภาพร่างกายและจิตใจที่ดี มีความพึงพอใจในการทำงาน
5. ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

2.1.2 ประเภทของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (Tayyari and Smith, 1997) ที่ใช้ประกอบในการออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายในสภาวะที่ร่างกายอยู่นิ่งหรืออยู่กับที่ (Static Physical

Anthropometry) เป็นการวัดขนาดและสัดส่วนร่างกายในขณะที่ร่างกายอยู่นิ่งในท่าใดท่าหนึ่ง อยู่ในสภาวะสมดุล ไม่มีการเคลื่อนไหว โดยวิธีการวัดจะวัดจากจุดที่กำหนดไว้จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เช่น ขนาดความยาวของพื่นถึงระดับสายตา ความสูงจากพื่นถึงระดับหัวเข่า ความสูงขณะนั่ง ความสูงทำยืน เป็นต้น

2. การวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนที่ (Dynamic Body Dimension) เป็นการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในขณะที่เคลื่อนที่หรือทำงาน เช่น การประกอบชิ้นส่วน การเอื้อมมือหยิบของ เป็นต้น

2.1.3 การวัดขนาดสัดส่วนของร่างกาย

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย (กิตติ อินทรานนท์, 2548) โดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง

หมายถึง การใช้เครื่องมือวัดในแนวเส้นตรงและเส้นโค้ง โดยสัดส่วนเส้นตรง จะคือระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุดบนร่างกาย โดยปกติคือความยาวของกระดูก หรือความกว้างหรือความลึกของร่างกาย ก่อนวัดจะต้องทำจุดกำหนด ซึ่งก็คือเครื่องหมายจุดต่างๆ บนร่างกายที่ต้องการวัดระยะทาง ถ้าเป็นความยาวของอวัยวะร่างกายก็จะเป็นจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดของอวัยวะของร่างกายส่วนนั้น และสัดส่วนเส้นรอบจะหมายถึง การวัดระยะทางตามพื้นผิวของร่างกายแล้วมาบรรจบที่จุดเริ่มต้นเดียวกัน

2. วิธีการทางภาพถ่าย

หมายถึง การใช้เทคนิคของภาพถ่ายในการถ่ายภาพสัดส่วนร่างกาย ทั้งในแนวตรงและแนวเส้นโค้ง ตลอดจนแนวลึกเป็นความสูงต่ำ สามารถทำได้รวดเร็วโดยการใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เข้าช่วย จะเป็นแบบ non-stereo photogrammetric stereo photogrammetric methods ก็ได้

2.2 แท็บเล็ต

2.2.1 ความหมายของแท็บเล็ต

แท็บเล็ต หมายถึง อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีหน้าจอเป็นแบบระบบสัมผัสขนาดใหญ่ มีขนาดหน้าจอตั้งแต่ 7 นิ้วขึ้นไป มีน้ำหนักเบา สามารถพกพาได้สะดวก ใช้งานโดยการสัมผัสผ่านปลายนิ้วได้โดยตรงหรือการใช้ผ่านปากกาติจิตอล (Stylus)

เริ่มแรกการทำงานของแท็บเล็ตนั้นจะใช้หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) ที่ใช้สถาปัตยกรรม x86 ของ Intel เป็นพื้นฐาน โดยมีการปรับแต่งและนำเอาระบบปฏิบัติการหรือ OS ของเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาทำให้สามารถใช้งานได้จากการสัมผัสทางหน้าจอในการทำงานได้ และใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 7 หรือ Linux

ต่อมาในปี 2010 ได้มีการพัฒนาแท็บเล็ตที่แตกต่างจากแท็บเล็ตพีซี (Tablet PC) ขึ้นมา โดยไม่มีการยึดติดกับระบบปฏิบัติการเดิม แต่ได้พัฒนาปรับใช้ระบบปฏิบัติการของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telephone) ได้แก่ ระบบปฏิบัติการ iOS ของบริษัท Apple ที่ได้ออกผลิตภัณฑ์ใหม่มีชื่อว่า iPad และระบบปฏิบัติการ Android ของบริษัท Samsung ที่ได้ผลิต Samsung Galaxy Tab (2010) ขึ้นมา

โดยต่างก็มีการพัฒนาแอปพลิเคชันมากมายให้เลือกใช้ เพื่อให้สามารถใช้งานด้านความบันเทิงได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นการถ่ายรูป, โซเชียลเน็ตเวิร์ค, ท่องอินเทอร์เน็ต, ดูหนัง ฟังเพลง เล่นเกมส์ วาดรูป ทำงานรับส่ง-อีเมลล์ จัดการเอกสารออฟฟิต หรือเป็นแหล่งค้นคว้าหาความรู้ ตรวจสอบข้อมูลข่าวสาร อ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-Book) ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้ เป็นสำคัญ (อริปลักษณ์ โชติธนประสิทธิ์, 2556)



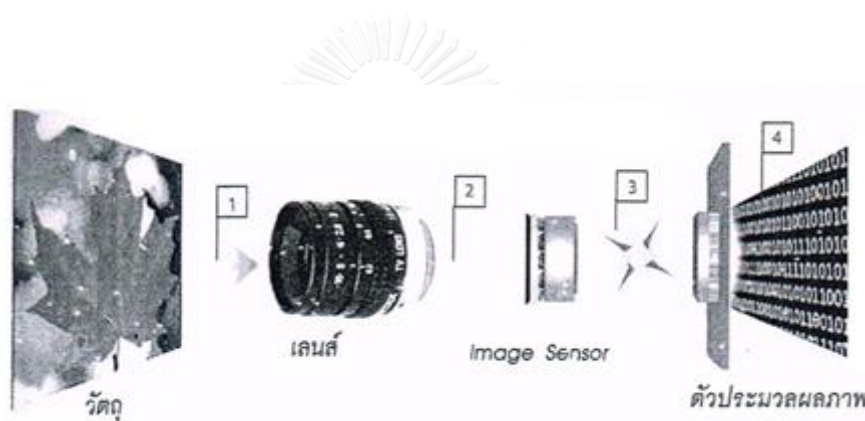
รูปที่ 2.1 ภาพแท็บเล็ต

ที่มา : http://www.digital-intrend.com/images/column_1376286547/tab-11.jpg

2.2.2 หลักการทำงานของกล้องแท็บเล็ต

หลักการทำงานของกล้องแท็บเล็ต (วิมลมาศย์ โพธิ์กลิ่น, 2549) มีขั้นตอน ดังรูปที่ 2.2 โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ แสงจะสะท้อนเข้ามายังเลนส์ของกล้อง
2. เลนส์จะรวมแสงที่สะท้อนเข้ามา แล้วส่งแสงเหล่านั้นไปยัง Image Sensor
3. Image Sensor จะเปลี่ยนแสงให้กลายเป็นอิเล็กตรอนเพื่อให้สามารถบอกค่าแสงสีของวัตถุที่สะท้อนเข้ามาได้ (เป็นกระบวนการแปลงจากแสงให้เป็นสัญญาณภาพ)
4. ตัวประมวลผลภาพจะวิเคราะห์รายละเอียดค่าของแสงสี (สัญญาณภาพ) เพื่อแปลงให้เป็นข้อมูลภาพดิจิทัล



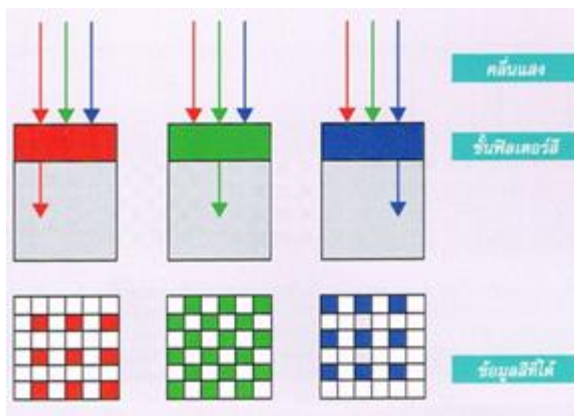
รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของกล้องแท็บเล็ต

ที่มา : (วิมลมาศย์, 2549)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.3 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์รับภาพ

ลำพังตัวเซ็นเซอร์นั้นจะรับรู้ได้เฉพาะค่าความสว่างของแสงเท่านั้น ไม่สามารถทราบค่าสีได้ การที่จะทำให้เซ็นเซอร์รู้ค่าสีได้นั้น ต้องอาศัยฟิลเตอร์แม่สีของแสงทั้งสามสีคือ แดง เขียวและน้ำเงิน ลักษณะเป็นตาราง (แบบ Grid หรือ แบบ Mosaic) มากันไว้บนตัวเซ็นเซอร์เพื่อกรองคลื่นแสงในช่วงต่างๆ กันเอาไว้ดังรูปที่ 2.3 จากนั้นจึงนำค่าสีที่ได้มาคำนวณเพื่อให้เกิดเป็นภาพที่มีสีต่างๆ ออกมาอีกทีหนึ่ง เราเรียกการทำงานของเซ็นเซอร์ที่ใช้ฟิลเตอร์แม่สีกรองแสงลักษณะนี้ว่า Bayer Filter (ตะวัน พันธุ์แก้ว, 2556)



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์รับภาพ
ที่มา : (ตะวัน, 2556)

2.3 การประมวลผลภาพดิจิทัล

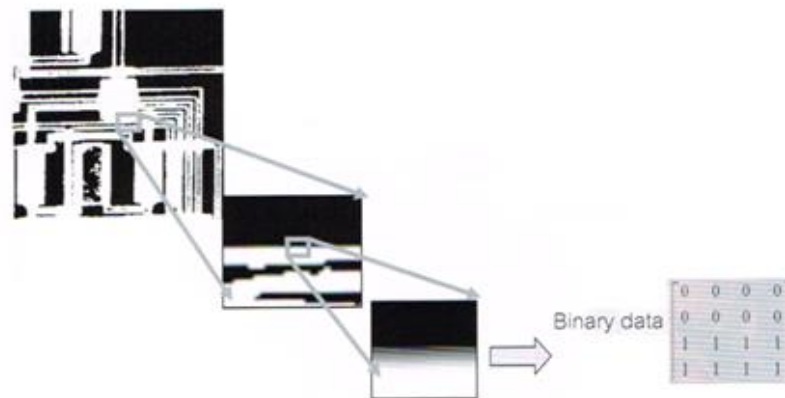
การประมวลผลภาพ หมายถึง การกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งกับภาพต้นฉบับให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา เพื่อให้มีลักษณะของภาพเป็นไปตามที่ต้องการ (สมเกียรติ อุดมพรชากล, 2554)

การประมวลผลภาพดิจิทัล เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลรูปที่เป็นสัญญาณอะนาล็อก (Analogue Signal) ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) เพื่อใช้ในการประมวลผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ และยังสามารถนำมาใช้ในการลดปัญหาของภาพ เช่น ลดสัญญาณรบกวนภายในภาพ เป็นต้น (ฐิตวัฒน์ และ ณพวิณา, 2551) ธรรมมหาวิทยาลัย

ในการแปลงภาพให้เป็นสัญญาณดิจิทัลนั้น ระบบจะนำรูปที่รับเข้ามาไปคำนวณโดยกระบวนการ Sampling และ Quantization และส่งข้อมูลออกมาในรูปแบบดิจิทัล

ภาพดิจิทัลที่ได้จะมีรูปแบบการเก็บเป็นเมทริกซ์ โดยแต่ละช่องของอาร์เรย์ แสดงถึงคุณสมบัติต่างๆของจุดๆนั้น และตำแหน่งของช่องอาร์เรย์ก็เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพภายในภาพด้วย จะมีการจัดเก็บภาพแต่ละชนิดต่างกัน ขึ้นอยู่กับระบบสีของภาพดังกล่าว โดยแบ่งชนิดของภาพได้ ดังนี้

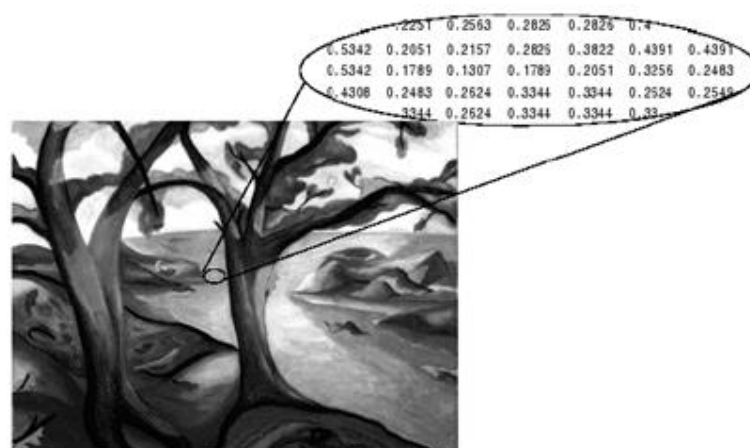
- ภาพสองระดับ (Binary Image) จะแสดงลักษณะของข้อมูลภาพในรูปแบบขาวดำ หมายถึง ในแต่ละพิกเซลของภาพจะถูกแสดงด้วยค่าไบนารี (Binary) คือ มี 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 1 และ 0 โดยที่ 1 หมายถึง จุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึง จุดภาพสีดำ ดังรูปที่ 2.4 ภาพประเภทนี้เหมาะสำหรับภาพที่เกี่ยวกับตัวอักษร ภาพลายนิ้วมือ เป็นต้น (สมเกียรติ อุดมพรชากล, 2554)



รูปที่ 2.4 ภาพแบบ Binary หรือภาพขาว-ดำ

ที่มา : (สมเกียรติ, 2554)

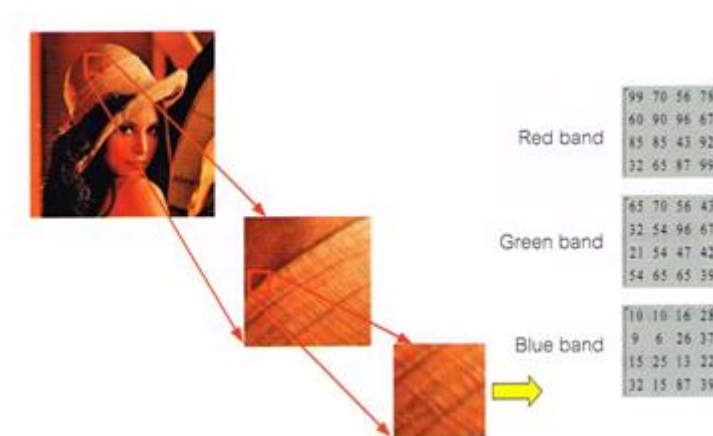
- ภาพระดับเทา (Grayscale Image) ลักษณะของภาพนี้ ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าความเข้มของแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกันไป ตั้งแต่ระดับเทาดำยังระดับสีขาว เราสามารถกำหนดระดับความเข้มของแสงนั้นโดยใช้ค่าระดับความเข้มเทา (Gray Scale) โดยปกติทุกๆ ภาพแบบระดับสีเทาจะมีระดับความเข้มเทาเท่ากับ 8 บิต ดังนั้นค่าความเข้มแสงจะถูกแบ่งออกเป็น 256 ระดับ ดังตัวอย่างรูปที่ 2.5 เมื่อค่าระดับความเข้มเทามีค่าเป็น 0 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มของแสงต่ำ จะทำให้จุดภาพเป็นสีดำ ในทางกลับกันหากค่าระดับความเข้มเทาเป็น 255 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มของแสงมาก จะทำให้จุดภาพเป็นสีขาว ซึ่งสีขาวจะถูกแทนด้วยค่าความเข้มเทาเท่ากับ 255 (11111111) และสีดำจะถูกแทนที่ด้วยค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 0 (00000000) ส่วนค่าระหว่าง 0-255 ก็จะมีค่าไล่เฉดสีดำไปหาสีขาวนั่นเอง



รูปที่ 2.5 ภาพแบบ Grayscale หรือภาพระดับเทา

ที่มา : (สมเกียรติ, 2554)

- ภาพสี (Color Image) ภาพชนิดนี้แต่ละจุดภาพหรือพิกเซลของภาพจะเก็บค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละแถบแสงของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันอยู่ คือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้นๆ จะแสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบสีนั้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.6 หากพิจารณาจุดภาพมุมบนซ้ายสุดของภาพที่ขยายจะพบว่า ค่าระดับความเข้มของแถบสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 99, 65 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 2.6 ภาพสี

ที่มา : (สมเกียรติ, 2554)

2.4 ความบิดเบี้ยวของเลนส์ (Lens Distortion)

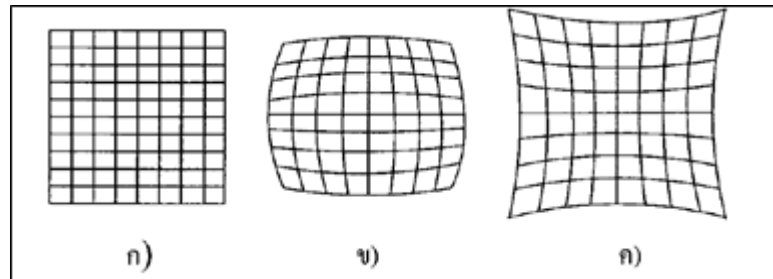
กล้องโดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นอะนาล็อก หรือดิจิทัลมักจะมีเลนส์ประกอบรวมอยู่ ความไม่สมบูรณ์ในการออกแบบและผลิตเลนส์รวมทั้งการประกอบเลนส์เข้ากับระบบทางแสงของกล้องที่ไม่ถูกต้อง มีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของจุดภาพในระนาบภาพ (เกษตร ศิริสันติสัมฤทธิ์, 2552)

ชนิดของความบิดเบี้ยวของเลนส์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ความบิดเบี้ยวในแนวรัศมี (Radial Distortion) มีสาเหตุมาจากรูปร่างของเลนส์หรือส่วนโค้งในแนวรัศมีของเลนส์มีความบกพร่อง ทำให้จุดภาพมีการเคลื่อนที่เข้าหรือออกมาข้างนอกจากตำแหน่งที่ถูกต้อง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.1 ความบิดเบี้ยวคล้ายถังกลมตรงกลางป่อง (Barrel Distortion) เป็นการเคลื่อนที่ของจุดภาพในแนวรัศมีในทางลบ ทำให้จุดภาพที่อยู่รอบนอกเบียดเสียดกันมากขึ้น ดังรูปที่ 2.7 (ข)

1.2 ความบิดเบี้ยวคล้ายหมอนปักเข็ม (Pincushion Distortion) เป็นการเคลื่อนที่ในแนวรัศมีในทางบวก ทำให้จุดภาพรอบนอกมีการขยายตัวออก ดังรูปที่ 2.7(ค)



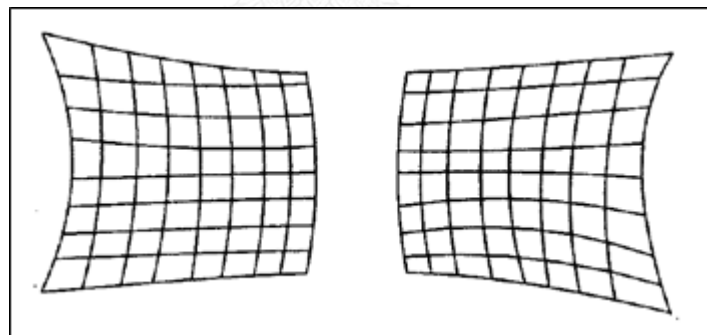
รูปที่ 2.7 ผลของความบิดเบี้ยวในแนวรัศมี

ก) ไม่มีความบิดเบี้ยว ข) ความบิดเบี้ยวคล้ายถังกลมตรงกลางป่อง

ค) ความบิดเบี้ยวคล้ายหมอนปักเข็ม

ที่มา : (เกษตร, 2552)

2. ความบิดเบี้ยวในแนวสัมผัส (Tangential Distortion) ที่เกิดจากการกระจายออกศูนย์กลาง (Decentering) หรือความไม่สมบูรณ์ของศูนย์กลางเลนส์และข้อบกพร่องในการผลิตเลนส์ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ผลของความบิดเบี้ยวในแนวสัมผัส

ที่มา : (เกษตร, 2552)

3. ความบิดเบี้ยวแก้วปริซึมแผ่นบาง (Thin Prism Distortion) มีสาเหตุหลักจากความไม่สมบูรณ์ในการออกแบบและผลิตเลนส์เช่นเดียวกับการประกอบกล้อง เช่น การเอียงไปเล็กน้อยของเลนส์หรือเซ็นเซอร์รับภาพขณะประกอบเข้ากับกล้อง เป็นต้น ความบิดเบี้ยวชนิดนี้เปรียบเสมือนการประกอบแก้วปริซึมแผ่นบางไว้ในระบบทางแสง ทำให้จำนวนความบิดเบี้ยวในแนวรัศมีและแนวสัมผัสเพิ่มมากขึ้น

2.5 การแยกส่วนของภาพ

การแยกส่วนของภาพ หมายถึง กระบวนการของการแบ่งภาพดิจิทัลออกเป็นส่วนๆ โดยที่เป้าหมายของการแยกส่วนคือ การลดความซับซ้อนหรือเปลี่ยนการแสดงผลของภาพเป็นสิ่งที่มีความหมายมากขึ้นและง่ายต่อการวิเคราะห์ภาพ โดยปกติการแยกส่วนภาพจะใช้เพื่อค้นหาตำแหน่งและขอบเขตของวัตถุในภาพเช่น เส้นตรง เส้นโค้ง เป็นต้น เพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น การแยกส่วนของข้อมูลเป็นกระบวนการของการกำหนดป้ายชื่อให้กับทุกพิกเซลในภาพ โดยพิกเซลที่มีป้ายเดียวกันจะมีคุณลักษณะของภาพที่เหมือนกันบางอย่าง (สมเกียรติ อุดมธรรษากุล, 2554)

ผลลัพธ์ของการแยกส่วนข้อมูลภาพเป็นชุดของการแยกส่วนที่ครอบคลุมภาพทั้งหมด หรือชุดของรูปทรง (Contour) ที่แยกออกจากภาพ

2.5.1 การทำเทรชโฮลด์ (Thresholding)

ขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยทั่วไป จะเริ่มต้นด้วยการกรองภาพหรือการปรับปรุงภาพด้วยวิธีการต่างๆ แล้วนำภาพนั้นมาแปลงให้เป็นภาพสีเทา การแยกย่อยต่อของวัตถุและพื้นหลังของวัตถุให้ออกจากกัน วิธีการที่ง่ายที่สุดของการแยกส่วนของข้อมูลภาพเรียกว่า การทำเทรชโฮลด์ วิธีการนี้ขึ้นอยู่กับค่าเทรชโฮลด์ เพื่อแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพไบนารีหรือภาพขาวดำ ความสำคัญของวิธีนี้คือ การเลือกค่าเทรชโฮลด์ หรือการเลือกค่าระดับ

ในกระบวนการทำเทรชโฮลด์ การแยกส่วนของภาพสามารถทำได้โดยกำหนดค่าเทรชโฮลด์ จะมีการเลือกค่าพิกเซล 2 วิธีคือ ถ้าค่าของพิกเซลมากกว่าค่าเทรชโฮลด์ (วัตถุมีความสว่างกว่าพื้นหลัง) พิกเซลภาพจะมีค่า 255 และพิกเซลพื้นหลังมีค่า 0 เรียกว่า พิกเซลสูงกว่าเทรชโฮลด์และค่าพิกเซลต่ำกว่าเทรชโฮลด์ ซึ่งตรงข้ามกับพิกเซลสูงกว่าเทรชโฮลด์ พิกเซลภาพจะมีค่า 0 และพิกเซลพื้นหลังมีค่า 255 เรียกว่า พิกเซลต่ำกว่าเทรชโฮลด์ โดยปกติค่าพิกเซลของวัตถุจะมีค่าเท่ากับ 1 (สีขาว) ในขณะที่พิกเซลของพื้นหลังจะมีค่าเท่ากับ 0 (สีดำ) และสุดท้ายภาพไบนารีจะถูกสร้างขึ้นโดยพิกเซลสีขาวหรือสีดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของพิกเซล

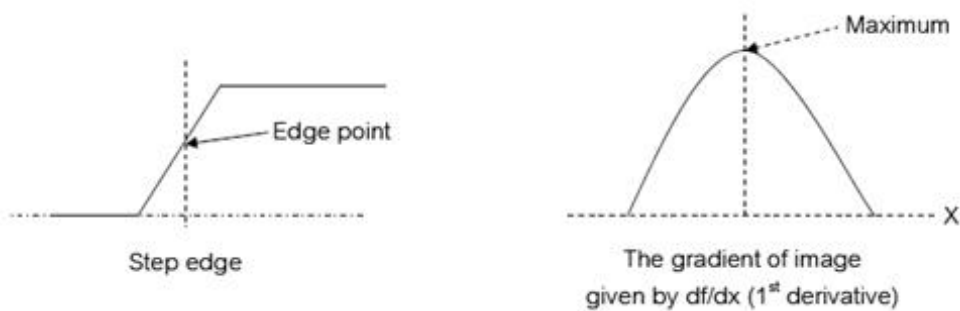
2.5.2 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

ขอบภาพ หมายถึง ส่วนของข้อมูลที่แสดงถึงโครงร่างของวัตถุภายในภาพ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของภาพที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ (สมเกียรติ อุดมธรรษากุล, 2554)

การหาขอบภาพ คือ การหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพ ซึ่งขอบภาพเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ถ้าหากความแตกต่างของความเข้มแสงมีค่ามาก ขอบภาพก็จะปรากฏชัดเจน และในทางตรงกันข้าม ถ้าหากความแตกต่างของความเข้มแสงมีค่าน้อยจะทำให้ขอบภาพมีความชัดเจนน้อยลง ในการกรองอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งและอนุพันธ์อันดับสอง เมื่อมองภาพในระดับพิกเซลในระนาบแล้ว บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของความสว่างมากๆ จะเป็นบริเวณที่เป็นขอบภาพ ซึ่งขอบเป็นคุณลักษณะสำคัญของภาพและเป็นสารสนเทศประเภทหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการทำความเข้าใจภาพและรู้จำวัตถุ การกรองอนุพันธ์ทำหน้าที่ในการหาความชันของการเปลี่ยนแปลงความสว่างของพิกเซลข้างเคียง ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้หาขอบภาพซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษที่สำคัญอย่างหนึ่งในการแสดงสารสนเทศการมอง วิธีการหาขอบภาพมีด้วยกันหลายวิธี แต่สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ดังนี้ (Castleman, Kenneth R., 1996; Fisher, Robert et al., 2004)

1. Gradient Method

เป็นการตรวจหาขอบภาพ โดยวิธีนี้จะหาขอบโดยการหาจุดต่ำสุดและสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า Threshold ที่มีการแบ่งระดับความเข้มไว้แล้ว ซึ่งอาจจะทำให้ขนาดของเส้นขอบที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นหนา การหาขอบภาพด้วยวิธีการนี้คุณสมบัติของข้อมูลภาพจะยังคงอยู่ แต่ข้อจำกัดคือ จะมีสัญญาณรบกวนที่ไม่พึงประสงค์ปะปนออกมากับภาพของขอบที่หาได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาเลือกฟิลเตอร์ให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ ได้แก่ Roberts Cross, Prewitt, Smoothing, Sobel และ Canny เป็นต้น ดังรูปที่ 2.9

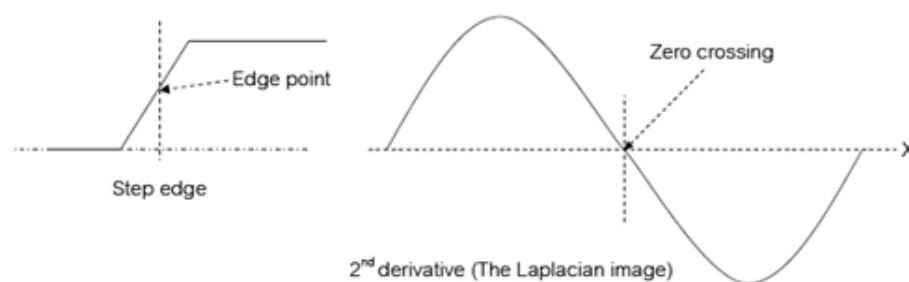


รูปที่ 2.9 กระบวนการหาขอบโดย Gradient method

ที่มา : (Fisher, Robert et al., 2004)

2. Laplacian Method

การตรวจหาขอบภาพด้วยวิธีการนี้จะใช้อนุพันธ์อันดับสอง โดยใช้จุดที่ค่าแกน y เป็นศูนย์ (Zero Crossing) ข้อจำกัดของวิธีการนี้คือ ใช้เวลาในการคำนวณนานกว่า Gradient Method ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ได้แก่ Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น ดังรูปที่ 2.10



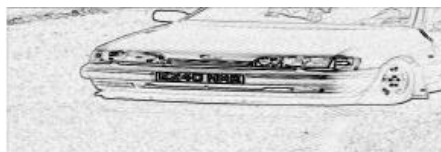
รูปที่ 2.10 กระบวนการหาขอบโดย Laplacian method

ที่มา : (Fisher,Robert et al., 2004)

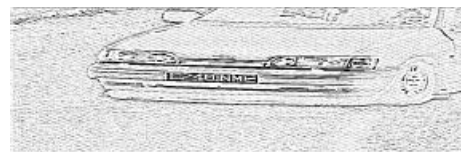
Zuwena and Soodamani (2010) ได้ทำวิจัยการตรวจสอบแผ่นป้ายทะเบียนรถโดยการหาขอบภาพเพื่อพิสูจน์ความถูกต้องของอักษร ซึ่งเป็นเทคนิคและขั้นตอนที่นิยมใช้ในการตรวจสอบแผ่นป้ายทะเบียน โดยทดสอบแผ่นป้ายในสหราชอาณาจักร 45,032 ภาพที่มีใบอนุญาต ที่มีความละเอียด 720x288 พิกเซล โดยบันทึกภาพภายใต้แสงสว่างต่างๆ เวลาประมวลผลภาพหนึ่งภาพ คิดเป็นเวลาเฉลี่ย 56.4 มิลลิวินาที งานวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการหาขอบภาพในแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



ก) ภาพถ่ายต้นฉบับ



ข) Sobel



ค) Laplace



ง) Canny



จ) Rothwell

รูปที่ 2.11 เทคนิคที่ใช้หาขอบภาพในรูปแบบต่างๆ

ที่มา : (Zuwena and Soodamani, 2010)

โดยมีการนำภาพมาปรับปรุงจัดให้เป็นมาตรฐานเดียวกันโดยปรับภาพให้เป็นภาพระดับสีเทาก่อนเนื่องจากมีปัจจัยที่แตกต่างกันของการจับภาพ คือ ความเข้มของแสงที่ต่างกันในการทดสอบแต่ละวิธีการ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ เมื่อเปรียบเทียบความสำเร็จในการตรวจสอบป้ายทะเบียน (% Success) คือ อ่านภาพตัวเลขของป้ายทะเบียนได้ถูกต้องตรงกับตัวเลขบนป้ายจริงนั้นพบว่าวิธีการแคนนี่มีความสำเร็จมากที่สุด โดยคิดเป็น 98.2% หรือคิดเป็นจำนวนป้ายทะเบียน 44,221 ป้าย จากป้ายทะเบียนทั้งสิ้น 45,032 ป้ายที่ทดสอบ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบผลความสำเร็จในส่วนของการตรวจสอบแผ่นป้ายทะเบียน

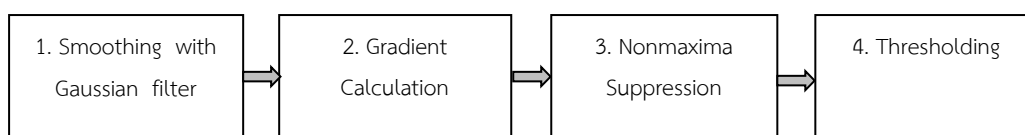
Algorithm	1 image PET (ms)	No plate 1 image PET (ms)	45,032 images PET (ms)	Success (%)
Laplace	6.6	14.4	54.9	90.8
Sobel	6.2	14.2	52.7	91.4
Kirsch	5.9	13.6	50.5	91.4
Canny	6.8	15.2	56.4	98.2
Rothwell	10.4	21.0	87.9	97.4
SUSAN	5.5	12.4	39.2	97.2
No filters	2.1	5.6	18.8	96.7

จากงานวิจัยข้างต้นซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการหาขอบภาพด้วยวิธีต่างๆ ทำให้เห็นว่า วิธีการหาขอบภาพโดยวิธีแคนนี่มีความสามารถในการตรวจจับดีที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีแคนนี่ในการหาขอบภาพ

2.6 การตรวจจับขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่ (Canny Edge Detection Algorithm)

ตัวกระทำวิธีแคนนี่เป็นวิธีการหาขอบภาพโดยใช้วิธีการหลายๆ ขั้นตอน เพื่อตรวจจับขอบความกว้างของขอบภาพในภาพ การตรวจจับขอบภาพวิธีแคนนี่นั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อการตรวจจับของภาพที่ถูกต้อง โดยการหาเครื่องหมายที่ขอบภาพจริงในภาพที่เป็นไปได้ และได้ตำแหน่งที่ถูกต้องด้วยเครื่องหมายที่ขอบภาพจะใกล้เคียงที่สุด (บุญธรรม ภัทรจารุกุล, 2556)

ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของแคนนี่ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนตามลำดับดังรูปที่ 2.12

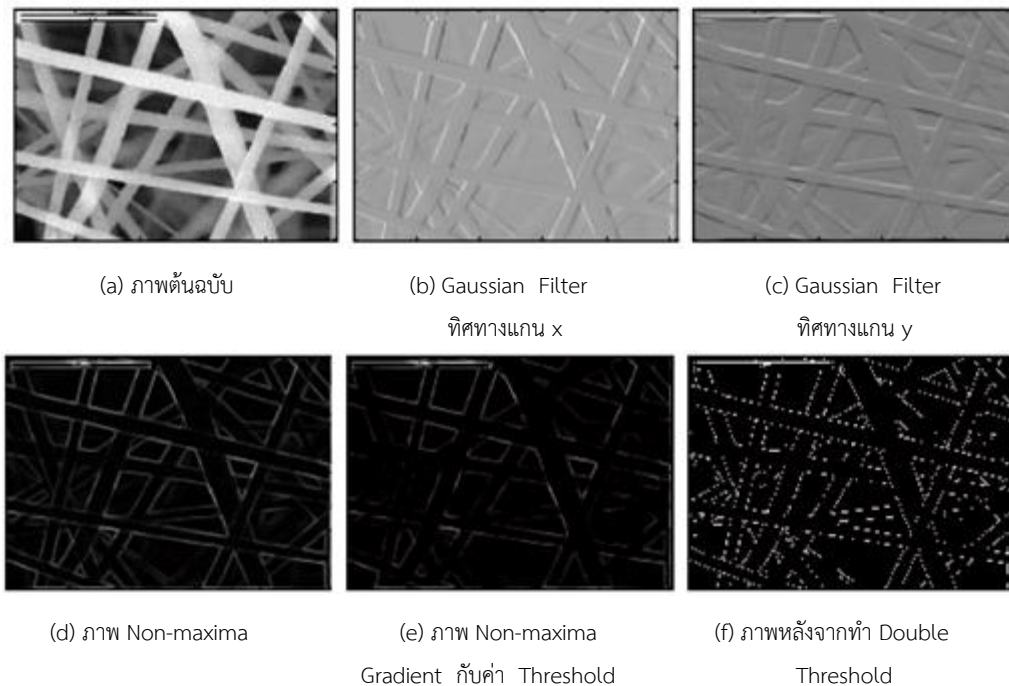


รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการหาขอบภาพโดยวิธีแคนนี่

ที่มา : (บุญธรรม, 2556)

การทำงานของกรตรวจจับขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่ นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian Filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่อาจทำให้เกิดขอบที่ไม่ต้องการได้ หลังจากนั้นหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง คำนวณค่าขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Orientation) ของ Gradient นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าของ Non-maxima Suppression กับค่าขนาดของ Gradient Magnitude เพื่อให้ได้ขอบของภาพที่บางลง ภาพที่ได้อาจยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงหรือขอบที่ต้องการปรากฏอยู่ อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดใช้ค่า Threshold ขึ้นมา 2 ค่าเข้ามาช่วย (Double Threshold) คือ High Threshold (T_1) และ Low Threshold (T_2) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T_1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T_2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า Threshold ทั้งสองนั้น การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง (Neighborhood Pixel) หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (พิกเซลที่เป็นขอบมีค่ามากกว่า T_1) มีค่ามากกว่า T_2 แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นหนึ่งในขอบภาพด้วยเช่นกัน ดังนั้นการปรับค่า Threshold นี้ ถ้าปรับให้ค่าต่ำเกินไปจะทำให้มีขอบภาพที่ไม่ต้องการหรือผิดพลาดเกิดขึ้น ในทางกลับกันถ้าปรับให้ค่ามากเกินไปจะทำให้ขอบภาพบางส่วนหายไปด้วย (วิโรจน์ องอาจ, 2549)

ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ผลของการค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่

ที่มา : (วิโรจน์, 2549)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คุณลักษณะและขนาดร่างกายของมนุษย์เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาและการออกแบบตามหลักการยศาสตร์ การวัดสัดส่วนร่างกายจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นจะต้องมีการศึกษาเพื่อให้การออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆตลอดจนการออกแบบสถานี่งานให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งานอย่างแท้จริง

ดังจะเห็นได้ว่ามีผู้ศึกษาและวิจัยในเรื่องดังกล่าวไว้เป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น วิลาส เชาวรักษ์ (2546) ได้ศึกษาขนาดสัดส่วนร่างกายเบื้องต้นของนักเรียนหญิงไทย ระดับประถมศึกษาจำนวน 240 คน จาก 4 ภาค ภาคละ 2 โรงเรียน คือโรงเรียนในเมืองและนอกเมือง สัดส่วนที่วัดทั้งหมด 37 สัดส่วน เพื่อนำค่าที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนให้มีขนาดเหมาะสม จากการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายนักเรียนหญิงไทยระดับประถมศึกษาพบว่า มี 5 สัดส่วนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ ความสูงจากพื้นถึงปลายนิ้วกลาง ความหนาของท้อง ความกว้างของศีรษะ ระยะทางศอกและความยาวของมือ การวิเคราะห์ความต่างของขนาดเด็กนักเรียนในเมืองและนอกเมืองพบว่า มี 21 สัดส่วนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเทียบขนาดของนักเรียนหญิงไทยกับนักเรียนหญิงเม็กซิโกจำนวน 21 สัดส่วน พบว่า ขนาดของนักเรียนหญิงไทยมีแนวโน้มของร่างกายที่เล็กกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกสัดส่วน ยกเว้น ความสูงขณะยืน ความสูงขณะนั่ง ความยาวของก้นถึงข้อพับเข่าและความยาวเท้า และเมื่อเทียบกับขนาดสัดส่วนของนักเรียนหญิงอิหร่านจำนวน 14 สัดส่วน พบว่า ขนาดของนักเรียนหญิงไทยมีแนวโน้มของร่างกายที่โตกว่าอย่างมีนัยสำคัญในทุกสัดส่วน ยกเว้นความหนาของหน้าอก

ต่อมา M.K.Gouvali,K.Boudolos (2005) ได้ศึกษาถึงความเหมาะสมของขนาดเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในห้องเรียนกับสัดส่วนของเด็กนักเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบขนาดของเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในห้องเรียนมีความเหมาะสมกับสัดส่วนของเด็กนักเรียนที่อายุ 6-18 ปีหรือไม่ เด็กอายุ 6-18 ปี จำนวน 274 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดยวัดสัดส่วนของไหล่,ข้อศอก,ความสูงของหัวเข่า,ความยาวสะโพกและความกว้างสะโพก โดยมีการกำหนดการยอมรับได้ของขนาดเฟอร์นิเจอร์ตามแอนโทรโปเมตรี และความเหมาะสมกับเฟอร์นิเจอร์ที่เด็กใช้ พบว่า ขนาดของโต๊ะและความสูงของเบาะนั่ง มีขนาดใหญ่กว่าขีดจำกัดที่ยอมรับได้สำหรับเด็กมากที่สุด (81.8 % และ 71.5 % ตามลำดับ) ในขณะที่ความลึกที่นั่งมีความเหมาะสมเพียง 38.7 %ของเด็ก สรุปสมมติฐานได้ว่า ขนาดของเฟอร์นิเจอร์ยังไม่มีที่เหมาะสมที่สุดอย่างมีนัยสำคัญควรต้องมีการปรับปรุง การแสดงให้เห็นว่าการจำกัดของ

ขนาดหนึ่งต่อกลุ่มไม่ได้รองรับความแปรปรวนของแอนโทรโพเมตรี แม้แต่ในหมู่เด็กวัยเดียวกัน ซึ่งจากการงานวิจัยดังกล่าวก็ได้มีนักวิจัยท่านอื่นได้ศึกษาในเรื่องที่คล้ายคลึงกันตามมา

งานวิจัยของ Salah R. Agha (2009) ได้ศึกษาการวัดสัดส่วนความเหมาะสมของขนาดเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในห้องเรียนกับสัดส่วนของร่างกายเด็กที่มีการใช้เฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีเป้าหมายในการเปรียบเทียบแอนโทรโพเมตรี ของนักเรียนในโรงเรียนประถมศึกษาว่าขนาดของเฟอร์นิเจอร์และการกำหนดว่าเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ตรงกับแอนโทรโพเมตรี ของนักเรียนหรือไม่ โดยใช้ตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชายจำนวน 600 ตัวอย่าง มีอายุอยู่ระหว่าง 6 -11 ปี จาก 5 โรงเรียน ใน Governorates ฉนวนกาซา จากการศึกษาพบว่านักเรียนหลายคนเมื่อวัดขนาดร่างกาย ความสูงของข้อศอกที่นั่ง ความสูงไหล่ ความสูงหัวเข่า และบันท้าย การวัดขนาดของเฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียนชี้ให้เห็นว่า ความสูงเบาะ ความลึกของที่นั่ง และความสูงโต๊ะ คิดเป็น 99 % ที่ไม่เหมาะสม และคิดเป็น 35% ที่ไม่เหมาะสมสำหรับความสูงของที่พึงหลัง ข้อมูลที่ได้เมื่อเทียบกับการออกแบบของเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในโรงเรียนประถมศึกษาในฉนวนกาซา ได้เสนอข้อกำหนดการออกแบบใหม่เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมตามขนาดสัดส่วนของนักเรียน

ในปีต่อมา Tan Kay Chuan, Markus Hartono and Naresh Kumar (2010) ได้วิจัยเกี่ยวกับการวัดสัดส่วนระหว่างประชากรชาวสิงคโปร์และชาวอินโดนีเซีย ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้เก็บรวบรวม ข้อมูลสัดส่วนของประชากรสิงคโปร์และอินโดนีเซีย ข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่มาจากนักศึกษา มหาวิทยาลัยที่เป็นอาสาสมัครทั้งหมดจากประเทศอินโดนีเซีย เพศชายจำนวน 245 คนและเพศหญิงจำนวน 132 คน อาสาสมัครจากประเทศสิงคโปร์เพศชายจำนวน 206 คน และเพศหญิงจำนวน 109 คน โดยถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ประกอบด้วยสิงคโปร์ทั้งหมด สัญชาติสิงคโปร์และจีน กลุ่มย่อยข้อมูลอินโดนีเซีย ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ที่ประกอบไปด้วย อินโดนีเซีย และอินโดนีเซียจีน การศึกษาครั้งนี้ใช้ 36 สัดส่วน ผู้วิจัยเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนหน้าที่เก็บรวบรวมมา การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าสิงคโปร์ทั้งชายและหญิง มีแนวโน้มที่จะมีขนาดใหญ่กว่าอินโดนีเซียทั่วไป ดัชนีมวลกาย (Body Mass Index : BMI) ของทุกกลุ่มย่อยอยู่ในช่วงของ 18.5-25.0 อีกทั้งยังนำเสนอการประเมินลักษณะสัดส่วนที่ไม่รู้จัก มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินข้อมูลที่ไม่ได้สัดส่วนตามที่กำหนด โดยรวมข้อมูลสัดส่วนการรายงานและการวิเคราะห์ ที่สามารถใช้พิจารณาในผลิตภัณฑ์และการออกแบบระบบความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม ผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างสิงคโปร์และอินโดนีเซีย แอนโทรโพเมตรีในประชาชนและกลุ่มย่อยจีน การใช้ประโยชน์จากการปรับปรุงสัดส่วนฐานข้อมูลที่ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดทางภูมิศาสตร์และกลุ่มชาติพันธุ์ใช้เป็นประโยชน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ จะสามารถที่จะตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของผู้ใช้ได้

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ไม่เพียงแต่มีการศึกษาด้วยการวัดโดยใช้เครื่องมือวัดเพียงเท่านั้น ยังมีผู้วิจัยที่สนใจศึกษาการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้กล้องดิจิทัลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในบางกรณีอาจมีผู้ต้องการวัดสัดส่วนเป็นจำนวนมากพอและด้วยเวลาที่จำกัด การวัดสัดส่วนโดยการใช้ภาพถ่ายจะก่อให้เกิดความสะดวกและเกิดประโยชน์อย่างมาก โดยสังกัส พิริยะสุรวงศ์ (2546) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวัดขนาดของมนุษย์แบบ 2 สัดส่วน ซึ่งโปรแกรมนี้อาศัยใช้ Visual basic 6.0 โดยทดลองกับอาสาสมัครจำนวน 2 คนที่มีความสามารถในการใช้โปรแกรม 2D เป็นอย่างดี โดยทดสอบสัดส่วน 3 สัดส่วน ได้แก่ ความกว้างมือ, ความยาวมือและระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ ผลการทดลองพบว่า ได้ค่าความผันแปรค่ารีพิทหะบิลิตี้และรีโพรดิิวซิบิลิตี้เทียบกับความผันแปรจากระบวนการเท่ากับ 0.62% ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำของระบบการวัด อีกทั้งวิธีการวัดด้วยภาพถ่ายดิจิทัลยังทำให้ประหยัดซึ่งเวลา กล่าวคือ การทดลองใช้โปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายใช้เวลา 17 นาที แลวคอย 11 นาทีและนำข้อมูลเข้าอีก 6 นาที แต่การวัดแบบใช้มาตราวัดใช้เวลาในการวัด 55 นาที แลวคอย 40 นาที และนำเข้าข้อมูลอีก 15 นาที แสดงให้เห็นว่า การวัดโดยใช้โปรแกรมวัดขนาดสัดส่วนร่างกายทำให้ประหยัดเวลาในการวัดได้มากกว่าวิธีแบบเดิม

เช่นเดียวกับ ญัฐพล พุฒยงกูร (2552) ได้ศึกษาการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยพัฒนาโปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิทัลแบบ 2 สัดส่วน วัดถูประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนากระบวนการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์แบบสัดส่วนเส้นตรง ในแนวแกน 2 สัดส่วนจากภาพถ่ายดิจิทัล โดยมีระยะอ้างอิงในภาพเทียบกับระยะอ้างอิงจริง การศึกษาเบื้องต้นกับหุ่นทดลองพบว่า เงื่อนไขการติดตั้งอุปกรณ์ให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ มีระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุที่ 7 เมตรและขนาดของภาพถ่ายที่มีความละเอียดมากกว่าเท่ากับ 6 ล้านพิกเซล จาก การทดลองจริงพบว่า สามารถวัดได้ในทุกสัดส่วน โดยสัดส่วนที่แม่นยำที่สุดคือ สัดส่วนความสูงยืน, ความสูงระดับสายตาขณะยืน, ระยะกางแขน, ระยะกางศอก, ความสูงของระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่านั่ง, ความสูงระดับไหล่ขณะยืน, ความสูงสะโพก, ความสูงระดับนิ้วมือ, ความสูงระดับข้อศอกขณะนั่ง, ความหนาของต้นขา, ความสูงของเข่าขณะนั่ง, ความกว้างไหล่อ้างอิงปุ่มหัวไหล่, ความกว้างสะโพกและความหนาช่องท้อง สัดส่วนอื่นๆนอกเหนือจากที่กล่าวนั้นก็สามารถนำไปใช้งานได้จริง

ในงานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุที่ระยะ 7 เมตรหรือมากกว่า ทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการวัดค่อนข้างมากอาจส่งผลกระทบต่อความไม่สะดวกในการวัด ต่อมาได้มีงานวิจัยของ อนุธิดา ฉิมทับ (2556) เกิดขึ้นโดยศึกษาถึงเรื่อง เทคนิคการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์โดยถ่ายภาพดิจิทัล 2 สัดส่วน ที่ระยะใกล้เพื่อต้องการที่จะพัฒนาระบบการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล 2 สัดส่วน ในระยะใกล้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยการสร้าง

ระบบการวัดสัดส่วนใหม่ด้วยการติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิทัลและอุปกรณ์อ้างอิงที่ระยะวางกล้อง 2-4 เมตร วัดสัดส่วนร่างกายจำนวน 12 สัดส่วน และสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อดูความสัมพันธ์ของ ความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดร่างกายจากหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์ก่อน และสร้างสมการเพื่อแทน ความสัมพันธ์ลดความคลาดเคลื่อนในรูปแบบสมการลอการิทึมโดยทดลองกับอาสาสมัครจำนวน 30 คน เพื่อทดสอบและปรับแก้สมการ รวมทั้งจัดทำคู่มือวิธีการใช้งานการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย มนุษย์ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล 2 สัดส่วน โดยถ่ายภาพที่ระยะใกล้พร้อมคำแนะนำ และข้อควรระวังในการใช้งานจริง ผลการทดลองพบว่า สัดส่วนที่ไม่แนะนำให้ใช้สมการในการลด ความคลาดเคลื่อนคือ ความสูงขณะยืน, ความสูงระดับไหล่ขณะยืน, ระยะจากกันถึงหัวเข่า, ความกว้าง ไหล่(อ้างอิงกล้ามเนื้อ), ความกว้างสะโพก, ความกว้างศีรษะและความยาวศีรษะ

การพัฒนาโปรแกรมบนแท็บเล็ตนั้น กรณิการ์ ชูตระกูลธรรม (2555) ได้พัฒนาโปรแกรม เล่นดนตรีไทยบนแท็บเล็ต ด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ซึ่งมีวัตถุประสงค์สำหรับผู้ที่ต้องการเริ่ม เล่นดนตรีไทย มีความสะดวกสบายในการเล่นดนตรีไทยผ่านแท็บเล็ตและง่ายต่อการพกพา โดย โปรแกรมพัฒนาขึ้นในลักษณะของโปรแกรมแอปพลิเคชัน โปรแกรมที่ใช้พัฒนา คือ Eclipse IDE for Java Developer และ Android SDK Tool ซึ่งดนตรีไทยที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมคือ ระนาด เอก ระนาดทุ้มและฆ้องวงใหญ่ โดยผู้ใช้สามารถเล่นเครื่องดนตรีพร้อมกับเสียงประกอบจังหวะ ดุโน้ตเพลงและสามารถดูประวัติของเครื่องดนตรีทั้ง 3 ชนิดได้ โดยขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม แบ่งเป็นการวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบระบบโดยใช้ยูสเคสไดอะแกรม และการออกแบบหน้าจอ ผู้ใช้งาน การประเมินความพึงพอใจตามวิธีของไลเกิร์ต (Likert) แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน และกลุ่มที่ 2 เด็กนักเรียนที่มีอายุระหว่าง 7-12 ปี จำนวน 30 คน ผลการประเมินพบว่า แบบประเมินผู้เชี่ยวชาญได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.54 และแบบประเมินนักเรียนจำนวน 30 คน พบว่า ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66 สามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพสูง และมีความพึงพอใจในการใช้งานมาก

Kihwan HAN et al.(2010) ได้วิจัยเพื่อสร้างมาตรฐานเทคนิคการถ่ายภาพทางคลินิก และ เปรียบเทียบแอนโทรโปเมตรีด้วยภาพถ่าย และวิธีการวัดในการสร้างมาตรฐานการถ่ายภาพทางคลินิก โดยได้พัฒนา cephalostat ถ่ายภาพและแก้ไข ตรวจสอบโดยการทำให้ซ้ำ โดยมาตรฐานเทคนิคการ ถ่ายภาพทางคลินิกจำนวน 40 ท่าทางที่สำคัญ รวม 96 สัดส่วน ได้วัดสัดส่วนชาวเกาหลีจำนวน 100 คน 96 สัดส่วน โดยวัดจากภาพถ่ายจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน ทั้งนี้ยังใช้การจัดการภาพโดย Adobe Photoshop รุ่น 7.0 (Adobe Systems ,San Jose, CA , USA) จากภาพถ่ายและข้อมูลการวัด

สัดส่วนของร่างกายเป็นมิลลิเมตรองศา แล้วเมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้โดยการวัดสัดส่วนของร่างกายกับการถ่ายภาพ พบว่า การทำซ้ำของการถ่ายภาพมาตรฐานไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญ ($p = 0.463$) ซึ่งทั้งหมด 96 รายการ โดยจำนวนสัดส่วน 44 สัดส่วนมีความน่าเชื่อถือ ส่วนที่เหลืออีก 52 สัดส่วนจัดว่าไม่มีความน่าเชื่อถือ

ต่อมา เดชา พวงดาวเรือง (2548) ได้ศึกษาถึงเรื่องการปรับเทียบกล้องวิดีโอดิจิทัล เพื่อใช้ในการประมวลผลภาพ โดยอาศัยเทคนิคที่นำเสนอโดย Heikkila และ Silven ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Jean-Yves Bouguet เพื่อใช้เป็นแหล่งรวบรวมเทคนิคการปรับเทียบกล้องด้วยระเบียบวิธีต่างๆ การทดลองนี้ได้ดำเนินการกับกล้องวิดีโอดิจิทัลยี่ห้อ Sony Digital Handycam DCR-VX1000E ผนวกเลนส์ 5.9-59 มิลลิเมตร ซึ่งมีอัตราภาพเท่ากับ 25 ภาพต่อวินาที ผลการทดสอบปรากฏว่า ผลการปรับเทียบกล้องวิดีโอดิจิทัลโดยเทคนิคของ Heikkila และ Silven ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของจุดภาพในแนวแกน x และ y เท่ากับ 0.14860 และ 0.22651 จุดภาพตามลำดับ ผลการแก้ไขความบิดเบี้ยวของภาพที่ได้จากกล้องปรากฏเป็นความบิดเบี้ยวรูปถัง และสามารถแก้ไขความบิดเบี้ยวได้อย่างน่าพอใจ อีกทั้งยังทำกับกล้องรูเข็มได้ผลออกมาเช่นเดียวกัน สรุปได้ว่า เทคนิคดังกล่าวสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ของกล้องได้อย่างรวดเร็ว และสามารถแก้ไขความบิดเบี้ยวของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มจากการออกแบบโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วย (1) การวิเคราะห์และพัฒนาโปรแกรม (2) การออกแบบกระบวนการการทำงานของโปรแกรม (3) การออกแบบหน้าจอผู้ใช้งาน (4) การเขียนโปรแกรม ขั้นตอนต่อไปคือ การทดสอบโปรแกรม โดยเริ่มจัดเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้อ้างอิงและอุปกรณ์ในการถ่ายภาพ หลังจากนั้น ออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด เมื่อได้ค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสมดังกล่าวจึงนำไปใช้งานสำหรับการวัดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัคร โดยวัดสัดส่วนร่างกายจำนวน 20 สัดส่วนกับอาสาสมัครจำนวน 50 คน นำข้อมูลที่ได้จากวัดขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยแท็บเล็ตไปเปรียบเทียบกับการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย แล้วพิจารณาร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

3.1 การออกแบบโปรแกรม

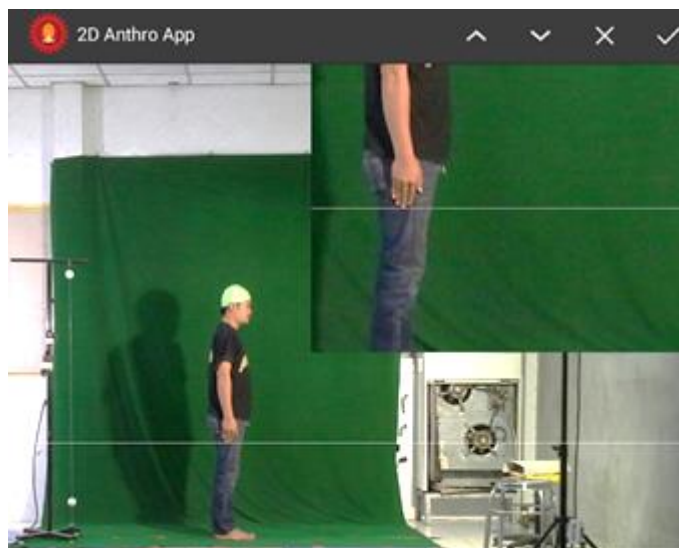
3.1.1 การวิเคราะห์และพัฒนาโปรแกรม

โปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต ได้พัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงโปรแกรมประยุกต์การหาขอบเขตจากภาพถ่ายดิจิทัลแบบ 2 มิติ สำหรับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย (AnthroDIP) ของ ณัฐพล (2552) โดยปรับปรุงหลักการทำงานต่างๆ และเพิ่มคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งานบนแท็บเล็ต เพื่อความสะดวกต่อการใช้งาน ตัวอย่างเช่น หน้าจอแท็บเล็ตมีขนาดเล็ก ดังนั้นในการระบุตำแหน่งหรือขยับตำแหน่งบนภาพที่ต้องการอาจทำได้ไม่สะดวก จึงได้เพิ่มปุ่มเพื่อช่วยในการเลื่อนตำแหน่ง ซึ่งสามารถขยับได้ครั้งละ 1 พิกเซล พร้อมทั้งขยายภาพบริเวณดังกล่าว เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนามีคุณสมบัติดังนี้

1) โปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตสามารถถ่ายภาพ และบันทึกภาพลงบนแท็บเล็ต หรือเมมโมรี่ได้ทันที ซึ่งต่างจากโปรแกรม AnthroDIP ต้องใช้กล้องถ่ายภาพแล้วจึงนำภาพถ่ายนั้น โอนถ่ายเข้าสู่คอมพิวเตอร์

2) ในการระบุพิกัดภายในภาพที่ต้องการวัด สามารถใช้นิ้วหรือปากกาเป็นตัวระบุตำแหน่ง และสามารถเลื่อนตำแหน่งบนภาพได้ที่ละ 1 พิกเซล โดยมีปุ่มที่ช่วยในการเลื่อน และในบริเวณที่ระบุตำแหน่งนั้นจะมีการขยายภาพให้เห็นชัดเจน ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งโปรแกรม AnthroDIP ต้องใช้เมาส์ใน

การระบุตำแหน่งบนภาพ หากต้องการเลื่อนตำแหน่งเพียงแค่ 1 พิกเซล สามารถทำได้ยาก และตำแหน่งที่ระบุบนภาพนั้นไม่สามารถขยายได้



รูปที่ 3.1 การระบุพิกัดบนภาพด้วยโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต

3) สามารถเพิ่มชื่อของรูปแบบที่ใช้การวัด และในแต่ละรูปแบบนั้นผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือลดชื่อสัดส่วนได้ด้วยตัวเอง โดยที่ค่าเริ่มต้นของโปรแกรมนั้นมีชื่อรูปแบบการวัดแบบ Pheasant และชื่อสัดส่วนทั้งสิ้น 36 สัดส่วนให้ ซึ่งในโปรแกรม AnthroDIP นั้นไม่สามารถทำได้

4) เมื่อนำภาพเข้าสู่โปรแกรม สามารถปรับคุณสมบัติของภาพได้ เช่น ความคมชัด (sharpness) ปรับความสว่าง (brightness) หรือหมุนภาพตามองศา

5) การกำหนดมาตราส่วน

- อุปกรณ์ จุดอ้างอิงระยะในการใช้งานโปรแกรม AnthroDIP นั้นเป็นแผ่นวงกลม 2 แผ่น ติดบนเสาอาจมีการเอียงไปจากแนวระนาบ อีกทั้งมุมที่มองจุดอ้างอิงไม่อยู่ในแนวตั้งฉากทำให้วงกลมที่เห็นนั้นมีลักษณะบิดเบี้ยว เช่น อาจมองเห็นเป็นวงรี ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าว จึงใช้วัตถุทรงกลมเป็นวัตถุที่ใช้ในการอ้างอิงระยะ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



(ก) จุดอ้างอิงใน AnthroDIP



(ข) จุดอ้างอิงของงานวิจัยนี้

รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบลักษณะของจุดอ้างอิง

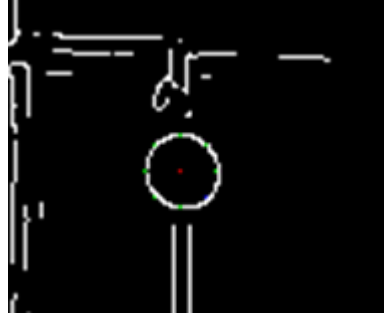
โดยหลักการหาจุดศูนย์กลางของจุดอ้างอิง โปรแกรม AnthroDIP จะใช้หลักการดูดสีของจุดอ้างอิง แล้วจึงหาจุดศูนย์กลางของวงกลมสีนั้น แต่โปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตมีขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางวัตถุทรงกลมดังนี้

- ให้ครอบวัตถุทรงกลมที่ต้องการหาจุดศูนย์กลาง



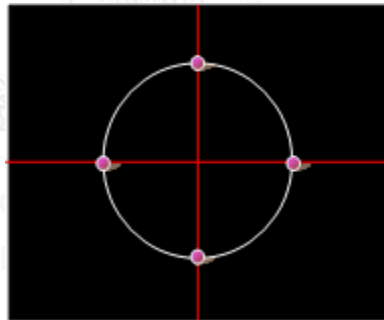
รูปที่ 3.3 วัตถุทรงกลมที่ต้องการหาจุดศูนย์กลาง

- โปรแกรมจะหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่



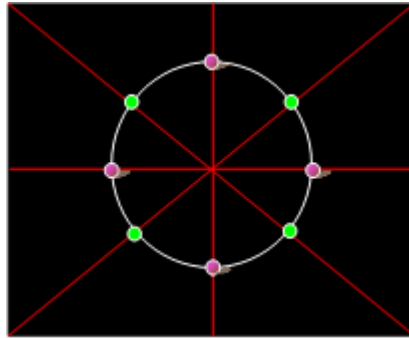
รูปที่ 3.4 การหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่

- โปรแกรมจะค้นหาวงกลม โดยทั่วไปในการวาดวงกลมจะใช้ Circle Drawing Algorithm โดยในขั้นตอนแรกนั้นจะใช้วิธี 4-way symmetry โดยการวาดจุด 4 จุดที่สมมาตรกัน ดังนั้นในการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อหาวงกลมนั้นเราจึงตรวจสอบ 4 จุดที่สมมาตรกันนั้นจุดว่าเป็นสีขาวหรือไม่



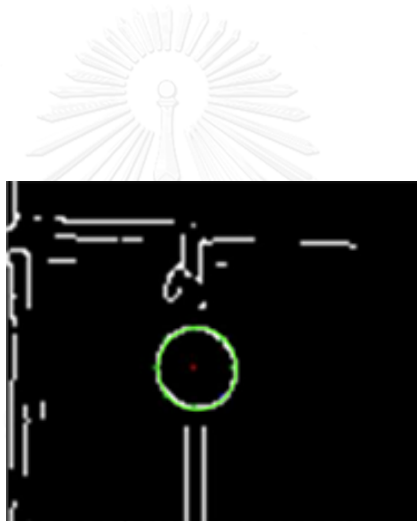
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งจุดสมมาตรทั้ง 4 ของทรงกลม

- ต่อมา Circle Drawing Algorithm จะใช้หลักการ 8-way symmetry โดยวาดจุด 8 จุด ที่สมมาตรกันขึ้นมา ดังนั้นในขั้นต่อมาจึงตรวจสอบ 8 จุดที่สมมาตรกัน ว่าเป็นสีขาวหรือไม่



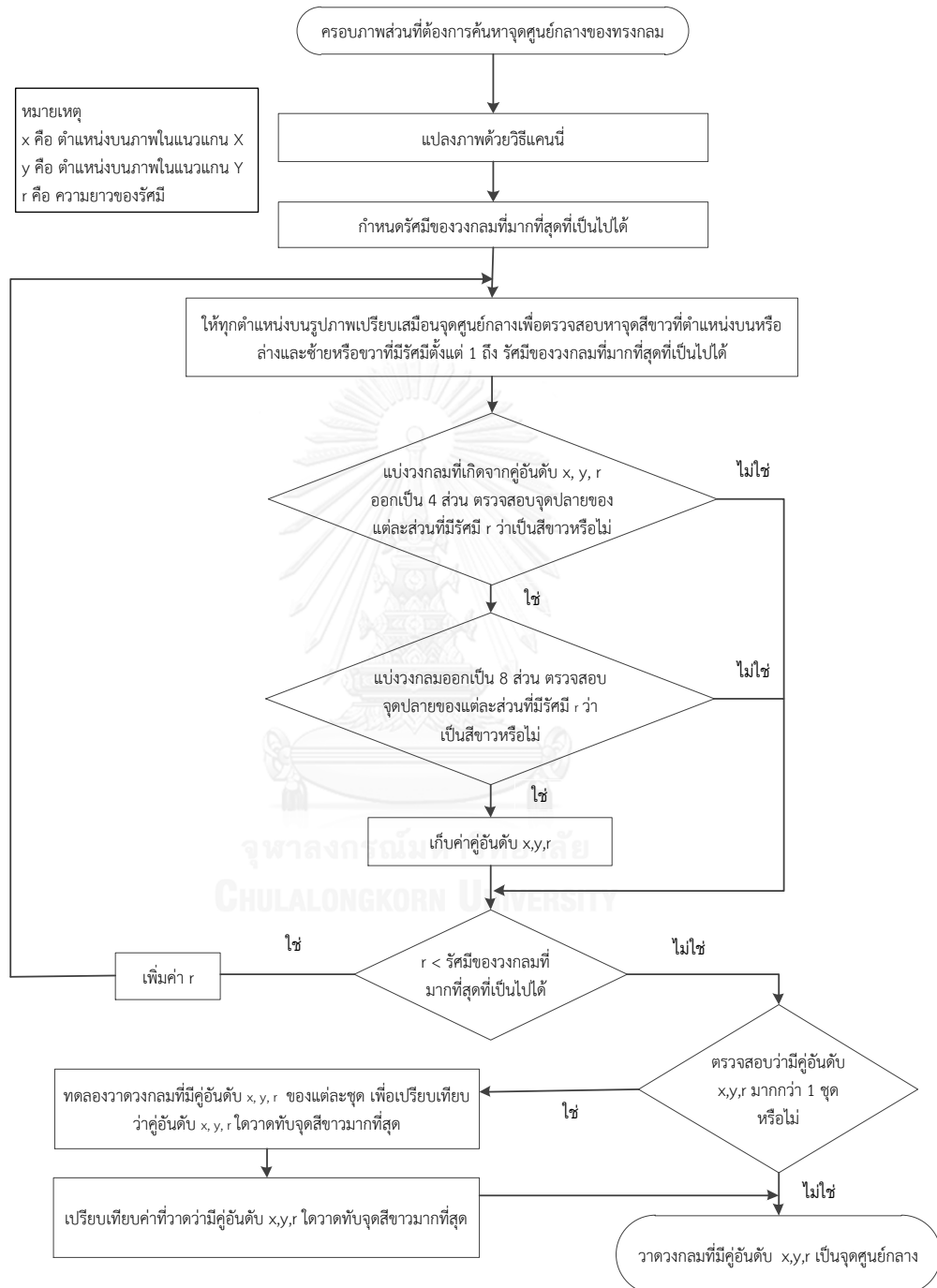
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งจุดสมมาตรทั้ง 8 ของทรงกลม

- ในกรณีที่พบวงกลมมากกว่า 1 วง จะทดลองวาดวงกลม เพื่อนับว่าวงกลมใดมีจำนวนที่วาดทับสีขาวมากที่สุด



รูปที่ 3.7 การตรวจสอบโดยการวาดเส้นทับวงกลม

โดย Algorithm ในการค้นหาจุดศูนย์กลางวงกลม มีขั้นตอนดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางทรงกลม

- การคำนวณหามาตราส่วน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) การหามาตราส่วนอัตโนมัติ โปรแกรม AnthroDIP จะใช้ได้เฉพาะวัตถุอ้างอิงที่มีลักษณะเป็นวงกลมและมีสีชมพูเท่านั้น ดังรูปที่ 3.9 (ก) โดยโปรแกรมจะค้นหาวงกลมสีชมพูทั้งภาพ หลังจากนั้นจะหาจุดศูนย์กลางของวงกลมทั้ง 2 แล้วจึงหาระยะห่างของจุดศูนย์กลาง ดังรูปที่ 3.9(ข) แต่ในงานวิจัยนี้ใช้กับวัตถุอ้างอิงที่มีลักษณะเป็นทรงกลมสีไม่ต้องระบุสี โดยผู้ใช้จะต้องครอบบริเวณจุดอ้างอิงที่เป็นวงกลมที่ละวง เพื่อเป็นการลดการทำงานของหน่วยประมวลผล โปรแกรมจะหาจุดศูนย์กลางและหาระยะห่างของทรงกลมทั้ง 2 ดังรูปที่ 3.9 (ค)



(ก) จุดอ้างอิง



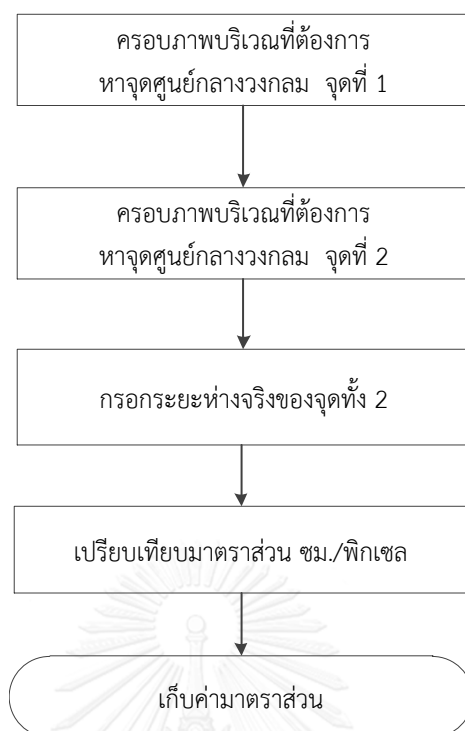
(ข) การหามาตราส่วนอัตโนมัติ
ด้วย AnthroDIP



(ค) การหามาตราส่วนอัตโนมัติ
ด้วยโปรแกรมวัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต

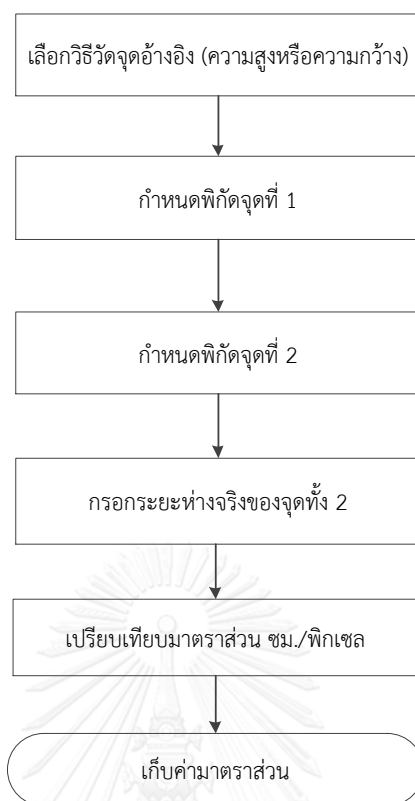
รูปที่ 3.9 เปรียบเทียบการหามาตราส่วนแบบอัตโนมัติ

โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตเพื่อหามาตราส่วนแบบอัตโนมัติ มีขั้นตอนดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การทำงานของโปรแกรมในการหามาตราส่วนแบบอัตโนมัติ

2) การหามาตราส่วนแบบกำหนดเอง โปรแกรม AnthroDIP จะใช้ได้กับเฉพาะวัตถุที่เป็นวงกลมเท่านั้น โดยผู้ใช้งานต้องคลิกวงกลมที่เป็นจุดอ้างอิง โปรแกรมจะดูตีสี และค้นหาวงกลมตามสีดังกล่าว แล้วจึงหาระยะห่างของจุดศูนย์กลางของวงกลมทั้ง 2 แต่โปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ทจะแบ่งตามลักษณะการวัด ได้แก่ วัดตามความสูง วัดตามความกว้าง โดยขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.11 ดังนี้



รูปที่ 3.11 การทำงานของโปรแกรมในการหามาตราส่วนแบบกำหนดเอง

6) การวัดขนาด โดยการทำงานของโปรแกรมจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

- การวัดขนาดกว้างสุดและสูงสุด โปรแกรม AnthroDIP ผู้ใช้จะต้องกำหนดกรอบที่ต้องการหาขนาดสูงสุด โดยการคลิกเพื่อกำหนดกรอบ ดังรูปที่ 3.12 (ก),(ข) หลังจากนั้นโปรแกรมจะตัดภาพเป็นกรอบดังรูปที่ 3.12 (ค) โดยจะเห็นว่ารูปที่ตัดเป็นกรอบขึ้นมาั้นมีลักษณะบวมหรือใหญ่กว่าภาพจริง อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการหาขนาด ต่อจากนั้นผู้ใช้ต้องกดปุ่มเพื่อหาขอบภาพ โปรแกรมจะแปลงภาพภายในกรอบด้วยวิธีแคนนี่ พร้อมทั้งหาระยะห่างของจุดสีขาวที่อยู่ซ้ายสุดขวาสุด และบนสุดล่างสุดดังรูปที่ 3.12 (ง) ซึ่งค่าที่ได้จะมีขนาดสูงสุดและกว้างสุดพร้อมกัน



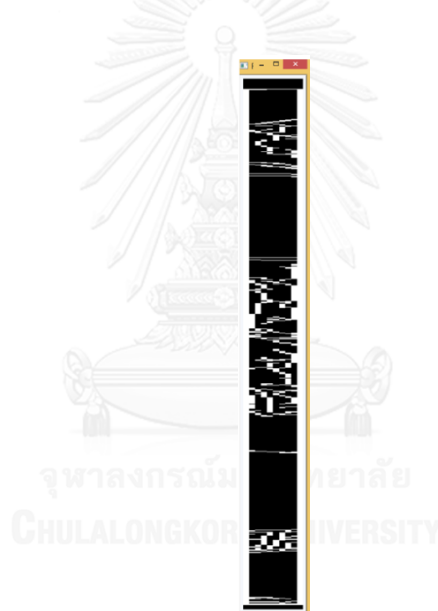
(ก) กำหนดขอบบน



(ข) กำหนดขอบล่าง



(ค) โปรแกรมตัดภาพเป็นกรอบสี่เหลี่ยม



(ง) โปรแกรมแปลงภาพในกรอบด้วยแค่นี้ และหาระยะห่างระหว่างจุดสีขาว บนสุดกับล่างสุดและจุดสีขาวซ้ายสุดกับขวาสุด ภายในกรอบ

รูปที่ 3.12 การวัดขนาดแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม AnthroDIP

ส่วนโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต ผู้ใช้ต้องเลือกว่า จะหาขนาดกว้างสุดหรือสูงสุด แล้วจึงครอบบริเวณที่ต้องการกำหนดกรอบของการค้นหา (Searching Boundary) ดังรูป 3.13 (ข) โปรแกรมจะแปลงภาพภายในกรอบดังกล่าวด้วยวิธีแค่นี้ ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับระดับของแค่นี้เพื่อให้ขอบภาพชัดเจนขึ้นได้ หลังจากนั้นโปรแกรมจะตรวจหาจุดสีขาวจำนวน 2 จุดตามแต่ลักษณะของการวัด หากเป็นขนาดกว้างสุด โปรแกรมจะหาจุดสีขาวที่อยู่ซ้ายสุดและขวาสุด

ของกรอบนั้น ถ้าเป็นขนาดสูงสุดโปรแกรมจะหาจุดสีขาวที่อยู่บนสุดและล่างสุดของกรอบนั้น พร้อมทั้งแสดงภาพขยายเพื่อความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน ดังรูป 3.13 (ค),(ง) หากไม่ใช่ตำแหน่งที่ต้องการผู้ใช้สามารถขยับตำแหน่งดังกล่าวได้ครั้งละ 1 พิกเซล หลังจากนั้นโปรแกรมจะคำนวณความสูงสุดจริงให้อัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.13 (จ)



(ก) ภาพที่ต้องการหา
ขนาดสูงสุด



(ข) กำหนดกรอบการค้นหาโปรแกรม
จะแปลงภาพภายในกรอบด้วยแคนนี่



(ค) โปรแกรมจะหาจุด
สีขาวที่อยู่บนสุด



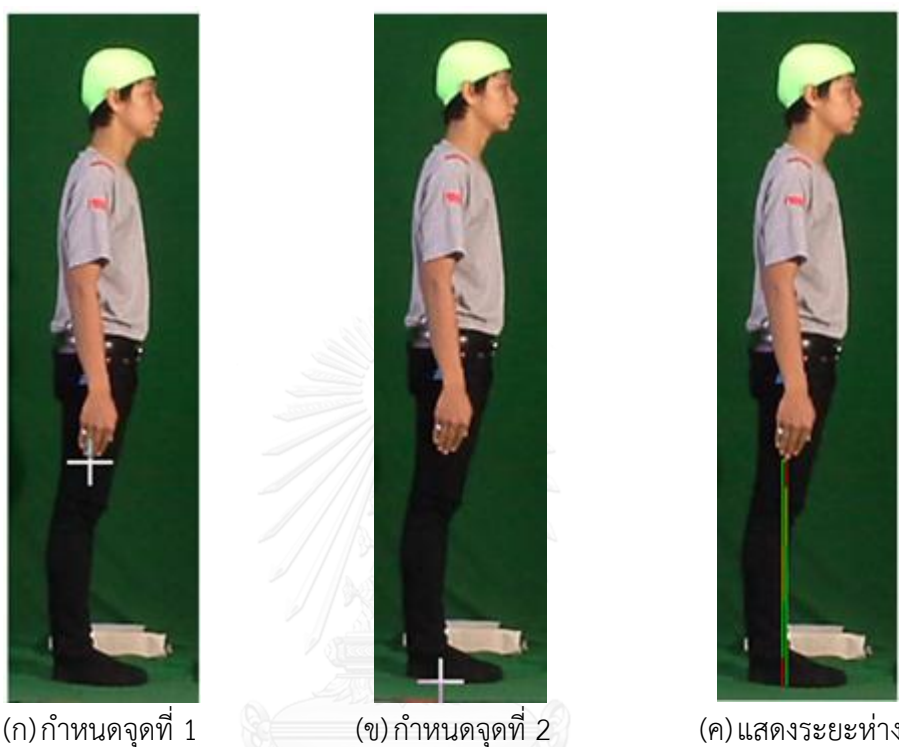
(ง) โปรแกรมจะหาจุดสีขาวที่อยู่ล่างสุด



(จ) โปรแกรมแสดงค่าความสูงจริงที่วัดได้

รูปที่ 3.13 การวัดขนาดแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมวัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต

- การวัดขนาดสัดส่วนที่สนใจ สามารถเลือกวัดตามความสูงหรือความกว้าง โดยโปรแกรม AnthroDIP ผู้ใช้ต้องคลิกจุด 2 จุด ดังรูปที่ 3.14 (ก),(ข) หลังจากนั้นโปรแกรมจะหา ระยะห่างของทั้ง 2 จุด ดังรูปที่ 3.14 (ค)



รูปที่ 3.14 การวัดขนาดแบบวัดด้วยตนเองด้วยโปรแกรม AnthroDIP

ส่วนโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเลต ผู้ใช้จะต้องเลื่อนเส้น 2 เส้น ดังรูปที่ 3.15 (ก),(ข) โดยที่เมื่อเลื่อนไปที่ตำแหน่งที่ต้องการแล้วนั้นโปรแกรมจะแสดงภาพขยายตรงบริเวณดังกล่าว หากไม่ใช่ตำแหน่งที่ต้องการผู้ใช้สามารถขยับตำแหน่งดังกล่าวได้ที่ละ 1 พิกเซล หลังจากนั้นโปรแกรมคำนวณระยะห่างจริงของทั้ง 2 จุด ดังรูปที่ 3.15 (ค)



(ก) กำหนดจุดที่ 1



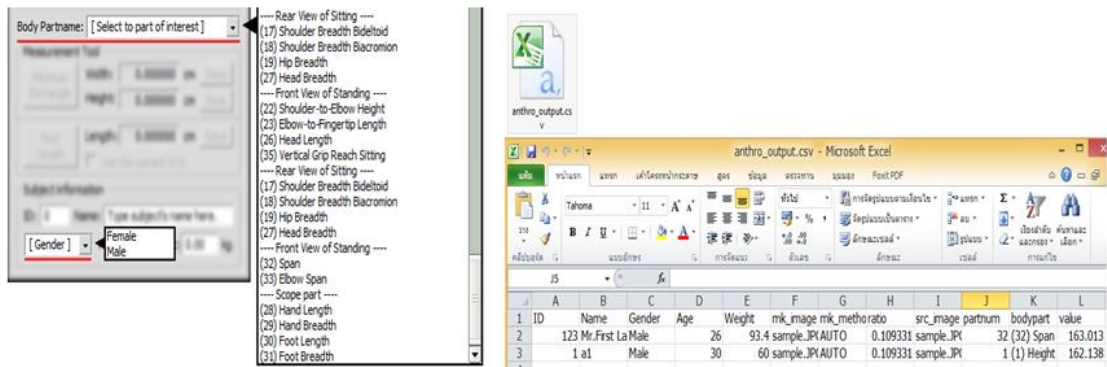
(ข) กำหนดจุดที่ 2



(ค) แสดงระยะห่าง

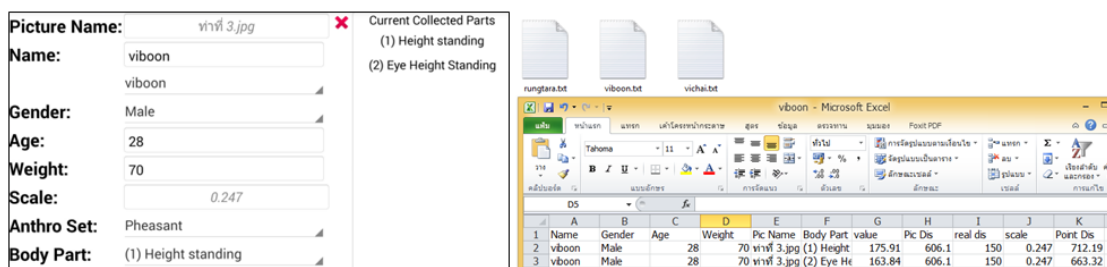
รูปที่ 3.15 การวัดขนาดแบบวัดด้วยตนเองด้วยโปรแกรมวัดขนาดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต

7) การบันทึกข้อมูล โปรแกรม AnthroDIP ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ชื่อ อายุ น้ำหนัก เป็นต้น หลังจากนั้นเลือกชื่อสัดส่วนที่จะบันทึก โปรแกรมจะบันทึกไฟล์ในรูปแบบ CSV โดยจะบันทึกรายละเอียดของทุกอาสาสมัครไว้ในไฟล์เดียว ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การบันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรม AnthroDIP

ส่วนโปรแกรมวัดขนาดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลส่วนบุคคล เลือกชื่อของรูปแบบสัดส่วนที่วัด เลือกสัดส่วนที่วัด แล้วจึงบันทึกไฟล์ในรูปแบบไฟล์ TEXT ซึ่งสามารถนำไปเข้าโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณทางสถิติได้ โดยไฟล์ที่ถูกบันทึกนั้นจะแยกบันทึกตามชื่อของอาสาสมัคร เมื่อบันทึกข้อมูลของอาสาสมัครไว้แล้ว หากกลับมาใช้งานโปรแกรมวัดสัดส่วนใหม่ ไม่จำเป็นต้องกรอกข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัครซ้ำ เพียงเลือกรายชื่อของอาสาสมัครเท่านั้น และโปรแกรมจะแสดงรายชื่อสัดส่วนที่เคยบันทึกไปแล้ว ดังรูปที่ 3.17



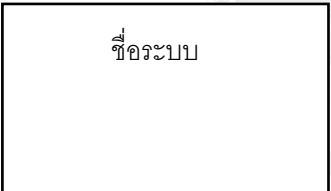

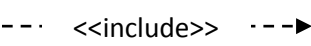


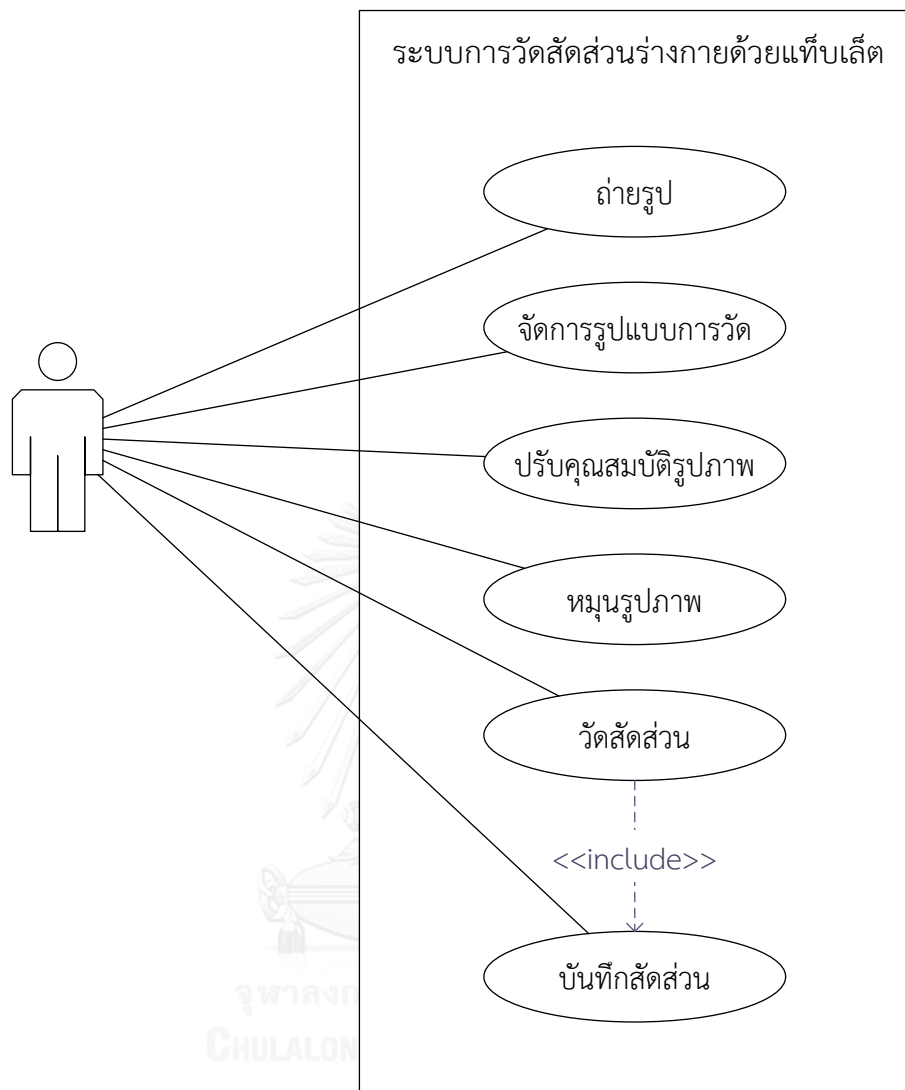
รูปที่ 3.17 การบันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต

3.1.2 การออกแบบกระบวนการการทำงานของโปรแกรม

1) แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) เป็นแผนภาพเพื่อแสดงฟังก์ชันการทำงานของระบบโดยรวมมีส่วนประกอบอะไรบ้าง และมีกิจกรรมใดบ้างที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งส่วนประกอบและการนำไปใช้งานของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนแผนภาพยูสเคส ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์ของแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
1. 	ยูสเคส (Use Case) แทนด้วยวงรี หมายถึงหน้าที่หรืองานต่างๆในระบบหรือสิ่งที่ระบบต้องทำในมุมมองของผู้ใช้งาน
2. 	แอ็คเตอร์ (Actor) แทนด้วยสัญลักษณ์รูปคน หมายถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ
3. 	ซิสเต็มบาวดารี (System Boundary) แทนด้วยสัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยม หมายถึงขอบเขตระหว่างระบบกับแอ็คเตอร์
4. 	แอสโซซิเอชัน (Association) แทนด้วยเส้นตรง หมายถึงการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่าง ยูสเคส กับ แอ็คเตอร์
5. 	อินคูด (Include) แทนด้วยเส้นประที่มีหัวลูกศรชี้ไปยัง ยูสเคส ที่ถูกเรียกใช้งาน มีคำว่า <<include>> กำกับ หมายถึงการที่ ยูสเคส หนึ่งเรียกใช้งานอีก ยูสเคสหนึ่ง



รูปที่ 3.18 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ระบบรูปแบบของการวัด

2) คำอธิบายยูสเคส (Use Case Description) จากแผนภาพยูสเคส สามารถอธิบายการทำงานของแต่ละยูสเคสได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 คำอธิบายยูสเคส (Use Case Description)

Use Case Name :	ชื่อของยูสเคส
Actor :	ชื่อของผู้แสดง ที่มีความสัมพันธ์ในยูสเคส
Description :	คำอธิบายของยูสเคส
Normal Course :	การทำงานของยูสเคส
Precondition :	เงื่อนไขหรือสิ่งที่ต้องทำก่อนที่จะเกิดยูสเคส
Post-condition :	สิ่งที่เกิดขึ้น หลังจากทำยูสเคสเสร็จสิ้นแล้ว

ตารางที่ 3.3 คำอธิบายฟังก์ชันการถ่ายรูป

Use Case Name :	ถ่ายรูป
Actor :	ผู้ใช้ทั่วไป
Description:	ผู้ใช้สามารถถ่ายรูปและบันทึกรูปถ่าย
Normal Course :	<ol style="list-style-type: none"> 1. เลือกเมนูกล้องถ่ายรูปจากหน้าจอหลัก 2. เลือกโหมดการถ่ายรูป โดยมีสามารถถ่ายรูปภาพได้ 2 โหมด <ul style="list-style-type: none"> - โหมดปกติ - โหมดการหาขอบภาพ 3. กดปุ่มเมนูถ่ายรูป เพื่อบันทึกรูปภาพ
Precondition :	เข้าสู่ Application
Post-condition :	บันทึกรูปภาพที่ถ่ายลงในเครื่อง

ตารางที่ 3.4 คำอธิบายฟังก์ชันการจัดการรูปแบบการวัด

Use Case Name :	จัดการรูปแบบการวัด
Actor :	ผู้ใช้ทั่วไป
Description :	ผู้ใช้สามารถ เพิ่ม/ลบ สัดส่วน
Normal Course :	<p>เลือกเมนูจัดการสัดส่วนจากหน้าจอหลัก</p> <p>- การเพิ่ม</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. เพิ่มชื่อรูปแบบการวัด 2. เลือกชื่อรูปแบบการวัดที่ต้องการเพิ่มสัดส่วน 3. เพิ่มชื่อสัดส่วน <p>- การลบ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. เลือกชื่อสัดส่วนที่ต้องการลบ 2. เลือกเมนู ลบ 3. ยืนยันการลบชื่อสัดส่วน 3. เลือกชื่อรูปแบบการวัดที่ต้องการลบค้างไว้ 3 วินาที 4. ยืนยันการลบชื่อรูปแบบการวัด
Precondition :	ข้อมูลชื่อรูปแบบการวัดและชื่อสัดส่วน , เข้าสู่ Application
Post-condition :	บันทึกชื่อรูปแบบการวัดและชื่อสัดส่วน

ตารางที่ 3.5 คำอธิบายฟังก์ชันการปรับคุณสมบัติรูปภาพ

Use Case Name :	ปรับคุณสมบัติรูปภาพ
Actor :	ผู้ใช้ทั่วไป
Description :	ผู้ใช้สามารถปรับคุณสมบัติรูปภาพ
Normal Course :	<ol style="list-style-type: none"> 1. เลือกเมนู นำเข้ารูปภาพ จากหน้าจอหลัก 2. เลือกเมนู ปรับคุณสมบัติรูปภาพ 3. เลือกเมนู Choose filter 4. เลือกเมนู Contrast, Brightness หรือ Sharpness 5. ปรับค่า Contrast, Brightness หรือ Sharpness 6. กดปุ่ม บันทึก
Precondition :	เข้าสู่ Application
Post-condition :	บันทึกรูปที่ปรับคุณสมบัติแล้ว

ตารางที่ 3.6 คำอธิบายฟังก์ชันการหมุนรูปภาพ

Use Case Name :	หมุนรูปภาพ
Actor :	ผู้ใช้ทั่วไป
Description :	ผู้ใช้สามารถหมุนรูปภาพ
Normal Course :	<ol style="list-style-type: none"> 1. เลือกเมนู นำเข้ารูปภาพ จากหน้าจอหลัก 2. เลือกเมนู หมุนรูปภาพ ซ้าย (left) หรือ ขวา (right) 3. ระบุค่าองศาที่ต้องการหมุนรูปภาพ
Precondition :	เข้าสู่ Application
Post-condition :	บันทึกรูปที่หมุน

ตารางที่ 3.7 คำอธิบายฟังก์ชันการวัดสัดส่วนร่างกาย


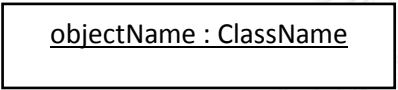
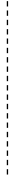

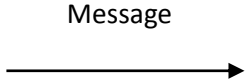
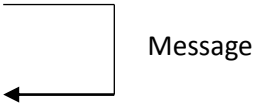
Use Case Name :	วัดสัดส่วน
Actor :	ผู้ใช้ทั่วไป
Description :	ผู้ใช้สามารถวัดสัดส่วน
Normal Course :	<ol style="list-style-type: none"> 1. เลือกเมนู นำเข้ารูปภาพ จากหน้าจอหลัก 2. เลือกเมนู หามาตราส่วน 3. กำหนดจุดอ้างอิง 4. ระบุค่าระยะห่างจริงของจุดอ้างอิง 5. เลือกเมนู วัดสัดส่วน 6. กำหนดพิกัดที่ต้องการวัดสัดส่วน
Precondition :	เข้าสู่ Application
Post-condition :	แสดงค่าที่วัดได้

ตารางที่ 3.8 คำอธิบายฟังก์ชันบันทึกสัดส่วน

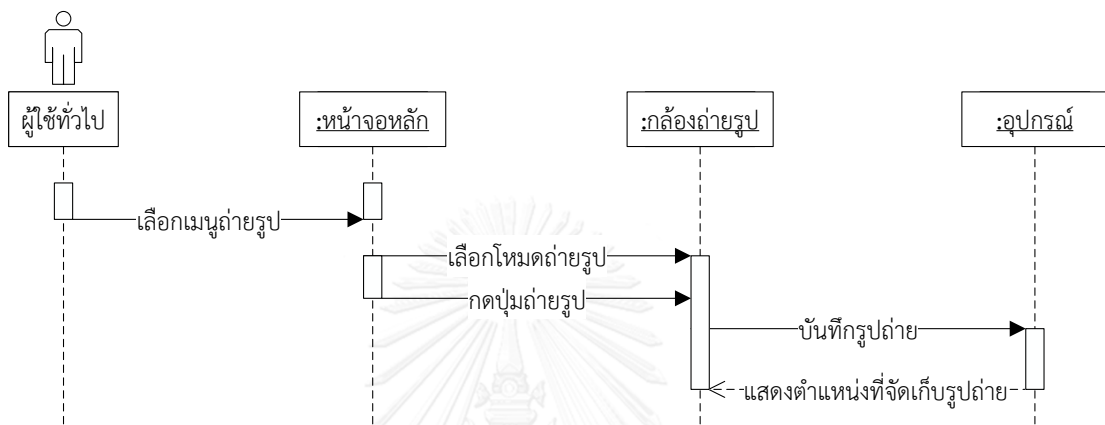
Use Case Name :	บันทึกสัดส่วน
Actor :	ผู้ใช้ทั่วไป
Description :	ผู้ใช้สามารถบันทึกสัดส่วน
Normal Course :	เมื่อผู้ใช้วัดสัดส่วนเสร็จแล้ว 1. เลือกเมนู บันทึก จากหน้าจอการวัดสัดส่วน 2. กรอกชื่อ, เพศ, อายุ, น้ำหนัก เลือกชื่อรูปแบบการวัด, ชื่อสัดส่วน 3. กดปุ่ม บันทึก
Precondition :	วัดสัดส่วน
Post-condition :	บันทึกข้อมูลการวัดสัดส่วนเป็น Text File ลงในเครื่อง

3) แบบจำลองลำดับเหตุการณ์ของระบบ (Sequence Diagram)

ตารางที่ 3.9 สัญลักษณ์ของแบบจำลองลำดับเหตุการณ์ของระบบ (Sequence Diagram)

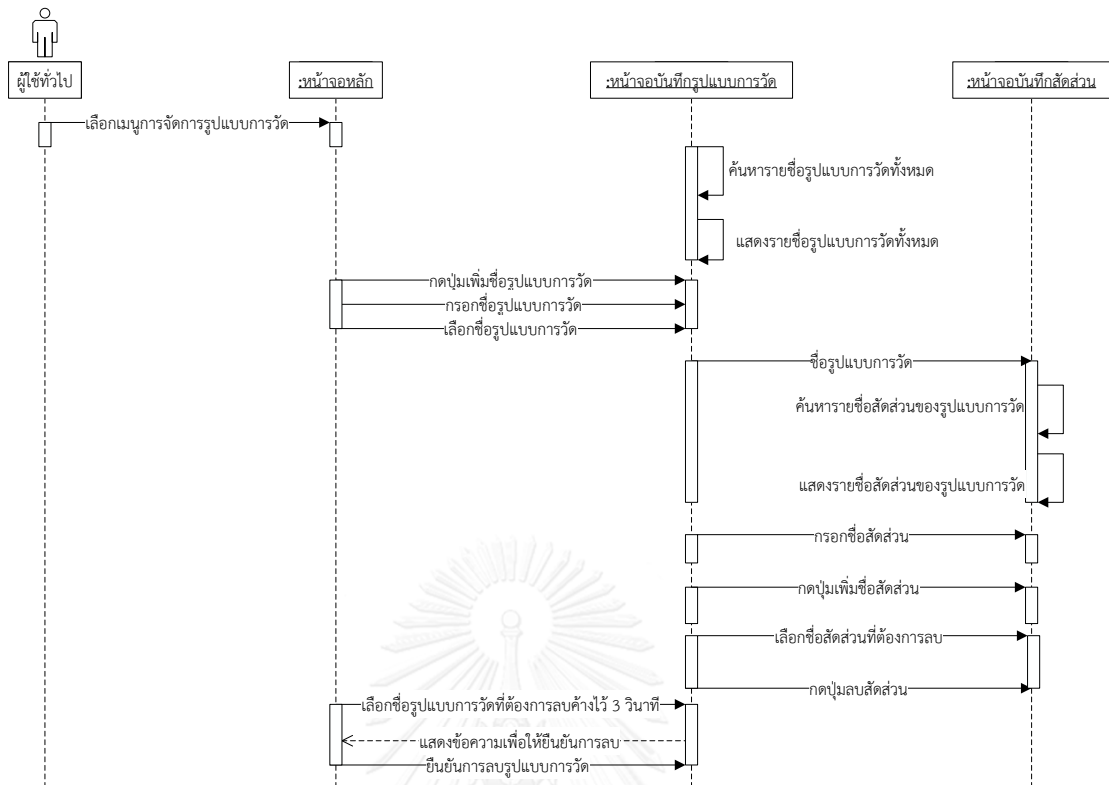
สัญลักษณ์	คำอธิบาย
1. 	แอ็คเตอร์ (Actor) แทนด้วยสัญลักษณ์รูปคน หมายถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ
2. 	อ็อบเจกต์ (Object) แทนด้วยสัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยม หมายถึงทำหน้าที่ตอบสนองระบบกับแอ็คเตอร์
3. 	ไลฟ์ไลน์ (Lifeline) แทนด้วยเส้นตรงรอยประ หมายถึง เส้นแสดงอ็อบเจกต์หรือคลาส (ClassName)
4. 	แอคทิเวชัน (Activation) แทนด้วยสี่เหลี่ยมผืนผ้า หมายถึงจุดเริ่มต้นแต่จุดสิ้นสุดของแต่ละกิจกรรมในระหว่างที่มีชีวิตอยู่
5. 	แมสเสจ (Message) แทนด้วยเส้นตรงปลายลูกศร หมายถึง คำสั่งหรือฟังก์ชันที่อ็อบเจกต์หนึ่งส่งให้อ็อบเจกต์หนึ่ง ซึ่งสามารถส่งกลับได้ด้วย
6. 	คอลแบ็ค (Callback) แทนด้วยเส้นปลายลูกศรวนกลับ หมายถึง การประมวลผลและคืนค่าที่ได้ภายในที่อ็อบเจกต์เดียวกัน

ก) แบบจำลองลำดับเหตุการณ์ที่ 1 ผู้ใช้งานเลือกเมนูถ่ายรูป จากเมนูหลักของโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงการทำงานของกล้องถ่ายรูป เริ่มต้นโปรแกรมเปิดกล้องถ่ายรูปโหมดปกติ ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม เปิด/ปิด การหาขอบภาพ เพื่อเปลี่ยนโหมดการถ่ายรูปเป็นการหาขอบภาพ จากนั้นกดปุ่มถ่ายรูป โปรแกรมจะบันทึกรูปที่ถ่ายและแสดงตำแหน่งที่จัดเก็บเก็บรูปถ่าย ดังรูปที่ 3.19



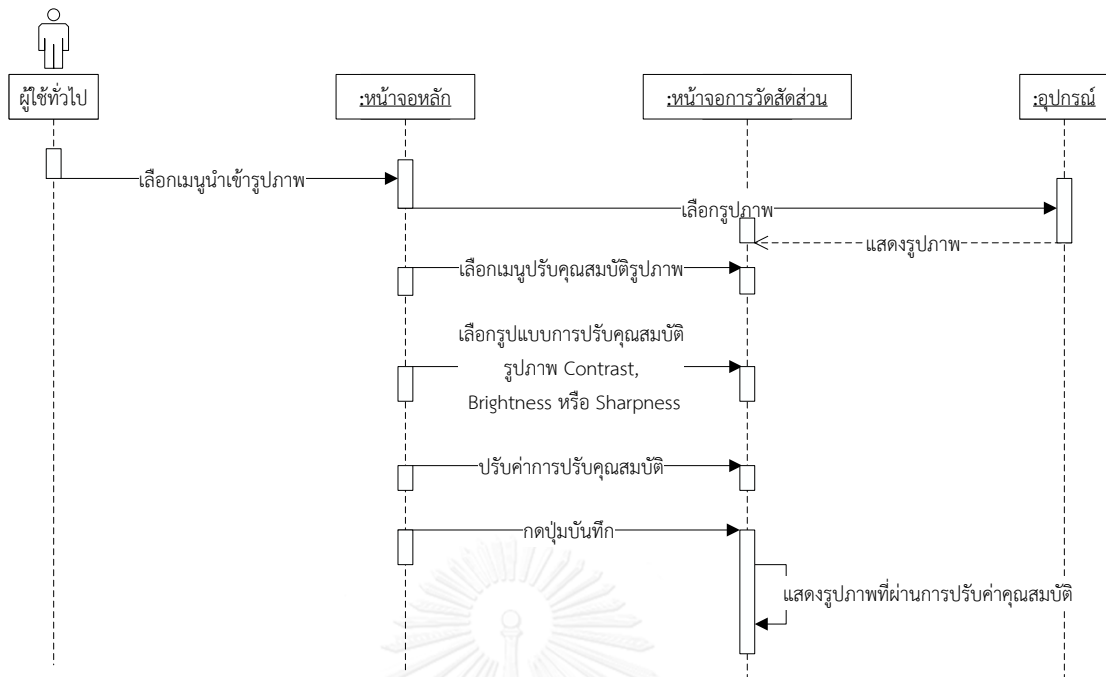
รูปที่ 3.19 Sequence Diagram การถ่ายรูป

ข) แบบจำลองลำดับเหตุการณ์ที่ 2 ผู้ใช้งานเลือกเมนูจัดการรูปแบบการวัดจากเมนูหลักของโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงรายชื่อรูปแบบการวัดทั้งหมด ผู้ใช้สามารถเพิ่มชื่อรูปแบบการวัด หรือจัดการชื่อสัดส่วนในชื่อรูปแบบการวัดที่มีอยู่แล้ว เมื่อผู้ใช้เลือกชื่อรูปแบบการวัดที่ต้องการจัดการ โปรแกรมจะแสดงรายชื่อสัดส่วน ผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือลบชื่อสัดส่วนภายในชื่อรูปแบบการวัดได้ ในการลบชื่อรูปแบบการวัดนั้นผู้ใช้สามารถลบได้โดยการกดที่ชื่อรูปแบบการวัดค้างไว้ โปรแกรมจะแสดงข้อความเพื่อยืนยันการลบ ดังรูปที่ 3.20



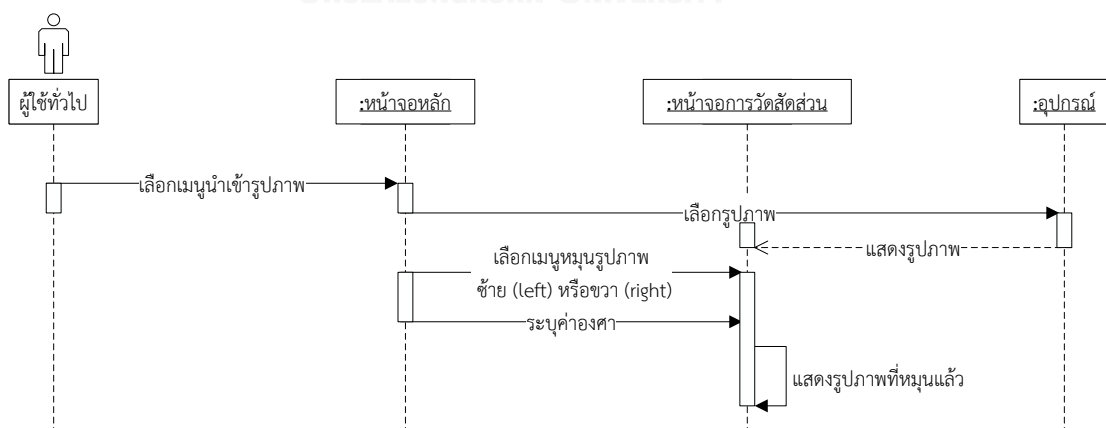
รูปที่ 3.20 Sequence Diagram การจัดการรูปแบบการวัด

ค) แบบจำลองลำดับเหตุการณ์ที่ 3 ผู้ใช้งานเลือกเมนูนำเข้าสู่รูปภาพจากเมนูหลักของโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงรูปภาพในคลังรูปภาพเพื่อให้ผู้ใช้เลือกภาพที่ต้องการ จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือกปรับคุณสมบัติของภาพได้ตามต้องการโดยเลือกเมนูการปรับคุณสมบัติของภาพและรูปแบบการปรับคุณสมบัติ เมื่อปรับค่าคุณสมบัติแล้วผู้ใช้กดปุ่มบันทึกโปรแกรมจะแสดงรูปภาพที่ผ่านการปรับคุณสมบัติ ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 Sequence Diagram การปรับคุณสมบัติรูปภาพ

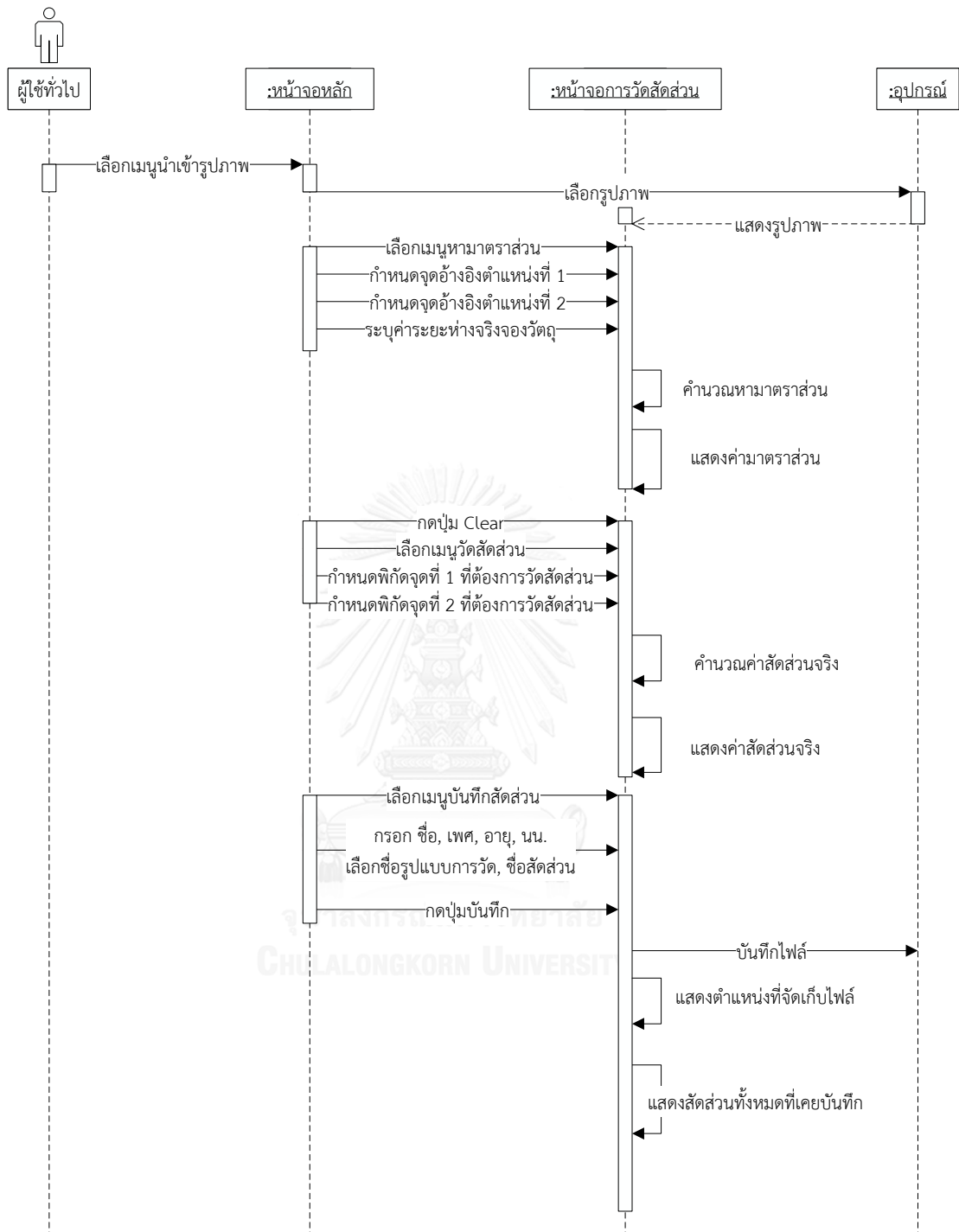
ง) แบบจำลองลำดับเหตุการณ์ที่ 4 ผู้ใช้งานเลือกเมนูนำเข้าสู่รูปภาพจากเมนูหลักของโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงรูปภาพในคลังรูปภาพเพื่อให้ผู้ใช้เลือกภาพที่ต้องการ ผู้ใช้สามารถเลือกลักษณะการหมุนภาพทางซ้ายหรือทางขวา และเมื่อระบุงศาที่ต้องการหมุนแล้ว โปรแกรมจะแสดงรูปภาพที่หมุนแล้ว ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 Sequence Diagram การหมุนรูปภาพ

จ) แบบจำลองลำดับเหตุการณ์ที่ 5 ผู้ใช้งานเลือกเมนูนำเข้าสู่รูปภาพจากเมนูหลักของโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงรูปภาพในคลังรูปภาพเพื่อให้ผู้ใช้เลือกภาพที่ต้องการ ผู้ใช้สามารถหามาตราส่วนโดยกำหนดจุดอ้างอิง 2 จุด พร้อมกรอกราคาระยะห่างจริงของจุดทั้ง 2 โปรแกรมจะคำนวณและแสดงผลค่ามาตราส่วน ผู้ใช้กดปุ่มล้างภาพเพื่อให้ภาพเป็นภาพเริ่มต้นแต่ค่ามาตราส่วนที่คำนวณได้จะถูกเก็บไว้ ผู้ใช้เลือกเมนูวัดสัดส่วนหลังจากนั้นกำหนดจุด 2 จุดบนสัดส่วนที่ต้องการทราบระยะห่าง โปรแกรมจะคำนวณและแสดงผลค่าสัดส่วนจริง ผู้ใช้เลือกเมนูบันทึกสัดส่วน และกรอกข้อมูล เมื่อกดปุ่มบันทึกโปรแกรมจะบันทึกไฟล์พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งของของไฟล์ที่บันทึกและแสดงชื่อสัดส่วนที่เคยบันทึก ดังรูปที่ 3.23

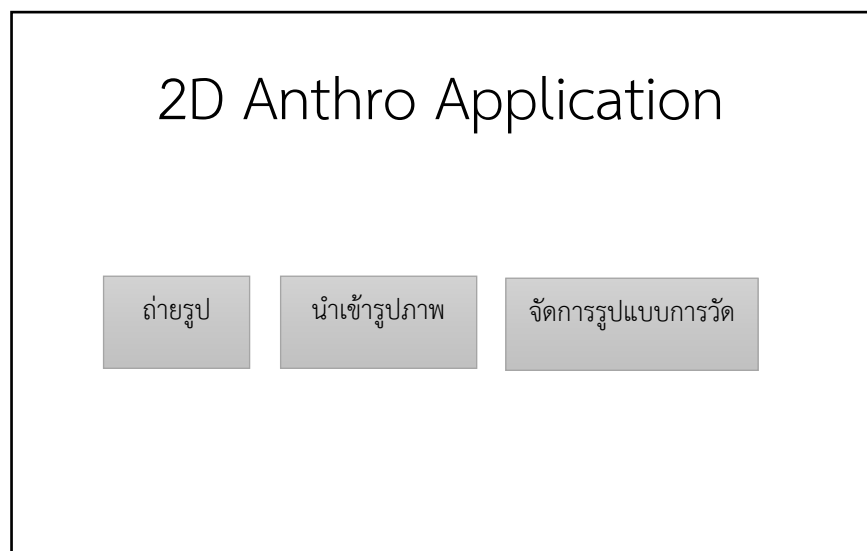




รูปที่ 3.23 Sequence Diagram การวัดสัดส่วน

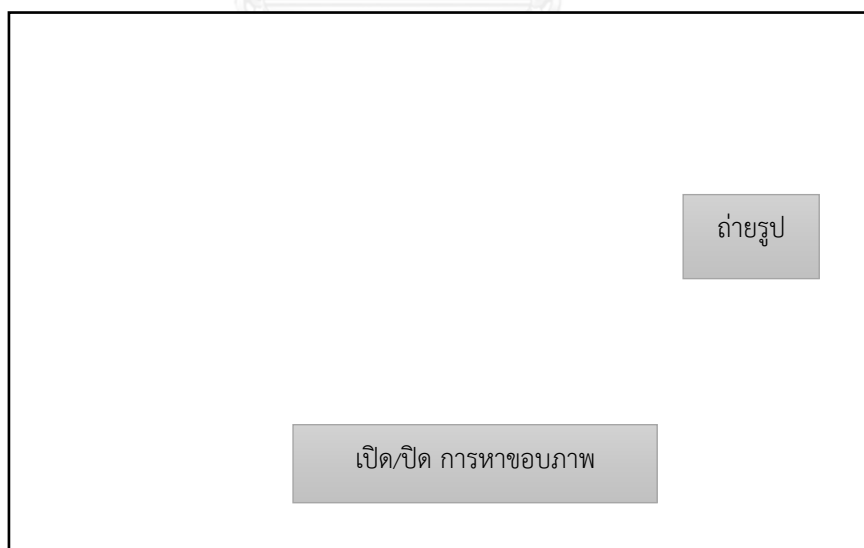
3.1.3 การออกแบบหน้าจอผู้ใช้งาน

ส่วนของหน้าหลัก เมื่อเปิดโปรแกรม ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 หน้าจอเมนูหลักของโปรแกรม

ส่วนของหน้าจอถ่ายรูป ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 หน้าจอถ่ายรูป

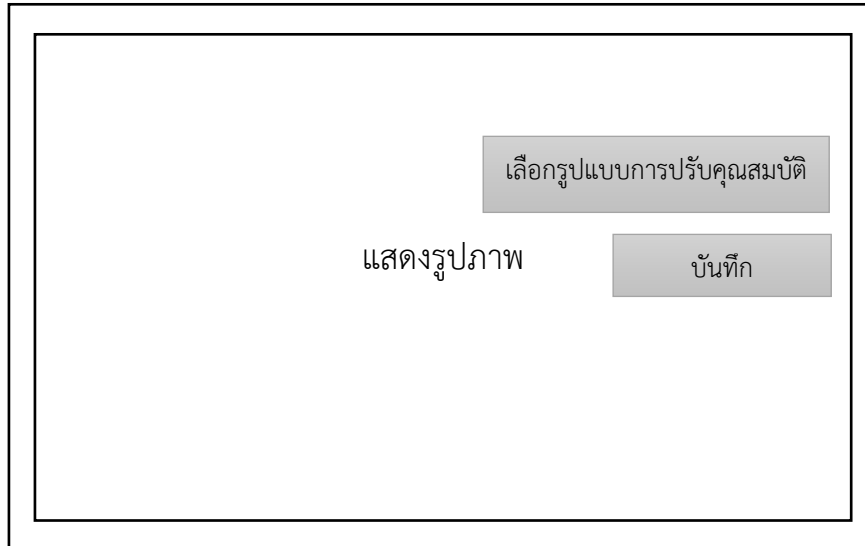
ส่วนของหน้าจอการวัดสัดส่วน ดังรูปที่ 3.26 โดยมีชื่อเมนูการทำงานของแต่ละปุ่ม ดังนี้

- 1 ปรับคุณสมบัติรูปภาพ
- 2 การหามาตราส่วน
- 3 การหาขอบภาพ
- 4 วัดสัดส่วน
- 5 บันทึกสัดส่วน
- 6 ล้างภาพ
- 7 หมุนรูปภาพ



รูปที่ 3.26 หน้าจอการวัดสัดส่วน

ส่วนของหน้าจอการปรับคุณสมบัติรูปภาพ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 หน้าจอการปรับคุณสมบัติรูปภาพ

ส่วนของหน้าจอจัดการชื่อรูปแบบการวัด ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 หน้าจอการบันทึกชื่อรูปแบบการวัด

ส่วนของหน้าจอดีการซื้อสัดส่วน ดังรูปที่ 3.29

รูปแบบการวัด 1

ชื่อสัดส่วนที่ 1

ชื่อสัดส่วนที่ 2

ชื่อสัดส่วนที่ 3

เลือกทั้งหมดเพื่อลบ

กรอกชื่อสัดส่วน

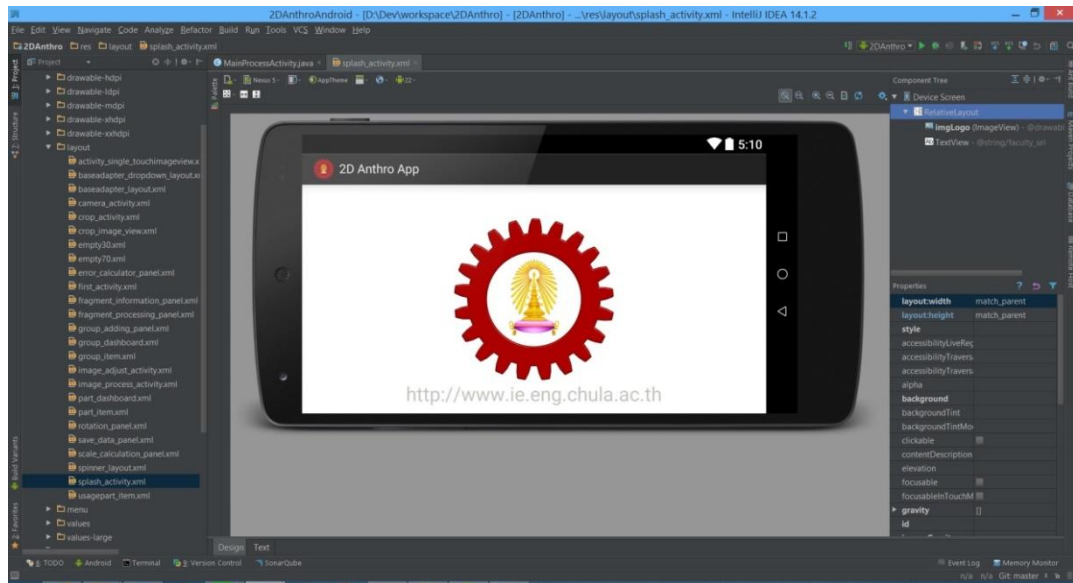
เพิ่ม

ลบ

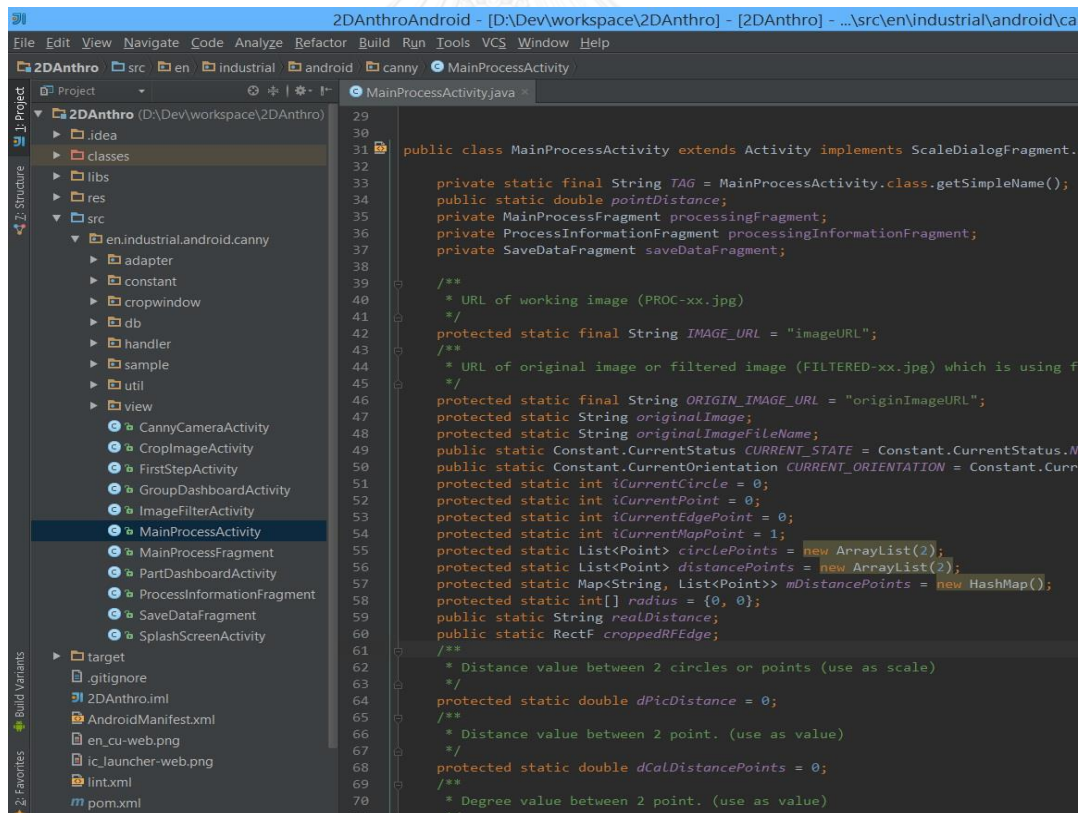
รูปที่ 3.29 หน้าจอการบันทึกชื่อสัดส่วน

3.1.4 การเขียนโปรแกรม

โปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต ออกแบบมาเพื่อให้สามารถใช้งานได้บนอุปกรณ์ที่รองรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เหตุผลที่ผู้พัฒนาโปรแกรมเลือกพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เนื่องจากเครื่องมือ, แพลตฟอร์ม, เฟรมเวิร์ค ฯลฯ เป็นทรัพยากรของการสร้างโปรแกรมไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย โดยเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม คือ IntelliJ IDEA และ Android SDK มีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลโดยใช้ภาษา Java และใช้ SQLite เป็นฐานข้อมูล ดังรูปที่ 3.30-3.31

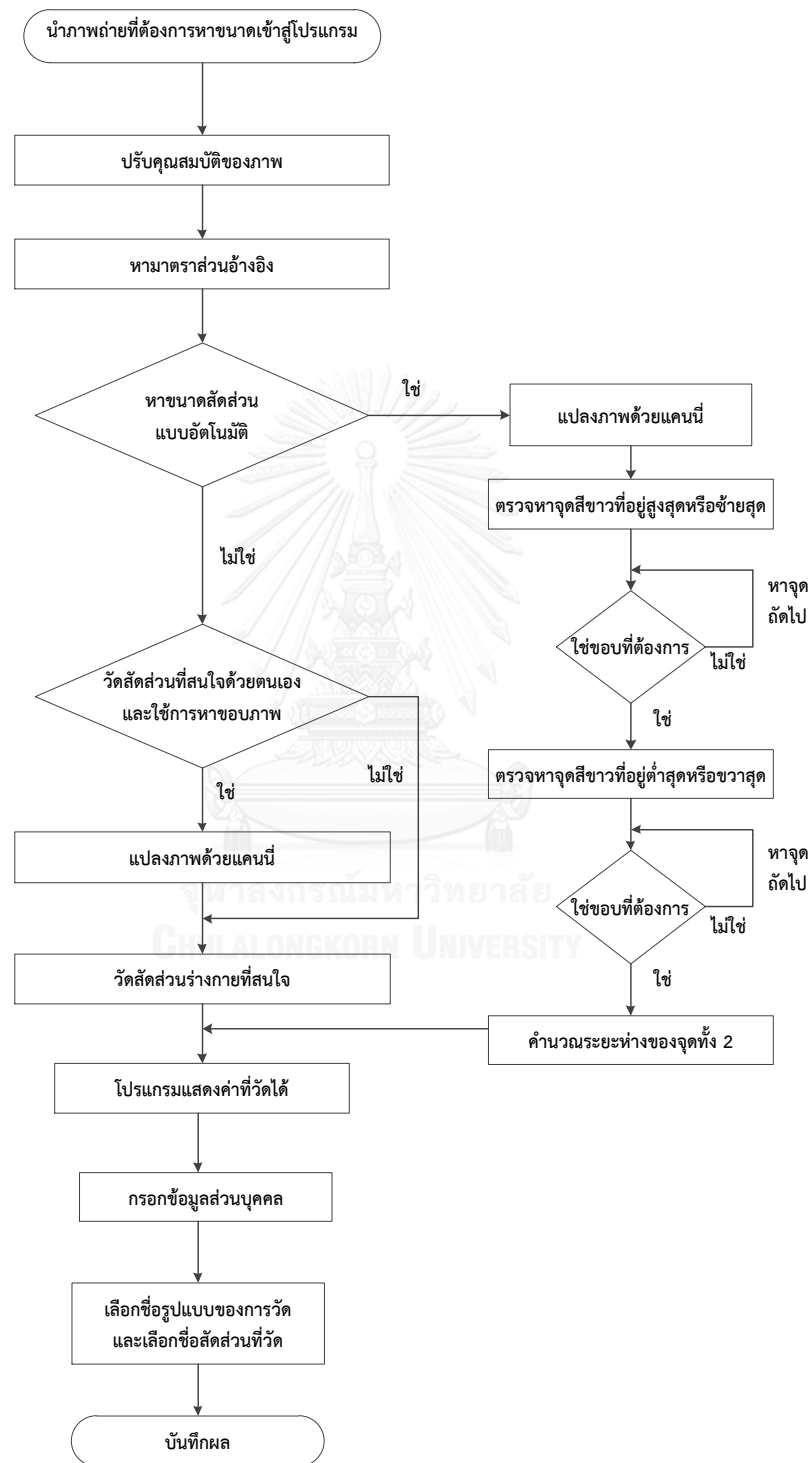


รูปที่ 3.30 ลักษณะหน้าจอโปรแกรม IntelliJ IDEA



รูปที่ 3.31 ลักษณะหน้าจอการเขียนโปรแกรมด้วย IntelliJ IDEA

จากขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมสามารถสรุปเป็นภาพรวมการทำงานของโปรแกรม ได้ดัง
รูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 ภาพรวมการทำงานของโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายแบบ Lafayette's Anthropometer

ใช้สำหรับวัดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัคร ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายแบบ Lafayette's Anthropometer

3.2.2 แท็บเล็ต (Tablet)

แท็บเล็ตยี่ห้อ Samsung Galaxy Note 10.1 รุ่นปี 2012 ความละเอียดของกล้อง 5 ล้านพิกเซล ขนาดภาพ 2,560x 1,920 พิกเซล ใช้สำหรับถ่ายรูปและวัดขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยโปรแกรมบนแท็บเล็ต ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 แท็บเล็ต (Tablet) ยี่ห้อ Samsung Galaxy Note 10.1

3.2.3 เก้าอี้ที่สามารถปรับระดับความสูงได้

ใช้สำหรับให้อาสาสมัครนั่ง เพื่อวัดสัดส่วนร่างกายในท่านั่ง ดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 เก้าอี้ที่สามารถปรับระดับความสูงได้

3.2.4 ฉากหลัง

ฉากหลังเป็นผ้าสักหลาด พื้นสีเขียว ขนาด 2.5 x 3 เมตร ที่มีความทึบแสง เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนของสัดส่วนร่างกายและฉากหลัง ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 ฉากหลัง

3.2.5 หมวกคลุมผม

ใช้สำหรับคลุมผมอาสาสมัครเพื่อลดความผิดพลาดในการวัดเนื่องจากความหนาของเส้นผม ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 หมวกคลุมผม

3.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง

เป็นวัตถุทรงกลมสีขาว 2 ลูกขนาดเท่ากัน มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 5.4 เซนติเมตร โดยร้อยไว้กับเส้นเอ็นและมีลูกดิ่งถ่วงน้ำหนักอยู่ด้านล่าง เพื่อให้แนวของเส้นเอ็นตั้งฉากกับพื้น โดยที่จุดกึ่งกลางของวัตถุทรงกลมทั้งสองอยู่ห่างกันเป็นระยะ 150 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง

3.2.7 ชุดสปอร์ตไลท์ที่สามารถปรับระดับความสว่างได้

มีขนาดของสปอร์ตไลท์ 1000 วัตต์ ดังรูปที่ 3.39 โดยประกอบไปด้วย

1. ขาตั้ง ใช้สำหรับเป็นแท่นวางสปอร์ตไลท์และสามารถปรับความสูงได้
2. โคมสปอร์ตไลท์พร้อมหลอดไฟ
3. ดิมเมอร์ ใช้สำหรับปรับความเข้มแสงสว่างของสปอร์ตไลท์
4. เบรกเกอร์ ใช้สำหรับปิดเปิดสปอร์ตไลท์
5. ถุงมือ ใช้สำหรับจับโคมสปอร์ตไลท์เพื่อปรับทิศทาง



รูปที่ 3.39 ชุดสปอร์ตไลท์ที่สามารถปรับระดับความสว่างได้

3.2.8 อุปกรณ์วัดปริมาณความเข้มแสงสว่าง (Lux Meter)

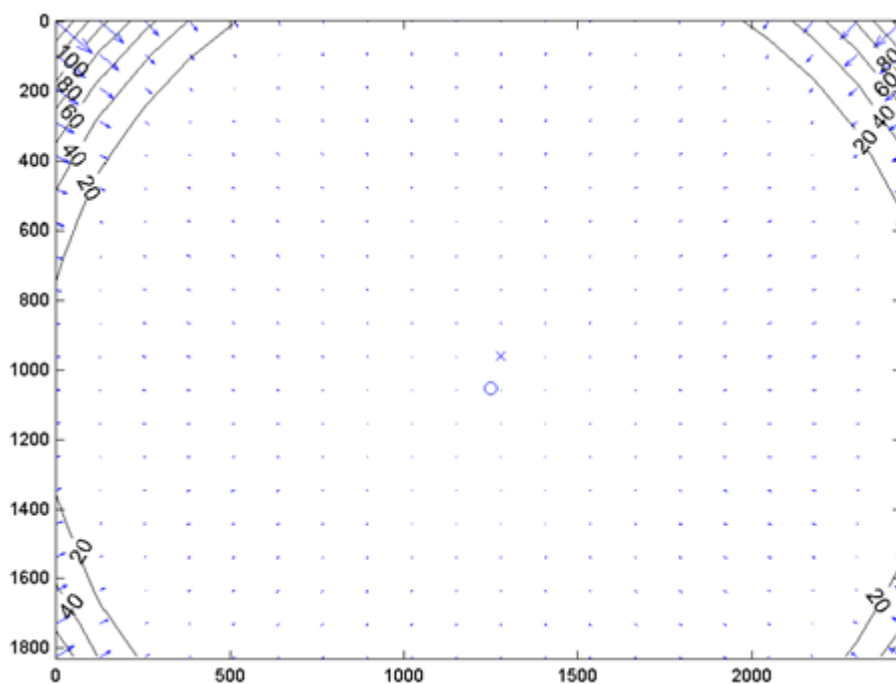
ใช้สำหรับวัดค่าปริมาณความเข้มแสงสว่าง เนื่องจากการทดลองจำเป็นต้องควบคุมปริมาณความเข้มแสงสว่าง ดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 อุปกรณ์วัดปริมาณความเข้มแสงสว่าง

3.3 การออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

เนื่องจากภาพที่จะใช้ในการทดลองนั้นถ่ายด้วยกล้องแท็บเล็ต ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาความบิดเบี้ยวของเลนส์ (Lens Distortion) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการวัดขนาดของวัตถุต่างๆภายในภาพดิจิทัล โดยการทดสอบด้วย Camera Calibration Toolbox for Matlab (Jean-Yves Bouguet, 1997) ได้ผลดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 การบิดเบี้ยวของเลนส์กล้อง Samsung Galaxy Note 10.1

จากรูปที่ 3.41 แสดงรูปแบบความบิดเบี้ยวของเลนส์ ในแต่ละวงกลมภายในภาพนั้นบอกให้ทราบถึงค่าความบิดเบี้ยวของเลนส์ว่าบิดเบี้ยวไปกี่พิกเซล โดยวงในสุดนั้นมีความบิดเบี้ยวของเลนส์ที่ต่ำกว่า 20 พิกเซล วงถัดไปจะมีความบิดเบี้ยวเพิ่มขึ้นทีละ 20 พิกเซล เมื่อพิจารณาภาพที่ถ่ายขนาด 2,560x1,920 พิกเซล พบว่า บริเวณที่มีความบิดเบี้ยวน้อยกว่า 20 พิกเซล มีพื้นที่ 89% ของภาพ โดยพื้นที่ที่เกิดความบิดเบี้ยวของเลนส์ต่ำนั้นจะอยู่ในบริเวณกึ่งกลางของภาพ จากผลรูปแบบความบิดเบี้ยวของเลนส์กล้องจะเห็นได้ว่า ถ้าต้องการที่จะถ่ายภาพให้มีความบิดเบี้ยวของเลนส์ต่ำจะต้องให้ภาพของวัตถุอยู่บริเวณกึ่งกลางของภาพ

ในการออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาปัจจัยระยะทางซึ่งจะมีผลต่อภาพที่ได้ หากถ่ายภาพในระยะใกล้ภาพที่ได้จะมีลักษณะนูนหรือบวม ทำให้ขนาดของวัตถุใหญ่เกินกว่าความเป็นจริง โดยการตั้งค่าของระดับปัจจัยระยะทางนั้นจะเริ่มศึกษาที่ระยะ 4 เมตรซึ่งเป็นระยะที่ในทุกๆท่าทางสามารถมองเห็นครบทุกสัดส่วน ไปจนถึงระยะ 6 เมตร ซึ่งเป็นระยะกว้างที่สุดของสถานที่ทดลอง และอีกปัจจัยหนึ่งที่ศึกษานั้นคือ ปริมาณความเข้มแสงสว่าง เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใช้เทคนิคการหาขอบภาพ ความสว่างจึงอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้หาขอบภาพได้ครบถ้วน โดยปริมาณความเข้มแสงสว่างที่ใช้ทดลองเริ่มที่ระดับ 200 ลักซ์ ซึ่งเป็นระดับที่เมื่อทดลองหาขอบภาพแล้วขอบภาพที่ได้มีความครบถ้วนในทุกๆท่าทาง ไปจนถึงปริมาณความเข้มแสงสว่างที่ 400 ลักซ์ ซึ่งเป็นระดับที่อุปกรณ์ชุดสปอร์ตไลท์สามารถให้ความสว่างได้สูงสุด

การออกแบบการทดลองเพื่อหาสถานะที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดน้อยที่สุด หลังจากนั้นนำค่าดังกล่าวไปใช้งานกับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัคร โดยเริ่มจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด โดยออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) หลังจากนั้นหาการระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุดด้วย Response Optimizer โดยวัตถุที่ใช้ในการทดลองนั้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. วัตถุแผ่นเรียบ ขนาด 22.9x26.2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 วัตถุแผ่นเรียบที่ใช้ในการทดลอง

2. วัตถุทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22.3 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 วัตถุทรงกลมที่ใช้ในการทดลอง

ซึ่งระดับของปัจจัยนั้นแสดงในตารางที่ 3.10 โดยในการทดลองนี้มีการทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ทำให้มีการทดลองทั้งสิ้น 39 ครั้ง ในแต่ละวัตถุที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 3.10 การกำหนดค่าระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย				
		$-\alpha$ (-1.414)	Low (-1)	Center (0)	High (+1)	$+\alpha$ (+1.414)
ระยะทางวางแท็บเล็ต (m.)	Distance	4	4.3	5	5.7	6
ปริมาณความเข้มแสงสว่าง (Lux)	Lux	200	230	300	370	400

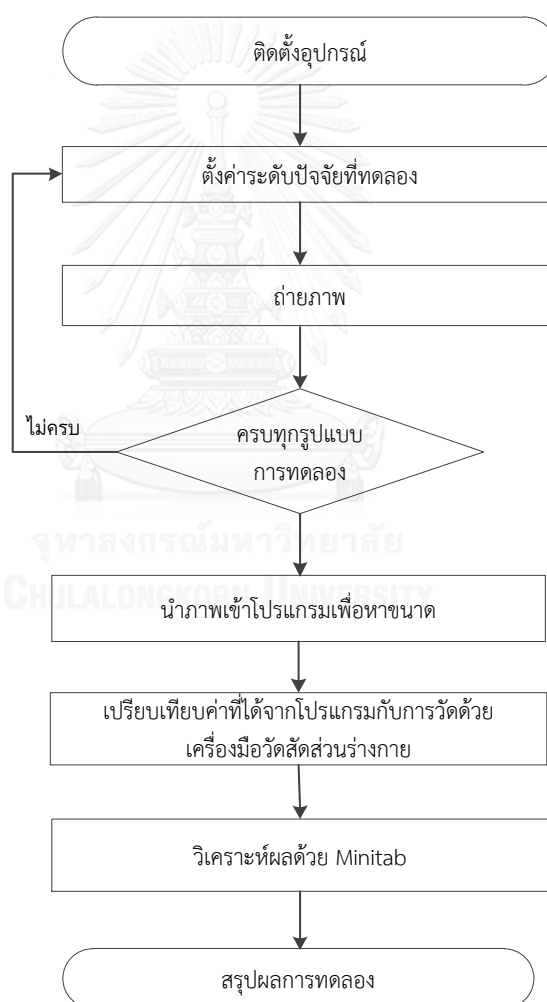
ค่าตัวแปรตอบสนอง

y_1 คือ ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของเส้นทแยงมุมของวัตถุแผ่นเรียบ (Diagonal)

y_2 คือ ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุทรงกลม (Diameter)

3.4 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

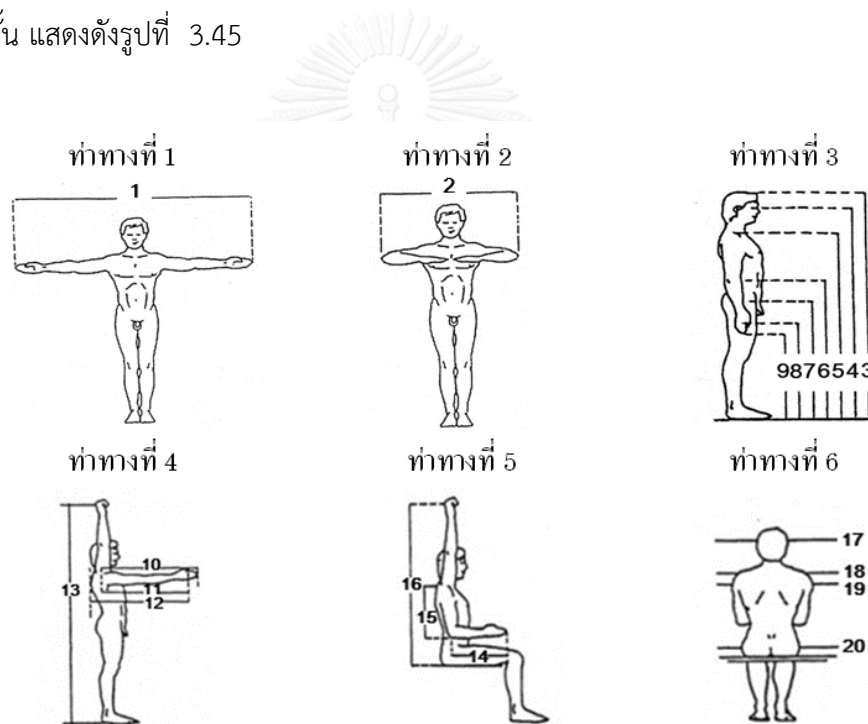
เมื่อติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ทำการทดลองโดยการตั้งค่าของระดับปัจจัยทั้ง 2 คือ ระยะทางวางแท็บเล็ตและปริมาณความเข้มแสงสว่าง ดังแสดงใน ภาคผนวก ง และถ่ายภาพจนครบทุกรูปแบบในการทดลอง หลังจากนั้นนำภาพถ่ายเข้าโปรแกรมเพื่อไปเปรียบเทียบกับขนาดจริงของวัตถุที่ใช้ในการทดลอง โดยเปรียบเทียบเป็นร้อยละ หลังจากนั้นวิเคราะห์กับโปรแกรม Minitab ว่า ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อร้อยละความคลาดเคลื่อนของการวัด แล้วจึงหาระดับของปัจจัยที่ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดน้อยที่สุดด้วย Response Optimizer ดังรูปที่ 3.44



รูปที่ 3.44 ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

3.5 ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรมโดยการนำไปใช้วัดกับอาสาสมัคร

เมื่อได้ระยะวางเท้าและปริมาณเข้มแสงสว่างที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 3.4 หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการนำเครื่องมือไปใช้วัดกับอาสาสมัครในการเก็บข้อมูล โดยนำไปใช้วัดกับอาสาสมัครจำนวน 50 คน แบ่งเป็นเพศชาย 35 คนและเพศหญิง 15 คน มีอายุตั้งแต่ 19-67 ปี โดยการนำเครื่องมือไปใช้วัดกับอาสาสมัครนั้น จะใช้ท่าทางตามมาตรฐานของ Pheasant แต่ด้วยข้อจำกัดในบางท่าทางมีสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมหากจะวัดกับอาสาสมัครที่เป็นผู้หญิง เช่น สัดส่วนที่เป็นหน้าอก หรือสัดส่วนที่เป็นฝ่าเท้าที่อาจทำให้อาสาสมัครบางท่านอาจจะไม่ให้ความร่วมมือในการวัด ดังนั้นทำให้เหลือท่าทางเพียง 6 ท่าทางซึ่งสามารถวัดได้ 20 สัดส่วน โดยท่าทางทั้ง 6 ท่าทางนั้น แสดงดังรูปที่ 3.45



รูปที่ 3.45 ท่าทางการวัดสัดส่วนของร่างกายตามมาตรฐาน

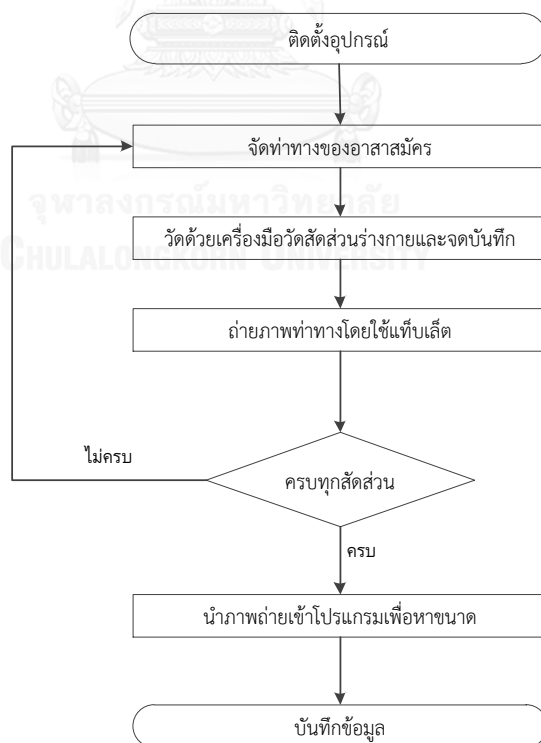
ที่มา : (Pheasant, 1986)

ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลนั้นเริ่มจากการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ จัดท่าทางของอาสาสมัครให้เป็นไปตามท่าทางที่ได้กำหนดไว้ แล้ววัดขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย ให้ครบทุกสัดส่วนในท่าทางดังกล่าว แล้วจดบันทึกค่าที่ได้ ดังรูปที่ 3.46



รูปที่ 3.46 การวัดขนาดสัดส่วนของอาสาสมัครด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย

หลังจากนั้นถ่ายภาพด้วยกล้องแท็บเล็ต เมื่อถ่ายภาพเสร็จสิ้น ขั้นตอนต่อไปนำภาพถ่ายเข้าสู่โปรแกรมเพื่อหาขนาดของสัดส่วน แล้วบันทึกผล สามารถแสดงขั้นตอนการทดสอบโปรแกรมกับอาสาสมัคร ได้ดังรูปที่ 3.47



รูปที่ 3.47 ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรมกับอาสาสมัคร

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

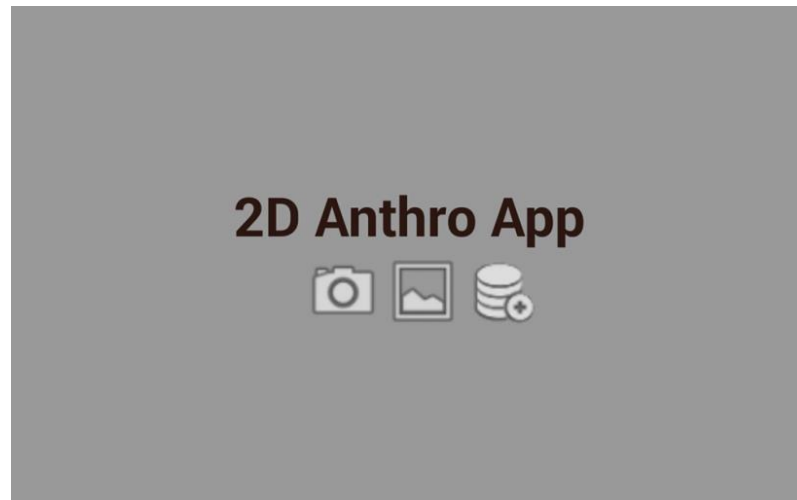
ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายจากวิธีการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและวิธีการวัดด้วยแท็บเล็ต หลังจากนั้นนำข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากการวัด โดยยึดผลจากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเป็นมาตรฐาน ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบไปด้วย

1. ผลการออกแบบโปรแกรม
2. ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในขนาดสูงสุด
3. ผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของโปรแกรม
4. ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดและผลการหาค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสม
5. เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยแท็บเล็ต โดยการอ้างอิงค่าได้ที่จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเป็นมาตรฐาน
6. เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและการวัดด้วยแท็บเล็ต
7. เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดสัดส่วนด้วยแท็บเล็ตกับงานวิจัยอื่น
8. ข้อจำกัดของการใช้โปรแกรม

4.1 ผลการออกแบบโปรแกรม

4.1.1 ส่วนของหน้าหลัก

- ประกอบไปด้วยการถ่ายรูป การนำเข้ารูป การจัดการรูปแบบการวัด ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ส่วนของหน้าหลัก

4.1.2 ส่วนของหน้าจอย้ายรูป

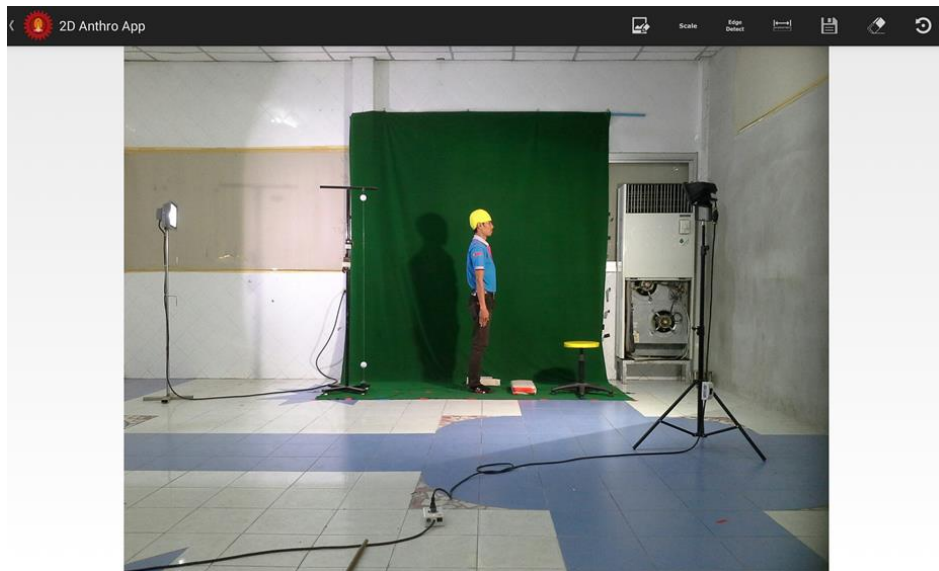
ประกอบไปด้วยปุ่มเปิดหรือปิดแคมนี และปุ่มถ่ายรูป ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ส่วนของหน้าจอย้ายรูป

4.1.3 ส่วนของหน้าจอการวัดสัดส่วน

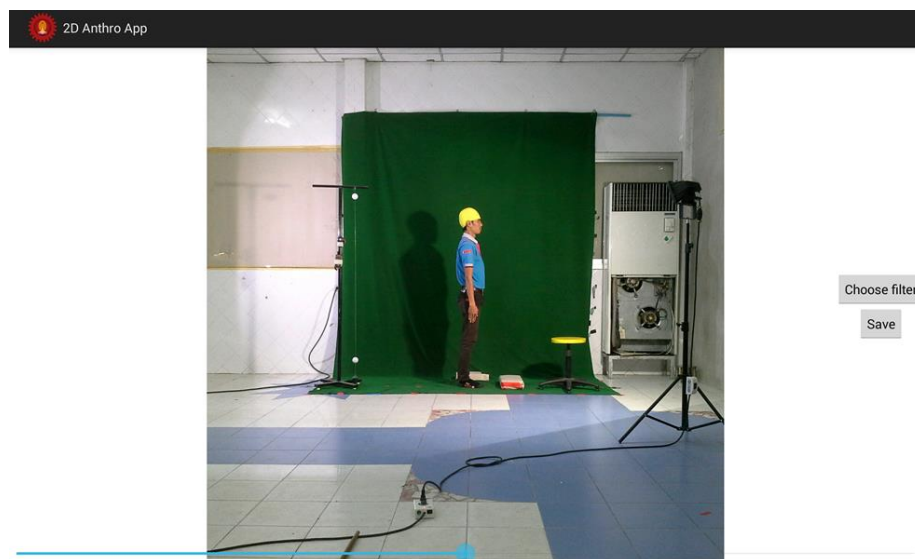
- ประกอบไปด้วยปุ่มปรับคุณสมบัติรูปภาพ ปุ่มหามาตราส่วน ปุ่มหาขอบภาพ ปุ่มวัดสัดส่วน ปุ่มบันทึกสัดส่วน ปุ่มล้างภาพ ปุ่มหมุนรูปภาพ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ส่วนของหน้าจอการวัดสัดส่วน

4.1.4 ส่วนของหน้าจอการปรับคุณสมบัติรูปภาพ

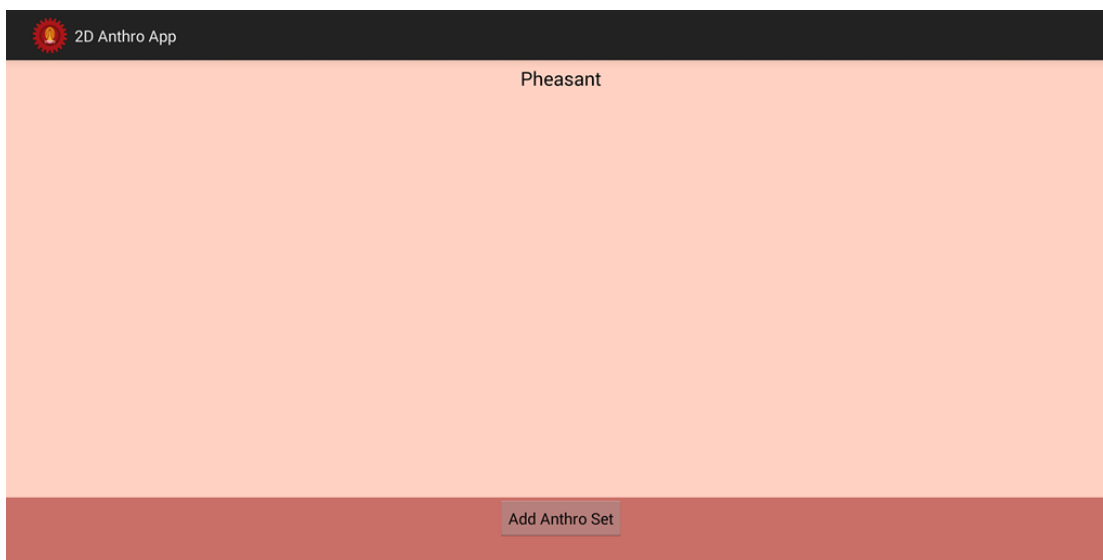
- ใช้ในการปรับคุณสมบัติรูปภาพ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ส่วนของหน้าจอการปรับคุณสมบัติรูปภาพ

4.1.5 ส่วนของหน้าจอจัดการชื่อรูปแบบการวัด

- ใช้ในการเพิ่มหรือลบชื่อรูปแบบการวัด ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ส่วนของหน้าจอจัดการชื่อรูปแบบการวัด

4.1.6 ส่วนของหน้าจอจัดการชื่อสัดส่วน

- ใช้ในการเพิ่มหรือลบชื่อสัดส่วนที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ส่วนของหน้าจอจัดการชื่อสัดส่วน

4.2 ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในขนาดสูงสุด

1. เลือกภาพที่ต้องการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย เช่น ภาพตัวอย่างวัดขนาดความสูงยืน ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ภาพที่ต้องการวัดขนาดความสูงยืน

2. เลือกเมนู **Scale** หลังจากนั้น เลือกบริเวณที่เป็นจุดอ้างอิง โดยในรูปตัวอย่างต้องเลือกจุดอ้างอิงซึ่งเป็นลูกบอล โดยเลือกทีละลูก ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 บริเวณพื้นที่ที่เป็นจุดอ้างอิง

3. โปรแกรมจะให้ระยะห่างของลูกบอลทั้ง 2 ลูก โดยค่าเริ่มต้นกำหนดไว้ที่ 150 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.9

Ratio Calculation	
Real Distance(cm.):	150
Pic Distance(px.):	611.066
Ratio:	0.245
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

รูปที่ 4.9 หน้าต่างของโปรแกรมที่ให้ระบุระยะห่างจริงของลูกบอล

4. โปรแกรมจะคำนวณหาอัตราส่วนให้อัตโนมัติ โดยอัตราส่วนคำนวณได้ดังสมการที่ 1 ดังนี้

$$\text{อัตราส่วน (scale)} = \text{ระยะห่างจริง (ซม.)} / \text{ระยะห่างภายในภาพ (พิกเซล)} \quad (1)$$

- ดังรูปที่ 4.10 แสดงระยะห่างของลูกบอลทั้ง 2 ลูก เท่ากับ 611.066 พิกเซล โดยที่ระยะห่างจริงของลูกบอลทั้ง 2 ลูก เท่ากับ 150 เซนติเมตร ดังนั้น

$$\text{อัตราส่วน} = \frac{150}{611.066} = 0.245 \text{ ซม./ พิกเซล}$$



รูปที่ 4.10 อัตราส่วนที่คำนวณได้



5. เลือกเมนู  เพื่อเคลียร์ภาพให้เป็นภาพเริ่มต้น

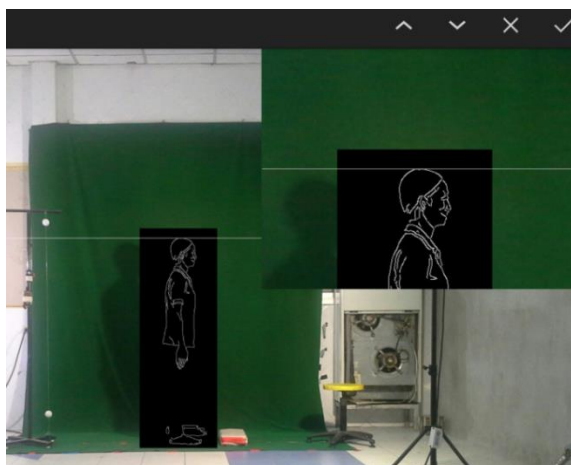
6. กดเมนู  หลังจากนั้นเลือกเมนูย่อย  (Auto) height เพื่อวัดความสูงสุดแบบอัตโนมัติ

7. กำหนดพื้นที่ที่ต้องการหาขนาดสูงสุด (Searching Boundary) โดยโปรแกรมจะแปลงภาพภายในพื้นที่นี้ด้วยวิธีแคนนี่ ดังรูปที่ 4.11



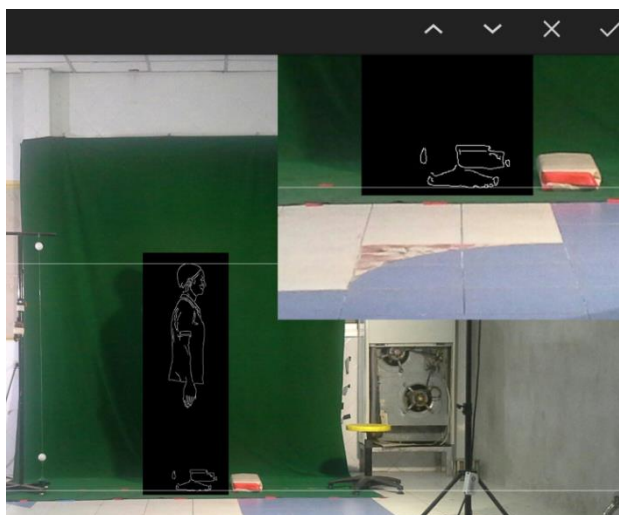
รูปที่ 4.11 บริเวณพื้นที่ที่ต้องการหาขนาดสูงสุด

8. โปรแกรมจะหาจุดสีขาวที่อยู่บริเวณสูงสุดของ Searching Boundary ถ้าใช้ตำแหน่งที่ต้องการให้ผู้ใช้กด หากไม่ใช่ตำแหน่งที่ต้องการผู้ใช้สามารถเลื่อนตำแหน่งของจุดที่ละ 1 พิกเซล โดยกด   ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ตำแหน่งจุดสีขาวที่อยู่สูงสุด

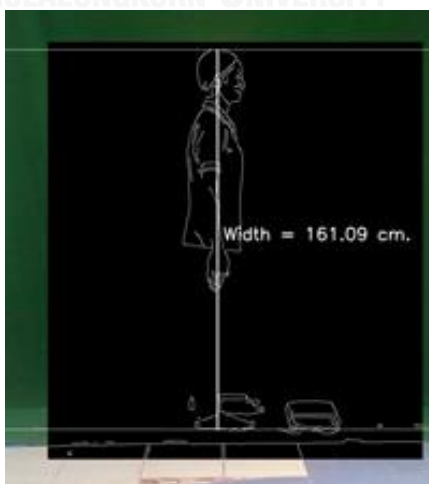
9. หลังจากนั้นโปรแกรมจะหาจุดสีขาวที่อยู่ล่างสุด ถ้าใช้ตำแหน่งที่ต้องการให้ผู้ใช้กด หากไม่ใช่ตำแหน่งที่ต้องการ ผู้ใช้สามารถเลื่อนตำแหน่งของจุดที่ละ 1 พิกเซล โดยกด ดังรูปที่ 4.13




รูปที่ 4.13 ตำแหน่งจุดสีขาวที่อยู่ล่างสุด

10. โปรแกรมจะคำนวณหาความสูงสุดให้อัตโนมัติ และจะแสดงค่าที่ได้เป็นเซนติเมตร ดังรูปที่ 4.14 โดยคำนวณได้ดังสมการที่ 2 ดังนี้

$$\text{ความยาวจริง} = \text{มาตราส่วน} \times \text{ความยาวของสัดส่วนที่วัดได้ภายในภาพ} \quad (2)$$



รูปที่ 4.14 ความยาวจริงที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

11. เลือกเมนู  เพื่อบันทึกข้อมูล กรอกรายละเอียดข้อมูลส่วนบุคคล เลือกชื่อรูปแบบของการวัด เลือกชื่อสัดส่วนที่วัด หลังจากนั้น **Save** เพื่อบันทึก ดังรูปที่ 4.15

Picture Name: ✖

Name:

New name

Gender:

Age:

Weight:

Scale:

Anthro Set:

Body Part:

Value:

Save

รูปที่ 4.15 หน้าต่างของโปรแกรมในการบันทึกข้อมูล

4.3 ผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของโปรแกรม

- วัดถุแผ่นเรียบ

จากการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการทำงานของโปรแกรมโดยการทดสอบกับวัดถุแผ่นเรียบด้วยการหาขนาดสัดส่วนกว้างสุดและสูงสุด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของวัดถุแผ่นเรียบ

ลักษณะของสัดส่วน	ค่าที่วัดได้จริงจากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (เซนติเมตร)	ค่าที่วัดได้จากโปรแกรม (เซนติเมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)
ความกว้างสุด	22.9	22.913	0.013
ความสูงสุด	26.2	26.221	0.021

ผลการทดสอบพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำงานของโปรแกรมในการวัดวัตถุแผ่นเรียบ พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดสัดส่วนความกว้างสุดเป็น 0.013 เซนติเมตร และมีค่าความคลาดเคลื่อนในสัดส่วนความสูงสุดเป็น 0.021 เซนติเมตร

- วัตถุทรงกลม

จากการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการทำงานของโปรแกรมโดยการทดสอบกับวัตถุทรงกลม ด้วยการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของวัตถุทรงกลม

ลักษณะของ สัดส่วน	ค่าที่วัดได้จริงจากการวัดด้วย เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (เซนติเมตร)	ค่าที่วัดได้จากโปรแกรม (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)
เส้นผ่าน ศูนย์กลาง	22.3	22.195	0.105

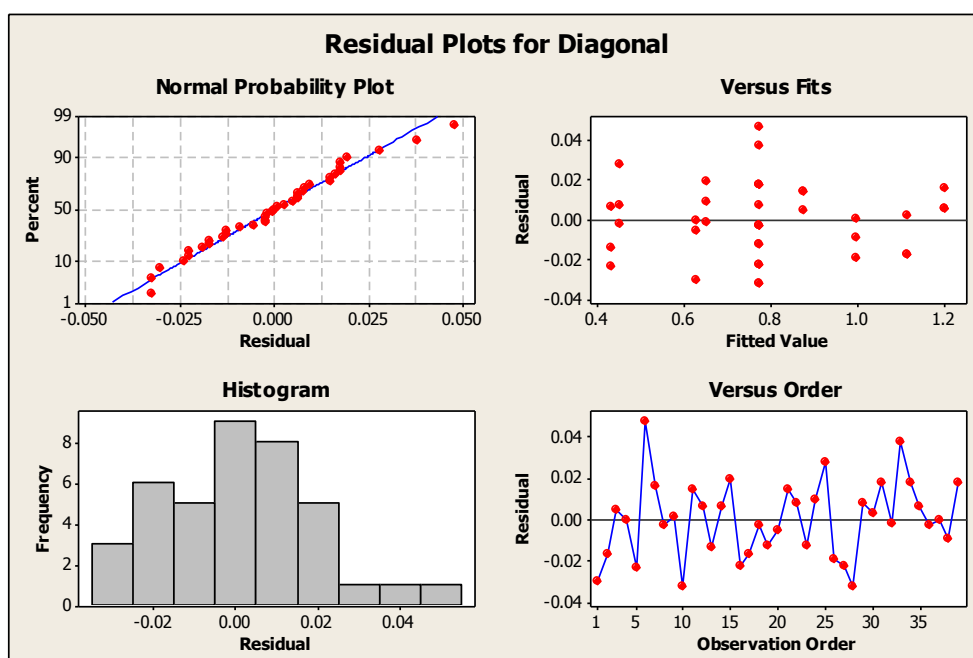
ผลการทดสอบพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนการทำงานของโปรแกรมในการวัดวัตถุทรงกลมพบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 0.105 เซนติเมตร

4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดและผลการหาค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสม

เมื่อเก็บข้อมูลจากการทดลองแบบ CCD ทั้งจากวัตถุแผ่นเรียบและวัตถุทรงกลมแล้ว ขั้นตอนต่อมาวิเคราะห์ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อร้อยละความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุทั้ง 2 ชนิด หลังจากนั้นจึงหาค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าน้อยที่สุด เพื่อใช้เป็นระดับปัจจัยในการนำไปใช้วัดขนาดสัดส่วนของอาสาสมัครทั้ง 50 คน

4.4.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุแผ่นเรียบ

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุแผ่นเรียบ ในตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ จากข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อน จากนั้นทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามสมมติฐาน 3 ข้อ คือ การแจกแจงปกติ ความเป็นอิสระ และความเสถียรภาพของความแปรปรวน โดยการพิจารณาจาก Residual Plots ตัวอย่างการกระจายตัวของข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อนที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การกระจายตัวของข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุแผ่นเรียบ

จากรูปที่ 4.16 การทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนและความเป็นอิสระซึ่งจากรูป Normal Probability Plot พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง สรุปได้ว่า ข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานของการแจกแจงปกติ การทดสอบสมมติฐานความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับค่าที่ถูกฟิต (Fitted Value) ซึ่งพบว่า ข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อนไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้มหรือเป็นรูปแบบกรวยปากเปิด จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลมีความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนและ

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง (Independence of Residual) สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับลำดับของการเก็บข้อมูล (Observation Order) เห็นได้ว่าส่วนตกค้างของร้อยละความคลาดเคลื่อนมีการกระจายตัวในรูปแบบหรือแนวโน้มอย่างสุ่ม จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองผ่านแล้ว จึงวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติถึงปัจจัยที่มีผลต่อการวัดวัตถุแผ่นเรียบ

Response Surface Regression: Diagonal versus Distance, Lux

The analysis was done using uncoded units.

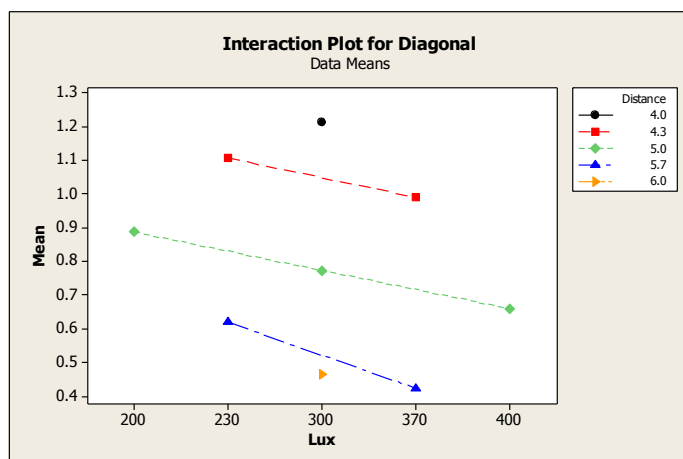
Estimated Regression Coefficients for Diagonal

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3.69328	0.297619	12.409	0.000
Distance	-0.81148	0.094198	-8.615	0.000
Lux	0.00144	0.000786	1.833	0.076
Distance*Distance	0.05553	0.008725	6.365	0.000
Lux*Lux	-0.00000	0.000001	-1.085	0.286
Distance*Lux	-0.00040	0.000117	-3.419	0.002

S = 0.0198185 PRESS = 0.0170533

R-Sq = 99.30% R-Sq(pred) = 99.08% R-Sq(adj) = 99.20%

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดวัตถุแผ่นเรียบ คือ มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งได้แก่ ปัจจัยหลัก (Main Effect) จำนวน 1 ตัว ได้แก่ ระยะทางวางแท็บเล็ต ปัจจัยหลักกำลังสองมีผล 1 ตัวคือ ระยะทางวางแท็บเล็ต และอันตรกิริยา (Interaction) ที่มีผล คือ ระยะทางวางแท็บเล็ตกับปริมาณความเข้มแสงสว่าง นั่นคือ ทั้งระยะทางวางแท็บเล็ตกับปริมาณความเข้มแสงสว่างเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อน โดยอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างปัจจัย จากรูปที่ 4.17 สามารถอธิบายอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

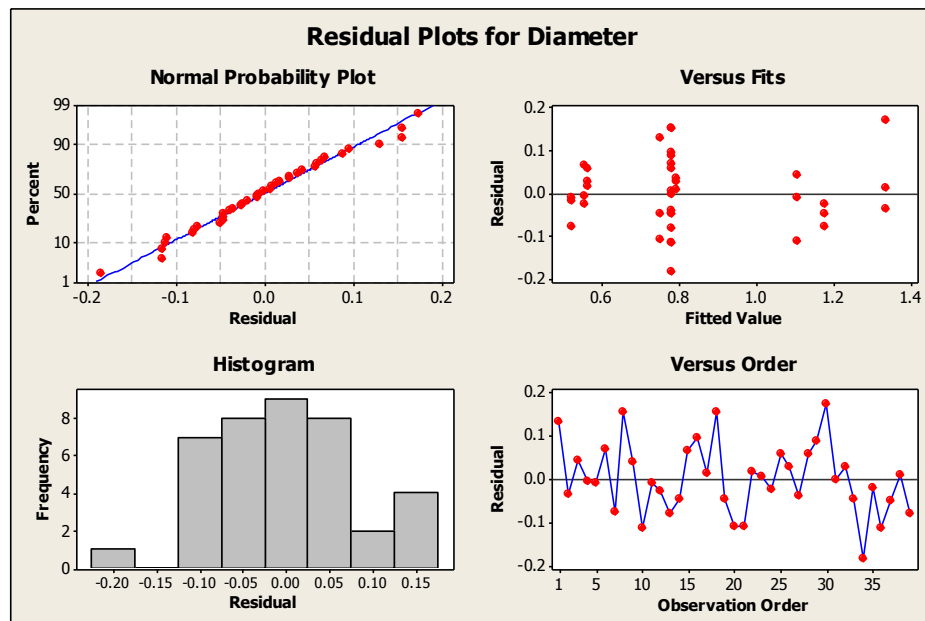


รูปที่ 4.17 Interaction Plot ของร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุแผ่นเรียบ

สำหรับผลที่ได้จากการอธิบายอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นจากรูปที่ 4.17 คือ เมื่อระยะทางมากยิ่งขึ้นนั้นจะส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่ในการวัดวัตถุแผ่นเรียบลดต่ำลง และเมื่อพิจารณาถึงคู่อันตรกิริยาระหว่างระยะทางวางแท็บเล็ทกับปริมาณความเข้มแสงสว่าง จะเห็นได้ว่าปริมาณแสงสว่างที่เพิ่มมากยิ่งขึ้นนั้นจะส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่ลดต่ำลง ไม่ว่าจะพิจารณาที่ใช้ระยะทางวางแท็บเล็ทระดับใดก็ตาม ซึ่งเกิดจากเมื่อระยะทางวางแท็บเล็ทที่มากขึ้น ทำให้ค่ามาตราส่วนลดลง ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนต่อในการวัดต่อ 1 พิกเซลจึงลดลง ประกอบกับปริมาณความเข้มแสงสว่างที่สูงขึ้นทำให้เห็นภาพของวัตถุแตกต่างจากฉากหลังชัดเจนขึ้น

4.4.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุทรงกลม

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุทรงกลม ในตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ จากข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อน จากนั้นทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามสมมติฐาน 3 ข้อ คือ การแจกแจงปกติความเป็นอิสระ และความเสถียรภาพของความแปรปรวน โดยการพิจารณาจาก Residual Plots ตัวอย่างการกระจายตัวของข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อนที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การกระจายตัวของข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุทรงกลม

จากรูปที่ 4.18 การทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนและความเป็นอิสระซึ่งจากกราฟ Normal Probability Plot พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง สรุปได้ว่าข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานของการแจกแจงปกติ การทดสอบสมมติฐานความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต ซึ่งพบว่าข้อมูลร้อยละความคลาดเคลื่อนไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นแนวโน้ม หรือเป็นรูปแบบกรวยปากเปิด จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน และการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับของการเก็บข้อมูล เห็นได้ว่าส่วนตกค้างของร้อยละความคลาดเคลื่อนมีการกระจายตัวในรูปแบบหรือแนวโน้มอย่างสุ่ม จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองผ่านแล้ว จึงวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติถึงปัจจัยที่มีผลต่อการวัดวัตถุทรงกลม

Response Surface Regression: Diameter versus Distance, Lux

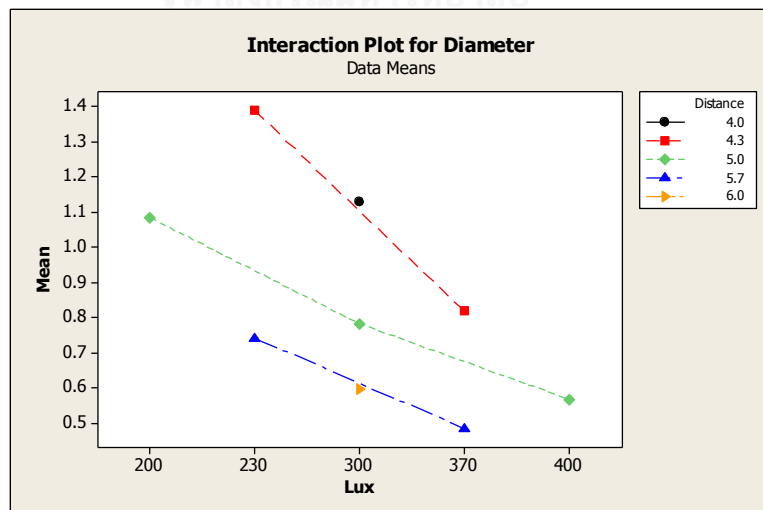
The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Diameter

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	8.20463	1.31144	6.256	0.000
Distance	-1.66856	0.41508	-4.020	0.000
Lux	-0.01380	0.00346	-3.983	0.000
Distance*Distance	0.08819	0.03845	2.294	0.028
Lux*Lux	0.00001	0.00000	1.319	0.196
Distance*Lux	0.00160	0.00051	3.107	0.004

S = 0.0873288 PRESS = 0.335413
 R-Sq = 89.52% R-Sq(pred) = 86.03% R-Sq(adj) = 87.93%

ผลการวิเคราะห์ พบว่า เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดวัตถุทรงกลมคือ มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งได้แก่ ปัจจัยหลัก (Main Effect) จำนวน 2 ตัว ได้แก่ ระยะทางวางแท็บเล็ตและปริมาณความเข้มแสงสว่าง ปัจจัยหลักกำลังสองมีผล 1 ตัวคือ ระยะทางวางแท็บเล็ตและอันตรกิริยา (Interaction) ที่มีผล คือ ระยะทางวางแท็บเล็ตกับปริมาณความเข้มแสงสว่าง นั่นคือ ทั้งระยะทางวางแท็บเล็ตกับปริมาณความเข้มแสงสว่างเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อน โดยอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างปัจจัย จากรูปที่ 4.19 สามารถอธิบายอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



รูปที่ 4.19 Interaction Plot ของร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดวัตถุทรงกลม

สำหรับผลที่ได้จากการอธิบายอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นจากรูปที่ 4.19 คือ เมื่อระยะทางมากยิ่งขึ้นนั้นจะส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่ในการวัดวัตถุทรงกลมลดลง และเมื่อพิจารณาอันตรกิริยาระหว่างระยะทางวางแท็บเล็ทกับปริมาณความเข้มแสงสว่าง จะเห็นได้ว่าปริมาณแสงสว่างที่เพิ่มมากยิ่งขึ้นนั้นจะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนที่ลดต่ำลงไม่ว่าจะพิจารณาที่ใช้ระยะทางวางแท็บเล็ทระดับใดก็ตาม ซึ่งเกิดจากเมื่อระยะทางวางแท็บเล็ทมากขึ้น ทำให้ค่ามาตราส่วนลดลง ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดต่อ 1 พิกเซลจึงลดลง ประกอบกับปริมาณความเข้มแสงสว่างที่สูงขึ้นทำให้เห็นภาพของวัตถุแตกต่างจากฉากหลังชัดเจนขึ้น

จากผลการทดสอบที่ 4.4.1 และ 4.4.2 สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองได้ดังตารางที่ 4.5 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตัวแปรตอบสนองและปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนอง	ปัจจัยที่มีผล
ร้อยละของความคลาดเคลื่อนของเส้นทแยงมุมของวัตถุแผ่นเรียบ (Diagonal)	Distance , Distance*Distance , Distance*Lux
ร้อยละของความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุทรงกลม (Diameter)	Distance , Lux , Distance*Distance , Distance*Lux

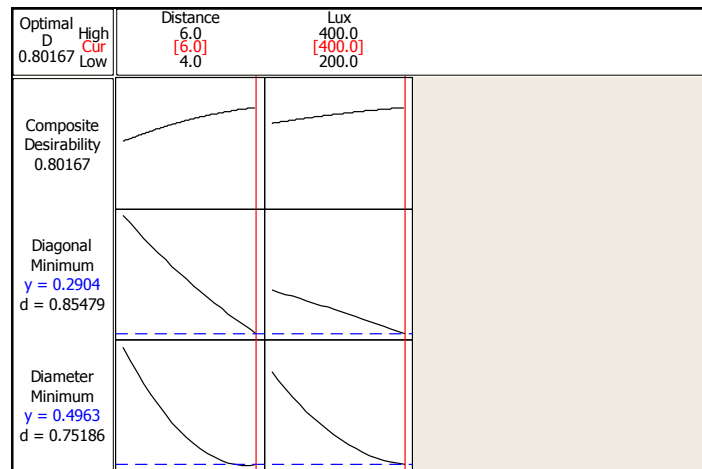
โดยที่ Distance คือ ระยะทางวางแท็บเล็ท (เมตร)

Lux คือ ปริมาณความเข้มแสงสว่าง (ลักซ์)

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ระยะทางวางแท็บเล็ท และปริมาณความเข้มแสงสว่างนั้นมีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ

4.4.3 ผลการหาค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสม

หลังจากทราบปัจจัยระยะทางวางแท็บเล็ทและปริมาณความเข้มแสงสว่าง มีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนแล้วนั้น จึงหาค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าน้อยที่สุด ด้วยการวิเคราะห์พื้นที่ผิวตอบสนองที่เหมาะสม (Response Optimizer) ได้ผลดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 Optimization Plot

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวตอบสนองที่เหมาะสม จะเห็นได้ว่า ระยะทางวางแท็บเล็ทและปริมาณความเข้มแสงสว่างที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดร้อยละของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ ระยะทางวางแท็บเล็ทที่ 6 เมตร และปริมาณความเข้มแสงสว่างที่ 400 ลักซ์

หลังจากที่วิเคราะห์หาจุดที่เหมาะสมแล้ว เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าต่อผลตอบสนอง ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์สมการถดถอยด้วย Minitab ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของ Stepwise regression

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Stepwise Regression: Y versus A, B, AA, BB, AB

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is Y on 5 predictors, with N = 39

Step	1	2	3	4
Constant	1.815	2.359	5.586	7.588
AB	-0.00066	-0.00053	0.00160	0.00160
T-Value	-10.29	-8.42	2.93	3.07
P-Value	0.000	0.000	0.006	0.004
A		-0.147	-0.787	-1.597
T-Value		-3.99	-4.75	-3.84
P-Value		0.000	0.000	0.001
B			-0.0108	-0.0108
T-Value			-3.93	-4.12
P-Value			0.000	0.000
AA				0.081
T-Value				2.11
P-Value				0.043
S	0.130	0.109	0.0925	0.0883
R-Sq	74.09	82.02	87.52	88.96
R-Sq(adj)	73.39	81.02	86.45	87.67
Mallows Cp	46.6	23.6	8.3	5.7

สมการความสัมพันธ์ที่ได้ คือ

$$Y = 7.588 + 0.0016A*B - 1.597A - 0.0108B + 0.081A^2$$

เมื่อ Y คือ ร้อยละความคลาดเคลื่อน (%)
 A คือ ระยะทางวางแท็บเล็ต (เมตร)
 B คือ ปริมาณความเข้มแสงสว่าง (ลักซ์)

4.5 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยแท็บเล็ต โดยการอ้างอิงค่าได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเป็นมาตรฐาน

จากการเก็บข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครจำนวน 50 คน โดยการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและการวัดด้วยแท็บเล็ต ได้มีการคัดกรองข้อมูลที่มีความผิดปกติจากโปรแกรม Minitab ด้วยวิธี Box plot จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาหาค่าความคลาดเคลื่อนของอาสาสมัครทุกคน ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 3

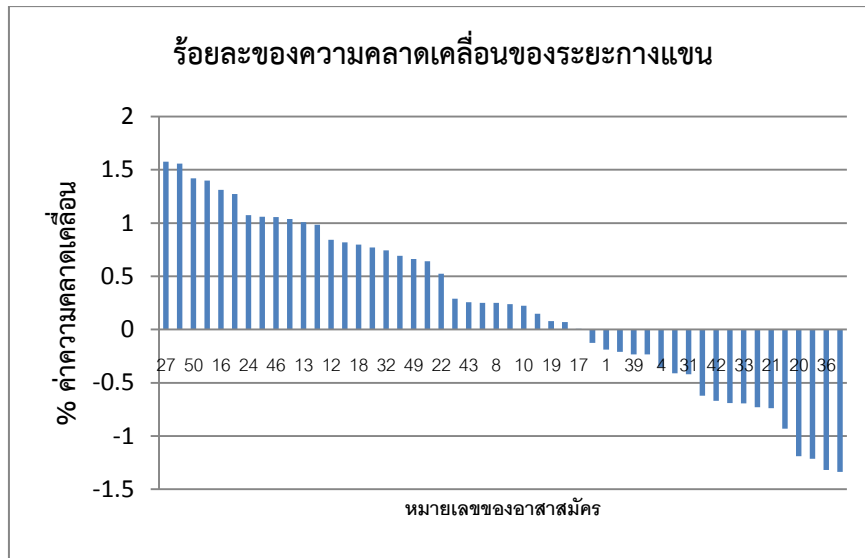
$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน(ชม.)} = \text{ค่าที่วัดด้วยแท็บเล็ต} - \text{ค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย} \quad (3)$$

โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัดด้วยแท็บเล็ต และใช้ค่าจากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเป็นมาตรฐาน หลังจากนั้นหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของอาสาสมัครแต่ละคน โดยการหาจากสมการที่ 4 ดังนี้

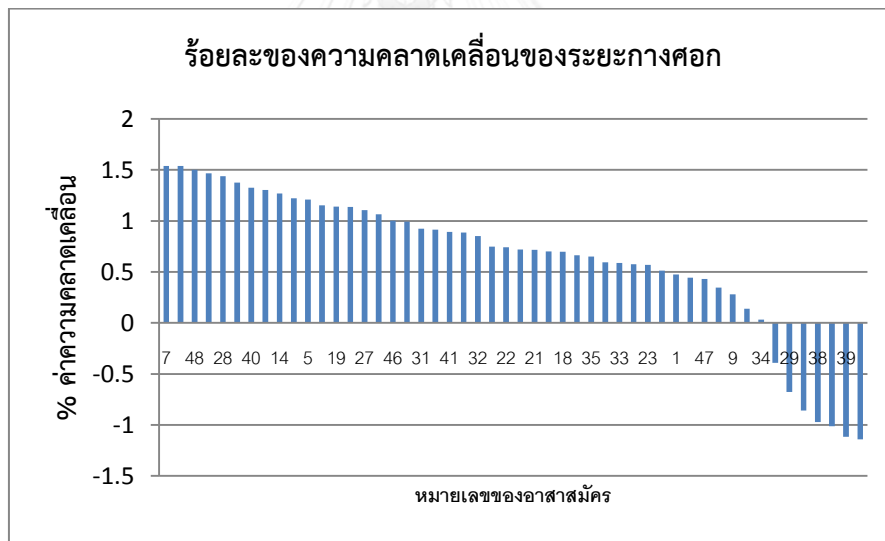
$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน (\%)} = \frac{\text{ค่าความคลาดเคลื่อน(ชม.)}}{\text{ค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย(ชม.)}} \times 100 \quad (4)$$

4.5.1 การเปรียบเทียบกับโปรแกรมในส่วนของการหาขนาดกว้างสุดและสูงสุด

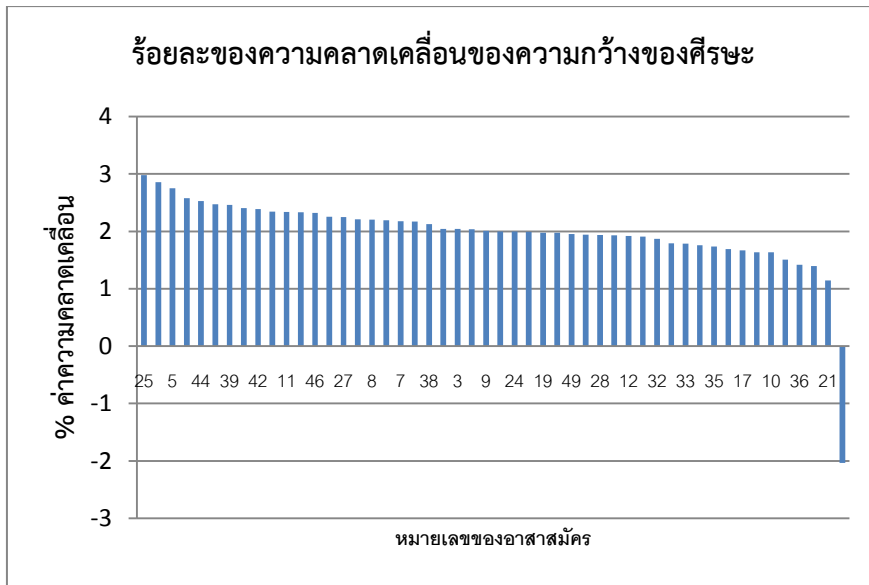
สามารถแสดงในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ โดยมีลำดับของข้อมูลเป็นจำนวน 50 ข้อมูล แบ่งเป็นเพศชายตั้งแต่หมายเลขที่ 1 ถึงหมายเลขที่ 35 และเพศหญิงตั้งแต่หมายเลขที่ 36 ถึงหมายเลขที่ 50 โดยข้อมูลที่ปรากฏจะเรียงลำดับจากมากไปน้อย ซึ่งประกอบไปด้วยสัดส่วนดังรูปที่ 4.21 - 4.28 ดังนี้



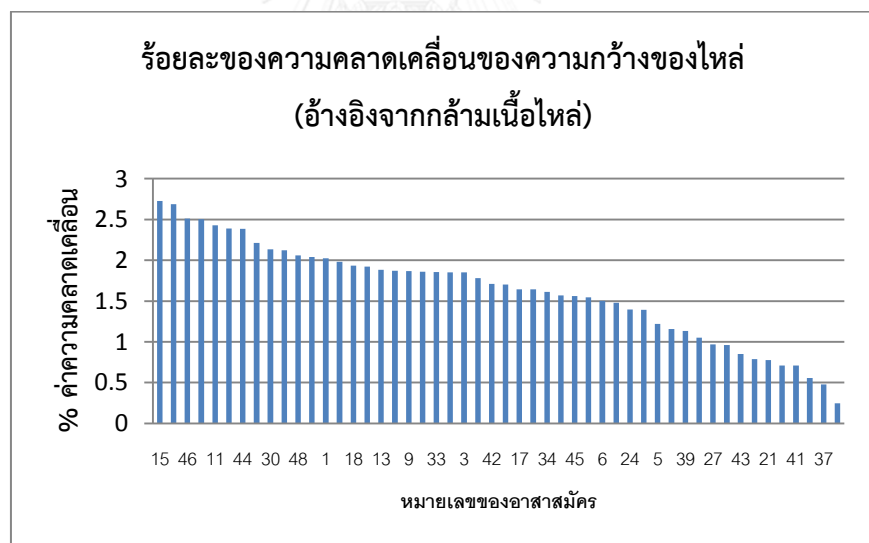
รูปที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 1
หรือระยะทางแขนเป็นเปอร์เซ็นต์



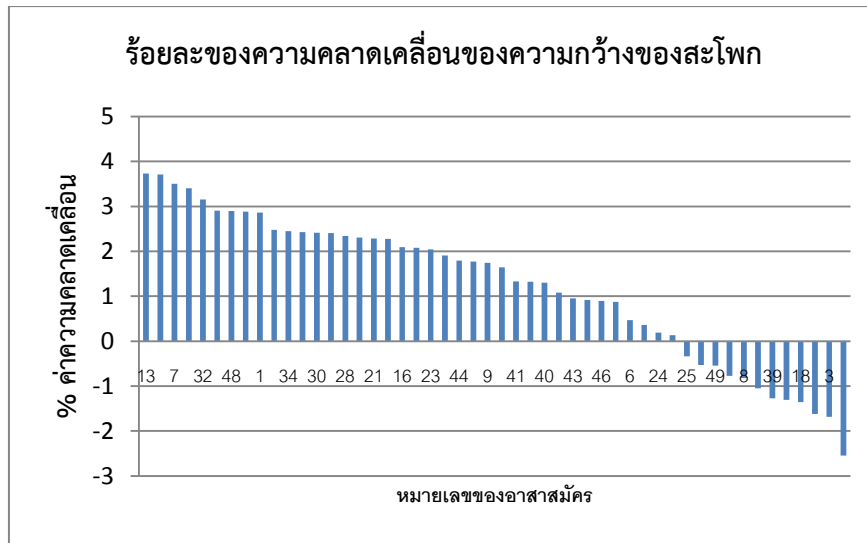
รูปที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 2
หรือระยะทางศอกเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.23 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 17
หรือความกว้างของศิระษะเป็นเปอร์เซ็นต์

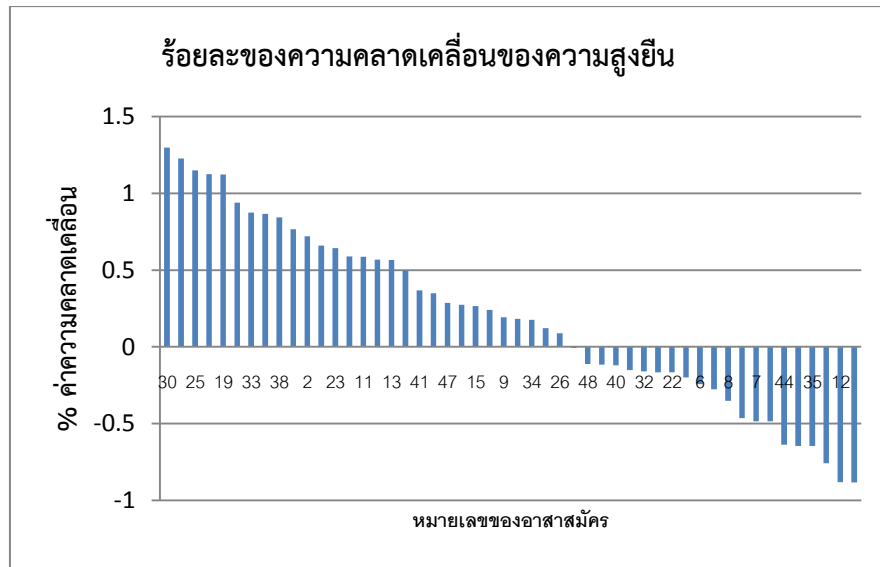


รูปที่ 4.24 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 19
หรือความกว้างของไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อไหล่) เป็นเปอร์เซ็นต์



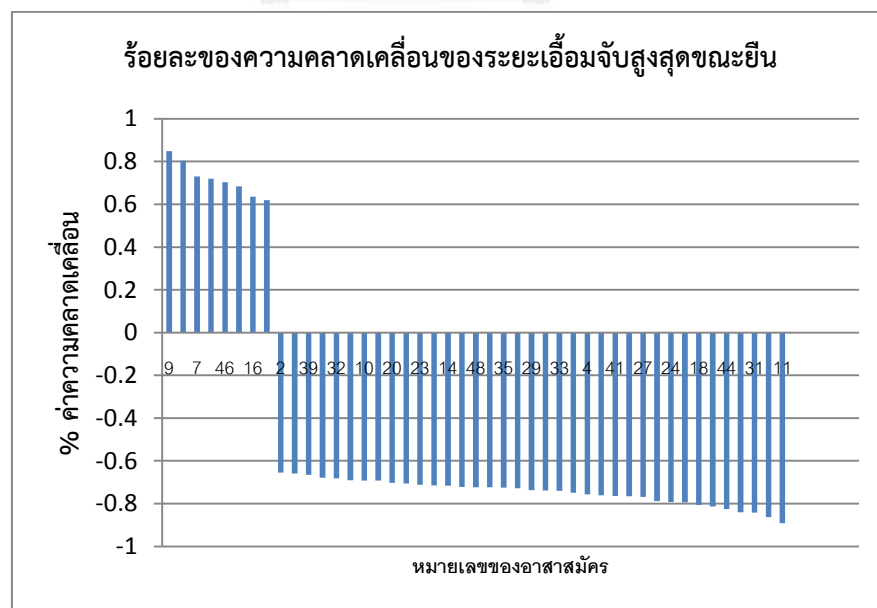
รูปที่ 4.25 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 20
หรือความกว้างสะโพกเป็นเปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.21 - 4.25 พบว่า มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ไปในทิศทางบวก เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวอยู่หน้าเส้นของแนวระนาบจุดอ้างอิงทำให้ระยะห่างระหว่างกล้องแท็บเล็ตกับอาสาสมัครมีระยะใกล้ขึ้น ซึ่งจะทำให้ภาพสัดส่วนมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนร้อยละความคลาดเคลื่อนในทางลบที่เกิดขึ้นนั้นอาจเกิดจากการขยับร่างกายเปลี่ยนท่าไปจากเดิม เมื่อกลับมาในท่าทางเดิมอีกครั้งส่งผลให้ท่าทางไม่อยู่ในตำแหน่งเดิม หรือการมองเห็นสัดส่วนได้ยากเนื่องจากมีเสื้อผ้าบดบัง

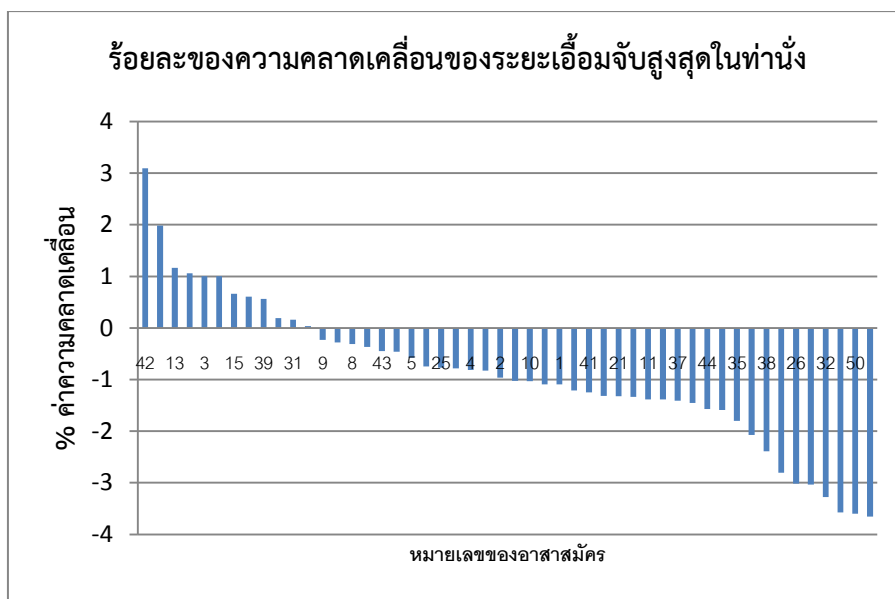


รูปที่ 4.26 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 3
หรือความสูงยื่นเป็นเปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.26 พบว่า ความสูงยื่นมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนในทิศทางที่ไม่แน่นอน สาเหตุเกิดจากความสูงยื่นเป็นสัดส่วนที่อยู่แนวเดียวกับแนวระนาบจุดอ้างอิง รวมทั้งลักษณะของการยื่น หากก้มหน้าหรือเงยหน้าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจึงเป็นได้ทั้งค่าทางบวกและทางลบ



รูปที่ 4.27 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 13
หรือระยะเอื่อมจับสูงสุดขณะยื่นเป็นเปอร์เซ็นต์

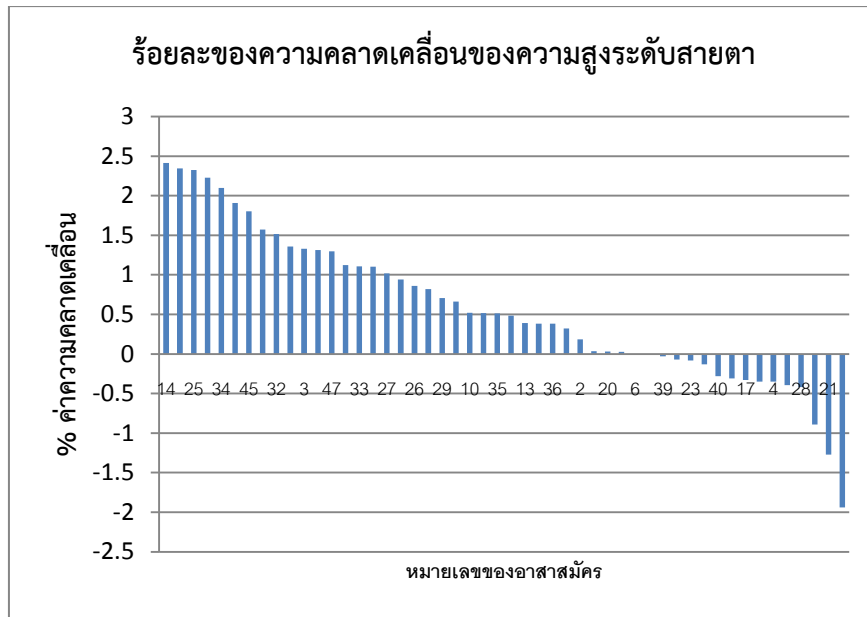


รูปที่ 4.28 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 16 หรือระยะเอี่ยมจับสูงสุดในท่านั่งเป็นเปอร์เซ็นต์

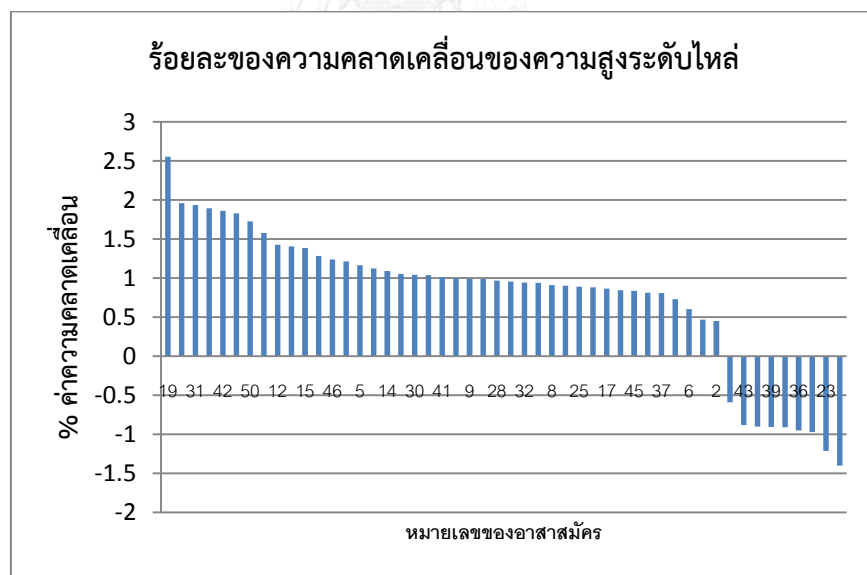
จากรูปที่ 4.27-4.28 พบว่า มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ไปในทิศทางลบ เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวอยู่หลังเส้นของแนวระนาบจุดอ้างอิงทำให้ระยะห่างระหว่างกล้องแท็บเล็ตกับอาสาสมัครไกลขึ้น ซึ่งจะทำให้ภาพสัดส่วนมีขนาดเล็กลง ส่วนร้อยละความคลาดเคลื่อนในทางบวกเกิดจากการที่อาสาสมัครจัดทำทางในระยะเอี่ยมแขนเปลี่ยนไปจากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย

4.5.2 การเปรียบเทียบกับโปรแกรมในส่วนของ การหาขนาดสัดส่วนที่สนใจ

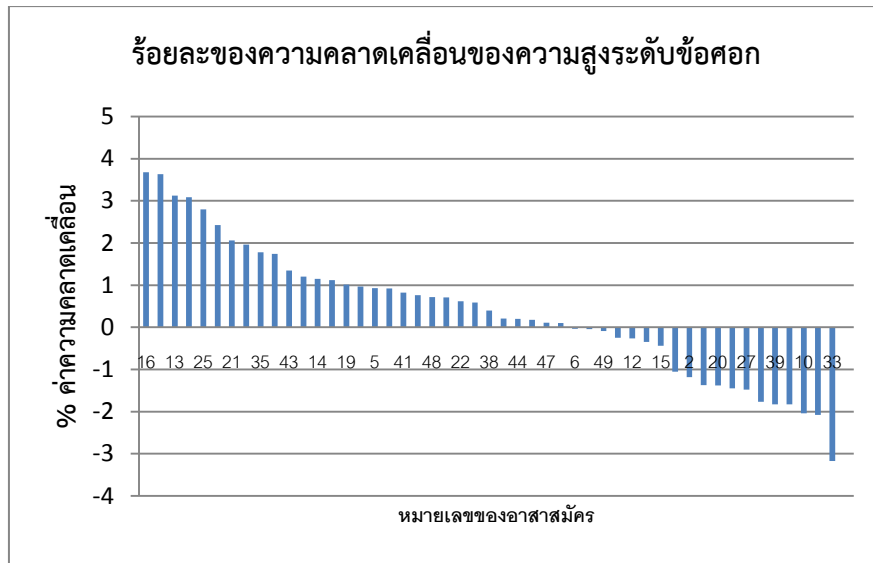
สามารถแสดงในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ โดยมีลำดับของข้อมูลเป็นจำนวน 50 ข้อมูล แบ่งเป็นเพศชายตั้งแต่หมายเลขที่ 1 ถึงหมายเลขที่ 35 และเพศหญิงตั้งแต่หมายเลขที่ 36 ถึงหมายเลขที่ 50 โดยข้อมูลที่ปรากฏจะเรียงลำดับจากมากไปน้อย ซึ่งประกอบไปด้วยสัดส่วนดังรูปที่ 4.29-4.40 ดังนี้



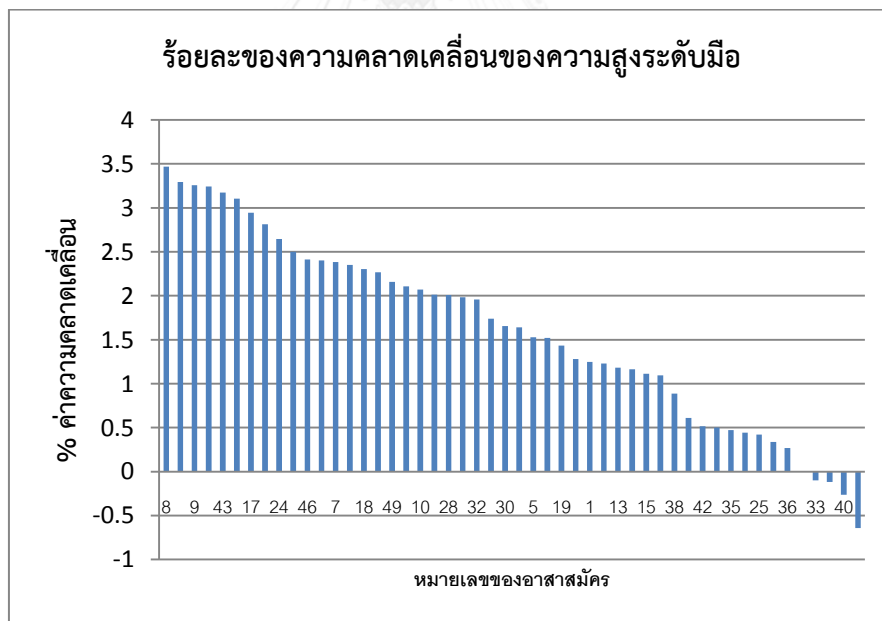
รูปที่ 4.29 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 4
หรือความสูงระดับสายตาเป็นเปอร์เซ็นต์



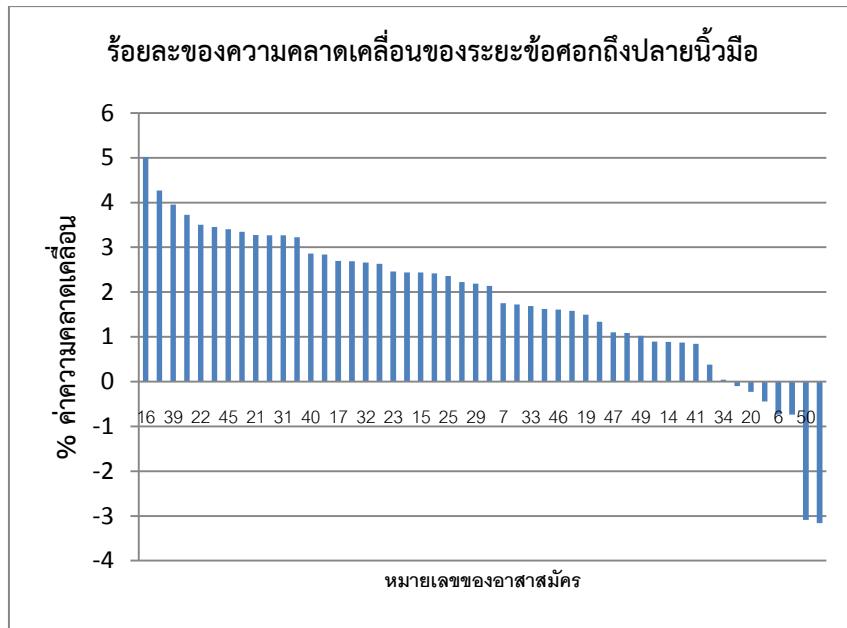
รูปที่ 4.30 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 5
หรือความสูงระดับไหล่เป็นเปอร์เซ็นต์



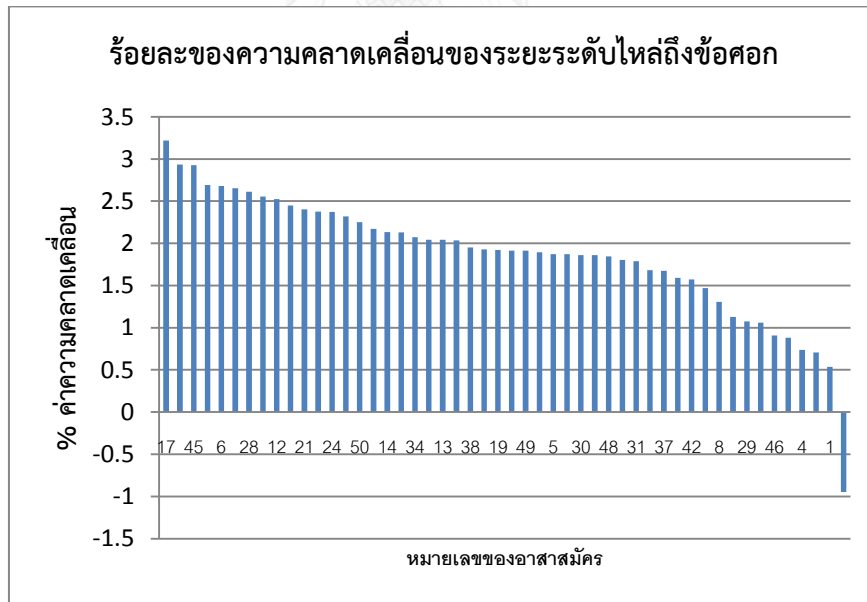
รูปที่ 4.31 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 6
หรือความสูงระดับข้อศอกเป็นเปอร์เซ็นต์



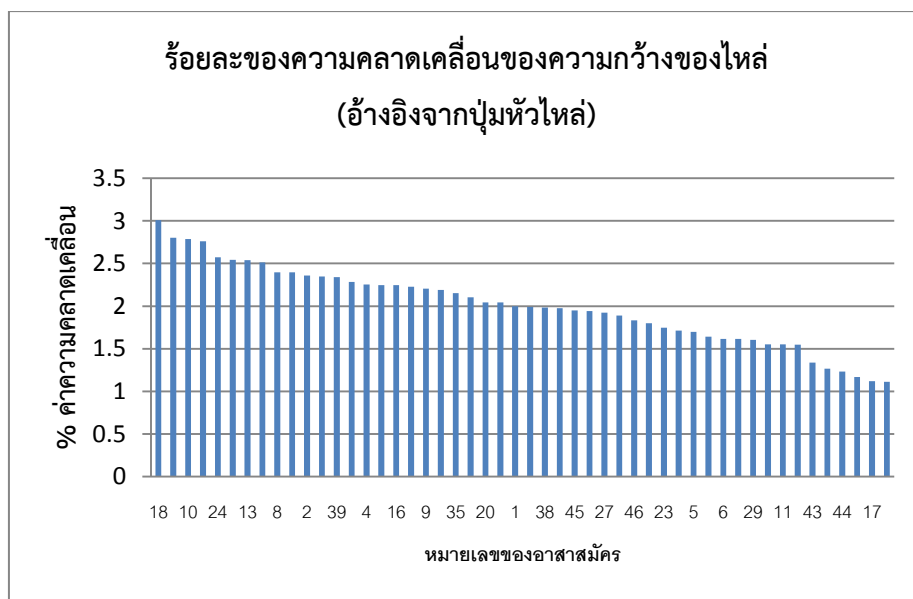
รูปที่ 4.32 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 8
หรือความสูงระดับมือเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.33 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 14 หรือระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือเป็นเปอร์เซ็นต์

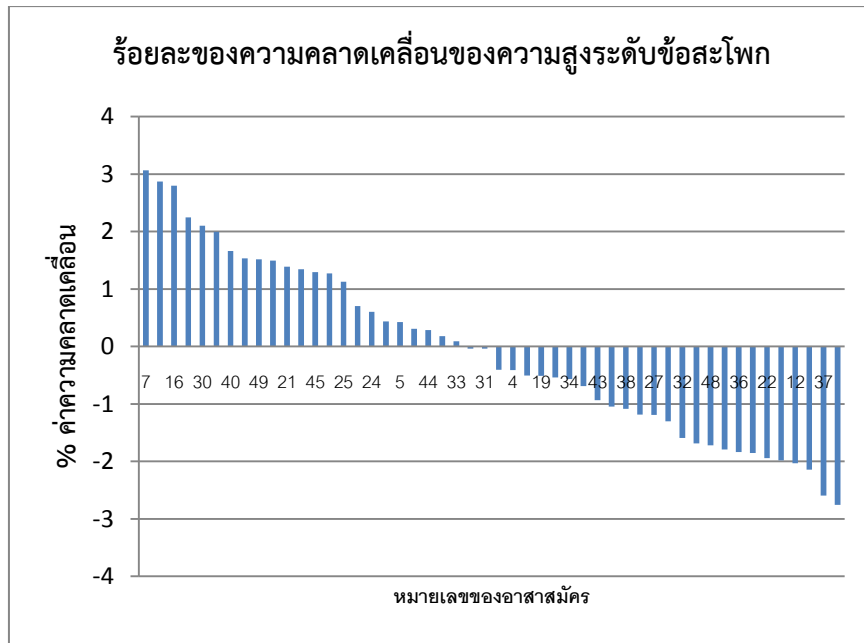


รูปที่ 4.34 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 15 หรือระยะระดับไหล่ถึงข้อศอกเป็นเปอร์เซ็นต์

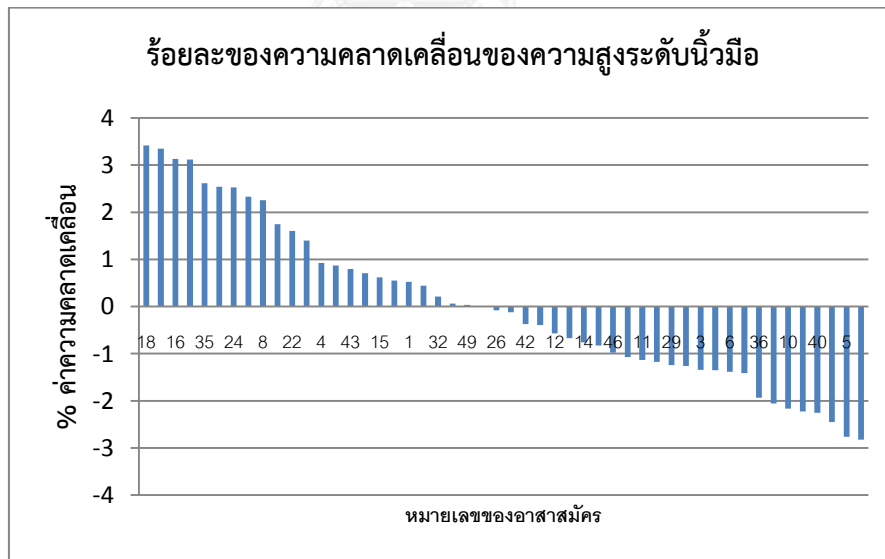


รูปที่ 4.35 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 18 หรือความกว้างของไหล่ (อ้างอิงปุ่มหัวไหล่) เป็นเปอร์เซ็นต์

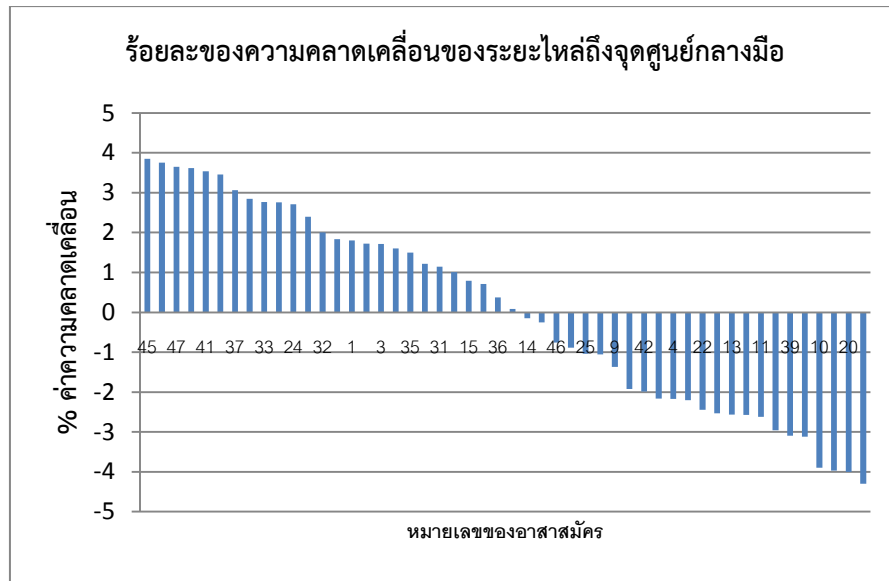
จากรูปที่ 4.29 - 4.35 พบว่า มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ไปในทิศทางบวก เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวอยู่หน้าเส้นของแนวระนาบจุดอ้างอิงทำให้ระยะห่างระหว่างกล้องแท็บเล็ตกับอาสาสมัครใกล้ขึ้น ซึ่งจะทำให้ภาพสัดส่วนมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนร้อยละความคลาดเคลื่อนในทางลบที่เกิดขึ้นนั้นอาจเกิดจากการการนั่งหลังงอ การหายใจเข้าหรือออกก็สามารถทำให้ขนาดของร่างกายแตกต่างกันได้



รูปที่ 4.36 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 7
หรือความสูงระดับข้อสะโพกเป็นเปอร์เซ็นต์

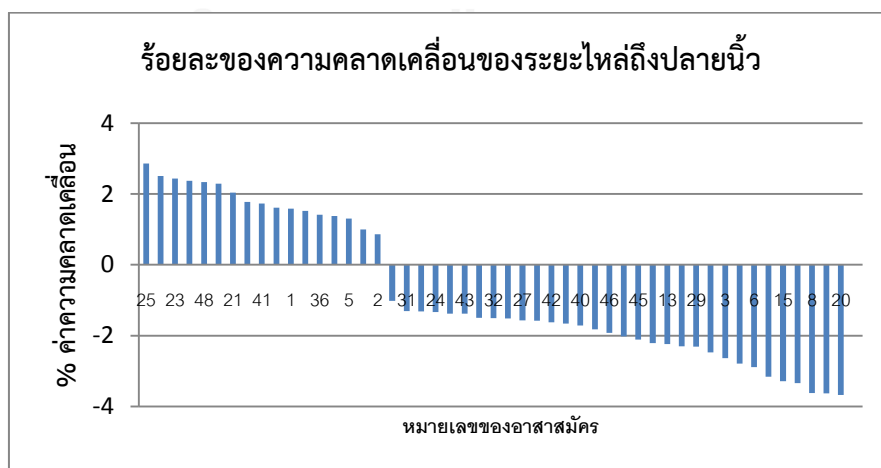


รูปที่ 4.37 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 9
หรือความสูงระดับนิ้วมือเป็นเปอร์เซ็นต์

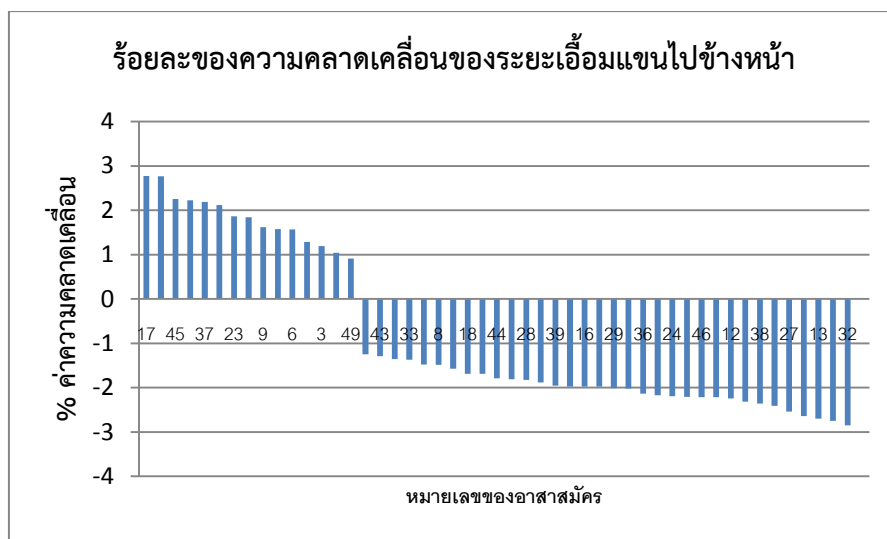


รูปที่ 4.38 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 11
หรือระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือเป็นเปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.36-4.38 พบว่า มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในทิศทางที่ไม่แน่นอน สาเหตุเกิดจากลักษณะของการยืน หากก้มหน้าหรือเงยหน้าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจึงเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ หรือแม้กระทั่งข้อต่อของร่างกายต่างๆ ที่สามารถยืดหยุ่นได้ต่างส่งผลให้การจดท่าทางในแต่ละครั้งได้ขนาดที่แตกต่างกันออกไป



รูปที่ 4.39 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 10
หรือระยะไหล่ถึงปลายนิ้วเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.40 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนที่ 12 หรือระยะเอเอ็มแซนไปข้างหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.39-4.40 พบว่า มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ไปในทิศทางลบ เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวอยู่หลังเส้นของแนวระนาบจุดอ้างอิงทำให้ระยะห่างระหว่างกล้องแท็บเล็ตกับอาสาสมัครไกลขึ้น ซึ่งจะทำให้ภาพสัดส่วนมีขนาดเล็กลง ส่วนร้อยละความคลาดเคลื่อนในทางบวกที่เกิดจากการที่อาสาสมัครงอแขน การมีเสื้อผ้าบังทำให้มองเห็นได้ยาก

ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนจำนวน 20 สัดส่วน ที่แสดงดังรูปที่ 4.21-4.40 สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากอาสาสมัคร 50 คน ของการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเปรียบเทียบกับกรวัดด้วยแท็บเล็ต ในการหาขนาดกว้างสุดและสูงสุด

สัดส่วน ที่	ชื่อสัดส่วน	ความกว้าง (ซม.)			ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย	
		P5	P50	P95	ซม.	ร้อยละ
1	ระยะกางแขน	146.33	168.25	182.23	1.17	0.71
2	ระยะกางศอก	75.10	85.50	93.16	0.74	0.88
3	ความสูงยืน	151.08	162.70	175.58	0.83	0.51
13	ระยะเอื้อมจับสูงสุดขณะยืน	180.65	197.75	212.06	1.46	0.74
16	ระยะเอื้อมจับสูงสุดในท่านั่ง	110.38	121.80	130.90	1.65	1.36
17	ความกว้างของศีรษะ	15.17	16.10	17.46	0.33	2.06
19	ความกว้างของไหล่(อ้างอิงจากกล้ามเนื้อไหล่)	41.73	45.20	51.43	0.74	1.63
20	ความกว้างของสะโพก	29.84	33.60	40.40	0.61	1.78

จากตารางที่ 4.7 การหาขนาดสัดส่วนที่กว้างสุดและสูงสุด สามารถสรุปได้ว่า สัดส่วนที่มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ สัดส่วนที่ 3 ความสูงยืน มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.51 และ สัดส่วนที่มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สัดส่วนที่ 17 ความกว้างของศีรษะ มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.06

ตารางที่ 4.8 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากอาสาสมัคร 50 คน ของการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเปรียบเทียบกับกรวัดด้วยแท็บเล็ต ในการหาขนาดสัดส่วนที่สนใจ

สัดส่วนที่	ชื่อสัดส่วน	ความกว้าง (ซม.)			ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย	
		P5	P50	P95	ซม.	ร้อยละ
4	ความสูงระดับส่ายตา	138.53	150.95	163.22	1.31	0.85
5	ความสูงระดับไหล่	124.22	134.05	144.84	1.51	1.13
6	ความสูงระดับข้อศอก	93.45	101.35	109.82	1.30	1.27
7	ความสูงระดับข้อสะโพก	72.85	79.20	85.54	1.03	1.30
8	ความสูงระดับมือ	65.53	70.55	77.66	1.16	1.65
9	ความสูงระดับนิ้วมือ	56.05	60.60	66.74	0.86	1.41
10	ระยะไหล่ถึงปลายนิ้ว	59.35	66.10	73.64	1.34	2.04
11	ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ	60.46	65.95	73.83	1.45	2.20
12	ระยะเออิมแขนไปข้างหน้า	68.71	75.30	82.89	1.48	1.95
14	ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	39.69	43.90	48.19	0.94	2.14
15	ระยะระดับไหล่ถึงข้อศอก	31.75	34.65	37.81	0.66	1.91
18	ความกว้างของไหล่(อ้างอิงจากปุ่มหัวไหล่)	30.73	34.20	37.73	0.68	2.00

จากตารางที่ 4.8 การหาขนาดสัดส่วนที่สนใจ สามารถสรุปได้ว่า สัดส่วนที่มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ สัดส่วนที่ 4 ความสูงระดับส่ายตา มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.85 และ สัดส่วนที่มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สัดส่วนที่ 11 ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.20

4.6 เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและการวัดด้วยแท็บเล็ต

เก็บข้อมูลระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและแท็บเล็ตจำนวน 20 สัดส่วน จากอาสาสมัครจำนวน 10 คน แล้วเฉลี่ยเวลาในแต่ละขั้นตอนของแต่ละวิธี โดยการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยแท็บเล็ตนั้น จะมีขั้นตอนในการติดตั้งอุปกรณ์ที่จะใช้เวลาในการติดตั้งก่อนการเริ่มทดลองกับอาสาสมัครคนที่ 1 เท่านั้น ซึ่งระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนสามารถแสดงดังตารางที่ 4.9

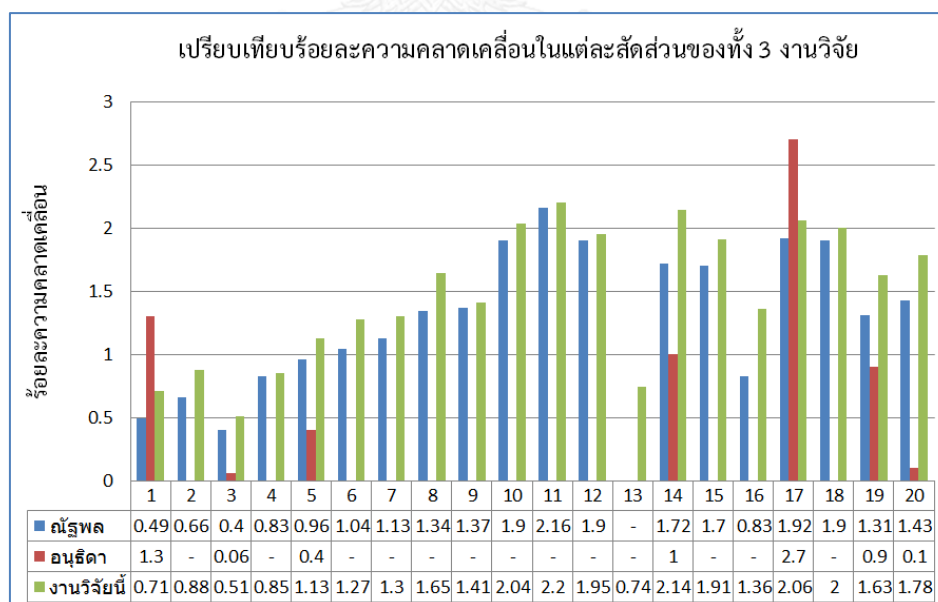
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนของวิธีการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและแท็บเล็ต

เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย			แท็บเล็ต		
ขั้นตอน	ชื่อขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (นาที)	ขั้นตอน	ชื่อขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	วัดท่าทางที่ 1 วัด 1 สัดส่วนและจดบันทึก	2	1	ติดตั้งอุปกรณ์ วัดระยะห่างระหว่างแท็บเล็ตและอาสาสมัคร	10
2	วัดท่าทางที่ 2 วัด 1 สัดส่วนและจดบันทึก	1	2	ถ่ายภาพท่าทางที่ 1	3
3	วัดท่าทางที่ 3 วัด 7 สัดส่วนและจดบันทึก	7	3	ถ่ายภาพท่าทางที่ 2	
4	วัดท่าทางที่ 4 วัด 4 สัดส่วนและจดบันทึก	5	4	ถ่ายภาพท่าทางที่ 3	
5	วัดท่าทางที่ 5 วัด 3 สัดส่วนและจดบันทึก	5	5	ถ่ายภาพท่าทางที่ 4	
6	วัดท่าทางที่ 6 วัด 4 สัดส่วนและจดบันทึก	4	6	ถ่ายภาพท่าทางที่ 5	
7	บันทึกข้อมูลในรูปแบบ Text File	2	7	ถ่ายภาพท่าทางที่ 6	
			8	วัดสัดส่วนและบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Text File	
รวมเวลาที่อาสาสมัครเข้าร่วมทดลอง		24	รวมเวลาที่อาสาสมัครเข้าร่วมทดลอง		3
รวมเวลาวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย		26	รวมเวลาวัดด้วยแท็บเล็ต		21

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า การวัดขนาดสัดส่วนด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายนั้น เวลาที่อาสาสมัครเข้าร่วมการทดลองคือ ขั้นตอนที่ 1-6 รวมเวลาที่ใช้ในการวัดเฉลี่ยเท่ากับ 24 นาที และใช้เวลาในการบันทึกข้อมูลในรูปแบบเท็กซ์ไฟล์ (Text File) เฉลี่ยเท่ากับ 2 นาที ส่วนการวัดด้วยแท็บเล็ต จะใช้เวลาในการติดตั้งอุปกรณ์ก่อนเริ่มวัด 10 นาทีซึ่งจะทำก่อนการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัครคนแรกเท่านั้น ส่วนเวลาที่อาสาสมัครต้องเข้าร่วมการทดลองคือ ขั้นตอนที่ 2-7 รวมเวลาที่ใช้ในการวัดเฉลี่ยเท่ากับ 3 นาที จากนั้นผู้วิจัยวัดด้วยโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตและบันทึกข้อมูลโดยใช้เวลาเฉลี่ย 8 นาที

4.7 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดสัดส่วนด้วยแท็บเล็ตกับงานวิจัยอื่น

จากค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยแท็บเล็ต ในงานวิจัยนี้สามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนของณัฐพล (2552) ซึ่งใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลและวัดสัดส่วนด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นบนคอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบกับอนุธิดา (2556) ซึ่งใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลและวัดสัดส่วนด้วยโปรแกรมโฟโต้ชอป (Photoshop) บนคอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.41 การเปรียบเทียบร้อยละความคลาดเคลื่อนในแต่ละสัดส่วนของทั้ง 3 งานวิจัย

จากรูปที่ 4.41 แสดงถึง ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนในแต่ละสัดส่วนของทั้ง 3 งานวิจัย โดยที่ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนในงานวิจัยของณัฐพล (2552) สัดส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือสัดส่วนที่ 3 ความสูงยื่น ส่วนสัดส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สัดส่วนที่ 11 ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ ในงานวิจัยของอนุธิดา (2556) สัดส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือสัดส่วนที่ 3 ความสูงยื่น ส่วนสัดส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สัดส่วนที่ 17 ความกว้างของศีรษะและในงานวิจัยนี้สัดส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ สัดส่วนที่ 3 ความสูงยื่น ส่วนสัดส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สัดส่วนที่ 11 ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ โดยสัดส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดนั้นตรงกันในทั้ง 3 งานวิจัยคือ สัดส่วนที่ 3 ความสูงยื่น และ สัดส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่สอดคล้องกับงานวิจัยฉบับนี้คือ งานวิจัยของณัฐพล (2552) ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดในส่วนที่ 11 ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ

4.8 ข้อจำกัดของการใช้โปรแกรม

ในการใช้โปรแกรมการวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต โดยการถ่ายภาพและหาขนาดสัดส่วนร่างกายนั้น แม้จะมีความสะดวกและสามารถประหยัดเวลาการใช้งาน หรือทำให้ไม่เสียเวลาในการทำงานของอาสาสมัครในการเข้าร่วมการทดลอง แต่โปรแกรมหดงกล่าวก็ยังมีข้อจำกัดของการใช้งานดังนี้

1. การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยโปรแกรมบนแท็บเล็ตจำเป็นต้องมีวัตถุอ้างอิงเพื่อใช้เป็นจุดกำหนดระยะห่างในการคำนวณหามาตราส่วน
2. การวัดขนาดสัดส่วนกว้างสุดและสูงสุดแบบอัตโนมัติ ภาพของวัตถุและฉากหลังต้องมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน และต้องเป็นการวัดแบบขอบถึงขอบเท่านั้น
3. หน้าจอของแท็บเล็ตมีขนาดเล็ก ทำให้ระบุตำแหน่งของสัดส่วนที่จะวัดได้ยาก อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้
4. สามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เท่านั้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ นอกเหนือจากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและการวัดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งแท็บเล็ตแตกต่างจากเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายในเรื่องของความสะดวกในการใช้งาน ความสะดวกในการพกพา ราคา รวมทั้งในเรื่องของวัฒนธรรมในการถูกเนื้อต้องตัว อาสาสมัครที่เข้าร่วม และแท็บเล็ตก็ยังคงแตกต่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในเรื่องจำนวนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการได้มาซึ่งข้อมูล สามารถรวบรวมขั้นตอนการวัดที่ยุ่งยากลงให้เหลือเพียงอุปกรณ์เดียวก็สามารถวัดขนาดสัดส่วนร่างกายได้ โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นใช้เทคนิคการหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่เพื่อช่วยให้ขอบภาพของสัดส่วนมีความชัดเจนขึ้น โดยทดสอบใช้งานด้วยการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายจำนวน 20 สัดส่วนของอาสาสมัครจำนวน 50 คนแบ่งเป็นเพศชาย 35 คนและเพศหญิง 15 คน ที่มีอายุระหว่าง 19-67 ปี จากผลการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ สามารถสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

1. การออกแบบการทดลอง เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด โดยการวัดกับวัตถุ 2 ชนิด คือ วัตถุแผ่นเรียบและวัตถุทรงกลม พบว่าระยะทางวางแท็บเล็ตและปริมาณความเข้มแสงสว่างเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน

2. การศึกษาหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม คือ เมื่อทราบค่าปัจจัยระยะทางวางแท็บเล็ตและปริมาณความเข้มแสงสว่างมีผลต่อร้อยละของความคลาดเคลื่อนแล้วนั้น จึงหาค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์พื้นที่ผิวตอบสนองที่เหมาะสม (Response Optimizer) พบว่าระยะทางวางแท็บเล็ตและปริมาณความเข้มแสงสว่างที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดร้อยละของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ ระยะทางวางแท็บเล็ตที่ 6 เมตร และปริมาณความเข้มแสงสว่างที่ 400 ลักซ์

3. การทดสอบโปรแกรมโดยการนำไปใช้วัดกับอาสาสมัคร เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยแท็บเล็ต โดยอ้างอิงค่าได้ที่จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเป็นมาตรฐาน ได้แบ่งการทำงานของโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- การเปรียบเทียบการหาขนาดกว้างสุดและสูงสุด มีสัดส่วนที่ 1,2,3,13,16,17,19 และสัดส่วนที่ 20 โดยขนาดสัดส่วนกว้างสุดและสูงสุดที่มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ สัดส่วนที่ 3 ความสูงยื่น เท่ากับร้อยละ 0.51 ตัวอย่างการนำข้อมูลของสัดส่วนนี้ไปใช้ เช่น การกำหนดระยะที่ต่ำสุดของสิ่งกีดขวางเหนือศีรษะ ความสูงขั้นต่ำสุดของช่องเปิดประตูหน้าต่าง เป็นต้น โดยค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ควรนำไปใช้นั้นควรเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 (ปีติ พูนไชยศิริ, 2534) เนื่องจากระยะความสูงของเพดานภายในอาคารส่วนใหญ่จะไม่มีปัญหาซึ่งสามารถใช้งานประตูและช่องเปิดได้ และการหาขนาดกว้างสุดและสูงสุด สัดส่วนที่มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สัดส่วนที่ 17 ความกว้างของศีรษะ มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับร้อยละ 2.06

- การเปรียบเทียบการหาขนาดสัดส่วนที่สนใจ มีสัดส่วนที่ 4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15 และสัดส่วนที่ 18 โดยขนาดสัดส่วนที่สนใจมีสัดส่วนที่มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ สัดส่วนที่ 4 ความสูงระดับสายตา มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับร้อยละ 0.85 ประโยชน์การนำไปใช้งานคือ ค่านี้เป็นค่าของศูนย์กลางของขอบเขตการมองเห็นหรือลานสายตา ในการติดตั้งจอภาพหรือป้ายสัญลักษณ์ ข้อมูลที่ได้อาสาสมัครไม่ได้สวมใส่รองเท้าหากมีการนำไปใช้จริง ควรเพิ่มความสูง 2.5 เซนติเมตรสำหรับรองเท้าของผู้ชาย และ 7.6 เซนติเมตรสำหรับรองเท้าของผู้หญิง ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่สนใจต้องขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การออกแบบ (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2552) เช่น ถ้าต้องการทำแผงบังสายตาเพื่อความเป็นส่วนตัว ควรใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 หรือมากกว่า เพราะคนตัวเตี้ยกว่าจะมองไม่เห็นและคนที่ตัวสูงกว่าก็จะมองไม่เห็นเช่นกัน เป็นต้น และสัดส่วนที่มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ สัดส่วนที่ 11 ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับร้อยละ 2.20 ประโยชน์การนำไปใช้งานคือ การกำหนดออกแบบทางสัญจรในที่สาธารณะ ควรใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95

4. การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน โดยอ้างอิงค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายเป็นเกณฑ์มาตรฐาน สามารถแบ่งค่าความคลาดเคลื่อนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีค่าความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ในทิศทางบวก ,ทิศทางไม่แน่นอนและทิศทางลบ ซึ่งการแบ่งกลุ่มดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพล(2552) และอนุชิตา(2556) ดังนี้

- กลุ่มที่หนึ่ง คือ กลุ่มที่มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ในทิศทางบวก หมายถึง ขนาดที่วัดด้วยโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตมีค่ามากกว่าค่าที่วัดได้ด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย ซึ่งสัดส่วนเหล่านั้นนั้นจะเป็นสัดส่วนที่อยู่หน้าเส้นแนวระนาบจุดอ้างอิง ทำให้

ระยะห่างระหว่างกล่องกับอาสาสมัครใกล้ขึ้น จึงทำให้ภาพที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้น สัตว์ส่วนที่อยู่ในกลุ่มนี้มีจำนวน 12 สัตว์ส่วน ได้แก่ สัตว์ส่วนที่ 1,2,4,5,6,8,14,15,17,18,19 และ 20

- กลุ่มที่สอง คือ กลุ่มที่มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนในทิศทางที่ไม่แน่นอน เหล่านี้จะเป็นสัตว์ส่วนที่อยู่แนวเดียวกับเส้นแนวระนาบจุดอ้างอิงหรือเป็นตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้ยาก เนื่องจากเป็นข้อต่อร่างกายหรือการมีเสื้อผ้าบดบัง สัตว์ส่วนที่อยู่ในกลุ่มนี้มีจำนวน 4 สัตว์ส่วน ได้แก่ สัตว์ส่วนที่ 3,7,9 และ 11

- กลุ่มที่สาม คือ กลุ่มที่มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ในทิศทางลบ หมายถึง ขนาดที่วัดด้วยโปรแกรมวัดสัตว์ส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตมีค่าน้อยกว่าค่าที่วัดได้ด้วยเครื่องมือวัดสัตว์ส่วนร่างกาย ซึ่งสัตว์ส่วนเหล่านี้จะเป็นสัตว์ส่วนที่อยู่หลังเส้นแนวระนาบจุดอ้างอิง ทำให้ระยะห่างระหว่างกล่องกับอาสาสมัครใกล้ขึ้น จึงทำให้ภาพที่ได้มีขนาดเล็กลง สัตว์ส่วนที่อยู่ในกลุ่มนี้มีจำนวน 4 สัตว์ส่วน ได้แก่ สัตว์ส่วนที่ 10,12,13 และ 16

5. การนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมวัดขนาดสัตว์ส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตไปใช้ในการออกแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบทางเดิน ความสูงของโต๊ะ โต๊ะวางงาน เก้าอี้ในสำนักงาน ม่านบังสายตา เครื่องมืออุปกรณ์ ตลอดจนการออกแบบสถานีงานต่างๆ โดยข้อมูลที่ได้นั้นเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบงานที่ไม่ต้องการความละเอียดหรือการออกแบบแบบเฉพาะเจาะจงมากนัก อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานที่สามารถยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนได้มากน้อยเพียงใด เช่น การพิจารณาการออกแบบเก้าอี้ สัตว์ส่วนที่นำมาพิจารณาคือ ความกว้างสะโพก โดยค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยโปรแกรมวัดสัตว์ส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1.02 เซนติเมตร ถ้านำโปรแกรมไปใช้ในการออกแบบเก้าอี้ในสำนักงานจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาในการใช้งานเก้าอี้ดังกล่าว เนื่องจากการใช้งานไม่ได้ต้องการความเฉพาะเจาะจงกับผู้ใช้งานมากนัก แต่ถ้าหากนำข้อมูลที่ได้จากการวัดด้วยโปรแกรมวัดสัตว์ส่วนร่างกายบนแท็บเล็ตไปใช้ในการออกแบบเก้าอี้สำหรับนักบินหรือเบาะสำหรับรถแข่ง ข้อมูลดังกล่าวอาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการออกแบบ เนื่องจาก เก้าอี้ประเภทดังกล่าวต้องการความเฉพาะเจาะจง ขนาดที่พอดีกับผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก เป็นต้น

6. การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัตว์ส่วนร่างกายและแท็บเล็ต พบว่า การวัดขนาดสัตว์ส่วนด้วยเครื่องมือวัดสัตว์ส่วนร่างกายใช้เวลาในการวัดเฉลี่ยเท่ากับ 24 นาที/คน และเวลาในการบันทึกข้อมูล 2 นาที ส่วนการวัดด้วยแท็บเล็ตนั้นจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การ

ติดตั้งอุปกรณ์ซึ่งจะทำก่อนการวัดกับอาสาสมัครคนแรกเท่านั้น โดยใช้เวลา 10 นาทีในการติดตั้งอุปกรณ์ ขั้นตอนถัดมาคือ การถ่ายภาพ การวัดค่าและบันทึกข้อมูล ใช้เวลาเฉลี่ยรวมกันเท่ากับ 11 นาที/คน ทำให้เห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายใช้เวลาเฉลี่ยสูงกว่าการวัดด้วย แท็บเล็ตถึง 13 นาที/คน แต่ถ้าหากพิจารณาเฉพาะระยะเวลาในการเข้าร่วมการทดลองของอาสาสมัครนั้น ในที่นี้หมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพที่ใช้เวลาการถ่ายภาพเฉลี่ย 3 นาที/คน ซึ่งแตกต่างจากระยะเวลาในการเข้าร่วมการทดลองของอาสาสมัครที่วัดด้วย เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย ถึง 8 เท่า ในทางเดียวกันหากโรงงานอุตสาหกรรมต้องการข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของพนักงานในสายงานการผลิต อาจทำให้ต้องใช้เวลาในการวัดขนาดสัดส่วน ซึ่งจะทำให้เสียชั่วโมงการทำงานของพนักงาน มีผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตรวมไปถึงกระบวนการการผลิตอาจต้องหยุดชะงัก ด้วยเหตุนี้หากใช้วิธีการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยโปรแกรมบนแท็บเล็ต จะทำให้อาสาสมัครที่ถูกวัดขนาดสัดส่วนร่างกายใช้เวลาสำหรับการวัดที่สั้นลง ถึงแม้ว่าการวัดสัดส่วนร่างกายโดยใช้แท็บเล็ตจะประหยัดเวลา แต่ในการเตรียมสถานที่ตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการทดลองนั้นต้องใช้เวลาในการเตรียมเพียง 10 นาที ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้แท็บเล็ตจึงมีความเหมาะสมกับการถ่ายภาพอาสาสมัครที่มีจำนวนมากและใช้เวลาในการเข้าร่วมการทดลองไม่นาน

7. การเปรียบเทียบร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยแท็บเล็ตกับงานวิจัยของ ณัฐพล (2552) และอนุธิดา (2556) พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนของทุกสัดส่วนในแต่ละงานวิจัยเรียงลำดับจากน้อยไปมาก คือ งานวิจัยของอนุธิดามีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.92 งานวิจัยของณัฐพลมีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.31 และงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.48 โดยสัดส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดนั้นคือสัดส่วนเดียวกันได้แก่ สัดส่วนที่ 3 คือ ความสูงยืน ทั้งนี้จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้มีค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทุกคนทุกสัดส่วนมากกว่าทั้ง 2 งานวิจัยดังกล่าว โดยความคลาดเคลื่อนที่มากกว่านั้นเกิดจากความละเอียดของภาพ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล (2552) ที่ว่า ความละเอียดของภาพเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าของความคลาดเคลื่อนในการวัดสัดส่วนร่างกาย โดยงานวิจัยของ อนุธิดา (2556) ใช้กล้องดิจิทัลที่มีความละเอียดถึง 18 ล้านพิกเซล ส่วนงานวิจัยของณัฐพล (2552) ใช้กล้องดิจิทัลที่มีความละเอียด 10 ล้านพิกเซล แต่กล้องแท็บเล็ตนั้นมีค่าความละเอียดของภาพเพียง 5 ล้านพิกเซล

5.2 ปัญหาที่พบในงานวิจัย

อุปสรรคที่ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายสำหรับงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องควบคุมปริมาณความเข้มแสงสว่าง ทำให้จำเป็นต้องทดลองในห้องปิด ดังนั้นจึงมีพื้นที่จำกัดในการถ่ายภาพ โดยระยะไกลสุดที่สามารถถ่ายภาพได้ คือ 6 เมตร
2. ข้อจำกัดเรื่องความละเอียดของกล้องแท็บเล็ตโดยมีความละเอียดเพียง 5 ล้านพิกเซล ซึ่งมีความละเอียดน้อยกว่ากล้องดิจิทัลที่ใช้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้
3. ชุดสปอร์ตไลท์ มีความสว่างเพียง 400 ลักซ์ ซึ่งหากมีความสว่างมากกว่านี้อาจจะส่งผลค่าความคลาดเคลื่อนลดลง
4. การจัดสรรเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาการทำงานของอาสาสมัคร
5. ในการถ่ายภาพในบางท่าทางต้องมีการนั่งเพื่อถ่ายภาพ ซึ่งมีอาสาสมัครบางคนที่ไม่สามารถนั่งได้ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ ทำให้ต้องใช้เวลาในการชี้แจง

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จากผลสรุปงานวิจัยข้างต้นสามารถกำหนดข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต ในด้านกระบวนการวัด อาจจะทำภาพโดยไม่ต้องใช้ฉากหลัง ชุดสปอร์ตไลท์ ในกรณีที่มีพื้นที่จำกัดอาจจะทดลองหาวิธีที่ทำให้การถ่ายภาพในระยะใกล้มีค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดขนาดสัดส่วนลดลง นอกจากนี้ควรมีเก้าอี้ที่สามารถกำหนดท่าทางขณะนั่งให้ได้ตามที่ต้องการเพื่อเป็นการลดเวลาในการชี้แจงขณะถ่ายภาพ และในด้านโปรแกรม อาจจะใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ทั่วไป ที่มีรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐานที่ง่ายต่อการวัด เช่น สี่เหลี่ยม หรือวงกลม แทนจุดอ้างอิงแบบวัตถุทรงกลม (ลูกบอล) แล้วพิจารณาร้อยละของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น หรือลดเวลาในการบันทึกข้อมูลโดยค้นหาสัดส่วนแบบอัตโนมัติแทนการเลือกจากรายชื่อสัดส่วนร่างกาย และถ้าต้องการลดค่าความคลาดเคลื่อนควรเลือกแท็บเล็ตที่มีความละเอียดของกล้องมากกว่างานวิจัยนี้ งานวิจัยในอนาคตการวัดด้วยโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต ควรเพิ่มจำนวนผู้วัดเพื่อประเมินผู้วัดและควรประเมินความสามารถของกระบวนการวัด (Gage R&R) ด้วย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรณิการ์ ชูตระกูลธรรม. (2555). การพัฒนาโปรแกรมเล่นดนตรีไทยบนแท็บเล็ตระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิตติ อินทรานนท์. (2548). การยศาสตร์: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์. (2552). การหาพารามิเตอร์สอบเทียบสำหรับการสอบเทียบกล้องชนิดร่วมระนาบ. (ปริญญาคุณศึกษบัณฑิต), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ฐิตวัฒน์ เตจจรัสชีวิน, & ณพวีณา ฤกษ์ปรีดาพงศ์. (2551). ระบบติดตามลักษณะเด่นบนใบหน้าโดยใช้กล้องเพียงหนึ่งตัว (ปริญญาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐพล พุดยางกูร. (2552). การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดย โปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิทัลแบบ 2 มิติ. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เดชา พวงดาวเรือง. (2548). การปรับเทียบกล้องวีดีโอดิจิทัล. วิศวกรรมสารเอเชียอาคเนย์, 1(2), 61-70.
- ตะวัน พันธุ์แก้ว. (2556). คู่มือถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: บริษัท โปรวิชั่น จำกัด.
- บริษัท ไทยวาโก้จำกัด (มหาชน). (2556). โครงการสำรวจ สัดส่วนสตรีไทย. Retrieved 10 มีนาคม, 2557, from http://corp.wacoal.co.th/sp.php?mid=16&cat_id=0&content_id=23
- บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2556). การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- ปิติ พูนไชยศิริ. (2534). การยศาสตร์: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- มะลิฉัตร เอื้ออานันท์. (2540). พจนานุกรมศัพท์และเทคนิคทางศิลปะ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- วิมลมาศย์ โพธิ์กลิ่น. (2549). มือใหม่กล้องดิจิทัล+Photoshop. กรุงเทพฯ: บริษัท ชัคเซสมิเดีย จำกัด.
- วิโรจน์ องอาจ. (2549). การประมวลผลภาพวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยโพลิเมอร์จากการปั่นด้วยไฟฟ้าสถิต. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิลาส เขาวรรักษ์. (2546). การวัดสัดส่วนร่างกายเบื้องต้นของนักเรียนหญิงไทยระดับประถมศึกษา. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมเกียรติ อุดมพระราชกุล. (2554). การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์
ท้อป จำกัด.

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. (2552). คู่มือปฏิบัติวิชาชีพข้อมูลสัดส่วนร่างกาย
ประชากรไทยเพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ: บริษัทพลัสเพรสจำกัด.

สังกัส พิริยะสุรวงศ์. (2546). โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวัดขนาดของมนุษย์แบบ 2 มิติ. (ปริญญา
มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2537). มาตรฐาน Size Thai. Retrieved
10 มีนาคม, 2557, from <http://www.sizethailand.org>

สุดา เลิศวิสุทธิไพบูลย์. (2554). การยศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

อธิปลักษณ์ โชติชนประสิทธิ์. (2556). แท็บเล็ตคืออะไร มีประวัติความเป็นมาอย่างไร. Retrieved 6
มกราคม, 2557, from <http://news.siamphone.com/news-13565.html>

อนุธิดา ฉิมทับ. (2556). เทคนิคการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์โดยถ่ายภาพดิจิทัล 2 มิติ ที่ระยะใกล้.
(ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Chuan, T.K. Hartono, & M. Kumar. (2010). Anthropometry of the Singaporean and
Indonesian populations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40,
757-766.

Daanena, H. A. M., & Ter Haara , F. B. (2013). 3D whole body scanners revisited.
Displays, 34, 270-275.

Jean-Yves Bouguet. (1997). Complete Camera Calibration Toolbox for Matlab.
Retrieved 15 Dec, 2013, from
http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc

Kihwan HAN, Hyuk Joon KWON, Tae Hyun CHOI, Jun Hyung KIM, & Daegu SON. (2010).
Comparison of anthropometry with photogrammetry based on a standardized
clinical photographic technique using a cephalostat and chair. *Journal of
Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 96-107.

M.K. Gouvali, & K. Boudolos. (2005). Match between school furniture dimensions and
children's anthropometry. *Applied Ergonomics*, 37, 765-773.

Pheasant, S. T. (1986). *Bodyspace : Anthropometry , Ergonomics and Design*. London:
Taylor & Francis Ltd.

- R. Fisher, S. Perkins, A. Walker, & E. Wolfart. (2004). Canny edge detector. Retrieved 10 Jan, 2014, from <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/canny.htm>
- Salah R. Agha. (2009). School furniture match to students' anthropometry in the Gaza Strip. *Ergonomics*, 344-354.
- Smith, J. L., & Tayyari, F. (1997). *Occupational Ergonomics: Principles and Application*. London: Chapman & Hall.
- Zuwena Musoromy, & Soodamani Ramalingam. (2010). *Edge Detection Comparison for License Plate Detection*. Paper presented at the Control, Automation, Robotics and Vision, Singapore.





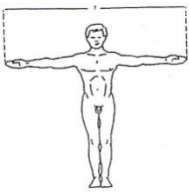

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

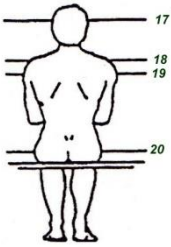
ภาคผนวก ก
มาตรฐานการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ของ Pheasant

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตำแหน่งการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์โดยดัดแปลงมาจากมาตรฐานการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์จากงานวิจัยของ Pheasant (1986) จำนวน 20 สัดส่วนจาก 6 ท่าทาง ได้แก่

สัดส่วนในการวัด	รายละเอียด
	<p>1. ระยะกางแขน (span) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง กางแขนทั้งสองแขนออกทางด้านข้างในแนวระดับ ทำการวัดระยะจากปลายนิ้วกลางของแขนข้างซ้ายจนถึงปลายนิ้วกลางของแขนข้างขวา</p>
	<p>2. ระยะกางศอก (elbow span) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง เท้าทั้งสองชิดกัน พับแขนส่วนล่างทั้งสองข้างเข้าหาตัวในลักษณะกางศอก โดยที่แขนอยู่ในแนวระดับ ทำการวัดระยะจากข้อศอกด้านซ้ายถึงข้อศอกด้านขวา</p>
	<p>3. ความสูงขณะยืน (stature) ผู้ถูกวัดยืนตรง แขนเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้นจนถึงจุดสูงสุดของศีรษะ (vertex)</p> <p>4. ความสูงระดับสายตา (eye height standing) ผู้ถูกวัดยืนตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดติดกัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงระดับมุมของหัวตา (inner canthus)</p> <p>5. ความสูงระดับไหล่ (shoulder height standing) ผู้ถูกวัดยืนตรง แขนเหยียดตรงแนบลำตัว เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงจุดที่นูนที่สุดของปุ่มกระดูกหัวไหล่ (acromion)</p> <p>6. ความสูงระดับข้อศอก (elbow height standing) ผู้ถูกวัดยืนตรง แขนเหยียดตรงแนบลำตัว เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงระดับปุ่มกระดูกแขนด้านข้างทางด้านนอก (head of radius)</p> <p>7. ความสูงระดับข้อสะโพก (hip height) ผู้ถูกวัดยืนตรง เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้นจนถึงปุ่มกระดูกโคนขา (greater trochantor) ส่วนที่นูนที่สุด</p> <p>8. ความสูงระดับมือ (knuckle height) ผู้ถูกวัดยืนตรง เท้าทั้งสองชิดติดกัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงรอยต่อระหว่างกระดูกข้อมือของนิ้วกลางกับกระดูกฝ่ามือ</p>

สัดส่วนในการวัด	รายละเอียด
	<p>9. ความสูงระดับนิ้วมือ (fingertip height) ผู้ถูกวัดยืนตรง เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้น ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงปลายนิ้วกลาง</p>
	<p>10. ระยะไหล่ถึงปลายนิ้ว (upper limb length) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง เท้าทั้งสองชิดกัน มือและแขนเหยียดตรงไปข้างหน้า ทำการวัดระยะจากปุ่มหัวไหล่ถึงปลายนิ้วกลาง</p> <p>11. ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ (shoulder-grip length) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง เท้าทั้งสองชิดกัน กำมือโดยที่แขนเหยียดตรงไปข้างหน้า ทำการวัดความยาวจากปุ่มหัวไหล่ถึงปลายนิ้วหัวแม่มือ</p> <p>12. ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า (forward grip reach) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง เท้าทั้งสองชิดกัน กำมือโดยที่แขนและข้อมือเหยียดตรงไปข้างหน้า ทำการวัดความยาวจากแผ่นหลังถึงปลายนิ้วหัวแม่มือ</p> <p>13. ระยะเอื้อมจับสูงสุดขณะยืน (vertical grip reach standing) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง หน้ามองตรงให้ได้ระดับตามระนาบ Frankfurt plane เท้าทั้งสองชิดกัน แขนเหยียดตรงเหนือศีรษะในลักษณะกำมือ ทำการวัดความสูงจากพื้นจนถึงจุดสูงสุดของมือขณะกำ</p>
	<p>14. ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ (elbow - fingertip length) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดระยะจากด้านหลังของข้อศอกถึงปลายนิ้วกลาง</p> <p>15. ระยะระดับไหล่ถึงข้อศอก (shoulder - elbow height) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดระยะจากจุดที่นูนที่สุดของปุ่มหัวไหล่ (acromion) จนถึงปุ่มข้อศอก</p> <p>16. ระยะเอื้อมจับสูงสุดในท่านั่ง (vertical grip reach sitting) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน หน้ามองตรงให้ได้ระดับตามระนาบ Frankfurt plane แขนเหยียดตรงเหนือศีรษะในลักษณะกำมือทำการวัดความสูงจากพื้นแกว้อจนถึงจุดสูงสุดของมือขณะกำ</p>

สัดส่วนในการวัด	รายละเอียด
	<p>17. ความกว้างศีรษะ (head breadth) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง หน้ามองตรง ให้ได้ระดับตามระนาบ Frankfurt plane วัดระยะศีรษะส่วนที่กว้างที่สุด ซึ่งส่วนที่กว้างที่สุดจะอยู่เหนือใบหูเล็กน้อย</p> <p>18. ความกว้างไหล่ (อ้างอิงปุ่มหัวไหล่) (shoulder breadth biacromion) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดความกว้างจากจุดที่นูนที่สุดของกล้ามเนื้อต้นแขนซ้าย (deltoid muscle) ถึงจุดที่นูนที่สุดของกล้ามเนื้อต้นแขนขวาในระดับไหล่</p> <p>19. ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) (shoulder breadth bideltoid) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดความกว้างจากจุดที่นูนที่สุดของปุ่มหัวไหล่ (acromion) ด้านยาวถึงจุดที่นูนที่สุดของปุ่มหัวไหล่ด้านซ้าย</p> <p>20. ความกว้างสะโพก (hip breadth) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดความกว้างส่วนที่กว้างที่สุดของสะโพก ซึ่งโดยปกติ จะยึดด้านนอกสุดของกระดูกเชิงกรานทั้งสองข้าง (iliac crests)</p>

ภาคผนวก ข
เอกสารแสดงความยินยอมในการเก็บข้อมูลส่วนตัวร่างกายของอาสาสมัคร



**เอกสารแสดงความยินยอมในการเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัคร
ในการเก็บข้อมูลการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์
โดยใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและกล้องแท็บเล็ต**

ชื่องานวิจัย : การพัฒนาโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต
ชื่อผู้วิจัย : นายเทวฤทธิ์ ประเสริฐศรี
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

กรุณาอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่สงสัยหรือไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

1. ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ : นามสกุล :

เพศ : ชาย หญิง อายุ : น้ำหนัก :

2. รายละเอียดงานวิจัย

1) วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อออกแบบโปรแกรมการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์แบบ 2 สัดส่วนด้วยแท็บเล็ต และเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการวัดสัดส่วนร่างกายระหว่างการวัดด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายกับการวัดด้วยแท็บเล็ต

2) ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากอาสาสมัครที่เข้าร่วมทดลองวัดขนาดสัดส่วนร่างกายจะถูกเก็บไว้เป็นความลับทางเอกสารและถือเป็นข้อมูลของห้องปฏิบัติการการกายศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ในกระบวนการวิเคราะห์ จะนำเอาค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเปรียบเทียบจากการวัดทั้ง 2 วิธีมานำเสนอเท่านั้น จะไม่นำเอาข้อมูลสัดส่วนของอาสาสมัครที่เข้าร่วมวัดสัดส่วนร่างกายมาเผยแพร่


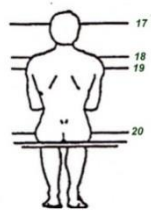
4) อาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยจะไม่ได้รับค่าตอบแทน จะเป็นไปด้วยความสมัครใจสามารถขอยุติการเป็นกลุ่มตัวอย่างได้ทุกเมื่อ โดยไม่ต้องมีเหตุผล

5) อาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัย มีร่างกายปกติ ไม่พิการ หรือทุพพลภาพ

6) อาสาสมัครที่เข้าร่วมวัดขนาดสัดส่วนร่างกายจะต้องถอดเครื่องประดับออก และต้องสวมหมวกคลุมผม

3. ท่าทางการวัดสัดส่วนร่างกายตัดแปลงจาก Pheasant (1986)

สัดส่วนในการวัด	รายละเอียด
	<p>1. ระยะกางแขน (span) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง กางแขนทั้งสองแขนออกทางด้านข้างในแนวระดับ ทำการวัดระยะจากปลายนิ้วกลางของแขนข้างซ้ายจนถึงปลายนิ้วกลางของแขนข้างขวา</p>
	<p>2. ระยะกางศอก (elbow span) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง เท้าทั้งสองชิดติดกัน พับแขนส่วนล่างทั้งสองข้างเข้าหาตัวในลักษณะกางศอก โดยที่แขนอยู่ในแนวระดับ ทำการวัดระยะจากข้อศอกด้านซ้ายถึงข้อศอกด้านขวา</p>
	<p>3. ความสูงขณะยืน (stature) ผู้ถูกวัดยืนตรง แขนเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้นจนถึงจุดสูงสุดของศีรษะ (vertexz)</p> <p>4. ความสูงระดับสายตาขณะยืน (eye height standing) ผู้ถูกวัดยืนตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดติดกัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงระดับมุมของหัวตา (inner canthus)</p> <p>5. ความสูงระดับไหล่ขณะยืน (shoulder height standing) ผู้ถูกวัดยืนตรง แขนเหยียดตรงแนบลำตัว เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงจุดที่นูนที่สุดของปุ่มกระดูกหัวไหล่ (acromion)</p> <p>6. ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน (elbow height standing) ผู้ถูกวัดยืนตรง แขนเหยียดตรงแนบลำตัว เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงระดับปุ่มกระดูกแขนด้านล่างทางด้านนอก (head of radius)</p> <p>7. ความสูงสะโพก (hip height) ผู้ถูกวัดยืนตรง เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้นจนถึงปุ่มกระดูกโคนขา (greater trochantor) ส่วนที่นูนที่สุด</p> <p>8. ความสูงระดับข้อนิ้วมือ (knuckle height) ผู้ถูกวัดยืนตรง เท้าทั้งสองชิดติดกัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงรอยต่อระหว่างกระดูกข้อนิ้วมือของนิ้วกลางกับกระดูกฝ่ามือ</p> <p>9. ความสูงระดับนิ้วมือ (fingertip height) ผู้ถูกวัดยืนตรง เท้าทั้งสองชิดติดกัน ทำการวัดความสูงจากพื้น ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงปลายนิ้วกลาง</p>
	<p>10. ระยะไหล่ถึงปลายนิ้ว (upper limb length) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง เท้าทั้งสองชิดกัน มือและแขนเหยียดตรงไปข้างหน้า ทำการวัดระยะจากปุ่มหัวไหล่ถึงปลายนิ้วกลาง</p> <p>11. ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ (shoulder-grip length) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง เท้าทั้งสองชิดกัน กำมือโดยที่แขนเหยียดตรงไปข้างหน้า ทำการวัดความยาวจากปุ่มหัวไหล่ถึงปลายนิ้วหัวแม่มือ</p> <p>12. ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า (forward grip reach) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง เท้าทั้งสองชิดกัน กำมือโดยที่แขนและข้อมือเหยียดตรงไปข้างหน้า ทำการวัดความยาวจากแผ่นหลังถึงปลายนิ้วหัวแม่มือ</p> <p>13. ระยะเอื้อมจับสูงสุดขณะยืน (vertical grip reach standing) ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง หน้ามองตรงให้ได้ระดับตามระนาบ Frankfurt plane เท้าทั้งสองชิดกัน แขนเหยียดตรงเหนือศีรษะในลักษณะกำมือ ทำการวัดความสูงจากพื้นจนถึงจุดศูนย์กลางของมือขณะกำ</p>

สัดส่วนในการวัด	รายละเอียด
	<p>14. ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ (elbow – fingertip length) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนว ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วน ล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดระยะจากด้านหลังของข้อศอกถึงปลายนิ้วกลาง</p> <p>15. ระยะระดับไหล่ถึงข้อศอก (shoulder - elbow height) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วน ล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้ง ฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดระยะจากจุดที่นูนที่สุดของปุ่มหัวไหล่ (acromion) จนถึงปุ่มข้อศอก</p> <p>16. ระยะเอื้อมจับสูงสุดในท่านั่ง (vertical grip reach sitting) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน หน้านำมองตรงให้ได้ระดับตามระนาบ Frankfurt plane แขนเหยียดตรงเหนือศีรษะในลักษณะกำมือ ทำการวัดความสูงจากพื้นเก้าอี้จนถึงจุดศูนย์กลางของมือขณะกำ</p>
	<p>17. ความกว้างศีรษะ (head breadth) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง หน้านำมองตรงให้ได้ระดับตามระนาบ Frankfurt plane วัดระยะศีรษะส่วนที่กว้างที่สุด ซึ่งส่วนที่กว้างที่สุดจะอยู่เหนือใบหูเล็กน้อย</p> <p>18. ความกว้างไหล่ (อ้างอิงปุ่มหัวไหล่) (shoulder breadth biacromion) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้าน หน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดความกว้างจากจุดที่นูนที่สุดของกล้ามเนื้อต้นแขนซ้าย (deltoid muscle) ถึงจุดที่นูนที่สุดของกล้ามเนื้อต้นแขนขวาในระดับไหล่</p> <p>19. ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) (shoulder breadth bideltoid) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดความกว้างจากจุดที่นูนที่สุดของปุ่มหัวไหล่ (acromion) ด้านยาวถึงจุดที่นูนที่สุดของปุ่มหัวไหล่ด้านซ้าย</p> <p>20. ความกว้างสะโพก (hip breadth) ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน แขนส่วนบนปล่อยแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดความกว้างส่วนที่กว้างที่สุดของสะโพก ซึ่งโดยปกติ จะยึดด้านบนสุดของกระดูกเชิงกรานทั้งสองข้าง (iliac crests)</p>

ข้าพเจ้ายอมรับเงื่อนไขและยินยอมให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายและกล้องแท็บเล็ต

ลงชื่อ

(.....)

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย

ลงชื่อ

(นายเทวฤทธิ์ ประเสริฐศรี)

ผู้เก็บข้อมูล



แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของอาสาสมัคร

ลำดับที่ _____

ชื่อ..... นามสกุล

เพศ ชาย หญิง อายุ.....

สัดส่วนที่	ชื่อท่าทาง	ค่าที่วัดได้
1	ระยะกางแขน	
2	ระยะกางศอก	
3	ความสูงขณะยืน	
4	ความสูงระดับสายตาขณะยืน	
5	ความสูงระดับไหล่ขณะยืน	
6	ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน	
7	ความสูงสะโพก	
8	ความสูงระดับข้อนิ้วมือ	
9	ความสูงระดับนิ้วมือ	
10	ระยะไหล่ถึงปลายนิ้ว	
11	ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ	
12	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	
13	ระยะเอื้อมจับสูงสุดขณะยืน	
14	ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	
15	ระยะระดับไหล่ถึงข้อศอก	
16	ระยะเอื้อมจับสูงสุดในท่านั่ง	
17	ความกว้างศีรษะ	
18	ความกว้างไหล่ (อ้างอิงปุ่มหัวไหล่)	
19	ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)	
20	ความกว้างสะโพก	



ตารางที่ ง.1 แสดงการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design

Central Composite Design

Factors: 2 Replicates: 3
 Base runs: 13 Total runs: 39
 Base blocks: 1 Total blocks: 1

Two-level factorial: Full factorial

Cube points: 12
 Center points in cube: 15
 Axial points: 12
 Center points in axial: 0
 Alpha: 1.41421

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Distance	Lux
2	1	1	1	5.7	230
27	2	1	1	4.3	230
33	3	-1	1	5	200
8	4	-1	1	5	400
17	5	1	1	5.7	370
23	6	0	1	5	300
5	7	-1	1	4	300
37	8	0	1	5	300
16	9	1	1	4.3	370
36	10	0	1	5	300
7	11	-1	1	5	200
31	12	-1	1	4	300
30	13	1	1	5.7	370
18	14	-1	1	4	300
21	15	-1	1	5	400
9	16	0	1	5	300
1	17	1	1	4.3	230
13	18	0	1	5	300
22	19	0	1	5	300

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Distance	Lux
15	20	1	1	5.7	230
20	21	-1	1	5	200
19	22	-1	1	6	300
38	23	0	1	5	300
34	24	-1	1	5	400
6	25	-1	1	6	300
3	26	1	1	4.3	370
10	27	0	1	5	300
24	28	0	1	5	300
35	29	0	1	5	300
14	30	1	1	4.3	230
25	31	0	1	5	300
32	32	-1	1	6	300
12	33	0	1	5	300
11	34	0	1	5	300
4	35	1	1	5.7	370
39	36	0	1	5	300
28	37	1	1	5.7	230
29	38	1	1	4.3	370
26	39	0	1	5	300






คู่มือการใช้งานโปรแกรมวัดสัดส่วนร่างกายบนแท็บเล็ต (2D Anthro App) จะอธิบายฟังก์ชันการทำงานต่างๆของโปรแกรม อันประกอบไปด้วย การถ่ายภาพ การจัดการรูปแบบการวัด การปรับคุณสมบัติของภาพ การหามาตราส่วน การวัดสัดส่วน การบันทึกสัดส่วน

เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม




เมื่อเปิดโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงหน้าจอหลัก โดยมีเมนูการใช้งาน ดังรูปที่ จ.1

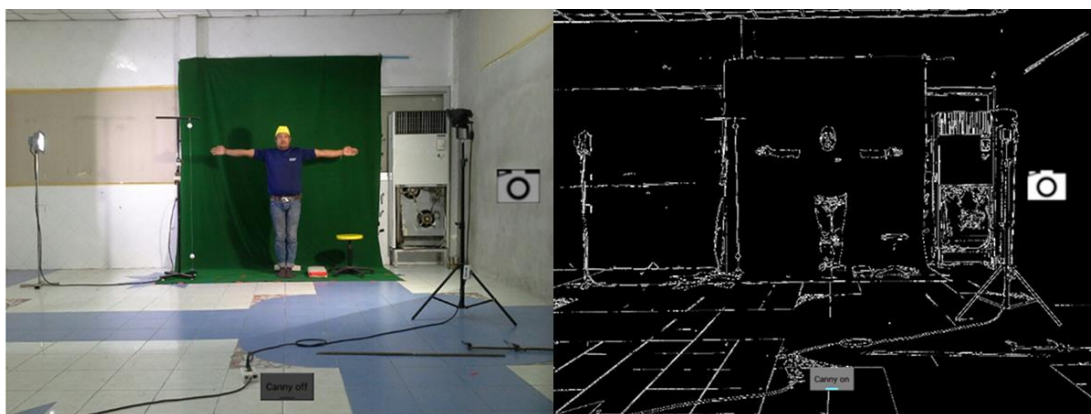


รูปที่ จ.1

1. เลือกเมนู  เมื่อต้องการถ่ายภาพ
2. เลือกเมนู  เมื่อต้องการวัดสัดส่วนและปรับคุณสมบัติของภาพ โดยมีเมนูย่อยดังนี้
 - 2.1 การปรับคุณสมบัติของภาพ
 - 2.2 การหามาตราส่วน
 - 2.3 การวัดสัดส่วน
 - 2.4 การบันทึกข้อมูลการวัดสัดส่วน
3. เลือกเมนู  เมื่อต้องการจัดการรูปแบบการวัด

1). การถ่ายภาพ

1. เลือกเมนู  ที่หน้าจอหลัก เมื่อต้องการถ่ายภาพ
2. กดปุ่มเมนู  เพื่อเปิดการหาขอบภาพ ดังรูปที่ จ.2
3. กดปุ่มเมนู  เพื่อถ่ายภาพ

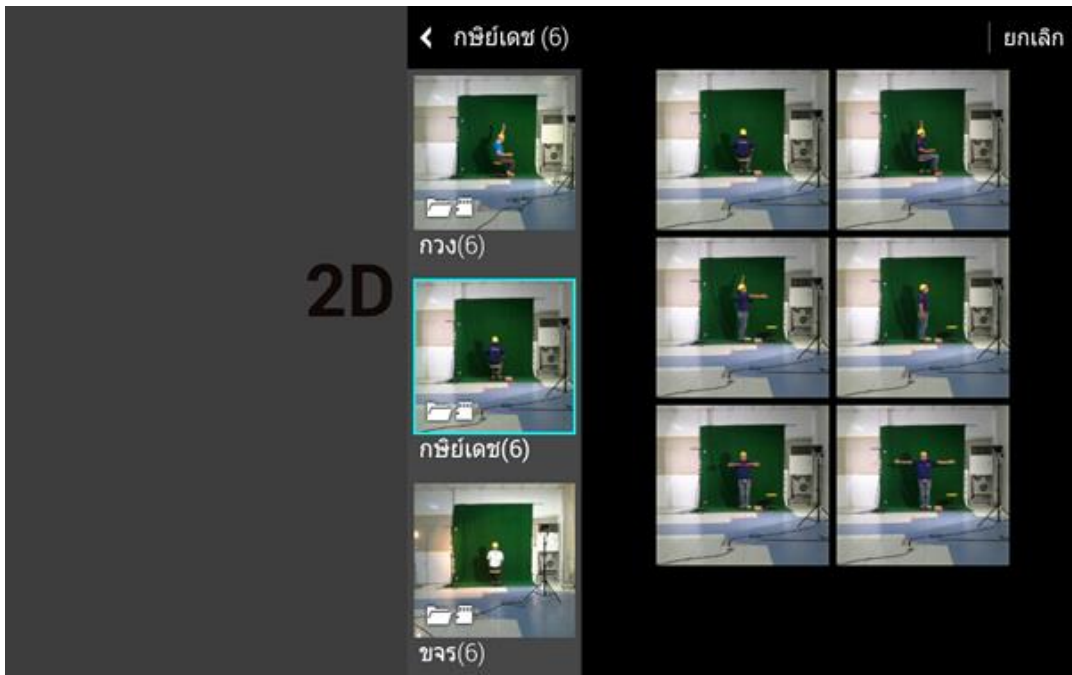


รูปที่ จ.2

2). การวัดสัดส่วนและบันทึกข้อมูล

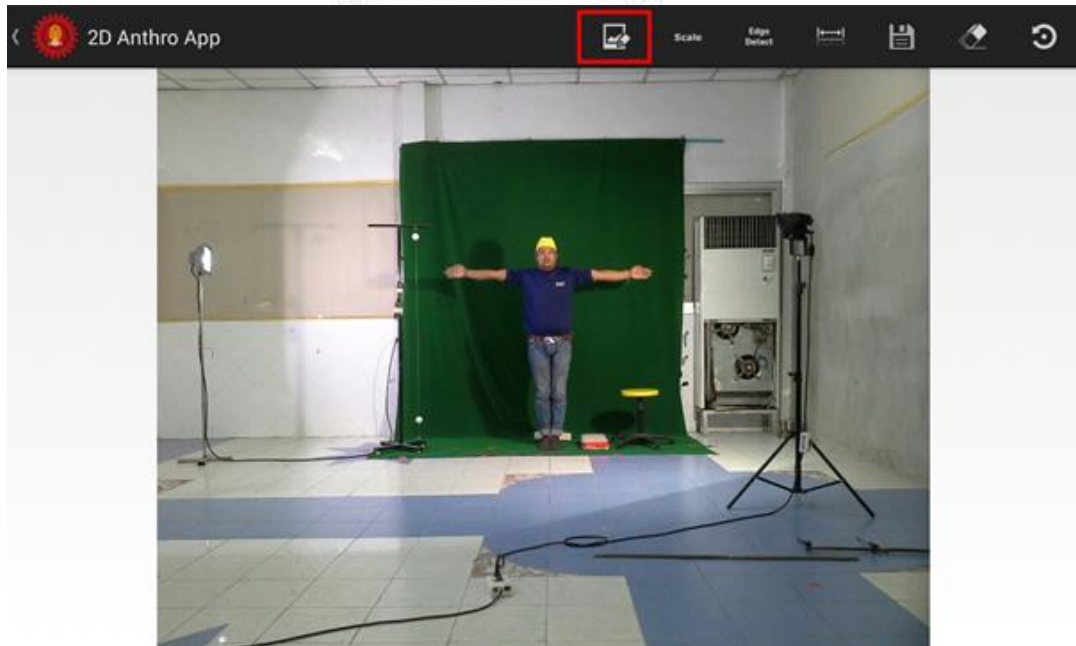
2.1 การปรับคุณสมบัติของภาพ

1. เลือกเมนู  ที่หน้าจอหลัก จากนั้นเลือกรูปภาพที่ต้องการปรับคุณสมบัติของภาพ ดังรูปที่ จ.3



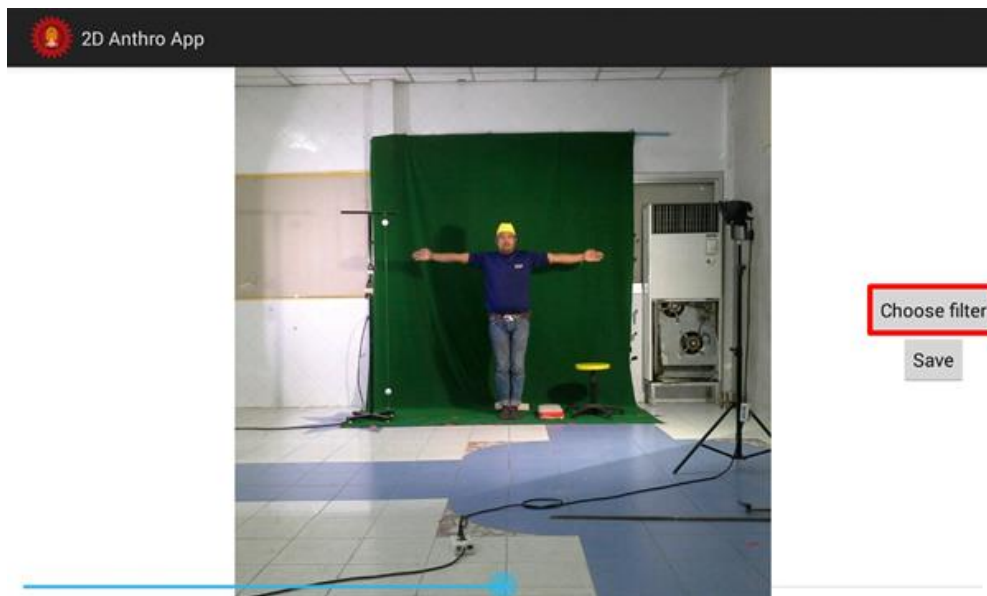
รูปที่ จ.3

2. เมื่อเลือกรูปที่ต้องการ โปรแกรมจะแสดงรูปภาพดังรูปที่ จ.4



รูปที่ จ.4

3. เลือกเมนู  จากรูปที่ จ.4 จากนั้นเลือก choose filter จากรูปที่ จ.5



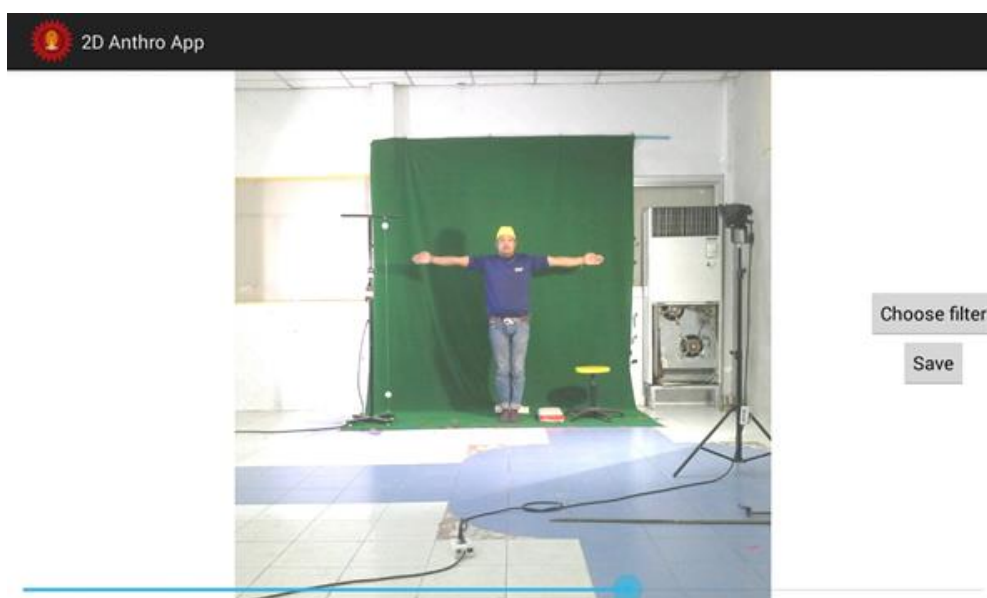
รูปที่ จ.5

4. เลือกปรับคุณสมบัติ Contrast, Brightness, Sharpness เรียงตามลำดับ จากรูปที่ จ.6



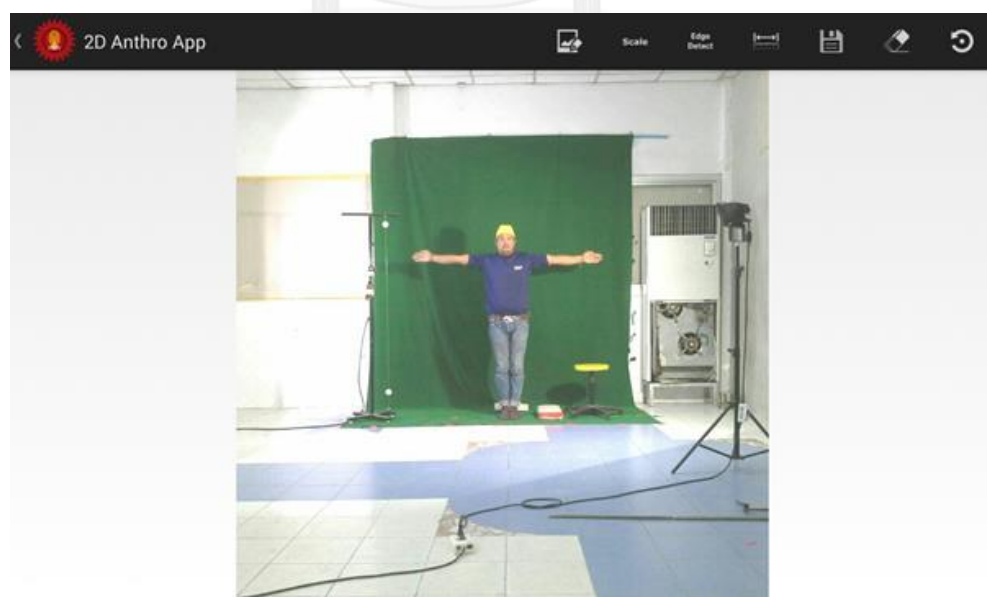
รูปที่ จ.6

5. ปรับค่า Brightness ตามความเหมาะสม จากนั้นกดปุ่ม Save ดังรูปที่ จ.7






รูปที่ จ.7

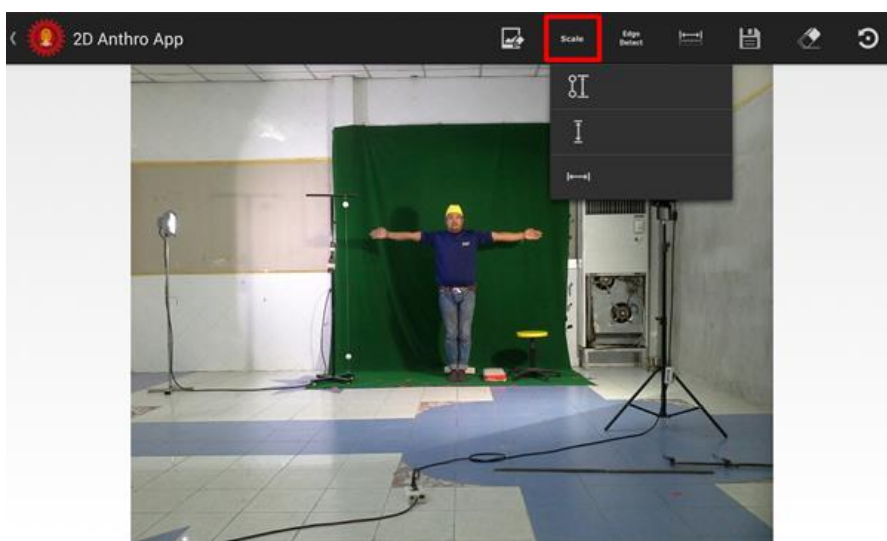
6. กดปุ่ม Back โปรแกรมจะแสดงรูปภาพดังรูปที่ จ.8




รูปที่ จ.8

2.2 การหามาตราส่วน

หลังจากเลือกรูปภาพแล้ว เลือกเมนูสำหรับการหามาตราส่วน **Scale** ระบบจะแสดงเมนูในการหามาตราส่วนแบบวงกลม (Auto)  การหามาตราส่วนแบบกำหนดระยะห่างวัดเองแนวตั้ง  และการหามาตราส่วนแบบกำหนดระยะห่างวัดเองแนวนอน  ดังรูปที่ จ.9



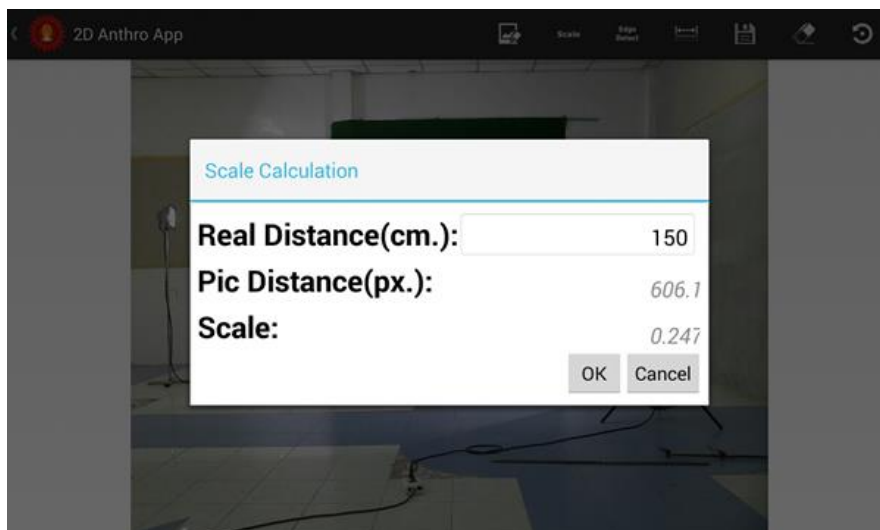
รูปที่ จ.9

1. เลือกเมนู  เพื่อเริ่มหามาตราส่วนแบบวงกลม (Auto) เลือกบริเวณที่เป็นจุด อ้างอิงแบบวงกลม
2. กรอบบริเวณวงกลมที่ต้องการหามาตราส่วนแบบวงกลม (Auto) ทั้ง 2 วงกลม ดังรูปที่ จ.10



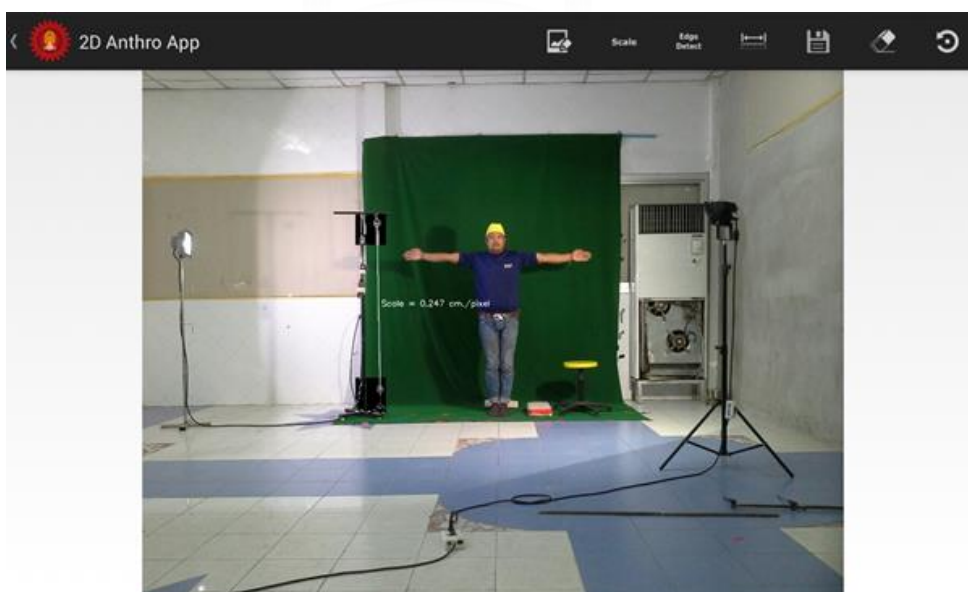
รูปที่ จ.10

3. กรอกระยะห่างจริงของลูกบอล
4. เลือกเมนู **OK** เพื่อยืนยันการหามาตราส่วนแบบวงกลม (Auto) ดังรูปที่ จ.11



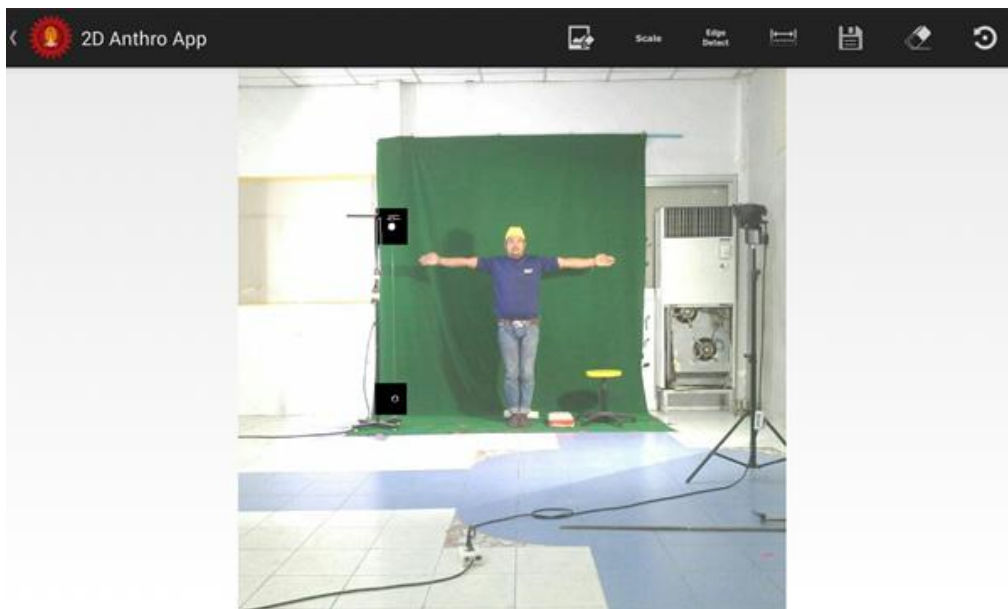
รูปที่ จ.11

5. โปรแกรมจะขีดเส้นระยะห่างระหว่างวงกลมให้อัตโนมัติ และแสดงค่าการหามาตราส่วนแบบวงกลม (Auto) ที่ได้ ดังรูปที่ จ.12







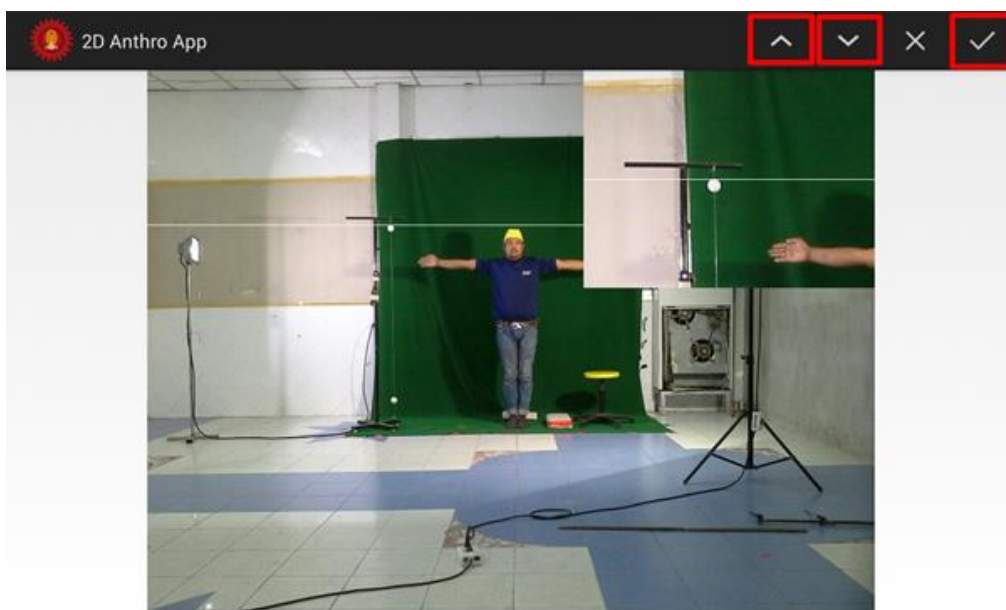
รูปที่ จ.12

6. ให้ตรวจสอบเส้นระยะห่างระหว่างวงกลม ว่าถูกต้องหรือไม่
7. กรณีโปรแกรมหาวงกลมไม่เจอ โปรแกรมจะไม่ขีดเส้นระยะห่างระหว่างวงกลมให้ ดังรูปที่ จ.13



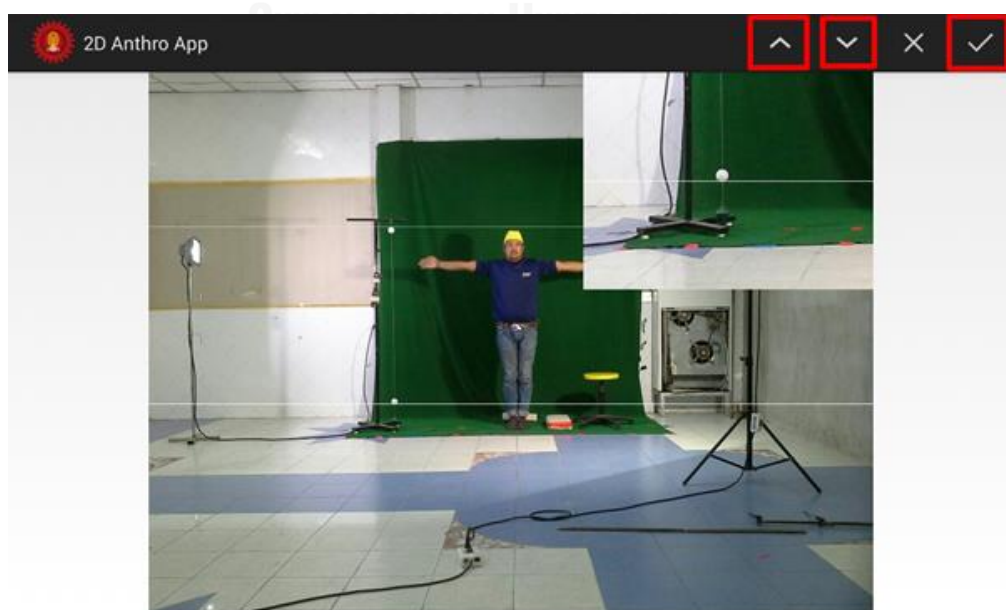
รูปที่ จ.13

8. ให้ใช้การหามาตราส่วนแบบระยะห่างวัดเองความสูงสุด (ข้อ 9.) หรือ การหามาตราส่วนแบบระยะห่างวัดเองความกว้างสุด
9. เลือกเมนู  เพื่อเริ่มหามาตราส่วนแบบระยะห่างวัดเองความสูงสุด
10. เลื่อนเส้นไปยังขอบของสัดส่วนที่ต้องการวัด เส้นที่ 1
11. สามารถเลือกเมนู  เพื่อเลื่อนเส้นขึ้นทีละ 1 พิกเซล
12. สามารถเลือกเมนู  เพื่อเลื่อนเส้นลงทีละ 1 พิกเซล
13. เมื่อได้ตำแหน่งบนรูปภาพที่ต้องการ เลือกเมนู  เพื่อยืนยัน ดังรูปที่ จ.14



รูปที่ จ.14

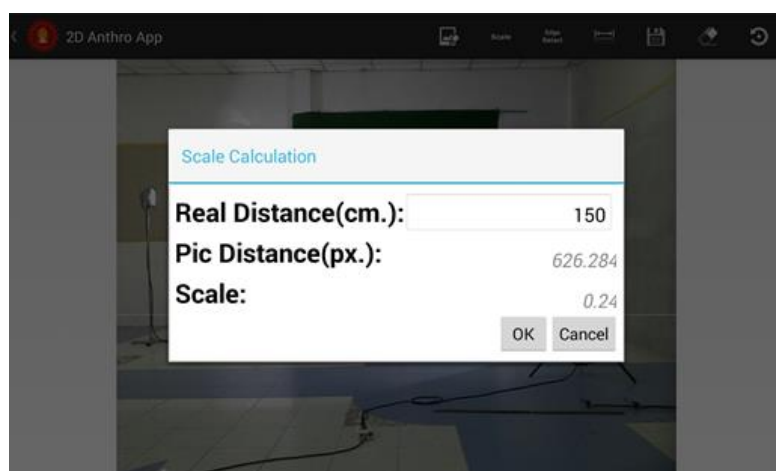
14. เลื่อนเส้นไปยังขอบของสัดส่วนที่ต้องการวัด เส้นที่ 2
15. สามารถเลือกเมนู เพื่อเลื่อนเส้นขึ้นทีละ 1 พิกเซล
16. สามารถเลือกเมนู เพื่อเลื่อนเส้นลงทีละ 1 พิกเซล
17. เมื่อได้ตำแหน่งบนรูปภาพที่ต้องการ เลือกเมนู เพื่อยืนยัน ดังรูปที่ จ.15



รูปที่ จ.15

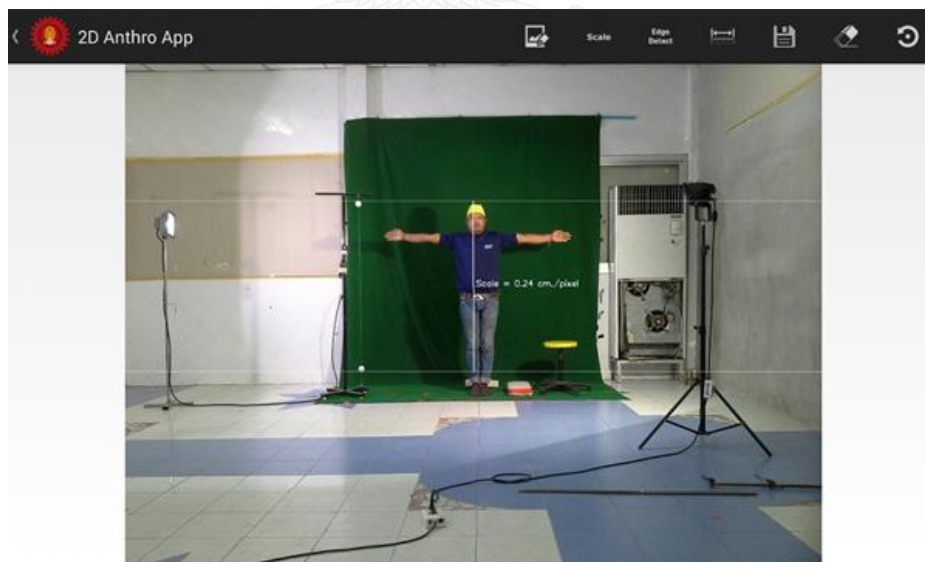
18. กรอกระยะห่างจริงของระยะห่างเส้นแนวตั้ง

19. กดปุ่มเมนู **OK** เพื่อยืนยันการหามาตราส่วนแบบระยะห่างวัดเองความกว้างสุด
ตั้งรูปภาพที่ จ.16



รูปที่ จ.16

20. แสดงค่ามาตราส่วนแบบระยะห่างวัดเองความสูงที่สุดที่ได้ ตั้งรูปที่ จ.17


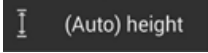
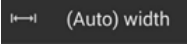



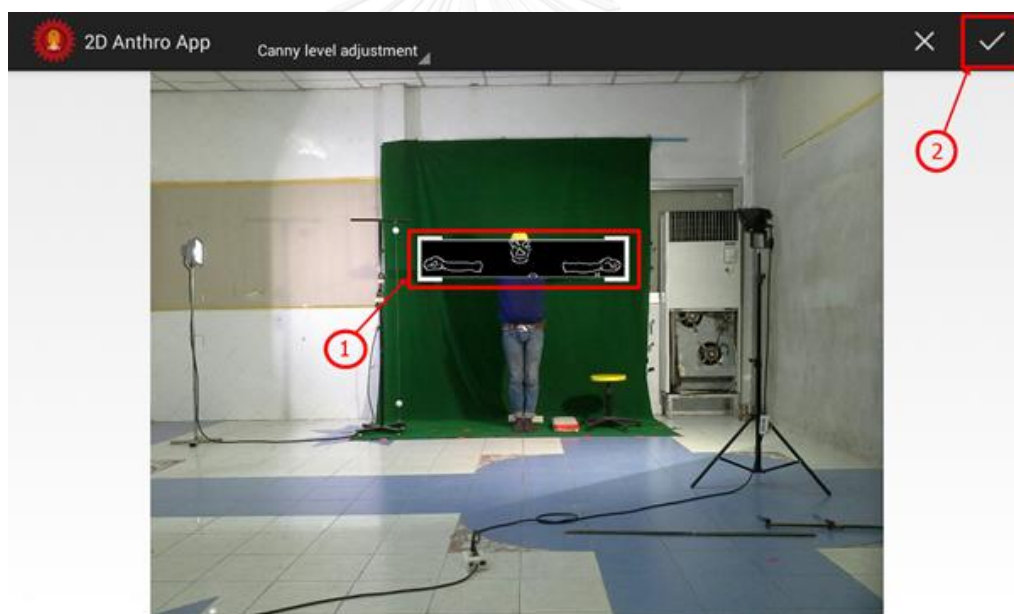
รูปที่ จ.17

21. หลังจากหามาตราส่วนเสร็จ เลือกเมนู  เพื่อวัดสัดส่วนต่อไป

2.3 การวัดสัดส่วน

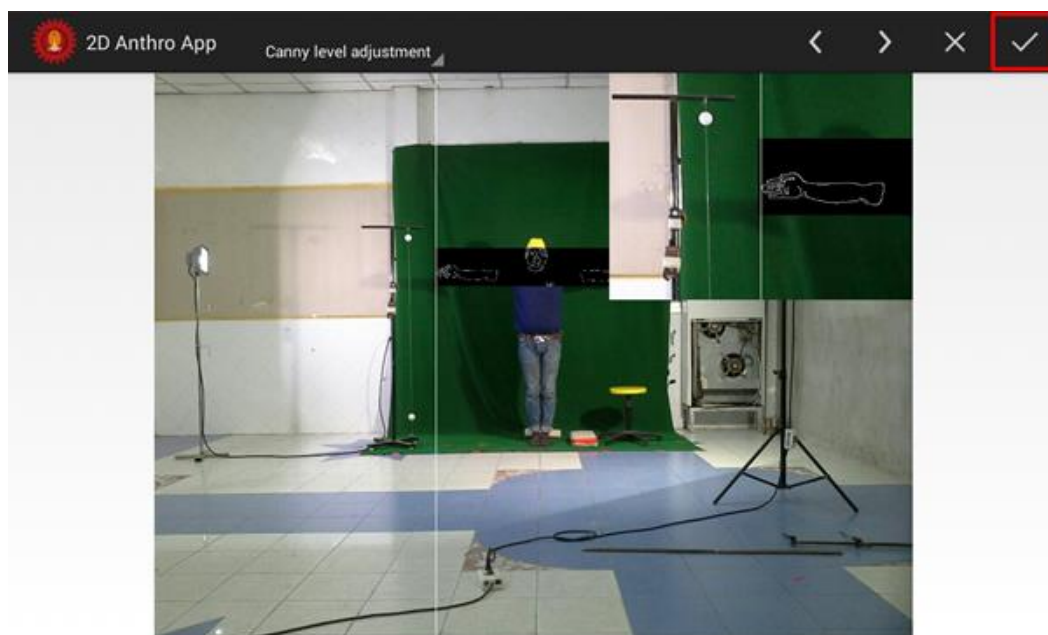
2.3.1 การวัดสัดส่วนแบบอัตโนมัติ

1. เลือกเมนู 
2. สำหรับการวัดสัดส่วนความสูงสุดแบบอัตโนมัติ เลือกเมนู 
3. สำหรับการวัดสัดส่วนความกว้างสุดแบบอัตโนมัติ เลือกเมนู 
4. เลื่อนกรอบครอบสัดส่วนที่ต้องการวัด เลือกเมนู  เพื่อยืนยัน ดังรูปที่ จ.18



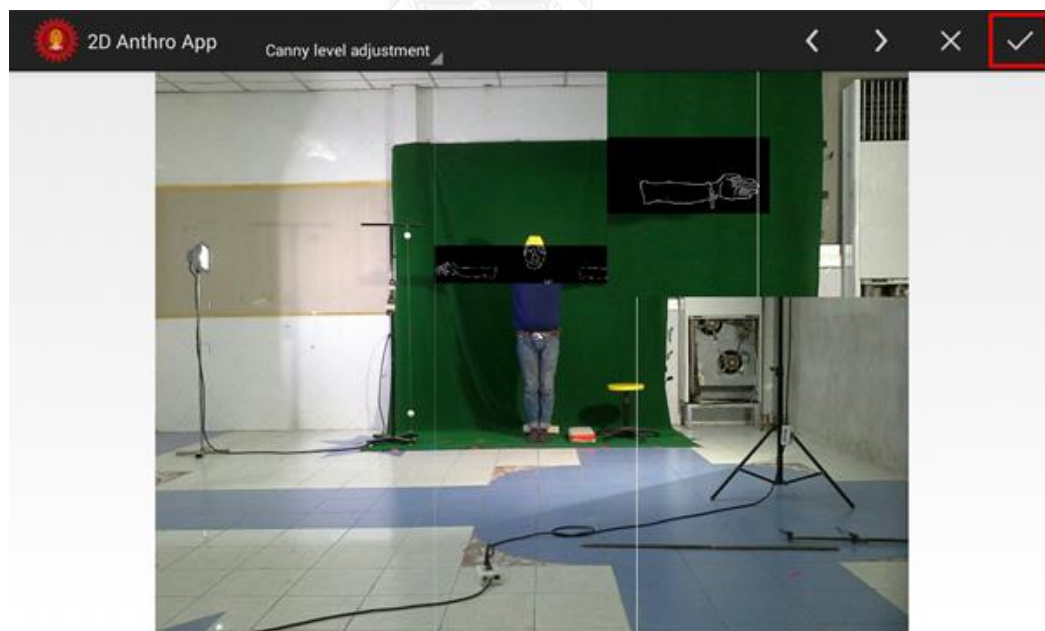
รูปที่ จ.18

5. เลือกเมนู  เพื่อยืนยันการกำหนดเส้นที่ 1 ดังรูปที่ จ.19



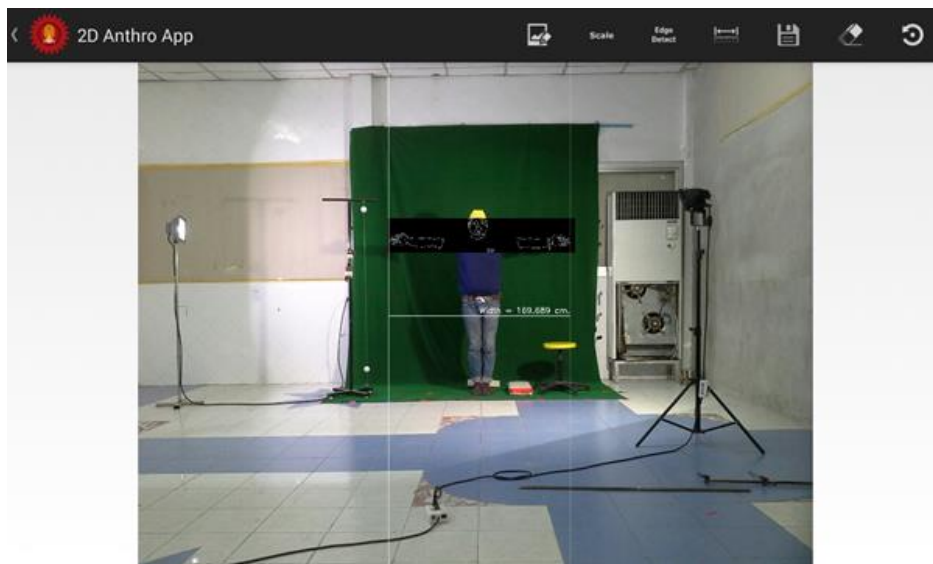
รูปที่ จ.19

6. เลือกเมนู เพื่อยืนยันการกำหนดเส้นที่ 2 ดังรูปที่ จ.20









รูปที่ จ.20

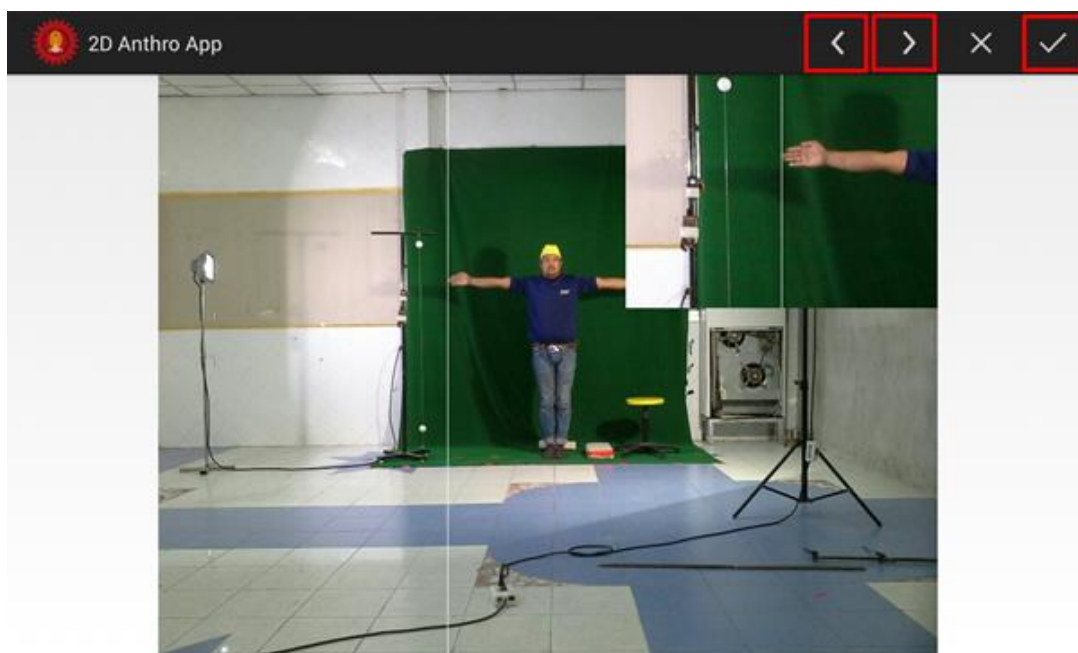
7. แสดงผลดังรูปที่ จ.21



รูปที่ จ.21

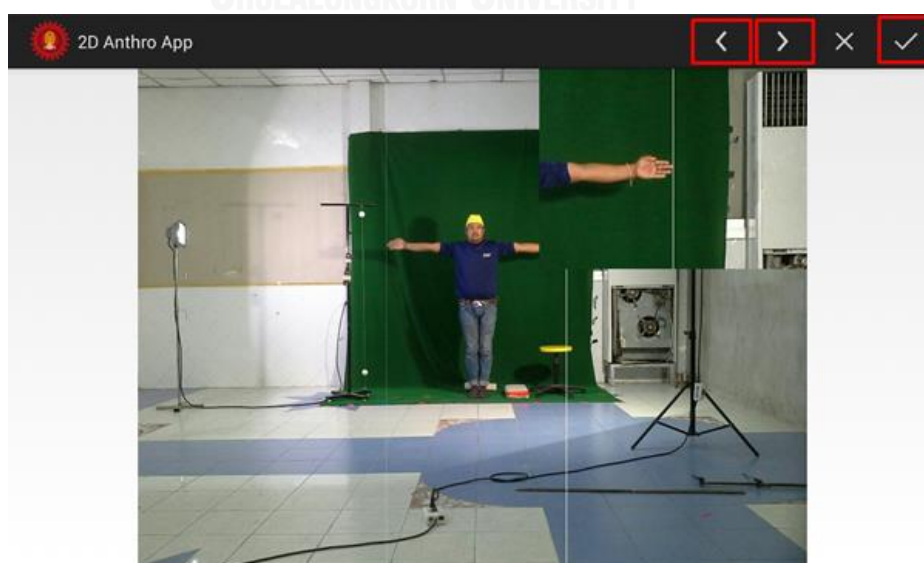
2.3.2 การวัดสัดส่วนแบบกำหนดเอง

1. เลือกเมนู 
2. สำหรับการวัดสัดส่วนความสูงสุด เลือกเมนู  width
3. สำหรับการวัดสัดส่วนความกว้างสุด เลือกเมนู  length
4. เลื่อนเส้นไปยังขอบของสัดส่วนที่ต้องการวัด เส้นที่ 1
5. สามารถเลือกเมนู  เพื่อเลื่อนเส้นไปทางซ้ายทีละ 1 พิกเซล
7. สามารถเลือกเมนู  เพื่อเลื่อนเส้นไปทางขวาละ 1 พิกเซล
8. เมื่อได้ตำแหน่งบนรูปภาพที่ต้องการ เลือกเมนู  เพื่อยืนยัน ดังรูปที่ จ.22



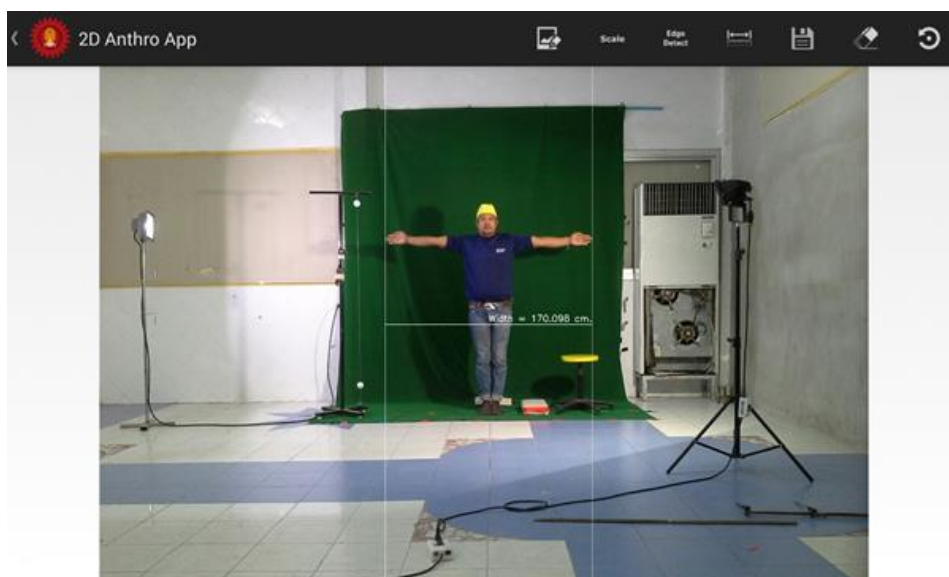
รูปที่ จ.22

9. เลื่อนเส้นไปยังขอบของสัดส่วนที่ต้องการวัด เส้นที่ 2
10. สามารถเลือกเมนู เพื่อเลื่อนเส้นไปทางซ้ายทีละ 1 พิกเซล
11. สามารถเลือกเมนู เพื่อเลื่อนเส้นไปทางขวาทีละ 1 พิกเซล
12. เมื่อได้ตำแหน่งบนรูปภาพที่ต้องการ เลือกเมนู เพื่อยืนยัน ดังรูปที่ จ.23




รูปที่ จ.23

13. แสดงค่าการวัดสัดส่วนความกว้างสุดที่ได้ ดังรูปที่ จ.24



รูปที่ จ.24

2.4 การบันทึกข้อมูล

สามารถบันทึกข้อมูลสัดส่วนได้โดยเลือกเมนู  โปรแกรมจะแสดงหน้าจอให้กรอกข้อมูล เมื่อเริ่มต้นใช้งานครั้งแรก กรอกข้อมูลให้ครบ และเลือกรูปชื่อแบบการวัด (Anthro Set) หลังจากนั้นเลือกชื่อสัดส่วน (Body Part)

1. กรอกข้อมูลให้ครบ เลือกเมนู  ดังรูปที่ จ.25

2D Anthro App

Picture Name: 20140605_131118.jpg

Name: Kasidit

New name

Gender: Male

Age: 35

Weight: 70

Scale: 0.247

Anthro Set: Pheasant

Body Part: (1) Height standing

Value: 169.689

Save

Current Collected Parts

รูปที่ จ.25

2. หลังจากบันทึกแล้ว โปรแกรมจะแสดงข้อผิดพลาดที่เคยบันทึกในช่อง Current Collected Parts จากนั้นเลือกเมนู **Export Txt** เพื่อบันทึกข้อมูลเป็น Text File ดังรูปที่ จ.26

2D Anthro App

Picture Name: 20140605_131118.jpg

Name: Kasidit

Kasidit

Gender: Male

Age: 35

Weight: 70

Scale: 0.247

Anthro Set: Pheasant

Body Part: (1) Height standing

Value: 169.689

Save Export Txt

Current Collected Parts
(1) Height standing

รูปที่ จ.26

3. กรณีที่เคยบันทึกข้อมูล ชื่อ (Name) เพศ (Gender) อายุ (Age) น้ำหนัก (Weight) สามารถดึงข้อมูลที่เคยบันทึกไว้ ดังรูปที่ จ.27 ผู้ใช้มีหน้าที่เลือกรูปชื่อแบบการวัด (Anthro Set) และชื่อสัดส่วน (Body Part) เท่านั้น

2D Anthro App

Picture Name: 20140605_131135.jpg

Name: New name

Gender: New name

Age: Kasidit

Weight:

Scale: 0.247

Anthro Set: Pheasant

Body Part: (1) Height standing

Value: 88.673

Save

Current Collected Parts

รูปที่ จ.27

4. เลือกเมนู **Save** และ **Export Txt** เพื่อบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ จ.28

2D Anthro App

Picture Name: 20140605_131135.jpg

Name: Kasidit

Gender: Male

Age: 35

Weight: 70

Scale: 0.247

Anthro Set: Pheasant

Body Part: (1) Height standing

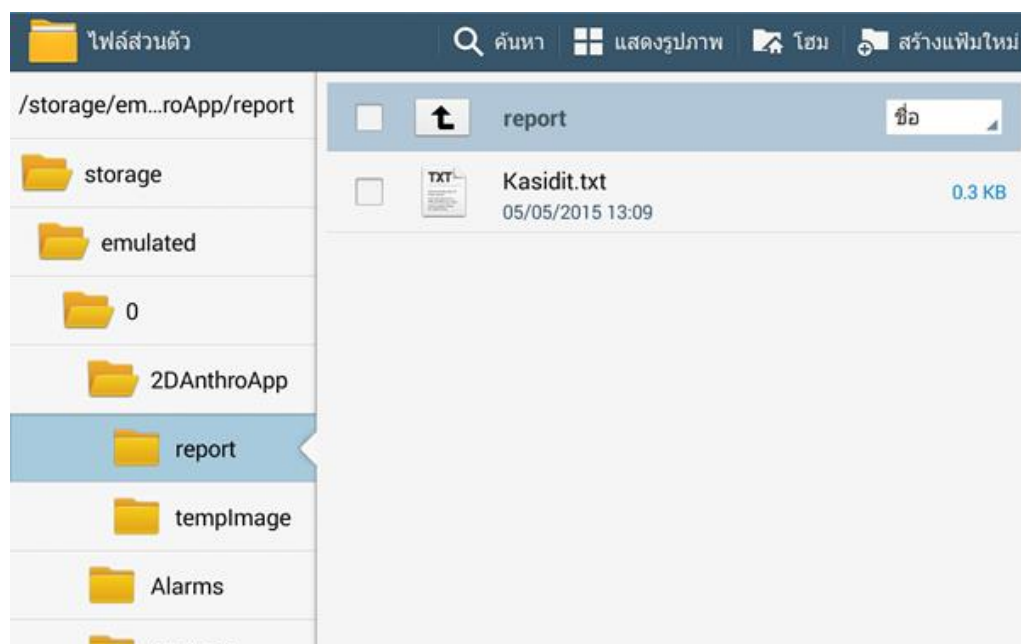
Value: 88.673

Save Export Txt

Current Collected Parts (1) Height standing

รูปที่ จ.28

5. สามารถเรียกดูไฟล์ Text ที่บันทึกไว้ได้ ดังรูปที่ จ.29



รูปที่ จ.29

6. เปิดไฟล์ Text ให้แสดงเป็นคอลัมน์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการเปิดโปรแกรม Microsoft Excel เลือก file > open > เลือกที่อยู่ไฟล์ Text โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ จ.31

7. ทำตามรูปที่ จ.30 – รูปที่ จ.32

ตัวช่วยสร้างการนำเข้าข้อความ - ขั้นที่ 1 จาก 3

ตัวช่วยสร้างข้อความพบว่าข้อมูลของคุณเป็น ตัวสั้น

ถ้าถูกต้องแล้วให้เลือก 'ถัดไป' หรือเลือกชนิดข้อมูลที่เหมาะสมกับข้อมูลของคุณที่สุด

ชนิดข้อมูลดั้งเดิม

เลือกชนิดไฟล์ที่เหมาะสมที่สุดกับข้อมูลของคุณ:

มีภาหุขีตัวสั้น - อักษรเช่นเตจรื่องหมายจุลภาค (,) หรือแท็บ แยกแต่ละเขตข้อมูล

ความกว้างคงที่ - เขตข้อมูลถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบคอลัมน์โดยมีช่องว่างเป็นตัวแบ่งระหว่างเขตข้อมูล

เริ่มนำเข้าที่แถว: 1 แหล่งที่มาของไฟล์: 874 : ไทย (Windows)

ข้อมูลของฉันมีส่วนหัว

แสดงตัวอย่างของไฟล์ C:\Users\Chikara\Desktop\Kasidit.txt

1	"Name", "Gender", "Age", "Weight", "Pic Name", "Pic Dis", "Body Part", "Value
2	"Kasidit", "Male", "5", "55", "1.jpg", "606.1", "(1) Height standing", "169.6
3	"Kasidit", "Male", "5", "55", "1.jpg", "606.1", "(2) Eye Height Standing", "1
4	"Kasidit", "Male", "5", "55", "1.jpg", "606.1", "(3) Shoulder Height Standin
5	
6	

ยกเลิก < ย้อนกลับ **ถัดไป >** เสร็จสิ้น

รูปที่ จ.30

ตัวช่วยสร้างการนำเข้าข้อความ - ขั้นที่ 2 จาก 3

หน้าจอนี้ให้คุณตั้งค่าตัวสั้นที่มีอยู่ในข้อมูลของคุณ โดยคุณสามารถดูผลที่เกิดขึ้นกับข้อความของคุณจากตัวอย่างแสดงด้านล่าง

ตัวสั้น

แท็บ

อัญภาค (,)

มองตัวสั้นที่อยู่ติดกันเป็นตัวเดียวกัน

จุลภาค (,)

ช่องว่าง

อื่นๆ:

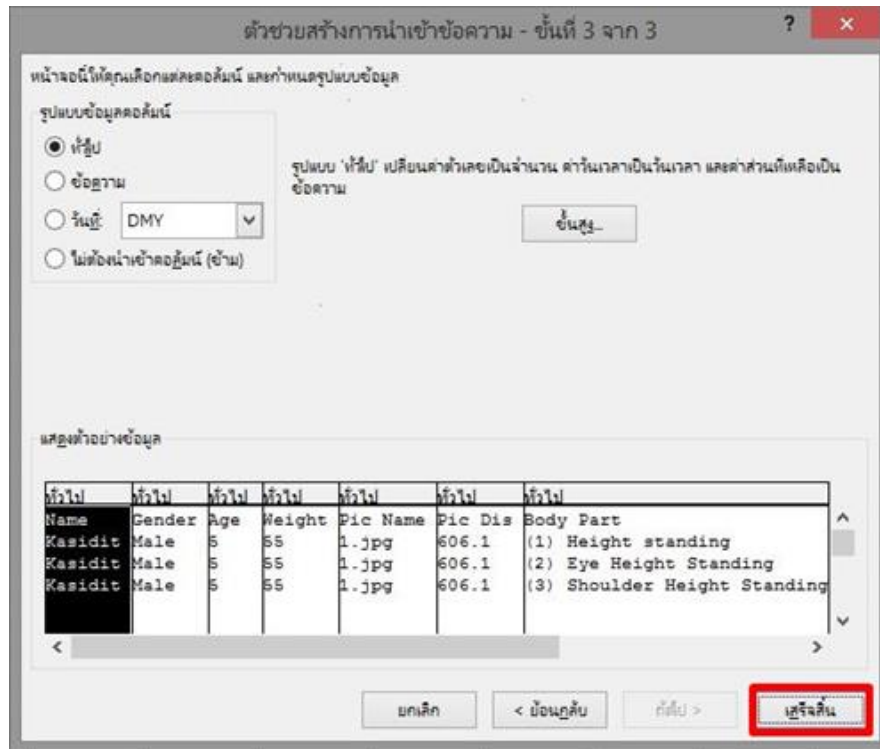
ตัวระบุข้อความ:

แสดงตัวอย่างข้อมูล

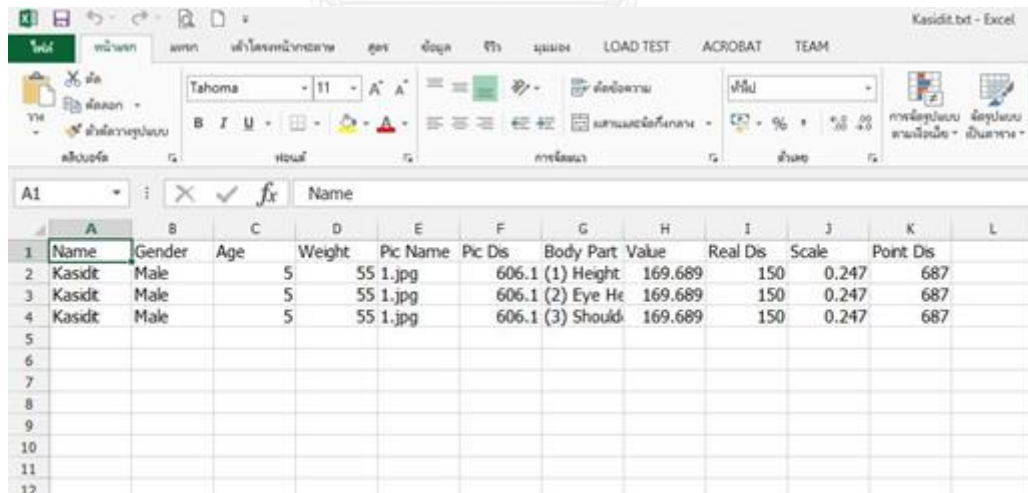
Name	Gender	Age	Weight	Pic Name	Pic Dis	Body Part
Kasidit	Male	5	55	1.jpg	606.1	(1) Height standing
Kasidit	Male	5	55	1.jpg	606.1	(2) Eye Height Standing
Kasidit	Male	5	55	1.jpg	606.1	(3) Shoulder Height Standing

ยกเลิก < ย้อนกลับ **ถัดไป >** เสร็จสิ้น

รูปที่ จ.31



รูปที่ จ.32



รูปที่ จ.33

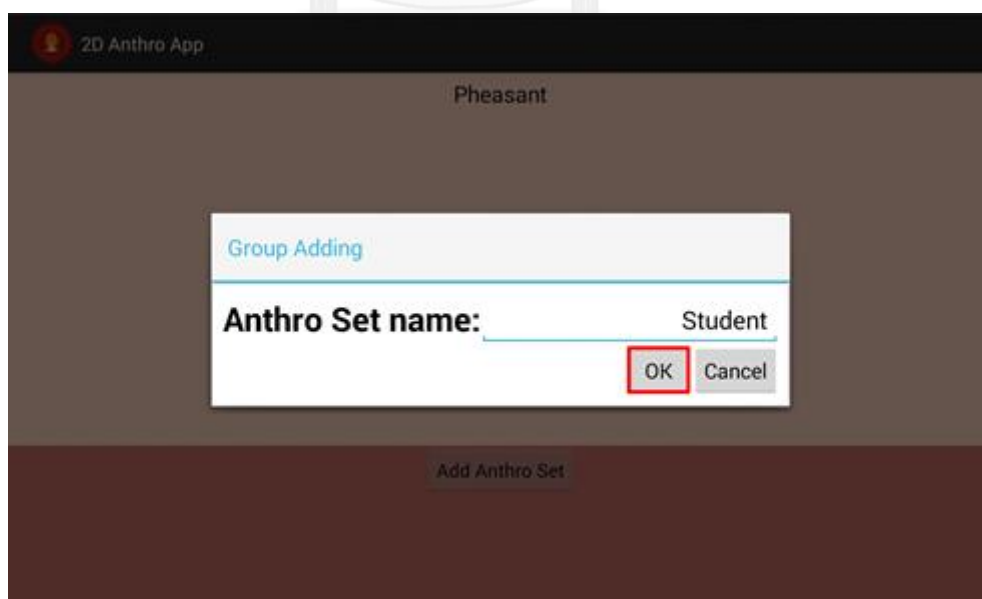
3). การจัดการรูปแบบการวัด

โดยเลือกเมนู  ที่หน้าจอหลัก เพื่อจัดการรูปแบบการวัด

1. การเพิ่มชื่อรูปแบบการวัด (Anthro Set)
 - เลือกเมนู Add Anthro Set กรอกชื่อ Anthro Set กดปุ่ม OK ดังรูปที่ จ.34 - จ.35



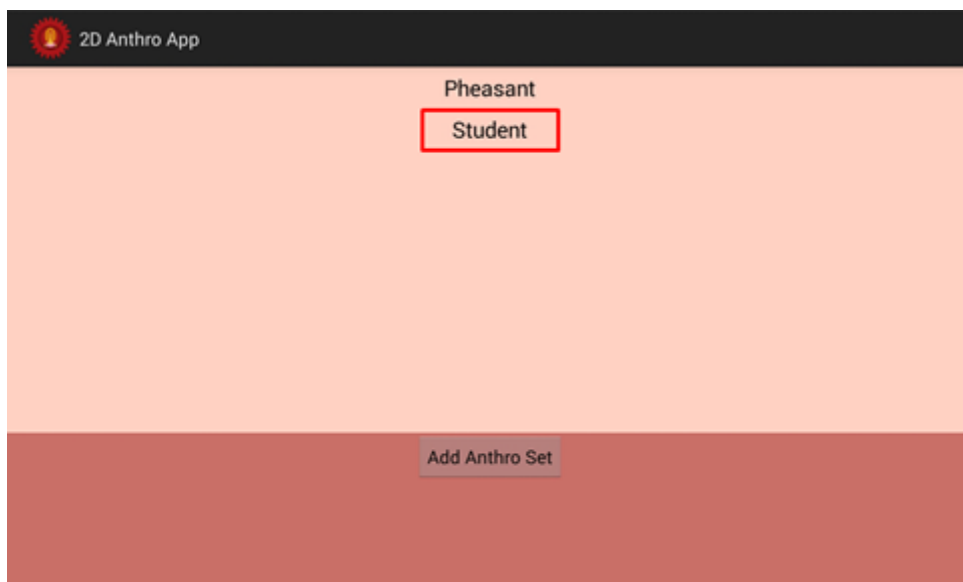
รูปที่ จ.34



รูปที่ จ.35

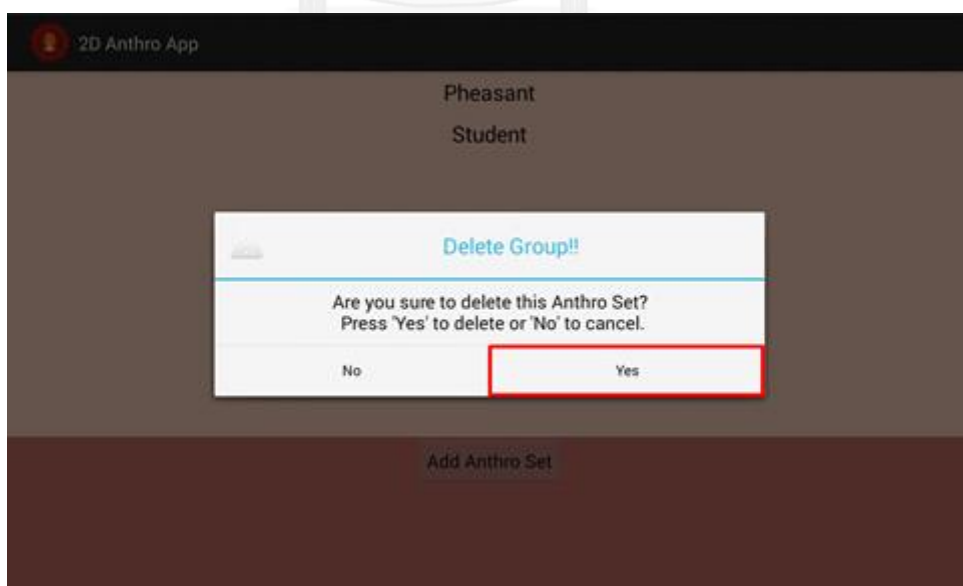
2. การลบชื่อรูปแบบการวัด

- แต่ละค่างไว้ที่ชื่อรูปแบบที่ต้องการลบ ดังรูปที่ จ.36



รูปที่ จ.36

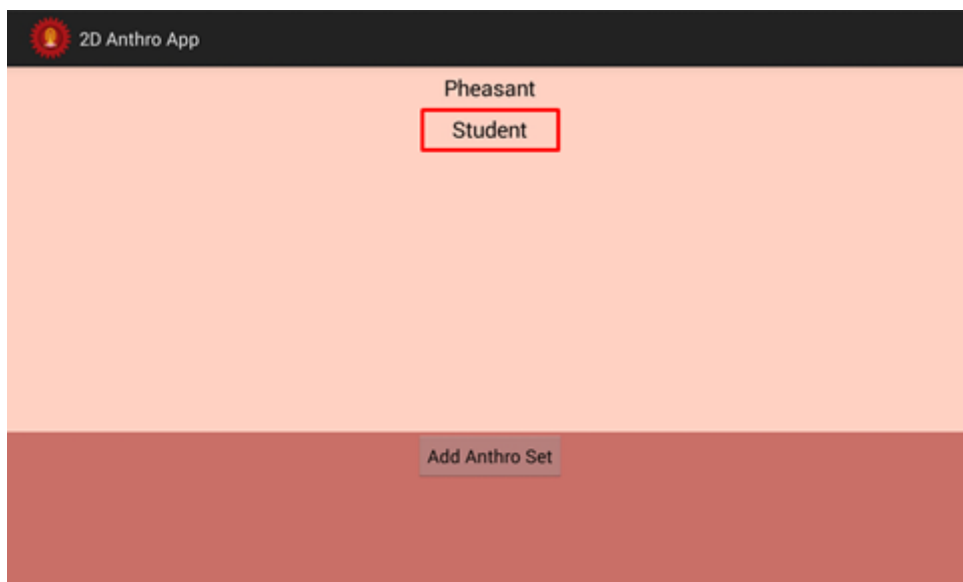
- เลือกเมนู Yes เพื่อยืนยันการลบ



รูปที่ จ.37

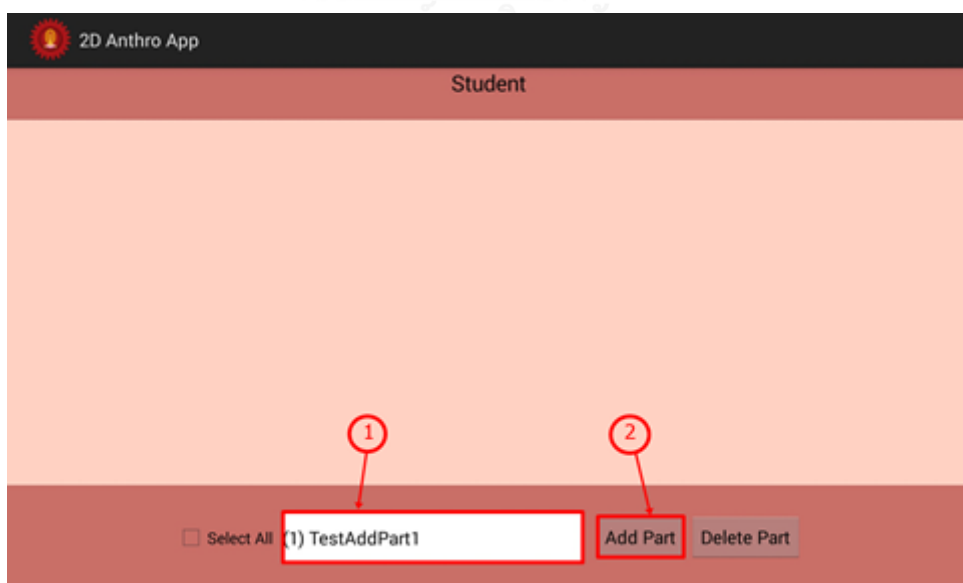
3. การเพิ่มชื่อสัดส่วน

- เลือกชื่อรูปแบบการวัด ที่ต้องการเพิ่มชื่อสัดส่วน ดังรูปที่ จ.38



รูปที่ จ.38

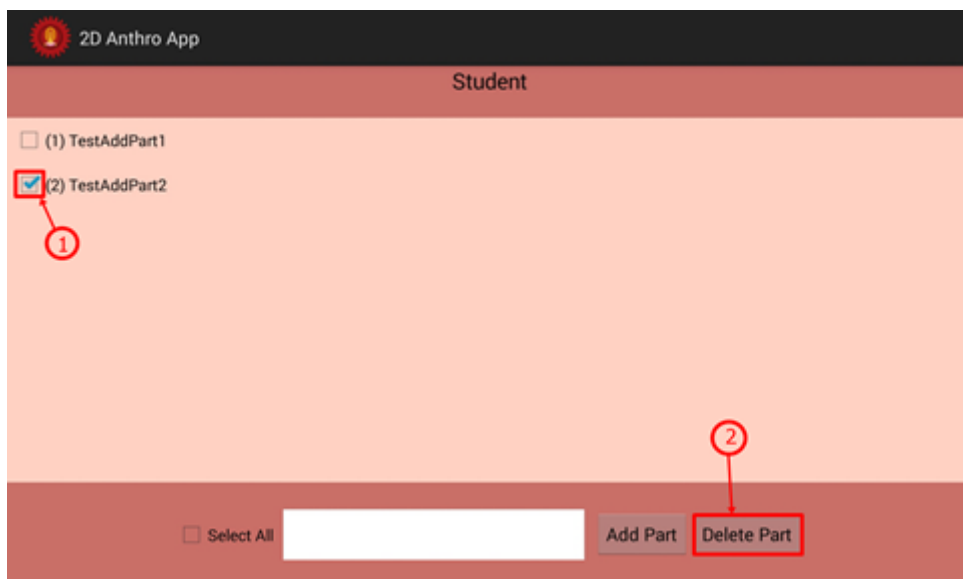
- กรอกชื่อสัดส่วน แล้วกดปุ่มเมนู Add Part ดังรูปที่ จ.39



รูปที่ จ.39

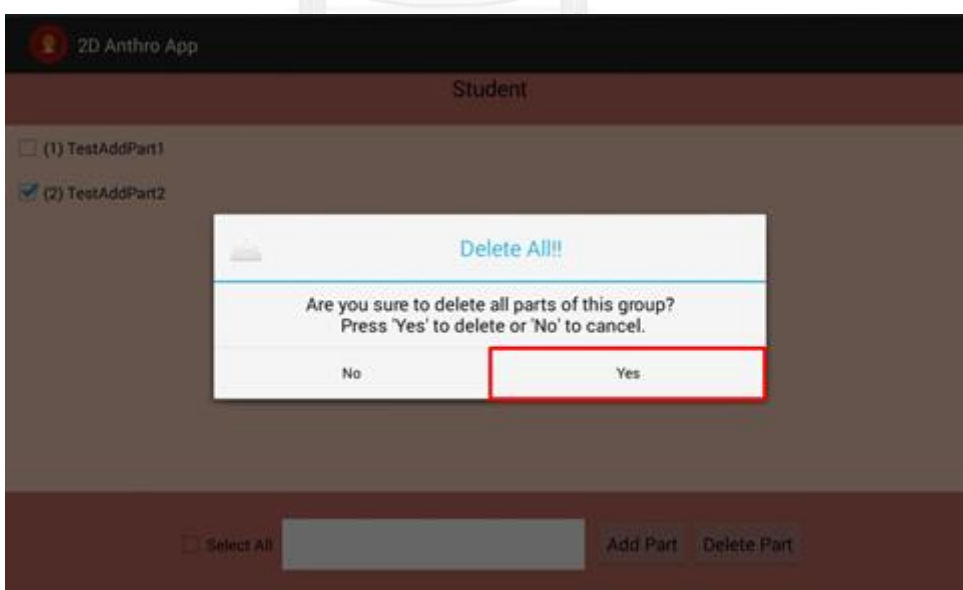
4. การลบข้อผิดพลาด

- เลือกช่องสี่เหลี่ยมข้างหน้าข้อผิดพลาดที่ต้องการลบ จากนั้นกดปุ่มเมนู Delete Part ดังรูปที่ จ.40



รูปที่ จ.40

- เลือกเมนู Yes เพื่อยืนยันการลบ Part ดังรูปที่ จ.41



รูปที่ จ.41

ภาคผนวก ฉ
ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน โดยการเปรียบเทียบจากการวัดโดยใช้
เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์กับการวัดโดยใช้โปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ฉ.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะทางแขน

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	179.56	179.90	0.34	0.19	น้อยกว่า
2	169.30	170.00	0.70	0.41	น้อยกว่า
3	161.59	162.60	1.01	0.62	น้อยกว่า
4	156.24	156.80	0.56	0.36	น้อยกว่า
5	166.51	164.80	1.71	1.04	มากกว่า
6	167.17	168.40	1.23	0.73	น้อยกว่า
7	169.28	168.20	1.08	0.64	มากกว่า
8	145.06	144.70	0.36	0.25	มากกว่า
9	176.01	174.80	1.21	0.69	มากกว่า
10	166.47	166.10	0.37	0.22	มากกว่า
11	189.30	189.70	0.40	0.21	น้อยกว่า
12	161.35	160.00	1.35	0.84	มากกว่า
13	166.56	164.90	1.66	1.01	มากกว่า
14	187.02	185.20	1.82	0.98	มากกว่า
15	161.09	159.40	1.69	1.06	มากกว่า
16	170.91	168.70	2.21	1.31	มากกว่า
17	169.51	169.50	0.01	0.01	มากกว่า
18	164.60	163.30	1.30	0.80	มากกว่า
19	180.94	180.80	0.14	0.08	มากกว่า
20	177.86	180.00	2.14	1.19	น้อยกว่า
21	161.20	162.40	1.20	0.74	น้อยกว่า
22	178.53	177.60	0.93	0.52	มากกว่า
23	170.10	171.70	1.60	0.93	น้อยกว่า
24	157.07	155.40	1.67	1.07	มากกว่า
25	177.66	176.30	1.36	0.77	มากกว่า
26	177.51	177.00	0.51	0.29	มากกว่า
27	179.28	176.50	2.78	1.58	มากกว่า
28	161.28	162.40	1.12	0.69	น้อยกว่า
29	170.08	168.70	1.38	0.82	มากกว่า
30	172.33	171.90	0.43	0.25	มากกว่า

ตารางที่ ๑.1 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะทางแขน

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	173.47	174.20	0.73	0.42	น้อยกว่า
32	174.79	173.50	1.29	0.74	มากกว่า
33	167.13	168.30	1.17	0.70	น้อยกว่า
34	183.67	183.40	0.27	0.15	มากกว่า
35	170.96	168.60	2.36	1.40	มากกว่า
36	153.94	156.00	2.06	1.32	น้อยกว่า
37	156.93	157.30	0.37	0.24	น้อยกว่า
38	166.74	169.00	2.26	1.34	น้อยกว่า
39	154.04	154.40	0.36	0.23	น้อยกว่า
40	151.93	149.60	2.33	1.56	มากกว่า
41	167.00	164.90	2.10	1.27	มากกว่า
42	161.41	162.50	1.09	0.67	น้อยกว่า
43	172.84	172.40	0.44	0.26	มากกว่า
44	146.45	146.10	0.35	0.24	มากกว่า
45	144.60	144.50	0.10	0.07	มากกว่า
46	159.67	158.00	1.67	1.06	มากกว่า
47	174.08	174.30	0.22	0.13	น้อยกว่า
48	152.23	154.10	1.87	1.21	น้อยกว่า
49	147.57	146.60	0.97	0.66	มากกว่า
50	163.49	161.20	2.29	1.42	มากกว่า

ตารางที่ ๑.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะทางศอก

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	93.14	92.70	0.44	0.47	มากกว่า
2	86.65	87.40	0.75	0.86	น้อยกว่า
3	74.93	74.60	0.33	0.44	มากกว่า
4	79.19	80.00	0.81	1.01	น้อยกว่า
5	85.42	84.40	1.02	1.21	มากกว่า
6	84.17	84.50	0.33	0.39	น้อยกว่า
7	85.09	83.80	1.29	1.54	มากกว่า
8	86.52	86.40	0.12	0.14	มากกว่า
9	89.75	89.50	0.25	0.28	มากกว่า
10	85.09	83.80	1.29	1.54	มากกว่า
11	95.43	95.10	0.33	0.35	มากกว่า
12	82.57	81.70	0.87	1.06	มากกว่า
13	84.86	84.30	0.56	0.66	มากกว่า
14	95.70	94.50	1.20	1.27	มากกว่า
15	82.22	81.80	0.42	0.51	มากกว่า
16	86.55	85.70	0.85	0.99	มากกว่า
17	87.19	86.40	0.79	0.91	มากกว่า
18	83.88	83.30	0.58	0.70	มากกว่า
19	93.25	92.20	1.05	1.14	มากกว่า
20	93.77	93.10	0.67	0.72	มากกว่า
21	84.20	83.60	0.60	0.72	มากกว่า
22	91.07	90.40	0.67	0.74	มากกว่า
23	88.40	87.90	0.50	0.57	มากกว่า
24	91.48	90.80	0.68	0.75	มากกว่า
25	89.89	89.10	0.79	0.89	มากกว่า
26	89.31	88.80	0.51	0.57	มากกว่า
27	89.68	88.70	0.98	1.10	มากกว่า
28	84.70	83.50	1.20	1.44	มากกว่า
29	86.51	87.10	0.59	0.68	น้อยกว่า
30	88.64	87.50	1.14	1.30	มากกว่า

ตารางที่ ๓.2 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะทางศอก

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	89.52	88.70	0.82	0.92	มากกว่า
32	88.75	88.00	0.75	0.85	มากกว่า
33	85.40	84.90	0.50	0.59	มากกว่า
34	93.23	93.20	0.03	0.03	มากกว่า
35	86.66	86.10	0.56	0.65	มากกว่า
36	78.00	78.90	0.90	1.14	น้อยกว่า
37	80.72	79.80	0.92	1.15	มากกว่า
38	85.66	86.50	0.84	0.97	น้อยกว่า
39	78.81	79.70	0.89	1.12	น้อยกว่า
40	77.92	76.90	1.02	1.33	มากกว่า
41	86.06	85.30	0.76	0.89	มากกว่า
42	82.09	81.10	0.99	1.22	มากกว่า
43	89.63	89.10	0.53	0.59	มากกว่า
44	76.23	75.70	0.53	0.70	มากกว่า
45	83.00	81.80	1.20	1.47	มากกว่า
46	81.61	80.80	0.81	1.00	มากกว่า
47	88.58	88.20	0.38	0.43	มากกว่า
48	73.69	72.60	1.09	1.50	มากกว่า
49	75.12	74.10	1.02	1.38	มากกว่า
50	83.64	82.70	0.94	1.14	มากกว่า

ตารางที่ ๓.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงขณะยื่น

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	175.91	174.40	1.51	0.87	มากกว่า
2	170.42	169.20	1.22	0.72	มากกว่า
3	161.25	162.00	0.75	0.46	น้อยกว่า
4	153.49	153.50	0.01	0.01	น้อยกว่า
5	159.40	158.50	0.90	0.57	มากกว่า
6	167.89	168.30	0.41	0.24	น้อยกว่า
7	164.30	165.10	0.80	0.48	น้อยกว่า
8	167.51	168.10	0.59	0.35	น้อยกว่า
9	166.72	166.40	0.32	0.19	มากกว่า
10	165.67	166.00	0.33	0.20	น้อยกว่า
11	180.25	179.20	1.05	0.59	มากกว่า
12	156.41	157.80	1.39	0.88	น้อยกว่า
13	161.41	160.50	0.91	0.57	มากกว่า
14	153.60	152.70	0.90	0.59	มากกว่า
15	155.01	154.60	0.41	0.27	มากกว่า
16	161.93	160.70	1.23	0.77	มากกว่า
17	162.83	163.10	0.27	0.17	น้อยกว่า
18	164.41	164.60	0.19	0.12	น้อยกว่า
19	178.48	176.50	1.98	1.12	มากกว่า
20	175.45	174.30	1.15	0.66	มากกว่า
21	156.89	156.70	0.19	0.12	มากกว่า
22	174.01	174.30	0.29	0.17	น้อยกว่า
23	172.30	171.20	1.10	0.64	มากกว่า
24	173.40	171.30	2.10	1.23	มากกว่า
25	176.71	174.70	2.01	1.15	มากกว่า
26	169.75	169.60	0.15	0.09	มากกว่า
27	167.11	168.60	1.49	0.88	น้อยกว่า
28	161.75	162.80	1.05	0.64	น้อยกว่า
29	167.16	165.30	1.86	1.13	มากกว่า
30	145.87	144.00	1.87	1.30	มากกว่า

ตารางที่ ๓.3 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงขณะยื่น

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	167.93	167.10	0.83	0.50	มากกว่า
32	170.03	170.30	0.27	0.16	น้อยกว่า
33	165.03	163.60	1.43	0.87	มากกว่า
34	176.61	176.30	0.31	0.18	มากกว่า
35	161.55	162.60	1.05	0.65	น้อยกว่า
36	150.75	151.90	1.15	0.76	น้อยกว่า
37	153.57	153.20	0.37	0.24	มากกว่า
38	162.46	161.10	1.36	0.84	มากกว่า
39	151.77	152.00	0.23	0.15	น้อยกว่า
40	151.12	151.30	0.18	0.12	น้อยกว่า
41	161.09	160.50	0.59	0.37	มากกว่า
42	153.75	154.50	0.75	0.49	น้อยกว่า
43	161.04	160.60	0.44	0.27	มากกว่า
44	149.94	150.90	0.96	0.64	น้อยกว่า
45	159.08	157.60	1.48	0.94	มากกว่า
46	155.24	154.70	0.54	0.35	มากกว่า
47	168.38	167.90	0.48	0.29	มากกว่า
48	152.93	153.10	0.17	0.11	น้อยกว่า
49	147.57	147.30	0.27	0.18	มากกว่า
50	154.67	155.10	0.43	0.28	น้อยกว่า

ตารางที่ ๑.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับสายตา

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	163.84	163.00	0.84	0.52	มากกว่า
2	155.89	155.60	0.29	0.19	มากกว่า
3	149.97	148.00	1.97	1.33	มากกว่า
4	142.30	142.80	0.50	0.35	น้อยกว่า
5	144.55	144.50	0.05	0.03	มากกว่า
6	154.19	154.20	0.01	0.01	น้อยกว่า
7	150.24	150.20	0.04	0.03	มากกว่า
8	153.72	155.10	1.38	0.89	น้อยกว่า
9	156.43	154.40	2.03	1.31	มากกว่า
10	143.54	142.80	0.74	0.52	มากกว่า
11	168.35	165.20	3.15	1.91	มากกว่า
12	145.29	145.80	0.51	0.35	น้อยกว่า
13	148.98	148.40	0.58	0.39	มากกว่า
14	166.83	162.90	3.93	2.41	มากกว่า
15	145.76	144.40	1.36	0.94	มากกว่า
16	151.45	149.80	1.65	1.10	มากกว่า
17	152.20	152.70	0.50	0.33	น้อยกว่า
18	151.20	151.80	0.60	0.40	น้อยกว่า
19	166.31	162.50	3.81	2.34	มากกว่า
20	162.85	162.80	0.05	0.03	มากกว่า
21	144.54	146.40	1.86	1.27	น้อยกว่า
22	162.58	160.40	2.18	1.36	มากกว่า
23	159.87	160.00	0.13	0.08	น้อยกว่า
24	160.62	163.80	3.18	1.94	น้อยกว่า
25	162.08	158.40	3.68	2.32	มากกว่า
26	160.37	159.00	1.37	0.86	มากกว่า
27	155.67	154.10	1.57	1.02	มากกว่า
28	151.96	152.60	0.64	0.42	น้อยกว่า
29	153.68	152.60	1.08	0.71	มากกว่า
30	160.89	158.40	2.49	1.57	มากกว่า

ตารางที่ ๓.4 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับสายตา

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	156.43	155.40	1.03	0.66	มากกว่า
32	159.38	157.00	2.38	1.52	มากกว่า
33	152.47	150.80	1.67	1.11	มากกว่า
34	166.83	163.40	3.43	2.10	มากกว่า
35	149.26	148.50	0.76	0.51	มากกว่า
36	139.33	138.80	0.53	0.38	มากกว่า
37	142.06	142.50	0.44	0.31	น้อยกว่า
38	150.99	151.00	0.01	0.01	น้อยกว่า
39	139.56	139.60	0.04	0.03	น้อยกว่า
40	138.61	139.00	0.39	0.28	น้อยกว่า
41	151.48	150.90	0.58	0.38	มากกว่า
42	141.05	140.60	0.45	0.32	มากกว่า
43	149.01	147.80	1.21	0.82	มากกว่า
44	137.12	135.60	1.52	1.12	มากกว่า
45	148.02	145.40	2.62	1.80	มากกว่า
46	141.38	138.30	3.08	2.23	มากกว่า
47	156.40	154.40	2.00	1.30	มากกว่า
48	140.60	140.70	0.10	0.07	น้อยกว่า
49	136.66	136.00	0.66	0.49	มากกว่า
50	144.31	144.50	0.19	0.13	น้อยกว่า

ตารางที่ ๑.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับไหล่

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	146.51	145.20	1.31	0.90	มากกว่า
2	139.83	139.20	0.63	0.45	มากกว่า
3	131.63	133.50	1.87	1.40	น้อยกว่า
4	126.65	127.80	1.15	0.90	น้อยกว่า
5	130.20	128.70	1.50	1.17	มากกว่า
6	136.62	135.80	0.82	0.60	มากกว่า
7	134.60	135.40	0.80	0.59	น้อยกว่า
8	140.06	138.80	1.26	0.91	มากกว่า
9	138.36	137.00	1.36	0.99	มากกว่า
10	127.21	126.10	1.11	0.88	มากกว่า
11	150.00	148.20	1.80	1.21	มากกว่า
12	129.42	127.60	1.82	1.43	มากกว่า
13	133.37	131.30	2.07	1.58	มากกว่า
14	150.22	148.60	1.62	1.09	มากกว่า
15	128.66	126.90	1.76	1.39	มากกว่า
16	134.60	132.10	2.50	1.89	มากกว่า
17	134.35	133.20	1.15	0.86	มากกว่า
18	134.86	136.10	1.24	0.91	น้อยกว่า
19	147.78	144.10	3.68	2.55	มากกว่า
20	144.07	143.40	0.67	0.47	มากกว่า
21	127.99	126.80	1.19	0.94	มากกว่า
22	145.78	144.40	1.38	0.96	มากกว่า
23	142.55	144.30	1.75	1.21	น้อยกว่า
24	142.06	140.60	1.46	1.04	มากกว่า
25	145.28	144.00	1.28	0.89	มากกว่า
26	140.82	139.80	1.02	0.73	มากกว่า
27	139.83	141.20	1.37	0.97	น้อยกว่า
28	135.90	134.60	1.30	0.97	มากกว่า
29	140.07	138.90	1.17	0.84	มากกว่า
30	142.57	141.10	1.47	1.04	มากกว่า

ตารางที่ ๕.5 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับไหล่

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	140.16	137.50	2.66	1.93	มากกว่า
32	140.11	138.80	1.31	0.94	มากกว่า
33	134.18	133.10	1.08	0.81	มากกว่า
34	146.53	143.90	2.63	1.83	มากกว่า
35	132.18	130.80	1.38	1.06	มากกว่า
36	123.71	124.90	1.19	0.95	น้อยกว่า
37	128.43	127.40	1.03	0.81	มากกว่า
38	134.38	131.80	2.58	1.96	มากกว่า
39	123.67	124.80	1.13	0.91	น้อยกว่า
40	125.49	123.90	1.59	1.28	มากกว่า
41	134.85	133.50	1.35	1.01	มากกว่า
42	126.92	124.60	2.32	1.86	มากกว่า
43	135.00	136.20	1.20	0.88	น้อยกว่า
44	120.29	119.10	1.19	1.00	มากกว่า
45	130.48	129.40	1.08	0.83	มากกว่า
46	128.57	127.00	1.57	1.24	มากกว่า
47	141.08	139.70	1.38	0.99	มากกว่า
48	127.01	125.60	1.41	1.12	มากกว่า
49	123.31	121.60	1.71	1.41	มากกว่า
50	129.70	127.50	2.20	1.73	มากกว่า

ตารางที่ ๘.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับข้อศอก

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	108.90	107.90	1.00	0.92	มากกว่า
2	107.22	108.50	1.28	1.18	น้อยกว่า
3	98.66	99.00	0.34	0.35	น้อยกว่า
4	95.29	97.00	1.71	1.76	น้อยกว่า
5	97.60	96.70	0.90	0.93	มากกว่า
6	103.96	104.00	0.04	0.04	น้อยกว่า
7	99.58	101.70	2.12	2.08	น้อยกว่า
8	106.04	106.30	0.26	0.25	น้อยกว่า
9	104.20	102.20	2.00	1.96	มากกว่า
10	93.55	95.50	1.95	2.04	น้อยกว่า
11	109.83	109.00	0.83	0.76	มากกว่า
12	95.95	96.20	0.25	0.26	น้อยกว่า
13	101.89	98.80	3.09	3.12	มากกว่า
14	113.29	112.00	1.29	1.15	มากกว่า
15	96.68	97.10	0.42	0.43	น้อยกว่า
16	102.13	98.50	3.63	3.68	มากกว่า
17	99.15	101.00	1.85	1.83	น้อยกว่า
18	103.93	102.70	1.23	1.20	มากกว่า
19	110.71	109.60	1.11	1.01	มากกว่า
20	108.48	110.00	1.52	1.38	น้อยกว่า
21	96.86	94.90	1.96	2.06	มากกว่า
22	111.18	110.50	0.68	0.62	มากกว่า
23	107.16	108.30	1.14	1.05	น้อยกว่า
24	106.42	105.80	0.62	0.58	มากกว่า
25	111.43	108.40	3.03	2.80	มากกว่า
26	106.42	107.90	1.48	1.37	น้อยกว่า
27	103.94	105.50	1.56	1.48	น้อยกว่า
28	102.79	101.80	0.99	0.97	มากกว่า
29	104.68	104.50	0.18	0.17	มากกว่า
30	108.66	106.80	1.86	1.74	มากกว่า

ตารางที่ ๘.6 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับข้อศอก

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	107.00	103.80	3.20	3.08	มากกว่า
33	101.57	104.90	3.33	3.17	น้อยกว่า
34	109.90	107.30	2.60	2.42	มากกว่า
35	100.25	98.50	1.75	1.78	มากกว่า
36	95.20	95.00	0.20	0.21	มากกว่า
37	97.69	97.00	0.69	0.71	มากกว่า
38	101.40	101.00	0.40	0.40	มากกว่า
39	92.38	94.10	1.72	1.83	น้อยกว่า
40	95.05	94.00	1.05	1.12	มากกว่า
41	100.82	100.00	0.82	0.82	มากกว่า
42	92.96	93.00	0.04	0.04	น้อยกว่า
43	99.83	98.50	1.33	1.35	มากกว่า
44	91.58	91.40	0.18	0.20	มากกว่า
45	98.35	94.90	3.45	3.64	มากกว่า
46	96.80	96.70	0.10	0.10	มากกว่า
47	104.51	104.40	0.11	0.11	มากกว่า
48	95.88	95.20	0.68	0.71	มากกว่า
49	92.42	92.50	0.08	0.09	น้อยกว่า
50	96.78	98.20	1.42	1.45	น้อยกว่า

ตารางที่ ๗.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับข้อสะโพก

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	84.15	84.00	0.15	0.18	มากกว่า
2	82.27	82.30	0.03	0.04	น้อยกว่า
3	77.84	77.60	0.24	0.31	มากกว่า
4	75.49	75.80	0.31	0.41	น้อยกว่า
5	78.23	77.90	0.33	0.42	มากกว่า
6	78.47	79.30	0.83	1.05	น้อยกว่า
7	82.45	80.00	2.45	3.06	มากกว่า
8	80.71	83.00	2.29	2.76	น้อยกว่า
9	78.22	79.80	1.58	1.98	น้อยกว่า
10	77.47	78.40	0.93	1.19	น้อยกว่า
11	90.49	92.20	1.71	1.85	น้อยกว่า
12	76.61	78.20	1.59	2.03	น้อยกว่า
13	80.57	78.80	1.77	2.25	มากกว่า
14	84.78	85.90	1.12	1.30	น้อยกว่า
15	74.12	73.00	1.12	1.53	มากกว่า
16	78.33	76.20	2.13	2.80	มากกว่า
17	81.06	78.80	2.26	2.87	มากกว่า
18	73.99	72.90	1.09	1.50	มากกว่า
19	83.77	84.20	0.43	0.51	น้อยกว่า
20	80.56	80.00	0.56	0.70	มากกว่า
21	74.62	73.60	1.02	1.39	มากกว่า
22	81.29	82.90	1.61	1.94	น้อยกว่า
23	78.70	79.10	0.40	0.51	น้อยกว่า
24	83.90	83.40	0.50	0.60	มากกว่า
25	86.97	86.00	0.97	1.13	มากกว่า
26	81.42	80.40	1.02	1.27	มากกว่า
27	81.42	82.40	0.98	1.19	น้อยกว่า
28	82.03	82.60	0.57	0.69	น้อยกว่า
29	84.64	85.10	0.46	0.54	น้อยกว่า
30	81.68	80.00	1.68	2.10	มากกว่า

ตารางที่ ๓.7 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับข้อสะโพก

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	80.07	80.10	0.03	0.04	น้อยกว่า
32	79.81	81.10	1.29	1.59	น้อยกว่า
33	79.57	79.50	0.07	0.09	มากกว่า
34	82.43	82.90	0.47	0.57	น้อยกว่า
35	75.25	76.90	1.65	2.15	น้อยกว่า
36	72.64	74.00	1.36	1.84	น้อยกว่า
37	81.82	84.00	2.18	2.60	น้อยกว่า
38	74.88	75.70	0.82	1.08	น้อยกว่า
39	67.05	68.20	1.15	1.69	น้อยกว่า
40	74.01	72.80	1.21	1.66	มากกว่า
41	79.96	78.90	1.06	1.34	มากกว่า
42	76.60	75.10	1.50	2.00	มากกว่า
43	83.61	84.40	0.79	0.94	น้อยกว่า
44	73.51	73.30	0.21	0.29	มากกว่า
45	77.59	76.60	0.99	1.29	มากกว่า
46	76.60	78.00	1.40	1.79	น้อยกว่า
47	80.55	80.20	0.35	0.44	มากกว่า
48	69.19	70.40	1.21	1.72	น้อยกว่า
49	75.12	74.00	1.12	1.51	มากกว่า
50	76.49	76.80	0.31	0.40	น้อยกว่า

ตารางที่ ๘.8 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับมือ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	77.96	77.00	0.96	1.25	มากกว่า
2	74.86	73.20	1.66	2.27	มากกว่า
3	71.14	70.90	0.24	0.34	มากกว่า
4	75.74	74.00	1.74	2.35	มากกว่า
5	69.04	68.00	1.04	1.53	มากกว่า
6	75.00	75.00	0.00	0.00	มากกว่า
7	70.03	68.40	1.63	2.38	มากกว่า
8	75.74	73.20	2.54	3.47	มากกว่า
9	72.28	70.00	2.28	3.26	มากกว่า
10	64.10	62.80	1.30	2.07	มากกว่า
11	77.60	76.00	1.60	2.11	มากกว่า
12	68.43	67.10	1.33	1.98	มากกว่า
13	69.41	68.60	0.81	1.18	มากกว่า
14	78.09	77.70	0.39	0.50	มากกว่า
15	69.16	68.40	0.76	1.11	มากกว่า
16	72.38	70.40	1.98	2.81	มากกว่า
17	69.90	67.90	2.00	2.95	มากกว่า
18	73.25	71.60	1.65	2.30	มากกว่า
19	79.32	78.20	1.12	1.43	มากกว่า
20	76.11	76.20	0.09	0.12	น้อยกว่า
21	68.20	67.90	0.30	0.44	มากกว่า
22	77.34	76.40	0.94	1.23	มากกว่า
23	78.45	77.60	0.85	1.10	มากกว่า
24	75.24	73.30	1.94	2.65	มากกว่า
25	81.04	80.70	0.34	0.42	มากกว่า
26	76.23	75.00	1.23	1.64	มากกว่า
27	71.03	68.80	2.23	3.24	มากกว่า
28	73.14	71.70	1.44	2.01	มากกว่า
29	73.50	72.40	1.10	1.52	มากกว่า
30	77.97	76.70	1.27	1.66	มากกว่า

ตารางที่ ๘.8 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับมือ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	75.37	73.10	2.27	3.11	มากกว่า
32	72.90	71.50	1.40	1.96	มากกว่า
33	70.43	70.50	0.07	0.10	น้อยกว่า
34	77.48	76.50	0.98	1.28	มากกว่า
35	68.32	68.00	0.32	0.47	มากกว่า
36	67.18	67.00	0.18	0.27	มากกว่า
37	69.42	69.00	0.42	0.61	มากกว่า
38	72.64	72.00	0.64	0.89	มากกว่า
39	66.06	65.30	0.76	1.16	มากกว่า
40	67.82	68.00	0.18	0.26	น้อยกว่า
41	72.02	70.60	1.42	2.01	มากกว่า
42	66.44	66.10	0.34	0.51	มากกว่า
43	68.61	66.50	2.11	3.17	มากกว่า
44	66.83	65.20	1.63	2.50	มากกว่า
45	69.69	68.50	1.19	1.74	มากกว่า
46	68.72	67.10	1.62	2.41	มากกว่า
47	75.61	73.20	2.41	3.29	มากกว่า
48	68.20	66.60	1.60	2.40	มากกว่า
49	67.22	65.80	1.42	2.16	มากกว่า
50	69.55	70.00	0.45	0.64	น้อยกว่า

ตารางที่ ๑.๑ ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับนิ้วมือ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	64.84	64.50	0.34	0.53	มากกว่า
2	65.96	65.60	0.36	0.55	มากกว่า
3	59.49	60.30	0.81	1.34	น้อยกว่า
4	67.82	67.20	0.62	0.92	มากกว่า
5	57.37	59.00	1.63	2.76	น้อยกว่า
6	62.62	63.50	0.88	1.39	น้อยกว่า
7	59.10	59.50	0.40	0.67	น้อยกว่า
8	64.32	62.90	1.42	2.26	มากกว่า
9	58.91	57.00	1.91	3.35	มากกว่า
10	53.71	54.90	1.19	2.17	น้อยกว่า
11	64.46	65.20	0.74	1.13	น้อยกว่า
12	57.77	58.10	0.33	0.57	น้อยกว่า
13	59.00	59.00	0.00	0.00	มากกว่า
14	65.20	65.70	0.50	0.76	น้อยกว่า
15	58.26	57.90	0.36	0.62	มากกว่า
16	60.23	58.40	1.83	3.13	มากกว่า
17	58.75	59.50	0.75	1.26	น้อยกว่า
18	63.60	61.50	2.10	3.41	มากกว่า
19	65.49	65.20	0.29	0.44	มากกว่า
20	63.26	64.70	1.44	2.23	น้อยกว่า
21	57.08	56.10	0.98	1.75	มากกว่า
22	65.23	64.20	1.03	1.60	มากกว่า
23	67.32	67.40	0.08	0.12	น้อยกว่า
24	63.36	61.80	1.56	2.52	มากกว่า
25	69.19	67.10	2.09	3.11	มากกว่า
26	63.85	63.90	0.05	0.08	น้อยกว่า
27	59.89	60.60	0.71	1.17	น้อยกว่า
28	61.03	60.60	0.43	0.71	มากกว่า
29	61.13	61.90	0.77	1.24	น้อยกว่า
30	66.34	66.30	0.04	0.06	มากกว่า

ตารางที่ ๑.9 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความสูงระดับนิ้วมือ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	63.76	65.10	1.34	2.06	น้อยกว่า
32	61.53	61.40	0.13	0.21	มากกว่า
33	60.05	60.70	0.65	1.07	น้อยกว่า
34	64.60	63.00	1.60	2.54	มากกว่า
35	57.67	56.20	1.47	2.62	มากกว่า
36	57.27	58.40	1.13	1.93	น้อยกว่า
37	59.01	58.50	0.51	0.87	มากกว่า
38	60.25	62.00	1.75	2.82	น้อยกว่า
39	54.63	56.00	1.37	2.45	น้อยกว่า
40	57.67	59.00	1.33	2.25	น้อยกว่า
41	60.10	60.60	0.50	0.83	น้อยกว่า
42	53.30	53.50	0.20	0.37	น้อยกว่า
43	57.05	56.60	0.45	0.80	มากกว่า
44	55.44	56.20	0.76	1.35	น้อยกว่า
45	58.81	58.00	0.81	1.40	มากกว่า
46	57.63	58.20	0.57	0.98	น้อยกว่า
47	64.98	63.50	1.48	2.33	มากกว่า
48	58.07	58.30	0.23	0.39	น้อยกว่า
49	58.32	58.30	0.02	0.03	มากกว่า
50	58.66	59.50	0.84	1.41	น้อยกว่า

ตารางที่ ฉ.10 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะจากไหล่ถึงปลายนิ้ว

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	73.14	72.00	1.14	1.58	มากกว่า
2	68.79	68.20	0.59	0.87	มากกว่า
3	62.12	63.80	1.68	2.63	น้อยกว่า
4	59.40	60.80	1.40	2.30	น้อยกว่า
5	63.82	63.00	0.82	1.30	มากกว่า
6	63.12	65.00	1.88	2.89	น้อยกว่า
7	65.56	67.70	2.14	3.16	น้อยกว่า
8	63.32	65.70	2.38	3.62	น้อยกว่า
9	71.27	72.00	0.73	1.01	น้อยกว่า
10	67.30	68.20	0.90	1.32	น้อยกว่า
11	72.76	75.50	2.74	3.63	น้อยกว่า
12	61.73	63.00	1.27	2.02	น้อยกว่า
13	62.86	64.30	1.44	2.24	น้อยกว่า
15	62.77	64.90	2.13	3.28	น้อยกว่า
16	65.83	67.50	1.67	2.47	น้อยกว่า
17	68.08	67.00	1.08	1.61	มากกว่า
18	60.63	62.00	1.37	2.21	น้อยกว่า
19	72.77	74.00	1.23	1.66	น้อยกว่า
20	68.20	70.80	2.60	3.67	น้อยกว่า
21	61.63	60.40	1.23	2.04	มากกว่า
22	69.05	70.10	1.05	1.50	น้อยกว่า
23	65.97	64.40	1.57	2.44	มากกว่า
24	69.66	70.60	0.94	1.33	น้อยกว่า
25	69.43	67.50	1.93	2.86	มากกว่า
26	67.21	66.20	1.01	1.53	มากกว่า
27	67.92	69.00	1.08	1.57	น้อยกว่า
28	64.73	63.60	1.13	1.78	มากกว่า
29	66.82	68.40	1.58	2.31	น้อยกว่า
30	65.98	66.90	0.92	1.38	น้อยกว่า

ตารางที่ ฉ.10 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะจากไหล่ถึงปลายนิ้ว

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	66.72	67.60	0.88	1.30	น้อยกว่า
32	67.96	69.00	1.04	1.51	น้อยกว่า
33	64.60	65.80	1.20	1.82	น้อยกว่า
34	74.88	73.20	1.68	2.30	มากกว่า
35	64.96	66.00	1.04	1.58	น้อยกว่า
36	60.14	59.30	0.84	1.42	มากกว่า
37	61.63	63.40	1.77	2.79	น้อยกว่า
38	67.57	66.90	0.67	1.00	มากกว่า
39	56.53	57.40	0.87	1.52	น้อยกว่า
40	62.02	63.10	1.08	1.71	น้อยกว่า
41	67.55	66.40	1.15	1.73	มากกว่า
42	62.96	64.00	1.04	1.63	น้อยกว่า
43	68.05	69.00	0.95	1.38	น้อยกว่า
44	61.38	63.50	2.12	3.34	น้อยกว่า
45	65.98	67.40	1.42	2.11	น้อยกว่า
46	63.26	64.50	1.24	1.92	น้อยกว่า
47	65.09	63.50	1.59	2.50	มากกว่า
48	60.79	59.40	1.39	2.34	มากกว่า
49	54.46	53.20	1.26	2.37	มากกว่า
50	64.07	63.20	0.87	1.38	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.11 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	69.94	68.70	1.24	1.80	มากกว่า
2	67.31	66.50	0.81	1.22	มากกว่า
3	62.86	61.80	1.06	1.72	มากกว่า
4	61.63	63.00	1.37	2.17	น้อยกว่า
5	61.84	62.50	0.66	1.06	น้อยกว่า
6	60.89	62.50	1.61	2.58	น้อยกว่า
7	65.81	66.40	0.59	0.89	น้อยกว่า
8	64.57	66.00	1.43	2.17	น้อยกว่า
9	70.03	71.00	0.97	1.37	น้อยกว่า
10	63.33	65.90	2.57	3.90	น้อยกว่า
11	74.01	76.00	1.99	2.62	น้อยกว่า
12	60.50	63.00	2.50	3.97	น้อยกว่า
13	61.87	63.50	1.63	2.57	น้อยกว่า
14	72.89	73.00	0.11	0.15	น้อยกว่า
15	64.00	63.50	0.50	0.79	มากกว่า
16	66.08	67.80	1.72	2.54	น้อยกว่า
17	67.83	68.00	0.17	0.25	น้อยกว่า
18	61.12	62.50	1.38	2.21	น้อยกว่า
19	71.53	70.40	1.13	1.61	มากกว่า
20	66.72	69.50	2.78	4.00	น้อยกว่า
21	64.35	62.20	2.15	3.46	มากกว่า
22	70.53	72.30	1.77	2.45	น้อยกว่า
23	64.49	63.40	1.09	1.72	มากกว่า
24	73.13	71.20	1.93	2.71	มากกว่า
25	70.66	71.40	0.74	1.04	น้อยกว่า
26	64.73	66.00	1.27	1.92	น้อยกว่า
27	71.39	74.60	3.21	4.30	น้อยกว่า
28	65.97	64.20	1.77	2.76	มากกว่า
29	68.80	70.90	2.10	2.96	น้อยกว่า
30	67.96	65.50	2.46	3.76	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.11 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	69.69	68.90	0.79	1.15	มากกว่า
32	70.18	68.80	1.38	2.01	มากกว่า
33	69.06	67.20	1.86	2.77	มากกว่า
34	75.87	74.50	1.37	1.84	มากกว่า
35	67.19	66.20	0.99	1.50	มากกว่า
36	61.13	60.90	0.23	0.38	มากกว่า
37	62.87	61.00	1.87	3.07	มากกว่า
38	65.59	63.30	2.29	3.62	มากกว่า
39	55.04	56.80	1.76	3.10	น้อยกว่า
40	62.77	61.30	1.47	2.40	มากกว่า
41	67.30	65.00	2.30	3.54	มากกว่า
42	64.20	65.50	1.30	1.98	น้อยกว่า
43	69.29	68.80	0.49	0.71	มากกว่า
44	60.15	60.10	0.05	0.08	มากกว่า
45	67.71	65.20	2.51	3.85	มากกว่า
46	61.53	62.00	0.47	0.76	น้อยกว่า
47	71.52	69.00	2.52	3.65	มากกว่า
48	62.02	61.40	0.62	1.01	มากกว่า
49	56.19	58.00	1.81	3.12	น้อยกว่า
50	68.29	66.40	1.89	2.85	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.12 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะเอี่ยมแนไปข้างหน้า

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	84.96	83.20	1.76	2.12	มากกว่า
3	70.53	69.70	0.83	1.19	มากกว่า
4	70.29	69.20	1.09	1.58	มากกว่า
5	73.76	73.00	0.76	1.04	มากกว่า
6	76.48	75.30	1.18	1.57	มากกว่า
7	78.72	79.80	1.08	1.35	น้อยกว่า
8	76.74	77.90	1.16	1.49	น้อยกว่า
9	77.23	76.00	1.23	1.62	มากกว่า
10	74.50	76.00	1.50	1.97	น้อยกว่า
11	84.93	86.00	1.07	1.24	น้อยกว่า
12	68.43	70.00	1.57	2.24	น้อยกว่า
13	71.03	73.00	1.97	2.70	น้อยกว่า
14	84.30	86.00	1.70	1.98	น้อยกว่า
15	72.16	73.40	1.24	1.69	น้อยกว่า
16	75.97	77.50	1.53	1.97	น้อยกว่า
17	78.93	76.80	2.13	2.77	มากกว่า
18	72.26	73.50	1.24	1.69	น้อยกว่า
19	80.69	81.90	1.21	1.48	น้อยกว่า
20	73.15	74.50	1.35	1.81	น้อยกว่า
21	70.53	72.20	1.67	2.31	น้อยกว่า
22	76.72	78.80	2.08	2.64	น้อยกว่า
23	74.87	73.50	1.37	1.86	มากกว่า
24	78.83	80.60	1.77	2.20	น้อยกว่า
25	79.56	81.20	1.64	2.02	น้อยกว่า
26	74.12	75.80	1.68	2.22	น้อยกว่า
27	79.82	81.90	2.08	2.54	น้อยกว่า
28	74.12	75.50	1.38	1.83	น้อยกว่า
29	72.02	73.50	1.48	2.01	น้อยกว่า
30	75.37	77.50	2.13	2.75	น้อยกว่า

ตารางที่ ฉ.12 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะเอี่ยมแขนไปข้างหน้า

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	76.61	78.50	1.89	2.41	น้อยกว่า
32	77.72	80.00	2.28	2.85	น้อยกว่า
33	77.72	78.80	1.08	1.37	น้อยกว่า
34	84.02	82.50	1.52	1.84	มากกว่า
35	73.88	75.30	1.42	1.89	น้อยกว่า
36	67.82	69.30	1.48	2.14	น้อยกว่า
37	71.53	70.00	1.53	2.19	มากกว่า
38	70.79	72.50	1.71	2.36	น้อยกว่า
39	65.20	66.50	1.30	1.95	น้อยกว่า
40	71.66	70.10	1.56	2.23	มากกว่า
41	75.74	73.70	2.04	2.77	มากกว่า
42	72.88	74.50	1.62	2.17	น้อยกว่า
43	77.98	79.00	1.02	1.29	น้อยกว่า
44	67.08	68.30	1.22	1.79	น้อยกว่า
45	77.10	75.40	1.70	2.25	มากกว่า
46	68.45	70.00	1.55	2.21	น้อยกว่า
47	80.19	82.00	1.81	2.21	น้อยกว่า
48	70.18	71.30	1.12	1.57	น้อยกว่า
49	65.59	65.00	0.59	0.91	มากกว่า
50	74.75	73.80	0.95	1.29	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.13 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะเอื่อมจับสูงสุดขณะยื่น

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	211.30	210.00	1.30	0.62	มากกว่า
2	203.16	204.50	1.34	0.66	น้อยกว่า
3	193.28	194.60	1.32	0.68	น้อยกว่า
4	180.92	182.30	1.38	0.76	น้อยกว่า
5	186.50	187.80	1.30	0.69	น้อยกว่า
6	197.52	199.10	1.58	0.79	น้อยกว่า
7	197.43	196.00	1.43	0.73	มากกว่า
8	203.38	202.00	1.38	0.68	มากกว่า
9	201.90	200.20	1.70	0.85	มากกว่า
10	189.48	190.80	1.32	0.69	น้อยกว่า
11	214.57	216.50	1.93	0.89	น้อยกว่า
12	186.44	187.80	1.36	0.72	น้อยกว่า
13	195.76	194.20	1.56	0.80	มากกว่า
14	216.44	218.00	1.56	0.72	น้อยกว่า
15	189.04	190.40	1.36	0.71	น้อยกว่า
16	196.24	195.00	1.24	0.64	มากกว่า
17	196.34	197.80	1.46	0.74	น้อยกว่า
18	192.04	193.60	1.56	0.81	น้อยกว่า
19	207.92	209.30	1.38	0.66	น้อยกว่า
20	206.34	207.80	1.46	0.70	น้อยกว่า
21	187.85	189.30	1.45	0.77	น้อยกว่า
22	208.88	210.40	1.52	0.72	น้อยกว่า
23	203.84	205.30	1.46	0.71	น้อยกว่า
24	209.23	210.90	1.67	0.79	น้อยกว่า
25	205.57	204.10	1.47	0.72	มากกว่า
26	204.83	206.40	1.57	0.76	น้อยกว่า
27	204.02	205.60	1.58	0.77	น้อยกว่า
29	203.19	204.70	1.51	0.74	น้อยกว่า
30	205.35	206.90	1.55	0.75	น้อยกว่า

ตารางที่ ฉ.13 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะเอี่ยมจับสูงสุดขณะยื่น

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	203.87	205.60	1.73	0.84	น้อยกว่า
32	207.08	208.50	1.42	0.68	น้อยกว่า
33	197.03	198.50	1.47	0.74	น้อยกว่า
34	211.53	213.00	1.47	0.69	น้อยกว่า
35	198.35	199.80	1.45	0.73	น้อยกว่า
36	181.42	183.00	1.58	0.86	น้อยกว่า
37	186.63	188.00	1.37	0.73	น้อยกว่า
38	194.06	195.60	1.54	0.79	น้อยกว่า
39	179.00	180.20	1.20	0.67	น้อยกว่า
41	196.19	197.70	1.51	0.76	น้อยกว่า
42	183.94	185.50	1.56	0.84	น้อยกว่า
43	196.19	197.80	1.61	0.81	น้อยกว่า
44	176.73	178.20	1.47	0.82	น้อยกว่า
46	184.59	183.30	1.29	1.29	0.70
48	179.89	181.20	1.31	0.72	น้อยกว่า
49	171.78	173.00	1.22	0.71	น้อยกว่า

ตารางที่ ฉ.14 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	45.71	47.20	1.49	3.16	น้อยกว่า
2	45.71	45.00	0.71	1.58	มากกว่า
3	42.81	43.00	0.19	0.44	น้อยกว่า
4	41.69	42.00	0.31	0.74	น้อยกว่า
5	43.81	42.60	1.21	2.84	มากกว่า
6	45.96	46.30	0.34	0.73	น้อยกว่า
7	44.06	43.30	0.76	1.76	มากกว่า
8	46.78	45.80	0.98	2.14	มากกว่า
9	47.85	46.30	1.55	3.35	มากกว่า
10	44.06	43.10	0.96	2.23	มากกว่า
11	50.90	49.20	1.70	3.46	มากกว่า
12	42.72	41.60	1.12	2.69	มากกว่า
13	45.37	44.60	0.77	1.73	มากกว่า
14	48.93	48.50	0.43	0.89	มากกว่า
15	40.77	39.80	0.97	2.44	มากกว่า
16	46.52	44.30	2.22	5.01	มากกว่า
17	45.29	44.10	1.19	2.70	มากกว่า
18	43.80	43.10	0.70	1.62	มากกว่า
19	48.11	47.40	0.71	1.50	มากกว่า
20	47.69	47.80	0.11	0.23	น้อยกว่า
21	43.17	41.80	1.37	3.28	มากกว่า
22	48.75	47.10	1.65	3.50	มากกว่า
23	45.39	44.30	1.09	2.46	มากกว่า
24	47.69	46.20	1.49	3.23	มากกว่า
25	46.78	45.70	1.08	2.36	มากกว่า
26	47.52	46.30	1.22	2.63	มากกว่า
27	48.75	47.00	1.75	3.72	มากกว่า
28	43.98	43.60	0.38	0.87	มากกว่า
29	46.70	45.70	1.00	2.19	มากกว่า
30	46.78	45.30	1.48	3.27	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.14 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	46.78	45.30	1.48	3.27	มากกว่า
32	47.12	45.90	1.22	2.66	มากกว่า
33	43.32	42.60	0.72	1.69	มากกว่า
34	48.52	48.50	0.02	0.04	มากกว่า
35	45.79	44.70	1.09	2.44	มากกว่า
36	40.16	40.20	0.04	0.10	น้อยกว่า
37	42.26	42.10	0.16	0.38	มากกว่า
38	44.55	43.50	1.05	2.41	มากกว่า
39	41.79	40.20	1.59	3.96	มากกว่า
40	41.04	39.90	1.14	2.86	มากกว่า
41	42.96	42.60	0.36	0.85	มากกว่า
42	43.98	43.40	0.58	1.34	มากกว่า
43	44.09	43.70	0.39	0.89	มากกว่า
44	40.03	39.60	0.43	1.09	มากกว่า
45	42.19	40.80	1.39	3.41	มากกว่า
46	43.49	42.80	0.69	1.61	มากกว่า
47	44.89	44.40	0.49	1.10	มากกว่า
48	40.77	39.10	1.67	4.27	มากกว่า
49	39.60	39.20	0.40	1.02	มากกว่า
50	41.09	42.40	1.31	3.09	น้อยกว่า

ตารางที่ ฉ.15 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระดับไหล่ถึงข้อศอก

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	37.90	37.70	0.20	0.54	มากกว่า
2	35.13	34.40	0.73	2.13	มากกว่า
3	35.37	35.00	0.37	1.06	มากกว่า
4	32.84	32.60	0.24	0.74	มากกว่า
5	35.25	34.60	0.65	1.87	มากกว่า
6	35.53	34.60	0.93	2.68	มากกว่า
7	33.19	32.90	0.29	0.88	มากกว่า
8	36.47	36.00	0.47	1.31	มากกว่า
9	37.39	36.80	0.59	1.59	มากกว่า
10	34.86	34.20	0.66	1.93	มากกว่า
11	37.20	36.50	0.70	1.92	มากกว่า
12	34.04	33.20	0.84	2.52	มากกว่า
13	32.55	31.90	0.65	2.04	มากกว่า
14	35.54	34.80	0.74	2.14	มากกว่า
15	33.80	33.20	0.60	1.80	มากกว่า
16	35.20	34.20	1.00	2.94	มากกว่า
17	36.54	35.40	1.14	3.22	มากกว่า
18	33.92	33.30	0.62	1.86	มากกว่า
19	38.02	37.30	0.72	1.92	มากกว่า
20	35.63	34.80	0.83	2.38	มากกว่า
21	34.92	34.10	0.82	2.40	มากกว่า
22	38.70	37.70	1.00	2.65	มากกว่า
23	30.14	29.50	0.64	2.17	มากกว่า
24	38.80	37.90	0.90	2.37	มากกว่า
25	37.42	36.80	0.62	1.68	มากกว่า
26	36.41	36.00	0.41	1.13	มากกว่า
27	38.88	38.10	0.78	2.04	มากกว่า
28	32.94	32.10	0.84	2.61	มากกว่า
29	37.40	37.00	0.40	1.08	มากกว่า
30	36.26	35.60	0.66	1.86	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.15 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะระดับไหล่ถึงข้อศอก

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	36.44	35.80	0.64	1.79	มากกว่า
32	37.89	36.90	0.99	2.69	มากกว่า
33	33.91	33.10	0.81	2.45	มากกว่า
34	38.99	38.20	0.79	2.07	มากกว่า
35	35.59	34.70	0.89	2.55	มากกว่า
36	33.03	32.80	0.23	0.71	มากกว่า
37	32.33	31.80	0.53	1.67	มากกว่า
38	34.46	33.80	0.66	1.95	มากกว่า
39	32.70	32.10	0.60	1.87	มากกว่า
40	37.14	36.40	0.74	2.04	มากกว่า
41	36.27	35.60	0.67	1.89	มากกว่า
42	33.93	33.40	0.52	1.57	มากกว่า
43	36.43	35.90	0.53	1.47	มากกว่า
44	29.47	28.80	0.67	2.32	มากกว่า
45	35.72	34.70	1.02	2.93	มากกว่า
46	31.99	31.70	0.29	0.91	มากกว่า
47	35.26	35.60	0.34	0.95	น้อยกว่า
48	33.20	32.60	0.60	1.84	มากกว่า
49	33.02	32.40	0.62	1.91	มากกว่า
50	33.13	32.40	0.73	2.25	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.16 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะเอี่ยมจับสูงสุดในทำนัง

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	130.46	131.90	1.44	1.09	น้อยกว่า
2	122.31	123.50	1.19	0.96	น้อยกว่า
3	121.51	120.30	1.21	1.01	มากกว่า
4	110.79	111.70	0.91	0.81	น้อยกว่า
5	117.32	118.00	0.68	0.58	น้อยกว่า
6	124.30	123.00	1.30	1.06	มากกว่า
7	119.30	120.20	0.90	0.75	น้อยกว่า
8	122.52	122.90	0.38	0.31	น้อยกว่า
9	124.71	125.00	0.29	0.23	น้อยกว่า
10	113.12	114.30	1.18	1.03	น้อยกว่า
11	128.99	130.80	1.81	1.38	น้อยกว่า
12	116.72	116.50	0.22	0.19	มากกว่า
13	122.21	120.80	1.41	1.17	มากกว่า
14	131.71	130.40	1.31	1.00	มากกว่า
15	120.59	119.80	0.79	0.66	มากกว่า
16	123.49	125.00	1.51	1.21	น้อยกว่า
17	121.26	121.60	0.34	0.28	น้อยกว่า
18	121.01	124.80	3.79	3.04	น้อยกว่า
19	131.99	132.60	0.61	0.46	น้อยกว่า
20	128.50	126.00	2.50	1.98	มากกว่า
21	121.37	123.00	1.63	1.33	น้อยกว่า
22	130.42	130.90	0.48	0.37	น้อยกว่า
23	118.40	120.00	1.60	1.33	น้อยกว่า
24	127.99	129.00	1.01	0.78	น้อยกว่า
25	126.22	127.20	0.98	0.77	น้อยกว่า
26	126.47	130.40	3.93	3.01	น้อยกว่า
27	122.75	127.30	4.55	3.57	น้อยกว่า
28	117.11	119.00	1.89	1.59	น้อยกว่า
29	127.00	128.40	1.40	1.09	น้อยกว่า
30	123.27	125.00	1.73	1.38	น้อยกว่า

ตารางที่ ฉ.16 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนระยะเอี่ยมจับสูงสุดในท่านั่ง

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	129.21	129.00	0.21	0.16	มากกว่า
32	121.87	126.00	4.13	3.28	น้อยกว่า
33	120.54	120.50	0.04	0.03	มากกว่า
34	127.23	130.90	3.67	2.80	น้อยกว่า
35	119.80	122.00	2.20	1.80	น้อยกว่า
36	110.57	112.20	1.63	1.45	น้อยกว่า
37	116.14	117.80	1.66	1.41	น้อยกว่า
38	121.04	124.00	2.96	2.39	น้อยกว่า
39	112.43	111.80	0.63	0.56	มากกว่า
40	108.20	109.10	0.90	0.82	น้อยกว่า
41	118.70	120.20	1.50	1.25	น้อยกว่า
42	114.64	111.20	3.44	3.09	มากกว่า
43	119.46	120.00	0.54	0.45	น้อยกว่า
44	106.50	108.20	1.70	1.57	น้อยกว่า
45	115.46	117.00	1.54	1.32	น้อยกว่า
46	113.18	112.50	0.68	0.60	มากกว่า
47	127.28	128.60	1.32	1.03	น้อยกว่า
48	111.93	114.30	2.37	2.07	น้อยกว่า
49	105.69	109.70	4.01	3.66	น้อยกว่า
50	115.10	119.40	4.30	3.60	น้อยกว่า

ตารางที่ ๑๗.17 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความกว้างศีรษะ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	16.68	16.35	0.33	1.99	มากกว่า
2	16.43	16.10	0.33	2.04	มากกว่า
3	16.99	16.65	0.34	2.04	มากกว่า
4	16.45	16.10	0.35	2.17	มากกว่า
5	15.93	15.50	0.43	2.75	มากกว่า
6	16.89	16.50	0.39	2.35	มากกว่า
7	17.37	17.00	0.37	2.18	มากกว่า
8	17.78	17.40	0.38	2.20	มากกว่า
9	16.83	16.50	0.33	2.01	มากกว่า
10	16.16	15.90	0.26	1.64	มากกว่า
11	16.48	16.10	0.38	2.34	มากกว่า
12	16.66	16.35	0.31	1.92	มากกว่า
13	16.24	16.00	0.24	1.51	มากกว่า
14	16.26	16.00	0.26	1.64	มากกว่า
15	16.43	16.10	0.33	2.04	มากกว่า
16	16.22	16.00	0.22	1.39	มากกว่า
17	17.08	16.80	0.28	1.67	มากกว่า
18	17.96	17.65	0.31	1.76	มากกว่า
19	17.34	17.00	0.34	1.98	มากกว่า
20	15.76	15.40	0.36	2.33	มากกว่า
21	17.70	17.50	0.20	1.14	มากกว่า
22	17.13	16.70	0.43	2.57	มากกว่า
23	15.67	16.00	0.33	2.04	น้อยกว่า
24	16.12	15.80	0.32	2.00	มากกว่า
25	16.79	16.30	0.49	2.98	มากกว่า
26	16.87	16.50	0.36	2.21	มากกว่า
27	16.21	15.85	0.36	2.25	มากกว่า
28	16.11	15.80	0.31	1.94	มากกว่า
29	17.34	17.00	0.34	1.98	มากกว่า
30	16.95	16.65	0.30	1.79	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.17 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความกว้างศีรษะ

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	17.33	17.00	0.33	1.94	มากกว่า
32	16.55	16.25	0.30	1.87	มากกว่า
33	17.46	17.15	0.31	1.78	มากกว่า
34	18.30	18.00	0.30	1.69	มากกว่า
35	16.07	15.80	0.27	1.73	มากกว่า
36	17.39	17.15	0.24	1.42	มากกว่า
37	15.63	15.25	0.38	2.47	มากกว่า
38	15.42	15.10	0.32	2.13	มากกว่า
39	15.78	15.40	0.38	2.46	มากกว่า
40	15.72	15.35	0.37	2.40	มากกว่า
41	15.74	15.30	0.44	2.86	มากกว่า
42	16.28	15.90	0.38	2.39	มากกว่า
43	15.20	14.90	0.30	2.00	มากกว่า
44	15.74	15.35	0.39	2.53	มากกว่า
45	14.88	14.60	0.28	1.93	มากกว่า
46	16.78	16.40	0.38	2.32	มากกว่า
47	16.76	16.40	0.36	2.20	มากกว่า
48	16.20	15.90	0.30	1.91	มากกว่า
49	16.41	16.10	0.31	1.95	มากกว่า
50	16.51	16.15	0.36	2.25	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.18 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความกว้างของไหล่ (อ้างอิงปุ่มหัวไหล่)

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	38.15	37.40	0.75	2.00	มากกว่า
2	33.37	32.60	0.77	2.36	มากกว่า
3	35.68	34.80	0.88	2.51	มากกว่า
4	34.87	34.10	0.77	2.26	มากกว่า
5	33.66	33.10	0.56	1.70	มากกว่า
6	31.50	31.00	0.50	1.62	มากกว่า
7	33.94	33.20	0.74	2.23	มากกว่า
8	35.53	34.70	0.83	2.40	มากกว่า
9	34.95	34.20	0.75	2.20	มากกว่า
10	33.71	32.80	0.91	2.79	มากกว่า
11	35.04	34.50	0.53	1.55	มากกว่า
12	35.88	35.20	0.68	1.94	มากกว่า
13	32.30	31.50	0.80	2.54	มากกว่า
14	36.07	35.30	0.77	2.19	มากกว่า
15	34.45	33.60	0.85	2.54	มากกว่า
16	37.73	36.90	0.83	2.25	มากกว่า
17	36.20	35.80	0.40	1.12	มากกว่า
18	39.97	38.80	1.17	3.01	มากกว่า
19	36.04	35.30	0.74	2.10	มากกว่า
20	34.90	34.20	0.70	2.04	มากกว่า
21	34.22	33.30	0.92	2.76	มากกว่า
22	33.33	32.80	0.53	1.62	มากกว่า
23	33.88	33.30	0.58	1.74	มากกว่า
24	30.98	30.20	0.78	2.57	มากกว่า
25	35.65	35.10	0.55	1.55	มากกว่า
26	37.93	37.10	0.83	2.25	มากกว่า
27	33.63	33.00	0.63	1.92	มากกว่า
28	35.78	34.80	0.98	2.80	มากกว่า
29	36.07	35.50	0.57	1.60	มากกว่า
30	38.83	38.40	0.43	1.11	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.18 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความกว้างของไหล่ (อ้างอิงปุ่มหัวไหล่)

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	37.94	37.20	0.74	1.99	มากกว่า
32	34.59	33.80	0.79	2.35	มากกว่า
33	35.08	34.30	0.78	2.29	มากกว่า
34	38.65	38.00	0.65	1.71	มากกว่า
35	31.97	31.30	0.67	2.15	มากกว่า
36	31.79	31.20	0.59	1.89	มากกว่า
37	34.82	34.20	0.61	1.80	มากกว่า
38	35.80	35.10	0.70	1.98	มากกว่า
39	33.26	32.50	0.76	2.34	มากกว่า
40	35.12	34.30	0.82	2.40	มากกว่า
41	31.10	30.50	0.60	1.98	มากกว่า
42	36.25	35.80	0.45	1.27	มากกว่า
43	30.91	30.50	0.41	1.34	มากกว่า
44	33.41	33.00	0.41	1.23	มากกว่า
45	32.22	31.60	0.62	1.95	มากกว่า
46	36.66	36.00	0.66	1.83	มากกว่า
47	36.53	35.80	0.73	2.04	มากกว่า
48	32.70	32.20	0.50	1.55	มากกว่า
49	31.71	31.20	0.51	1.64	มากกว่า
50	34.80	34.40	0.40	1.17	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.19 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความกว้างของไหล่ (อ้างอิงถ้ำมเนื้อ)

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	53.16	52.10	1.06	2.02	มากกว่า
2	46.28	45.20	1.08	2.39	มากกว่า
3	47.16	46.30	0.86	1.85	มากกว่า
4	43.21	42.80	0.41	0.96	มากกว่า
5	45.75	45.20	0.55	1.22	มากกว่า
6	47.81	47.10	0.71	1.50	มากกว่า
7	43.30	42.60	0.70	1.64	มากกว่า
8	45.26	44.60	0.66	1.48	มากกว่า
9	43.50	42.70	0.80	1.87	มากกว่า
10	45.10	44.20	0.90	2.04	มากกว่า
11	44.76	43.70	1.06	2.43	มากกว่า
12	49.15	48.40	0.75	1.55	มากกว่า
13	43.20	42.40	0.80	1.88	มากกว่า
14	46.11	45.40	0.71	1.57	มากกว่า
15	43.15	42.00	1.15	2.73	มากกว่า
16	48.71	47.70	1.01	2.12	มากกว่า
17	45.74	45.00	0.74	1.64	มากกว่า
18	53.31	52.30	1.01	1.93	มากกว่า
19	48.11	47.30	0.81	1.70	มากกว่า
20	46.66	46.40	0.26	0.56	มากกว่า
21	46.76	46.40	0.36	0.78	มากกว่า
22	45.93	45.30	0.63	1.39	มากกว่า
23	46.07	45.20	0.87	1.92	มากกว่า
24	44.11	43.50	0.61	1.40	มากกว่า
25	46.53	46.20	0.33	0.71	มากกว่า
26	47.87	47.00	0.87	1.85	มากกว่า
27	45.84	45.40	0.44	0.97	มากกว่า
28	44.11	44.00	0.11	0.25	มากกว่า
29	49.50	48.20	1.29	2.69	มากกว่า
30	49.43	48.40	1.03	2.13	มากกว่า

ตารางที่ ฉ.19 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความกว้างของไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	47.37	47.00	0.37	0.79	มากกว่า
32	45.12	44.60	0.52	1.15	มากกว่า
33	43.59	42.80	0.79	1.86	มากกว่า
34	51.42	50.60	0.82	1.61	มากกว่า
35	42.54	41.50	1.04	2.50	มากกว่า
36	42.78	42.00	0.78	1.86	มากกว่า
37	47.43	47.20	0.22	0.48	มากกว่า
38	45.79	44.80	0.99	2.21	มากกว่า
39	44.60	44.10	0.50	1.13	มากกว่า
40	53.64	52.60	1.04	1.98	มากกว่า
41	42.30	42.00	0.30	0.71	มากกว่า
42	44.86	44.10	0.75	1.71	มากกว่า
43	39.43	39.10	0.33	0.85	มากกว่า
44	44.23	43.20	1.03	2.38	มากกว่า
45	39.41	38.80	0.61	1.56	มากกว่า
46	50.23	49.00	1.23	2.51	มากกว่า
47	47.88	47.00	0.88	1.87	มากกว่า
48	46.74	45.80	0.94	2.06	มากกว่า
49	45.19	44.40	0.79	1.78	มากกว่า
50	47.80	47.30	0.50	1.05	มากกว่า

ตารางที่ ๑.20 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความกว้างของสะพาน

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
1	37.85	36.80	1.05	2.86	มากกว่า
2	33.19	32.90	0.29	0.88	มากกว่า
3	32.74	33.30	0.56	1.68	น้อยกว่า
4	31.69	31.10	0.59	1.90	มากกว่า
5	31.48	32.00	0.52	1.62	น้อยกว่า
6	33.76	33.60	0.16	0.47	มากกว่า
7	33.12	32.00	1.12	3.50	มากกว่า
8	32.13	32.40	0.27	0.82	น้อยกว่า
9	32.05	31.50	0.55	1.75	มากกว่า
10	33.54	33.50	0.04	0.13	มากกว่า
11	31.44	30.80	0.64	2.07	มากกว่า
12	31.51	31.40	0.11	0.36	มากกว่า
13	30.39	29.30	1.09	3.73	มากกว่า
14	33.03	32.10	0.92	2.88	มากกว่า
15	31.65	31.10	0.55	1.77	มากกว่า
16	36.35	35.60	0.74	2.09	มากกว่า
17	35.44	34.60	0.84	2.43	มากกว่า
18	35.61	36.10	0.49	1.36	มากกว่า
19	34.34	34.80	0.46	1.31	มากกว่า
20	28.70	29.00	0.31	1.05	มากกว่า
21	35.39	34.60	0.79	2.28	มากกว่า
22	39.11	38.60	0.51	1.32	มากกว่า
23	32.45	31.80	0.65	2.04	มากกว่า
24	31.86	31.80	0.06	0.19	มากกว่า
25	31.79	31.90	0.11	0.34	มากกว่า
26	36.90	37.10	0.20	0.53	มากกว่า
27	33.91	32.70	1.21	3.71	มากกว่า
28	33.67	32.90	0.77	2.34	มากกว่า
29	40.19	39.30	0.89	2.27	มากกว่า
30	36.87	36.00	0.87	2.41	มากกว่า

ตารางที่ ๑.20 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนความกว้างของสะพาน

อาสาสมัคร คนที่	ขนาดที่ คำนวณได้ (เซนติเมตร)	ขนาดที่ วัดได้จริง (เซนติเมตร)	ค่าความ คลาดเคลื่อน (เซนติเมตร)	ค่าความคลาด เคลื่อน (ร้อยละ)	ประเภทของ ความคลาด เคลื่อน
31	34.33	33.50	0.83	2.48	มากกว่า
32	33.22	32.20	1.02	3.15	มากกว่า
33	29.72	30.50	0.78	2.55	น้อยกว่า
34	37.39	36.50	0.89	2.45	มากกว่า
35	28.58	28.80	0.22	0.77	น้อยกว่า
36	38.69	37.60	1.09	2.91	มากกว่า
37	36.66	35.80	0.86	2.40	มากกว่า
38	35.99	34.80	1.19	3.41	มากกว่า
39	33.37	33.80	0.43	1.28	น้อยกว่า
40	42.34	41.80	0.54	1.30	มากกว่า
41	35.67	35.20	0.47	1.33	มากกว่า
42	35.58	35.00	0.58	1.65	มากกว่า
43	33.11	32.80	0.31	0.95	มากกว่า
44	38.28	37.60	0.67	1.80	มากกว่า
45	34.38	33.60	0.77	2.31	มากกว่า
46	41.67	41.30	0.37	0.90	มากกว่า
47	41.88	41.50	0.38	0.92	มากกว่า
48	39.82	38.70	1.12	2.90	มากกว่า
49	34.31	34.50	0.19	0.55	น้อยกว่า
50	36.79	36.40	0.39	1.08	มากกว่า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเทวฤทธิ์ ประเสริฐศรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

