เทคนิคการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์โดยถ่ายภาพดิจิตอล 2 มิติ ที่ระยะใกล้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นางสาวอนุธิดา ฉิมทับ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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.

ANTHROPOMETRIC TECHNIQUE WITH SHORT DISTANCE 2-D PHOTOGRAPHY

Miss Anutida Chimtub

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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 2013
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เทคนิคการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์โดยถ่ายภาพดิจิตอล 2 มิติ ที่ระยะใกล้
โดย	นางสาวอนุธิดา ฉิมทับ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศเอก สุทธิ์ ศรีบูรพา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อนุธิดา ฉิมทับ : เทคนิคการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์โดยถ่ายภาพดิจิตอล 2 มิติที่ระยะใกล้. (ANTHROPOMETRIC TECHNIQUE WITH SHORT DISTANCE 2-D PHOTOGRAPHY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 150 หน้า.

ข้อมูลสัดส่วนร่างกายมีความจำเป็นต่อการออกแบบสถานีงาน การเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกาย ด้วยวิธีการภาพถ่ายเป็นแนวทางหนึ่งที่รวดเร็วกว่าการใช้ชุดเครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน เหมาะกับการเก็บข้อมูลประชากรที่มีจำนวนมาก หรือไม่สามารถใช้เวลาในการวัดได้นาน นอกจากนี้ยังสะดวกต่อการใช้งานและต้นทุนต่ำ แต่ข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ ต้องใช้พื้นที่ในการวางกล้องถ่ายภาพ มากกว่า 7 เมตร จากการศึกษาที่ผ่านมา ระบบการวัดสัดส่วนด้วยภาพถ่าย ได้ทำให้เกิดความเคลื่อนในการวัดส่วนสูงของร่างกาย จากร้อยละ 0.32 เป็นร้อยละ 1.5 ที่ตำแหน่งระยะห่างการวางกล้อง 7 เมตร และระยะห่าง 2 เมตร ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากปัจจัยของร่างกายมนุษย์ที่มีส่วนโค้งและความหนา นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสภาพแวดล้อมของสถานที่ถ่ายภาพ ชุดที่สวมใส่ของผู้ถูกวัด และการติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพ ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อพัฒนาระบบการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติ ในระยะใกล้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยจะสร้างระบบการวัดสัดส่วนใหม่ เริ่มจากการติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอลและอุปกรณ์อ้างอิง ทำการถ่ายภาพที่ระยะวางกล้อง 2-4 เมตร โดยวัดสัดส่วนร่างกายจำนวน 12 สัดส่วน จากนั้นหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดร่างกายจากหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์ก่อน และยืนยันผลของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยอาสาสมัครจำนวน 30 คน ผลที่ได้คือสมการรูปแบบทางคณิตศาสตร์สามารถลดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 5.7% จาก 6 สัดส่วน สุดท้ายจัดทำคู่มือการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติ โดยถ่ายภาพที่ระยะใกล้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต	....
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	....
ปีการศึกษา	2556		

5470446521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: ANTHROPOMETRY BY USING PHOTOGRAPHS

ANUTIDA CHIMTUB: ANTHROPOMETRIC TECHNIQUE WITH SHORT DISTANCE 2-D PHOTOGRAPHY. ADVISOR: DR.PHAIROAT LADAVICHITKUL, 150 pp.

Anthropometry is essential for every workstation design. Anthropometric data are collected by using photographs, that is more suitable for collecting a lot of people data or in case of time limit, is faster than using an Anthropometric caliper set. Moreover, it is easy-to-use and low cost but it requires at least 7 meters in distance. From this research, using photographs for measuring anthropometry would show the deviation of height as 0.32% at 7 meters from the camera and 1.5% at 2 meters because of human anatomy that has curve and thickness. In addition outfit, environment and camera setup are also causes of deviation. The purpose of this research is to develop an anthropometric technique with more accurate short distance 2D photography by creating a new measurement system. It starts from setting up a digital camera with referencing devices for measuring 12 parts of human body at 2-4 meters. After that, find a mathematic model of deviation between the digital camera and actual human body model. And then, confirms the mathematical results from 30 participants. The result is a mathematic equation that helps reducing 5.7% from 6 measurement parts. Finally, a manual of anthropometric technique with short distance 2D photography was created.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Industrial Engineering Student's Signature ....
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature ....
Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำที่ดีตลอดมา รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์นาวาอากาศเอก สุทธิ์ ศรีบูรพา กรรมการภายนอกมหาวิทลัย ที่กรุณาสละเวลามารับฟังและให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัย และเพื่อนๆ ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณกลุ่มอาสาสมัครผู้เข้าร่วมการทดลองทุกท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อประกอบงานวิจัย และส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	7
1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	7
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย	9
2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดสัดส่วนร่างกายโดยใช้เทคนิคทางภาพถ่าย	13
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับกล้องถ่ายภาพดิจิตอล	14
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
2.5 การวิเคราะห์เชิงสถิติ	19
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการ	21
3.2 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์	25
3.3 ข้อกำหนดของผู้ถูกถ่ายภาพ	26
3.4 ขั้นตอนการถ่ายภาพหุ่นจำลองและผู้เข้าร่วมทดลอง	27
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล	27
3.6 เวลาที่ผู้ถูกวัดระยะสัดส่วนร่างกายอยู่ในกระบวนการเก็บข้อมูล	28

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล
4.1 ข้อมูลสัดส่วนหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์.. 29
4.2 การจำลองสมการสัดส่วนจากเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน.............................. 30
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป.............................. 37
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดปกติ................................ 38
4.5 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป และผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดปกติ (ชุดนิสิต)... 39

บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง
5.1 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงขณะยืน............................ 40
5.2 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน.............. 43
5.3 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงขณะนั่ง.............................. 45
5.4 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง.............. 48
5.5 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่ง............... 50
5.6 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า..................... 53
5.7 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้ว................ 56
5.8 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความกว้างไหล่. (อ้างอิงกล้ามเนื้อ).. 58
5.9 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความกว้างสะโพก........................... 61
5.10 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนสัดส่วนระยะกางแขน..................... 63
5.11 การวิเคราะห์สัดส่วนความกว้างศีรษะ... 65
5.12 การวิเคราะห์สัดส่วนความยาวศีรษะ... 67

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ
6.1 สรุปผลการทดลอง.. 70
6.2 สาเหตุความคลาดเคลื่อน.. 74
6.3 ปัญหาที่พบในงานวิจัย... 77
6.4 ข้อเสนอแนะ... 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการวัดสัดส่วนร่างกาย..	1
2.1	มิติสัดส่วนร่างกายของคนไทย ข้อมูลจาก กิตติ อินทรานนท์	12
2.2	ผลการเก็บข้อมูลจำนวนสองครั้งจากการทดลองเชิงแฟคทอเรียล..............................	17
2.3	ค่าสถิติของจากการวัดส่วนต่างๆ..	19
4.1	การวิเคราะห์เปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน..	29
4.2	การเปรียบเทียบค่า R-square ของสมการ LOG และสมการเส้นตรง........................	30
4.3	สร้างสมการเพื่อแทนค่าสัดส่วนใหม่ ($\hat{Y}$)	37
4.4	ข้อมูลผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป...	37
4.5	ผลการทดสอบสมมติฐาน..	38
4.6	ผลการทดสอบสมมติฐาน..	39
5.1	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูง..	42
5.2	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน.......................	45
5.3	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่ง.......................................	47
5.4	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง........................	50
5.5	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงของระดับเข่าขณะนั่ง.................	53
5.6	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะยาวจากก้นถึงหัวเข่า.......................	55
5.7	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ.....................	58
5.8	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ).........	60
5.9	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก......................................	63
5.10	ข้อสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะกางแขน..	65
5.11	ข้อสรุปค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะ...	67
5.12	ข้อสรุปค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ...	69
6.1	ข้อสรุปสมการสัดส่วนร่างกาย..	70
6.2	ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละสัดส่วนร่างกาย...	71

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แบบจำลองความสัมพันธ์ของภาพถ่ายที่ระยะวางกล้องต่างกัน	3
1.2	ภาพถ่ายนักบินอวกาศ	4
1.3	ภาพขยายของศีรษะนักบินอวกาศ	4
1.4	เปรียบเทียบอุปกรณ์อ้างอิงแบบเดิมและแบบปรับปรุงใหม่	5
1.5	ตัวอย่างชุดของผู้เข้าร่วมทดลอง	6
2.1	ชุดเครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายพื้นฐาน	9
2.2	ตัวอย่างการวัดความยาวจากข้อศอกถึงหัวไหล่	10
2.3	ความกว้างของฝ่ามือ	10
2.4	ความสูงของข้อศอกขณะยืน	10
2.5	เครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายอย่างง่าย	11
2.6	Andrometric Camera System	11
2.7	ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากภาพถ่าย	13
2.8	การปรับปรุงการถ่ายภาพที่ใช้กริดบอร์ดวางอยู่ในแนวเดียวกับวัตถุ	13
2.9	รูรับแสงจะบอกในรูปเลข เอฟ-สต็อป	14
2.10	ภาพชัดตื้น	15
2.11	ภาพชัดลึก	15
2.12	ขาตั้งกล้องชนิดหัวแพน	16
3.1	ฉากหลังสีเขียวล้วน	22
3.2	เสาอ้างอิงระยะ	22
3.3	ขาตั้งกล้องชนิด 3 ขา	23
3.4	แสดงหมวกว่ายน้ำสำหรับคลุมผม	23
3.5	ชุดเครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน Anthropometer	24
3.6	กล้องถ่ายภาพดิจิตอล	24
3.7	อุปกรณ์เสริมตัวกดชัตเตอร์ (Triggers)	25
3.8	หุ่นจำลองที่มีลักษณะคล้ายร่างกายมนุษย์	25
3.9	มาตรเทียบระดับน้ำของขาตั้งกล้อง	26
3.10	เส้นอ้างอิงที่พื้น	26
4.1	กราฟผลการทดลองหลัก	30
4.2	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงขณะยืน	31
4.3	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน	32
4.4	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงขณะนั่ง	32
4.5	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง	33
4.6	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่ง	33

		หน้า
4.7	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า..............................	34
4.8	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนระยะศอกถึงปลายนิ้ว..............................	34
4.9	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนสัดส่วนความกว้างไหล่ และ ความกว้างสะโพก...	35
4.10	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนระยะกางแขน..	35
4.11	สมการเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีษะและความยาวศีรษะ.........	36
5.1	การเปรียบเทียบใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป..	41
5.2	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร........	41
5.3	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร........	42
5.4	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร........	42
5.5	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืนของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป...	43
5.6	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงระดับไหล่ขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร	44
5.7	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงระดับไหล่ขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร	44
5.8	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงระดับไหล่ขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร	45
5.9	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป..	46
5.10	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร......	46
5.11	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร......	47
5.12	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร......	47
5.13	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงไหล่ขณะนั่งของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป...	48
5.14	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงระดับไหล่ขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร	49
5.15	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงไหล่ขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร...........	49
5.16	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงไหล่ขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร...........	50
5.17	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงของเข่าขณะนั่งของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป...	51
5.18	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงของเข่าขณะนั่ง ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร....	51
5.19	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงของเข่าขณะนั่ง ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร....	52
5.20	การเปรียบเทียบการใช้สมการความสูงของเข่าขณะนั่ง ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร....	52
5.21	การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่าของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป...	54
5.22	การเปรียบเทียบการใช้สมการระยะจากก้นถึงหัวเข่า ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร........	54
5.23	การเปรียบเทียบการใช้สมการระยะจากก้นถึงหัวเข่า ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร........	55

หน้า

5.24 การเปรียบเทียบการใช้สมการระยะจากก้นถึงหัวเข่า ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร......... 55
5.25 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป.. 56
5.26 การเปรียบเทียบการใช้สมการระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร 57
5.27 การเปรียบเทียบการใช้สมการระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร 57
5.28 การเปรียบเทียบการใช้สมการระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร 58
5.29 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป.. 59
5.30 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร.. 59
5.31 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร.. 60
5.32 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร.. 60
5.33 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพกของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป... 61
5.34 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร 62
5.35 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร 62
5.36 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร 63
5.37 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะกางแขนของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป.. 64
5.38 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะกางแขน ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร........ 64
5.39 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะกางแขน ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร........ 65
5.40 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะ ของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป......... 66
5.41 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร........................ 66
5.42 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร...................... 66
5.43 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร...................... 67
5.44 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ ของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป.......... 68
5.45 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร........................ 68
5.46 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร........................ 68
5.47 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร........................ 69
6.1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยนี้และคุณณัฐพล.............. 74
6.2 การเปรียบเทียบการบวมของภาพถ่ายที่ระยะ 2 เมตร และ 4 เมตร (1)..................... 74
6.3 การเปรียบเทียบการบวมของภาพถ่ายที่ระยะ 2 เมตร และ 4 เมตร (2)..................... 75
6.4 การเปรียบเทียบมุมมองภาพถ่ายที่ระยะวางกล้อง 2-4 เมตร.................................... 75

		หน้า
6.5	การเปรียบเทียบมุมมองภาพถ่ายท่ายืนที่ระยะวางกล้อง 2-4 เมตร	76
6.6	วัตถุอ้างอิงที่ยาวและสั้นกว่าระยะสัดส่วน	76
6.7	การสวมหมวกคลุมผมที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง	77
6.8	ท่ายืนกางแขนที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง	78
6.9	ท่านั่งยกแขนที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง	78
6.10	ลักษณะหัวเข่าขณะนั่งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง	78
6.11	ท่านั่งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง	79
6.12	การยืนระนาบเดียวกับระนาบอ้างอิงที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง	79
6.13	การจัดเก็บชุดของผู้เข้าร่วมทดลองที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง	79
6.14	เปรียบเทียบชุดที่จัดเก็บถูกต้องและไม่ถูกต้อง	80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

สัดส่วนร่างกายมนุษย์มีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อออกแบบสถานีงานหรือออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน และด้วยเหตุนี้เองจึงได้มีการวิจัย ตีพิมพ์งานทางด้านนี้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งการเรียกใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการเก็บจากกลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวข้องโดยตรง หรือจะใช้ข้อมูลที่มีผู้อื่นเก็บรวบรวมไว้แล้ว ขึ้นอยู่กับความต้องการของงาน ถ้าเป็นการออกแบบที่จำเพาะเจาะจงควรที่จะใช้ข้อมูลสัดส่วนจากกลุ่มผู้เกี่ยวข้องโดยตรง ด้วยเหตุนี้เองการวัดสัดส่วนร่างกายจึงควรที่จะมีความแม่นยำ เพื่อการออกแบบที่เหมาะสม และวิธีการวัดสัดส่วนด้วยวิธีการทางภาพถ่ายก็เป็นทางเลือกหนึ่งในการเก็บข้อมูลได้รวดเร็ว เคลื่อนย้ายสะดวก มีต้นทุนต่ำ และใช้งานง่าย แต่ยังคงมีข้อจำกัดบางประการที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงสนใจศึกษาและพัฒนาระบบการวัดสัดส่วนด้วยวิธีการทางภาพถ่ายที่มีความแม่นยำขึ้น

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประวัติศาสตร์ด้านการวัดสัดส่วนร่างกายมีมาอย่างช้านานโดยในอดีตมีการใช้อย่างแพร่หลายในทางการทหาร เช่น การทำอาวุธและเสื้อเกราะ และได้มีวิวัฒนาการของการวัดสัดส่วนจากการอ้างอิงของ Roebuck,et al.(1975) สรุปโดยสังเขป ตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการวัดสัดส่วนร่างกาย

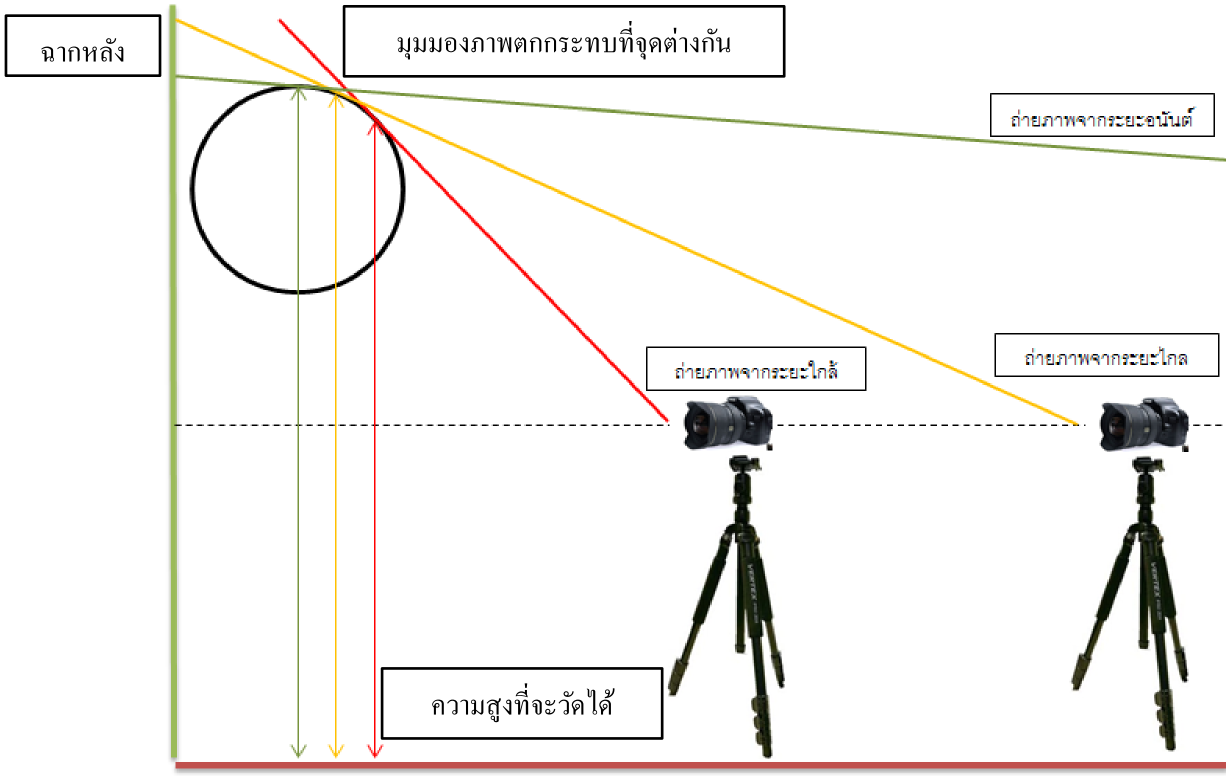
การศึกษาค้นคว้า	ผลงาน
Marco Polo ปี1273-1295 (Roebuck,et al.,1975)	ต้นกำเนิดมานุษยวิทยากายภาพ ได้ถูกบันทึกและเปรียบเทียบทางวิทยาศาสตร์ โดยการเดินทางของ Marco Polo แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มจำนวนของมนุษย์และมีขนาด รูปร่าง ของร่างกายที่แตกต่างกันออกไป
Blumenbach ปี1752-1840 (Roebuck,et al.,1975)	ได้เขียนหนังสือ On the Natural Differences in Mankind ซึ่งเป็นครั้งแรกที่เสนอวิธีการวัดร่างกายมนุษย์ตามหลักวิทยาศาสตร์ และมีข้อมูลที่สามารถนำไปใช้งานได้
ปี 1906 (Roebuck,et al.,1975)	มีการรวมตัวกันที่ กรุงมอสโก, ประเทศรัสเซีย ในงาน International Congress of Anthropologists มีการรวบรวมข้อมูลและจัดทำค่ามาตรฐานของกะโหลกศีรษะขึ้นมา
ปี 1912 (Roebuck,et al.,1975)	ที่กรุงเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ก็ได้จัดทำค่ามาตรฐานของร่างกายมนุษย์รวมทั้งศีรษะด้วย ประยุกต์การวัดมาจากการอ้างอิงโครงสร้างกระดูกเป็นสำคัญ
Hrdlicka ปี 1925 (Roebuck,et al.,1975)	ได้ใช้กล้องถ่ายภาพเพื่อวัดระยะสัดส่วนร่างกาย

การศึกษาค้นคว้า	ผลงาน
Broadbent ปี 1931 และ Hofrath ปี 1931 (Roebuck,et al.,1975)	ทำการศึกษากะโหลกมนุษย์ด้วยวิธี Radiographs
Tanner and Weiner ปี 1948 (Roebuck,et al.,1975)	ได้วัดมิติของศีรษะและใบหน้าด้วยเทคนิค Photogrammetric Camera
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปี 1994	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติสร้างเทคโนโลยี 3D Body Scanning ที่ใช้ในการสำรวจจัดทำมาตรฐานรูปร่างคนไทย ‘SizeThai’ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2537:ออนไลน์)
สังกาส พิริยะสุรวงศ์ (2003)	สร้างโปรแกรม 2D Anthropometer สำหรับวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ เขียนโดยใช้ Visual Basic 6.0 โดยใช้กล้องดิจิตอลถ่ายภาพ
ณัฐพล พุฒยางกูร (2009)	ได้พัฒนาวิธีการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล (Image Processing) ซึ่งใช้วิธีหาขอบของร่างกายจากความแตกต่างของสี ระหว่างฉากหลังกับร่างกายมนุษย์แล้วเทียบวัดระยะจากจุดอ้างอิง

การวัดสัดส่วนของร่างกาย (กิตติ อินทรานนท์, 2548) โดยทั่วไปทำได้ 2 วิธี คือ 1)วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง โดยใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน วัดในแนวเส้นตรงและแนวโค้ง ตามมิติเส้นตรง จะเป็นการวัดความยาวของกระดูก ความกว้าง หรือความลึกของร่างกาย จะทำจุดบนร่างกายก่อนการวัดระยะ (Timothy G. Lohman, Alex F,1988) ซึ่งผู้ถูกวัดจะต้องอยู่ในลักษณะท่าทางที่ถูกต้อง และ นิ่งที่สุด ควรมีผู้ช่วยวัด เพื่อความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และควรสวมชุดที่บางที่สุด 2)วิธีการทางภาพถ่าย ซึ่งต้องนำภาพถ่ายมาเทียบกับระยะอ้างอิง เพื่อได้ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย

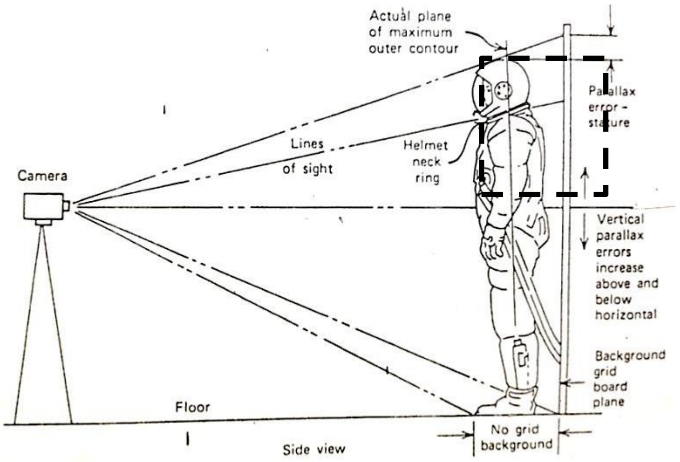
ณัฐพล (2552) ได้พัฒนาวิธีการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล (Image Processing) มีข้อดีคืออุปกรณ์ที่ใช้หาได้ง่าย ต้นทุนต่ำ กระบวนการทำงานไม่ยุ่งยากซับซ้อน เก็บข้อมูลภาพถ่ายได้รวดเร็ว ไม่มีการสัมผัสร่างกายผู้ถูกวัด จากนั้นได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำ 2 ปัจจัย คือ ระยะระหว่างกล้องกับวัตถุ และความละเอียดของภาพ ผลการทดลองพบว่าอันตรกิริยาอันเนื่องจากระยะวางกล้องไม่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระยะวางกล้องมีผลต่อความคลาดเคลื่อน ทดลองวัดความสูงของหุ่นคล้ายมนุษย์ เปรียบเทียบระหว่างการวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์กับการวัดด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่าย ที่ความละเอียดภาพ 3456*2304 พิกเซล ผลการทดลอง จะพบว่าระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ เมื่อเพิ่มขึ้น จาก 2.61, 3.27, 4.67, 5.6 และ 7 เมตร ส่งผลให้ร้อยละของความคลาดเคลื่อนลดลงจาก

1.6 เป็น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 7 เมตร เนื่องจากระยะของการวางกล้องห่างจากวัตถุ มีผลต่อมุมรับภาพของวัตถุที่มีความโค้งและหนา ถ้าระยะห่างที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าที่วัดได้มีขนาดที่ใกล้เคียงค่าจริงมากยิ่งขึ้น และจะได้ภาพถ่ายที่สามารถวัดระยะสัดส่วนร่างกายได้ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด ณ จุดระยะอนันต์ ดังรูปที่ 1.1

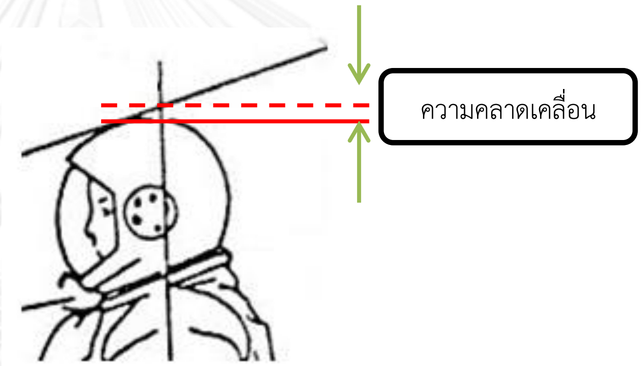


รูปที่ 1.1 แบบจำลองความสัมพันธ์ของภาพถ่ายที่ระยะวางกล้องต่างกัน

สอดคล้องกับ Roebuck,et al.(1975) ได้มีการยกตัวอย่างของการถ่ายภาพนักบินอวกาศเพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางหมวกนักบิน จากรูปที่ 1.2 และรูปขยายที่ 1.3 จะเห็นว่าการหาระยะความสูงที่ศีรษะจากมุมมองภาพถ่ายทางด้านหน้า ถ้าประมาณว่าศีรษะมนุษย์เป็นทรงกลม จะเกิดความคลาดเคลื่อน เพราะจะต้องวัดที่ระนาบกึ่งกลางศีรษะ จะมีส่วนที่กล้องไม่สามารถถ่ายภาพได้ เพราะการวางกล้องใกล้วัตถุจนเกินไป เป็นสาเหตุของปัจจัยดังกล่าวทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น



รูปที่ 1.2 ภาพถ่ายนักบินอวกาศ Roebuck,et al.(1975)

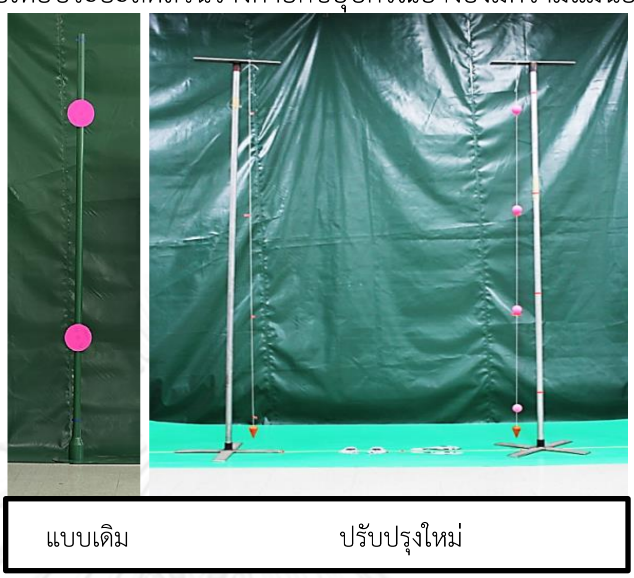


รูปที่ 1.3 ภาพขยายของศีรษะนักบินอวกาศ Roebuck,et al.(1975)

กล่าวโดยสรุปวิธีวัดสัดส่วนด้วยภาพถ่ายมีต้นทุนต่ำ เหมาะกับการใช้ในการวัดและเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายกับจำนวนประชากรที่มีจำนวนมากและมีเวลาค่อนข้างจำกัด อีกทั้งลดปัญหาความไม่เหมาะสมทางวัฒนธรรมซึ่งจำเป็นต้องมีการสัมผัสร่างกาย และสามารถประยุกต์ใช้ในองค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ ที่มีพื้นที่การทำงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4x5 เมตร แม้ว่าในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีการหารูปทรงด้วยการสแกนแบบสามมิติ มาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูล แต่ต้องใช้เงินทุนที่สูงอยู่ ดังนั้นวิธีการทางภาพถ่ายจึงเป็นที่นิยมมากกว่า นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในทางการเก็บค่าสถิติต่างๆ และการสร้างดรรชนีสัดส่วนร่างกาย เพื่อใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

การวัดสัดส่วนมนุษย์ในระยะใกล้ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ซึ่งเกิดจากปัจจัยการติดตั้งอุปกรณ์อ้างอิง ซึ่งจากเดิมใช้ที่ระยะ 100 เซ็นติเมตร มีเพียงในระนาบแกน Y เท่านั้น โดยปรับปรุงเป็น ระยะ 200 เซนติเมตร โดยแบ่งช่วงทุก 50 เซนติเมตร สำหรับการอ้างอิงสัดส่วนที่มีความสูงน้อย และเพิ่มระนาบอ้างอิงในแนวแกน X เพื่อใช้อ้างอิงสัดส่วนในแนวแกนนอน เป็นระยะ 100 เซนติเมตร

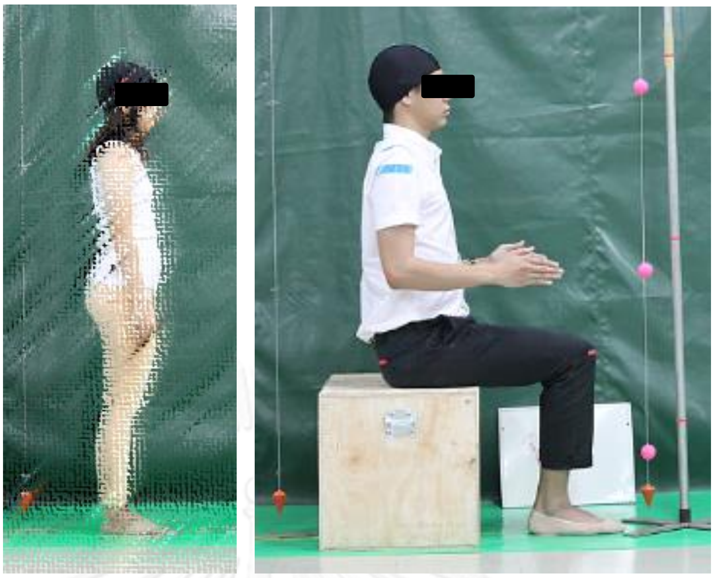
นอกจากนี้ได้ปรับปรุงโดยใช้ลูกดิ่งตามแรงโน้มถ่วงแทนการใช้เสาเป็นอุปกรณ์อ้างอิงระยะ ดังแสดงใน รูปที่ 1.4 จะทำให้การเปรียบเทียบระยะสัดส่วนร่างกายกับอุปกรณ์อ้างอิงมีความแม่นยำขึ้น



รูปที่ 1.4 เปรียบเทียบอุปกรณ์อ้างอิงแบบเดิมและแบบปรับปรุงใหม่

ปัจจัยร่างกายมนุษย์ที่มีส่วนโค้งส่วนหนา รวมไปถึงปัจจัยที่เกิดจากชุดสวมใส่ของผู้เข้าร่วมทดลอง อาจจะมีส่วนบดบังสัดส่วนร่างกายที่ต้องการวัด ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อน สามารถควบคุมได้โดยสวมชุดรัดรูป (ต้องได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมทดลอง) หรือการเก็บชายเสื้อผ้าด้วยเทบกาว ดังรูปที่ 1.5 ซึ่งไม่ควรให้โป่งพองบริเวณสัดส่วนที่ต้องการวัดระยะ ดังนั้นจึงควรควบคุมดูแลอย่างรอบคอบ นอกจากนี้ปัยจัยที่สำคัญที่สุดคือท่าทางมาตรฐานที่ผู้เข้าร่วมทดลองจะต้องปฏิบัติ ผู้ควบคุมต้องอธิบายให้เข้าใจอย่างละเอียด ควรระวังหลีกเลี่ยงการสัมผัสร่างกายอันนำพาซึ่งความไม่เหมาะสมทางวัฒธรรมด้วยเช่นกัน สุดท้ายควรตรวจสอบภาพถ่าย เพื่อให้ภาพถูกต้อง การวัดระยะสัดส่วนจะแม่นยำและตรงกับความจริงมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.5 ตัวอย่างชุดของผู้เข้าร่วมทดลอง

จากที่กล่าวมางานวิจัยฉบับนี้สนใจการลดความคลาดเคลื่อนของการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยวิธีการทางภาพถ่าย ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุน้อยกว่า 4 เมตรซึ่งสัดส่วนที่จะทำการวัดคัดเลือกมาจากงานวิจัยของ ณัฐพล (2552) ที่มีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนี้ 1.ความสูงขณะยืน 2.ความสูงระดับไหล่ขณะยืน 3.ความสูงขณะนั่ง 4.ความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง 5.ความสูงของเข่าขณะนั่ง 6.ระยะจากก้นถึงหัวเข่า 7.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ 8.ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) 9.ความกว้างสะโพก 10.ระยะกางแขน 11.ความกว้างศีรษะ 12.ความยาวศีรษะ เพื่อให้การวัดมีความประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจะสร้างระบบการวัดสัดส่วนใหม่ เริ่มตั้งแต่การติดตั้งอุปกรณ์ การควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายภาพคือสัดส่วนที่โค้งหนาของมนุษย์ แสงสว่าง การสั่นไหวขณะถ่ายภาพ และอุปกรณ์อ้างอิง การทดลองจะใช้หุ่นจำลองคล้ายมนุษย์ก่อน เนื่องจากไม่มีการเคลื่อนไหวขณะถ่ายภาพ เพื่อดูความสัมพันธ์ของปัจจัยความคลาดเคลื่อน จากนั้นจะสร้างสมการเพื่อแทนความสัมพันธ์ลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวในรูปแบบสมการลอการิทึม ทดลองกับผู้เข้าร่วมทดลองมนุษย์ เพื่อทดสอบและปรับแก้สมการ สุดท้ายจะจัดทำคู่มือวีธีการใช้งานระบบการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติ ในระยะใกล้ รวมถึงการให้คำแนะนำและข้อควรระวังในการใช้งานจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติ ในระยะใกล้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1. ทำการทดลองโดยติดตั้งระยะห่างระหว่างกล้องดิจิตอลกับวัตถุในการวัดสัดส่วนร่างกาย ต่ำกว่า 4 เมตร
2. สัดส่วนร่างกายมนุษย์ที่ทำการวัดทั้งหมด 12 สัดส่วนเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเทคนิคการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยภาพถ่ายประยุกต์ใช้ในพื้นที่ในห้องปฏิบัติการ ที่ต่ำกว่า 4 เมตรได้
2. ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนสามารถนำไปปรับปรุงโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอลต่อไปได้
3. สัดส่วนร่างกายบางสัดส่วนที่วัดได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบเครื่องเรือน และเฟอร์นิเจอร์ได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้
    - การวัดสัดส่วนร่างกาย
    - การวัดสัดส่วนร่างกายด้วยวิธีการทางภาพถ่าย
    - เทคนิคการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิตอล
    - สมการทางคณิตศาสตร์
2. กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย ที่เป็นเป้าหมายและครอบคลุมงานวิจัย
3. ทำการทดลองศึกษาเบื้องต้น
    - ทดลองถ่ายภาพเพื่อตั้งโปรแกรมที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลภาพถ่ายดิจิตอล
    - ทดลองเพื่อดูความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากระยะวางกล้องและการถ่ายภาพวัตถุที่มีความหนา เพื่อเป็นตัวแทนส่วนโค้งนูนของร่างกายมนุษย์
4. ออกแบบการทดลองงานวิจัย
    - จะทำการวัดระยะสัดส่วนกับหุ่นจำลองก่อนการการวัดระยะสัดส่วนร่างกายมนุษย์จริงทั้งวิธีการวัดโดยตรง และวิธีการทางภาพถ่าย
    - หาฟังก์ชันของความคลาดเคลื่อนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการวัดหุ่นจำลองก่อน เพื่อประกอบการวิเคราะห์หาสมการทดแทนความคลาดเคลื่อน
    - ทำการวัดสัดส่วนร่างกายโดยการถ่ายภาพอาสาสมัคร จำนวน 30 คน
    - โดยเริ่มจากการติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอลและอุปกรณ์อ้างอิง จัดท่าทาง และทำการถ่ายภาพ

- วัดสัดส่วนด้วยวิธีวัดโดยตรง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีทางภาพถ่าย

5. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่ในรูปแบบสมการถดถอยเพื่อลดความคลาดเคลื่อน และสรุปผลการวิจัย
6. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อภาพถ่ายโดยใช้เทคนิคทางภาพถ่าย ความรู้เบื้องต้นของกล้องถ่ายภาพและเทคนิคการถ่ายภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

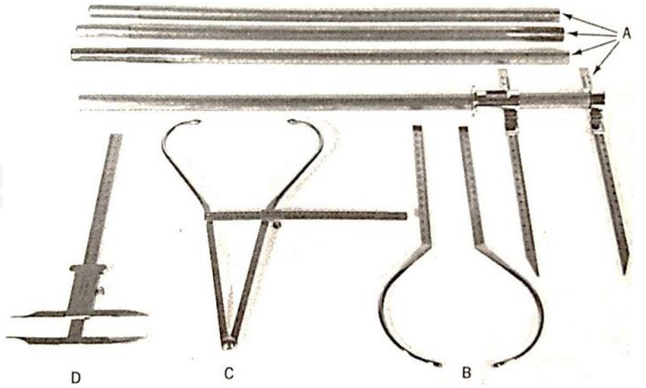
2.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย (กิตติ อินทรานนท์, 2548)

2.1.1 วิธีการวัดสัดส่วนร่างกาย

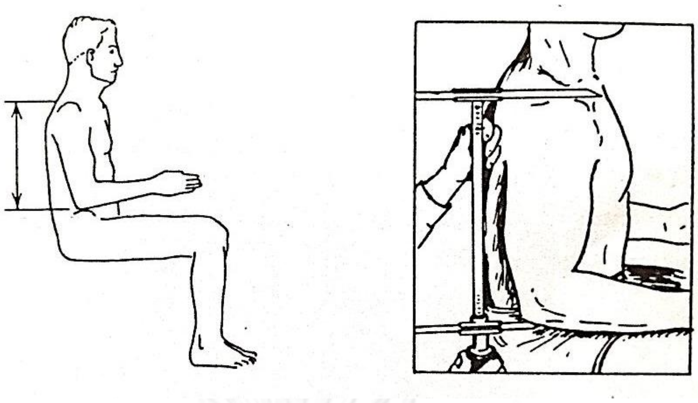
การวัดสัดส่วนของร่างกายโดยทั่วไปทำได้ 2 วิธี คือวิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง และวิธีการทางภาพถ่าย ซึ่งต้องมีอุปกรณ์อ้างอิงเพื่อเทียบระยะ คล้ายกับวิธีการของช่างสำรวจทำแผนที่ โดยใช้รูปถ่าย (Photogrammetry)

1) วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง

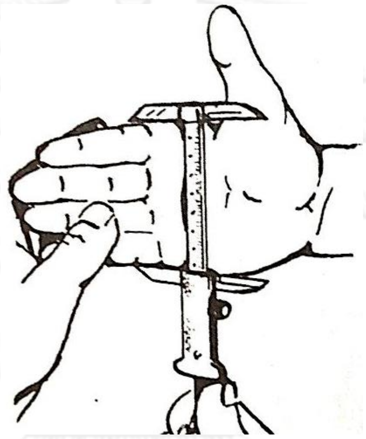
การใช้เครื่องมือวัดในแนวเส้นตรงและแนวเส้นโค้ง การวัดในรูปแบบมิติเส้นตรง (Linear dimension) หมายถึง ระยะระหว่างจุดสองจุดบนร่างกาย โดยจะวัดเป็นความยาวของกระดูก ความกว้าง หรือความลึกของร่างกาย ก่อนการวัดจะต้องมีการทำเครื่องหมายจุดต่าง ๆ บนร่างกายที่ต้องการวัด จุดเหล่านั้นเรียกว่า จุดกำหนด (Land mark) ถ้าเป็นความยาวของอวัยวะของร่างกาย (Body links) ก็จะเป็นจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดของอวัยวะของร่างกายส่วนนั้น ส่วนการวัดรูปแบบมิติเส้นรอบ (Circumferential Dimensions) หมายถึงการวัดระยะทางตามพื้นผิวของร่างกายแล้วมาบรรจบที่จุดเริ่มต้นเดียวกัน เช่นวัดเส้นรอบอก



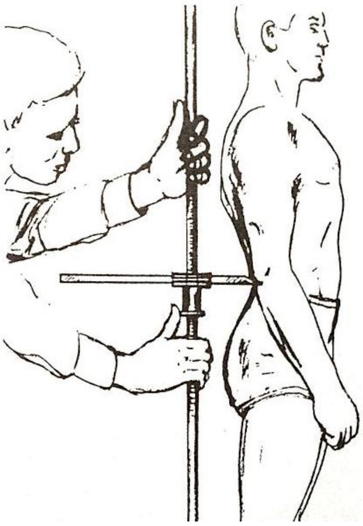
รูปที่ 2.1 ชุดเครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายพื้นฐาน (กิตติ อินทรานนท์, 2548)



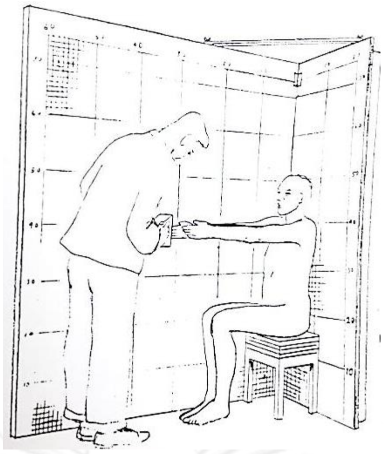
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการวัดความยาวจากข้อศอกถึงหัวไหล่ (กิตติ อินทรานนท์, 2548)



รูปที่ 2.3 ความกว้างของฝ่ามือ (กิตติ อินทรานนท์, 2548)



รูปที่ 2.4 ความสูงของข้อศอกขณะยืน (กิตติ อินทรานนท์, 2548)

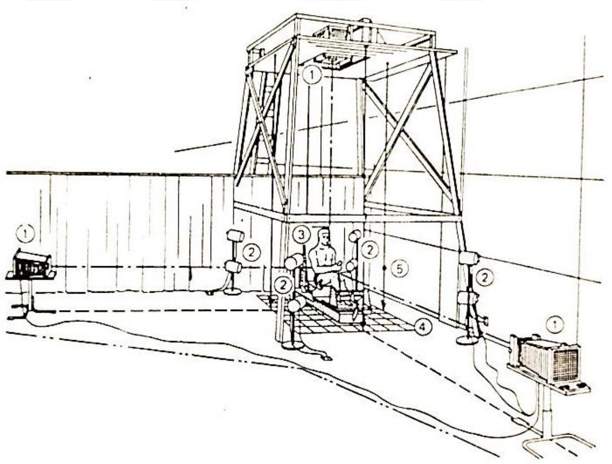


รูปที่ 2.5 เครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายอย่างง่าย (กิตติ อินทรานนท์, 2548)

รูปที่ 2.5 เป็นการใช้เครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายอย่างง่าย ใช้ไม้อัด 2 แผ่น ขีดเส้นทำตารางสี่เหลี่ยมเป็นตาหมากรุกที่รู้ขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ไม้อัดทำมุมตั้งฉากซึ่งกันและกัน มีม้านั่งสำหรับผู้ถูกวัดนั่งมีมุมข้อพับเข่าเป็นมุมฉาก มีบล็อกไม้เป็นท่อนเล็ก หลายอันเพื่อใช้เป็นตัวช่วยวัด สามารถวัดเป็นมิติ มีความแม่นยำพอสมควร และมีค่าใช้จ่ายที่ประหยัด

2) วิธีการทางภาพถ่าย

การใช้เทคนิคภาพถ่ายเพื่อให้ได้ข้อมูลขนาดสัดส่วนของร่างกาย ทั้งในแนวตรง แนวเส้นโค้ง และแนวลึกเป็นความสูงต่ำ (contours) สามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เข้าช่วย จะเป็นแบบ non-stereo photogrammetric หรือ stereo photogrammetric methods ก็ได้



รูปที่ 2.6 Andrometric Camera System (กิตติ อินทรานนท์, 2548)

รูปที่ 2.6 แสดงภาพสเกตช์เพื่อเตรียมการถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพ 3 กล้อง (หมายเลข 1 ด้านหน้า ด้านข้าง ด้านบน) ตามที่ได้เสนอแนะโดย Chaffee เรียกว่าเป็นระบบ Andrometric Camera System กล้องถ่ายภาพทั้งสามอยู่ในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน มีการทำเครื่องหมายบนร่างกายของนักบินเพื่อเป็นจุดอ้างอิง เมื่อถ่ายภาพได้แล้ว นำภาพถ่ายมาเทียบกับระยะที่แท้จริง

2) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2537) ได้คิดค้นเทคโนโลยี 3D Body Scanning หลักการทำงานคือจะฉายริ้วแสงสีขาว (Light Stripe) ไปที่ร่างกายผู้รับการสแกน มีเซ็นเซอร์ 12 ตัว เป็นตัวจัดเก็บข้อมูลรูปร่าง และส่งผลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลภาพที่ได้ สร้างเป็นโครงร่างจุดสำคัญต่างๆ และเชื่อมโยงจุดทั้งหมด เข้าด้วยกันจนเห็นเป็นพื้นผิวแบบ 3 มิติ ต่อจากนั้น ซอฟต์แวร์จะทำการกำหนด Landmark บนร่างกาย และวัดสัดส่วนของร่างกายโดยอัตโนมัติ ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำ และรวดเร็วกว่าการวัดด้วยมือ แต่ยังมีข้อเสียคือราคาต้นทุนที่แพง ต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้นำชาญในการใช้งาน การเคลื่อนย้ายไม่สะดวก และมีอยู่ที่เดียวในประเทศไทย

2.1.2 ข้อมูลทางมิติร่างกายประชากรไทย

กิตติ อินทรานนท์ (2548) แสดงมิติสัดส่วนร่างกายของคนไทยที่ทำการวัดจากผู้ถูกวัดสวมเสื้อผ้าน้อยชิ้นที่สุด ผู้วิจัยได้เลือกระยะสัดส่วนที่จะใช้ออกแบบการทดลองในงานวิจัย คือ ความสูงขณะยืน และความสูงขณะนั่ง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มิติสัดส่วนร่างกายของคนไทย ข้อมูลจาก กิตติ อินทรานนท์ (2548)

รายการ มิติวัด	สถาบันแรงงาน ปี 2530		โกวิท ศตวุฒิ ปี 2532		กิตติ และคณะ ปี 2531		กิตติ และคณะ ปี 2536	
ซม.	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
ความสูงยืน	165.4 (5.9)	154.0 (5.0)	164.5 (5.5)	152.9 (4.7)	160.7 (5.7)	151.2 (4.8)	163.3 (6.0)	163.4 (5.7)
ความสูงนั่ง	87.2 (3.2)	81.7 (2.7)	-	-	83.3 (3.4)	78.8 (3.2)	83.4 (3.8)	79.7 (6.3)

สถาบันแรงงาน: ช่วงอายุชาย 20-50 ปี จำนวน 1,478 คน ช่วงอายุหญิง 20-50 ปี จำนวน 711 คน

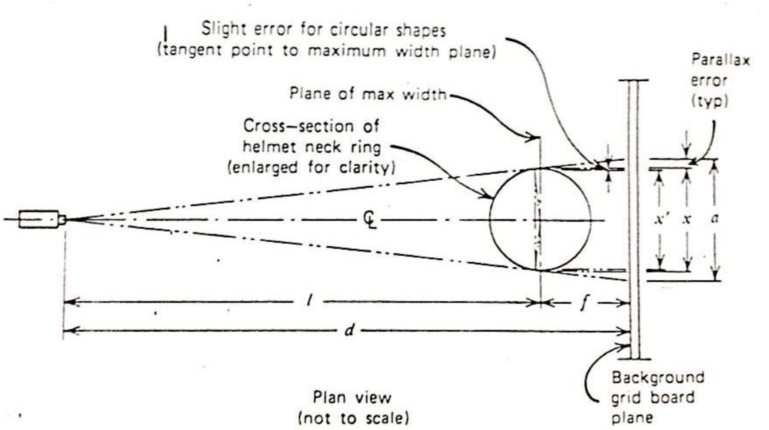
โกวิท ศตวุฒิ: ช่วงอายุชาย 15-72 ปี จำนวน 1,260 คน ช่วงอายุหญิง 14-59 ปี จำนวน 855 คน

กิตติ และคณะ: ช่วงอายุชาย 17-55 ปี จำนวน 147 คน ช่วงอายุหญิง 17-55 ปี จำนวน 255 คน

กิตติ และคณะ: ช่วงอายุชาย 17-60 ปี จำนวน 147 คน ช่วงอายุหญิง 16-60 ปี จำนวน 96 คน

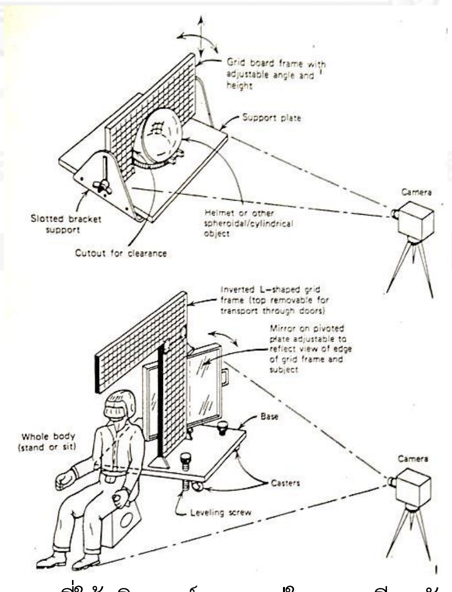
2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดสัดส่วนร่างกายโดยใช้เทคนิคทางภาพถ่าย

ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากภาพถ่ายเนื่องจากถ่ายในระยะที่ใกล้ ทำให้เกิดระยะที่ไม่ถูกต้องในความเป็นจริง พิจารณาจากภาพถ่ายดังรูปที่ 2.7 จะต้องทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แนวกึ่งกลางวงกลม แต่ภาพดังกล่าวจะหาเส้นผ่านศูนย์กลางที่ตกก่อนแนวกึ่งกลางวงกลมเมื่อ เนื่องจากถ้าถ่ายภาพในระยะใกล้จะไม่สามารถมองเห็นและหาเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุที่จุดสูงสุดในแนวกึ่งกลางทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง



รูปที่ 2.7 ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากภาพถ่าย (Roebuck,et al.,1975)

การแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนดังกล่าวสามารถทำได้ดังรูปที่ 2.8 แสดงการปรับปรุงการถ่ายภาพที่ใช้ กริดบอร์ดวางอยู่ในแนวเดียวกับวัตถุ จากนั้นทำการถ่ายภาพ หาระยะได้จากการเทียบระยะจากกริดบอร์ด



รูปที่ 2.8 การปรับปรุงการถ่ายภาพที่ใช้กริดบอร์ดวางอยู่ในแนวเดียวกับวัตถุ (Roebuck,et al.,1975)

จากตัวอย่างดังกล่าวเป็นเหตุผลที่สนับสนุนว่า ระยะห่างระหว่างจุดวางกล้องกับวัตถุมีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการวัดสัดส่วนร่างกายเทคนิคทางภาพถ่าย และการแก้ปัญหาคือผู้ที่ถูกถ่ายภาพ

จะต้องอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางระนาบเดียวกับวัตถุอ้างอิง และการเพิ่มความละเอียดของระยะอ้างอิงให้สเกลเล็กลงจะช่วยให้การวัดมีความแม่นยำมากขึ้น

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับกล้องถ่ายภาพดิจิตอล

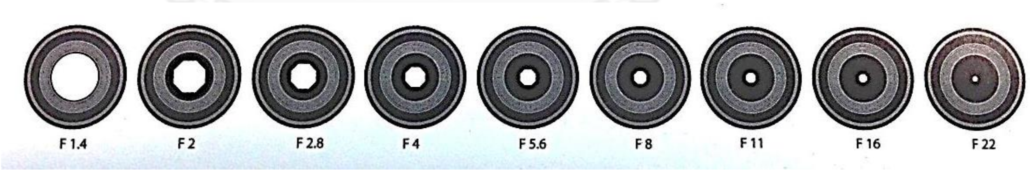
จะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับกล้องถ่ายภาพดิจิตอลและหลักการถ่ายภาพเพื่อใช้ในการปรับตั้งโปรแกรมก่อนการถ่าย ให้ได้ภาพตรงกับความต้องการคือ มีความคมชัด ไม่สั่นไหว ขนาดเสมือนกับภาพจริงมากที่สุด ทฤษฎีจาก วีรกิจ ทรรทรานนท์ (2552)

2.3.1 เลนส์กล้องถ่ายภาพ

เลนส์ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายและการบิดเบี้ยวที่แตกต่างกันออกไปเมื่อแบ่งตามองศาการรับภาพในงานวิจัยนี้จะใช้เลนส์ปกติ (Normal) ซึ่งจะอยู่ในช่วง 18-55 mm เป็นช่วงเลนส์ที่ได้รับความนิยมสูงสุด เพราะเป็นตัวที่ติดมากับกล้อง ภาพที่ได้จะเป็นภาพใกล้เคียงกับสายตาของมนุษย์ เช่นภาพถ่ายคนกับวิว ภาพกิจกรรมต่างๆ

2.3.2 ขนาดรูรับแสง

ม่านรูรับแสงหรือเรียกว่า ไดอะแฟรม (Diaphragm) ทำหน้าที่บังแสงส่วนใหญ่เอาไว้เช่นเดียวกับม่านชัตเตอร์ แล้วเหลือให้แสงผ่านไปได้เฉพาะบริเวณส่วนกลางที่เป็นช่องเปิดเอาไว้เรียกว่า รูรับแสง เปรียบเทียบกับลูกตาคนเรา ไดอะแฟรมคือ ส่วนของเนื้อเยื่อม่านตา (Lris)และรูรับแสงก็คือรูม่ายตา (Pupil) นั่นเอง ดังนั้นถ้ารูรับแสงกว้างแสงก็เข้าได้เยอะ ภาพจะสว่าง ส่วนรูรับแสงแคบ แสงก็เข้าได้น้อย ภาพจะมืด ซึ่งจะบอกในรูปเลข เอฟ-สต็อป หรือ เอฟ- นัมเบอร์ ดังรูปที่ 2.9 (เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างทางยาวโฟกัสของเลนส์ หน่วยมิลลิเมตร ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องเปิดรูรับแสง หน่วยเป็นมิลลิเมตร)



รูปที่ 2.9 รูรับแสงจะบอกในรูปเลข เอฟ-สต็อป (วีรกิจ ทรรทรานนท์, 2552)

ในทางตรงกันข้ามถ้าเลขยิ่งน้อย รูรับแสงจะยิ่งกว้างขึ้น ส่งผลกับภาพที่ถ่ายแตกต่างกันไปด้วย โดยค่า เอฟ- นัมเบอร์ ที่มีค่าน้อย มีผลข้างเคียงที่ได้เพิ่มเติมมาในภาพถ่ายก็คือ จะได้ภาพลักษณะแบบภาพชัดตื้น วัตถุในภาพนั้นจะคมชัด บริเวณที่เราโฟกัส ฉากหลังจะเบลอ ไม่คมชัดรวมทั้งบริเวณด้านหน้าด้วย ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 ภาพชัดตื้น (วีรกิจ ทรรทรานนท์, 2552)

การเปิดรูรับแสงที่มีค่าเอฟ- นัมเบอร์มาก จะได้ภาพลักษณะแบบภาพชัดลึกคือ ภาพที่ได้จากการเปิดรูรับแสงแคบที่สุดของกล้อง ผลคือฉากหลังและวัตถุมีความคมชัดเท่าเทียมกัน เช่นการถ่ายภาพวิว ดังตัวอย่างรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 ภาพชัดลึก (วีรกิจ ทรรทรานนท์, 2552)

อย่างไรก็ตามการปรับรูรับแสงนั่นไม่มีสูตรตายตัว สิ่งที่เป็นตัวกำหนดว่าคุณสามารถใช้รูรับแสงได้ที่เท่าไหร่ขึ้นอยู่กับสองประการ คือ สภาพแสง และอุปกรณ์ที่สามารถเปิดรูรับแสงได้กว้างพอ ในการทดลองสภาพแสงสว่างจากหลอดไฟภายในห้อง จึงควรที่จะเปิดรูปรับแสงให้มากที่สุดคือ f/3.5 เพื่อให้ภาพสว่าง ความคมชัดของภาพจะเป็นลักษณะชัดลึกเนื่องจากฉากหลังอยู่ใกล้กับวัตถุ และไม่ได้ถ่ายภาพในระยะใกล้จนเกินไปเหมือนลักษณะการถ่ายมาโคร

2.3.3 การใช้แฟลช

แสง คือ ปัจจัยสำคัญที่สุดของการถ่ายภาพ หากไม่มีแสงก็ไม่สามารถถ่ายภาพได้ โดยทั่วไปแล้วเราอาศัยแสงจากธรรมชาติหรือแสงอาทิตย์ แต่แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาไม่สามารถควบคุมได้ จึงได้มีการคิดค้นแฟลชเพื่อช่วยให้เป็นแหล่งกำเนิดแสง แฟลช (Flash) มีลักษณะเป็นไฟวาบสว่างขึ้นเพียงระยะเวลาสั้น ๆ เป็นอุปกรณ์จำเป็นอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่สภาพแสงธรรมชาติไม่เป็นตามที่นักถ่ายภาพต้องการ การกระจายแสงของแฟลช ความสว่างของแสงแฟลชนั้นจะลดลง

ตามระยะทางทั้งในแนวลึกหรือระยะห่างระหว่างวัตถุกับแฟลช ซึ่งมีผลต่อการรับแสงของวัตถุที่อยู่ในตำแหน่งแตกต่างกัน ในการทดลองพบว่าการใช้แฟลชจะส่งผลเสียคือการเกิดเงากับวัตถุ ถึงแม้ว่าจะไม่ได้ส่องไปยังวัตถุโดยตรงแต่ก็ยังทำให้เกิดแสงที่จ้าเกินไป ไม่สม่ำเสมอ ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะไม่ใช้แสงจากแฟลชในการถ่ายภาพงานวิจัย

2.3.4 ค่าความไวแสง

ค่าความไวแสงหรือ ISO ช่วยให้การถ่ายภาพสวยไม่สั่นไหว แต่คุณภาพจะลดลง ยิ่งค่า ISO สูง จะทำให้ภาพโดยสว่างขึ้น ยิ่งค่า ISO ต่ำ จะทำให้โดยภาพรวมมืดลง โดยไม่ต้องเปลี่ยนค่ารูรับแสงหรือความเร็วชัตเตอร์ ผลกระทบของการถ่ายภาพในที่แสงสว่างน้อยและปรับค่า ISO สูง มักจะเกิดสัญญาณรบกวน หรือ Noise เพิ่มขึ้นมาในภาพ (Noise หมายถึง จุดเล็กๆ ที่ไม่ต้องการในภาพ)จะทำให้ก็จะทำให้ภาพแตกมากยิ่งขึ้น และจะได้สีที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม ในการถ่ายภาพจึงไม่ควรปรับที่ระดับสูง ในการทดลองจะใช้ที่ระดับ 200 เพราะจะได้ภาพที่ชัด เพื่อลดสัญญาณรบกวน หรือ Noise ลง จะสามารถหาระยะสัดส่วนเมื่อทำการขยายภาพ จะคมชัดภาพไม่แตก การหาระยะจึงทำได้ง่ายขึ้น

2.3.5 ระบบป้องกันภาพสั่นไหว

กล้องดิจิตอลจะมีระบบป้องกันการสั่นไหวติดมาที่ตัวกล้อง หรือเลนส์ จะช่วยป้องกันภาพสั่นไหวได้ ในการทดลองอยู่ในสภาพที่แสดงน้อยจึงควรใช้อุปกรณ์ขาตั้งกล้องมาช่วยเพื่อง่ายในการจัดวางภาพและการถ่ายภาพ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ขาตั้งชนิดส่วนหัวแพน (Pan&Tilt Head) ในวงการถ่ายภาพนิ่งและภาพยนตร์อาการส่ายกล้องด้านซ้ายหรือขวา เรียกว่า การแพนกล้อง การก้มหรือเงยกล้อง เรียกว่าการทิลต์กล้อง ดังนั้น ขาตั้งกล้องชนิดนี้จะมีอยู่ 2 แกนเสมอ ดังรูปที่ 2. 12 โดยข้อดีของหัวแพนคือ สามารถล็อกแกนด้านหนึ่ง แล้วขยับแกนอีกด้านหนึ่งได้ซึ่งสามารถถ่ายภาพ พาโนรามาได้ดี ข้อเสียของหัวแพนคือ ความไม่สะดวกในการแนวระดับ เปลี่ยนสถานที่ หรือเปลี่ยนมุม อีกทั้งแกนหมุนก็ยื่นออกมา เกะกะในการเคลื่อนย้าย นอกจากนี้จะใช้อุปกรณ์เสริมตัวกดชัตเตอร์ (Triggers) มาแทนการกดชัตเตอร์ด้วยมือ เพราะการสัมผัสกล้องจะทำให้เกิดการสั่นไหวได้

รูปที่ 2.12 ขาตั้งกล้องชนิดหัวแพน (วีรกิจ ทรรทรานนท์, 2552)

2.3.6 ระบบโฟกัสของกล้อง

ระบบโฟกัสของกล้อง DSLR แบ่งออกเป็น (ณัฐวุฒิ ปิยบุปผชาติ, 2551) ระบบอัตโนมัติ (Auto Focus) และ ระบบที่ต้องปรับหาโฟกัสเอง (Manual Focus) นั่นคือ แบบแรกกล้องจะปรับหาความคมชัดด้วยตัวเอง ข้อดีของกล้องประเภทนี้คือ ช่วยลดเวลาในการถ่ายภาพลงได้มาก ระบบโฟกัสที่รวดเร็ว แต่ข้อเสียคือ การถ่ายภาพในที่มืดมากๆ หรือวัตถุใกล้กันก็อาจจะหลุดโฟกัสได้ และแบบที่สอง ผู้ถ่ายภาพต้องปรับหาโฟกัสด้วยตัวเอง ข้อดีคือ ช่วยในการหาโฟกัสที่ ระบบออโตไม่สามารถหาได้ จะได้โฟกัสตามความต้องการ ก่อนจะใช้โฟกัสแบบมือหมุนควรจะตั้งค่าสายตาที่กล้องให้ถูกต้อง เสียก่อน มิเช่นนั้นภาพอาจจะเบลอทั้งหมด โดยงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ระบบโฟกัสเอง (Manual Focus) เนื่องจากจะสามารถหาโฟกัสได้ถูกต้องที่ร่างกายผู้ถูกถ่ายภาพ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมแปลผลการวัดสัดส่วนร่างกายจากภาพถ่าย

ณัฐพล พุฒยางกูร (2552) ได้พัฒนาวิธีการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์โดยประยุกต์การประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล (Image Processing) โดยใช้วิธีหาความแตกต่างของสีระหว่างฉากหลังกับร่างกายมนุษย์ ซึ่งมีขั้นตอนคือ 1) ใช้กล้องดิจิตอลถ่ายภาพผู้ถูกวัดในท่าที่กำหนดอยู่ด้านหน้าของฉากหลัง 2) นำภาพดิจิตอล เข้ากระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อหาเส้นขอบของร่างกายมนุษย์ 3) เลือกบริเวณที่ต้องการวัด และคำนวณสัดส่วนที่ต้องการ 4) นำค่าระยะที่ได้แปลงเป็นหน่วยวัดมาตรฐาน ซึ่งใช้วิธีหาความแตกต่างของสีระหว่างฉากหลังกับร่างกายมนุษย์ เทียบวัดระยะจากจุดอ้างอิง โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำ 2 ปัจจัย คือ ระยะวางกล้อง ซึ่งเป็นระยะทางระหว่างกล้องกับวัตถุ ผลการทดลองดังนี้พบว่าอันตรกิริยาอันเนื่องจากระยะวางกล้อง และความละเอียดของภาพ ไม่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ และเงื่อนไขที่เหมาะสม คือที่ระยะวางกล้องที่ 7 เมตร ความละเอียด ของรูปที่ มากกว่า 3007*2004 พิกเซล เป็นต้นไป โดยจะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการเก็บข้อมูลจำนวนสองครั้งจากการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

ระยะวางกล้อง (เมตร)	ความละเอียดของภาพ 3456*2304 (พิกเซล)
2.61	1.658, 1.658
3.27	1.382, 1.306
4.67	0.723, 0.725
5.6	0.464, 0.431
7	0.177, 0.133

จากผลทดลองดังกล่าวจะพบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนสูงเมื่อระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุอยู่ในระยะใกล้ ด้วยสาเหตุนี้ระยะวางกล้องจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล

สังกาส พิริยะสุรวงศ์ (2546) ทำการสร้างโปรแกรม 2D Anthropometer สำหรับวัดขนาดเขียนโดยใช้ Visual Basic 6.0 โดยใช้กล้องดิจิตอลถ่ายภาพที่มีจุดอ้างอิงอยู่ด้วย ด้วยความละเอียด 6 เมกพิกเซล ถ่ายภาพจำนวน 6 ท่า คือ ท่ายืน, ท่านั่งยกแขน, ท่านั่งชูแขน, ท่านั่งหันหลัง, ท่ายืนชูแขน และท่ายืนกางแขน จากนั้นทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของค่าที่วัดได้โดยวิธี Gage R&R ในโปรแกรม Statgraphic ได้ค่าความแปรผันค่ารีพิททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ทียบกับความผันแปรจากกระบวนการเท่ากับ 0.62% พบว่าอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ รวมถึงได้เปรียบเทียบเวลาของการวัดและนำเข้าข้อมูล วิธีใช้โปรแกรมคือ 6 นาที และวิธีใช้มาตรวัดคือ 15 นาที

จะเห็นว่าการวัดสัดส่วนโดยการใช้โปรแกรมการแปรผลจากภาพถ่าย เป็นที่นิยมและมีความแม่นยำอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ และสามารถทำได้รวดเร็ว มีต้นทุนที่ต่ำ ใช้งานได้กับทุกกลุ่มตัวอย่างประชากร อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนย้าย และสามารถติดตั้งการใช้งานได้ง่าย รวมถึงค่าซ่อมบำรุงไม่สูง ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเพื่อลดความแปรผันของความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นจากปัจจัยรบกวนต่างๆ

2.4.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล

สุดาวรรณ ลี้ไพฑูรย์ (2554) ได้เก็บรวบรวมข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษา ในท่านั่งจำนวน 9 ตำแหน่ง จากจำนวนนักเรียน 360 คน โดยการใช้ระบบวัดสัดส่วนร่างกายด้วยภาพถ่ายดิจิตอล และได้สร้างอุปกรณ์เพื่อทำให้การถ่ายภาพสะดวกและง่ายต่อการวัด คือ เก้าอี้นั่งมีที่วางแขนปรับระดับได้ และฐานพักเท้าปรับระดับได้ จะช่วยให้การจัดท่าทางการถ่ายภาพดีขึ้น จากกนั้นสัดส่วนที่วัดจะเลือกนำมาวิเคราะห์ ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ และสร้างสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้น และสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณระหว่างสัดส่วนร่างกายกับอายุ น้ำหนักและ ส่วนสูง เพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้

จากงานวิจัยดังกล่าวเห็นได้ว่าการใช้โปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวัดสัดส่วนร่างกายได้อย่างแม่นยำ และเป็นที่ยอมรับ แต่ต้องทำการถ่ายภาพที่ระยะไกลพอที่จะไม่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน อย่างไรก็ตามยังจำเป็นต้องควบคุมตัวแปรอื่นๆ ด้วย เช่น เสื้อผ้าที่สวมใส่ การจัดท่าทางของคน ความคมชัดของกล้องถ่ายภาพ

มนัสนันท์ญาดา คำฟู (2554) ได้ทำการปรับปรุงและประยุกต์โปรแกรม การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ด้วยโปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิตอลแบบ 2 มิติ โดยการพัฒนาสมการเชิงคณิตศาสตร์ กับการวัดสัดส่วนเส้นรอบ ได้แก่ เส้นรอบอก เส้นรอบเอว และเส้นรอบสะโพก จากกลุ่มประชากรชายจำนวน 18 คน เพื่อเป็นวัตกรรมต้นแบบโปรแกรมการวัดสัดส่วนร่างกายจากภาพถ่ายดิจิตอลและเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ที่ต้องการสั่งตัดเสื้อผ่านอินเตอร์เน็ต ใช้ในการวัดสัดส่วนในการตัดเสื้อสูทสากลสำหรับผู้ชาย ขั้นตอนการถ่ายภาพ จะกำหนดระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุขั้นต่ำอยู่ที่ 4 เมตร และความละเอียดภาพ 8 ล้านเมกะพิกเซล ผู้ถูกถ่ายภาพจะต้องไม่สวมเสื้อ ข้อกำหนดดังกล่าวจะไม่สามารถใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้หญิง เพราะข้อจำกัดทางวัฒนธรรม

อาจจะปรับเปลี่ยนเป็นการสวมเสื้อผ้ารัดรูปแทน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเสื้อผ้า ค่าสถิติของจากการวัดส่วน ของกลุ่มตัวอย่าง 18 คน แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าสถิติของจากการวัดส่วนร่างกายมนุษย์ (มนัสนันท์ญาดา คำฟู, 2554)

Measurement	Method	Mean	Std. Dev	Max	Min	Error
1.Front Chest	Manual	37.93	1.87	41	33.5	2.47
	Program	35.73	1.60	37.59	31.77	
2.Back Width	Manual	39.12	1.70	43.18	36	1.60
	Program	39.06	1.87	43.6	36.43	
3.Full Shoulder	Manual	46.06	2.20	50.03	41.2	1.76
	Program	47.60	2.11	51.97	44	
4.Shoulder to Wrist	Manual	58.12	2.50	61.5	54	1.65
	Program	56.90	2.39	61.01	52.47	
5.Neck front to Hip	Manual	69.40	4.02	79	63	1.82
	Program	68.58	3.80	77.43	63.14	
6.Chest Circumference	Manual	94.63	3.67	100.2	87	5.44
	Program	100.08	4.68	106.75	91.69	
7.Stomach Circumference	Manual	86.09	8.50	99.5	66.5	2.39
	Program	87.90	8.45	105.07	70.1	
8.Hip Circumference	Manual	95.39	4.71	104.5	87	4.29
	Program	99.30	4.70	107.02	91.39	

พิจารณาเฉพาะการวัดสัดส่วนเส้นตรง จะพบว่าสัดส่วนที่ 1 ความกว้างหน้าอกมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงถึง 2.47 เซนติเมตร ส่วนหนึ่งเกิดจากปัจจัยการหายใจเข้า-ออก ของผู้ถูกถ่ายภาพมีผลต่อความผิดพลาด ดังนั้น จึงควรกำหนดข้อจำกัดการถ่ายภาพ โดยเลือกถ่ายภาพขณะหายใจเข้า เนื่องจากจะได้ระยะสัดส่วน ที่กว้างสุดของร่างกาย

จะเห็นได้ว่าเทคนิคการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ด้วยวิธีการทางภาพถ่ายสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางนวัตกรรมใหม่ๆ ได้เป็นอย่างดี เพื่อให้การวัดที่รวดเร็ว อย่างไรก็ตามการปรับปรุงเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นคือการหาสัดส่วนรูปโค้ง จะเห็นได้ว่าการพัฒนายังคงมีอยู่ต่อเนื่องเพื่อให้การใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Patrick Chi-Yuen Hung (2004) ใช้ระบบการวัดสัดส่วนด้วยการถ่ายภาพ หาค่าระยะกว้างยาว ของสัดส่วนร่างกาย เพื่อใช้ประมาณสร้างสมการเส้นรอบจากการถ่ายภาพสัดส่วนร่างกายนั้นๆ โดยใช้ระยะอ้างอิงลักษณะสี่เหลี่ยม ขนาดประมาณ 1 กระดาษ A4 อยู่ระนาบเดียวกับผู้ถูกถ่ายภาพ ซึ่งอาจจะส่งผลให้ระยะอ้างอิงไม่มีความแม่นยำเพียงพอ เพราะไม่มีการกล่าวถึงการติดตั้งที่บ่งบอกว่าวัตถุอ้างอิงขนานกับเลนส์กล้อง และการใช้ระยะอ้างอิงควรจะครอบคลุมวัตถุ เพื่อเกิดความแม่นยำมากที่สุด

2.5 การวิเคราะห์เชิงสถิติ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2543)

2.5.1 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียว

การทดสอบจะสุ่มตัวอย่างมาจากกลุ่มเดียวกัน เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลแต่ละคู่ และนำผลต่างไปคำนวณเปรียบเทียบด้วย t-test มีสูตรดังนี้

$$\mathrm{t} = \frac{\bar{D}-\mu_D}{S_{\bar{D}}} \qquad (4.1)$$

หรือ

$$\mathrm{t} = \frac{\bar{D}-\mu_D}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \qquad (4.2)$$

การเปรียบเทียบจะตั้งสมมติฐานศูนย์ว่า H_0; μ_D = 0 และเพื่อหลีกเลี่ยงการปัดทศนิยมจะปรับสูตรให้ใช้ข้อมูลที่ไม่ต้องปัดทศนิยมมากนัก

โดยแทนค่า $\bar{D} = \frac{\sum D}{n}$, μ_D และ $S_D = \sqrt{\frac{n\sum D^2-(\sum D)^2}{n(n-1)}}$ จะได้สูตรใหม่ดังนี้

$$\mathrm{t} = \sqrt{\frac{(n-1)\sum D^2}{n\sum D^2-(\sum D)^2}} \qquad (4.3)$$

$$\mathrm{t} = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2-(\sum D)^2}{n-1}}} \qquad (4.4)$$

เมื่อ D = ผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่

S_D = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างแต่ละคู่

$S_{\bar{D}}$ = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่างแต่ละคู่

n = จำนวนตัวอย่างคิดเป็นคู่

μ_D =ค่าเฉลี่ยประชากรของผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่

$\bar{D}$ =ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่

ชั้นความเป็นอิสระ(df) เท่ากับจำนวนตัวอย่างเป็นคู่ลบด้วย 1(n-1)

การตั้งสมมติฐานเป็นการทดสอบ 2 หาง ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

ถ้าค่า t ที่คำนวนได้มากกว่าหรือ เท่ากับค่าวิกฤต จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม ทำการติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายถาพและอุปกรณ์อ้างอิง กำหนดข้อปฏิบัติของผู้เข้าร่วมทดลองเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ จากนั้นทำการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์เพื่อป้องกันการเคลื่อนไหว รวมถึงการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายจากผู้เข้าร่วมการทดลองมนุษย์สวมชุดรัดรูปจำนวน 5 คน (1 คน ถ่ายภาพที่ระยะวางกล้อง 5 ระยะ รวมจะได้ 25 ข้อมูล)ที่มีขนาดร่างกายแตกต่างกันเพื่อวัดสัดส่วนที่ไม่สามารถวัดได้จากหุ่นจำลอง วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนผลต่างระหว่างระบบการวัดสัดส่วนด้วยวิธีวัดโดยตรงและวิธีการทางภาพถ่ายที่เกิดขึ้น และสร้างสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวเพื่อลดความคลาดเคลื่อน การทดสอบและปรับแก้สมการความสัมพันธ์จากการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติจำนวน 25 คน (1 คน ถ่ายภาพที่ระยะวางกล้อง 3 ระยะ รวมจะได้ 75 ข้อมูล) รวมจำนวนผู้เข้าร่วมทดลองทั้งหมด 30 คน จำนวนข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์รวมทั้งหมด 100 ข้อมูล จากฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลาง เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ มากกว่าหรือเท่ากับ 30 จะมีการแจกแจงโดยประมาณแบบปกติ และการกระจาย (SD) ของ $\bar{X}$ เมื่อ n มีค่าเพิ่มขึ้น (กัลยา วินิชย์บัญชา ,2549)

3.1 การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการ

3.1.1 ห้องปฏิบัติการ

1) ลักษณะทางสิ่งแวดล้อม

ความสว่าง : ควรมากกว่า 500 ลักซ์ (วัดโดยใช้เครื่องมือวัดแสงสว่าง)

2) ลักษณะทางกายภาพ

ขนาดห้อง : 4x5 เมตร หรือขนาดใหญ่กว่า

3.1.2 อุปกรณ์

1) ฉากหลังสีเขียวล้วน ไม่ควรใช้สีทึบ หรือสว่างเกินไป เพราะจะทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของขอบวัตถุ จะส่งผลให้การหาขนาดสัดส่วนผิดพลาด พร้อมทั้งทำเครื่องหมายเส้นตรงขนานกับฉากหลัง เพื่อระบุระนาบที่จะวางวัตถุอ้างอิง และตำแหน่งของวัตถุหรือบุคคลที่จะทำการถ่ายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ฉากหลังสีเขียวล้วน

2) เสาอ้างอิงระยะ ทำเครื่องหมายเพื่องอ้างอิงระยะห่างกัน 50 เซนติเมตร ใช้ลูกดิ่งเพื่อให้ขนานกันทั้งสองเส้นแนวดิ่ง ซึ่งห่างกัน 100 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 เสาอ้างอิงระยะ

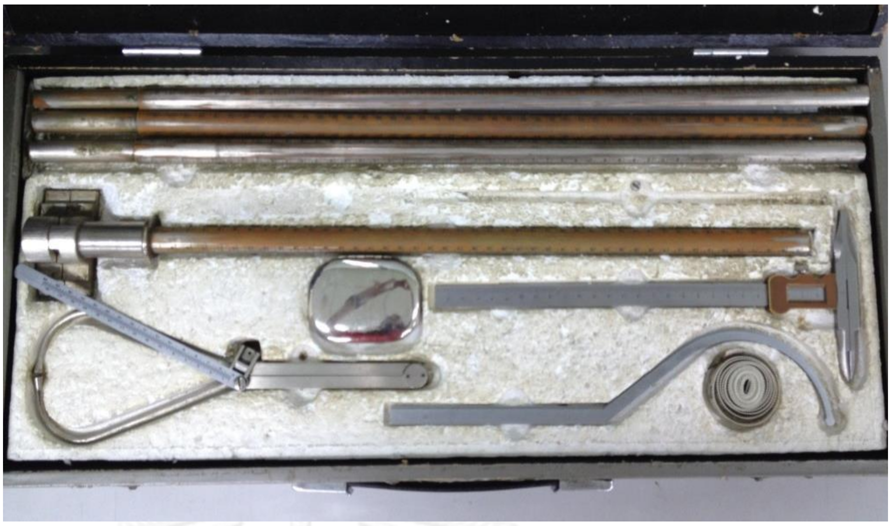
3) ขาตั้งกล้องชนิด 3 ขา แบบหัวแพน สามารถขยับ ซ้าย-ขวา บน-ล่างได้ จะใช้ติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอลเพื่อช่วยให้ภาพมีความคมชัด ลดการสั่นสะเทือน และสะดวกในการถ่ายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ขาตั้งกล้องชนิด 3 ขา

4) หมวกว่ายน้ำ เพื่อใช้คลุมผมก่อนถ่ายภาพ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเส้นผมที่หนา เพื่อมิให้ความสูงผิดเพี้ยนไปจากความจริง แสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 หมวกว่ายน้ำสำหรับคลุมผม

5) ชุดเครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน Anthropometer เพื่อวัดระยะสัดส่วนร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับระยะสัดส่วนที่หามาได้จากโปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ชุดเครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน Anthropometer

6) กล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวด้วยระบบดิจิตอล (Digital Single Lens Reflex:DSLR) ยี่ห้อแคนนอน รุ่น 550D ใช้ถ่ายภาพ จะมีความละเอียดสูง สามารถเลือกโปรแกรมให้เหมาะกับสภาพห้องปฏิบัติการได้ ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

7) อุปกรณ์เสริมตัวกดชัตเตอร์ (Triggers) ดังรูปที่ 3.7 เพื่อสะดวกแก่ผู้ถ่ายภาพในการจัดท่าทางผู้ถูกถ่ายภาพโดยไม่ต้องเดินกลับไปกดชัตเตอร์ อีกทั้งเป็นการลดการสั่นสะเทือนจากการกดชัตเตอร์ที่ลำตัวกล้องลงได้

รูปที่ 3.7 อุปกรณ์เสริมตัวกดชัตเตอร์ (Triggers)

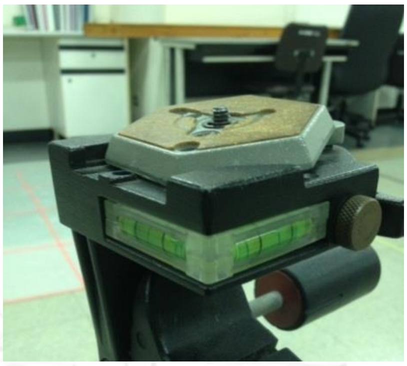
8) หุ่นจำลองที่มีลักษณะคล้ายร่างกายมนุษย์ เพื่อทำการทดสอบกับหุ่นก่อนที่จะทดสอบกับมนุษย์จริง เพื่อป้องกันการสั่นไหวที่เกิดจากคนที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนซึ่งควบคุมได้ยาก ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 หุ่นจำลองที่มีลักษณะคล้ายร่างกายมนุษย์

3.2 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

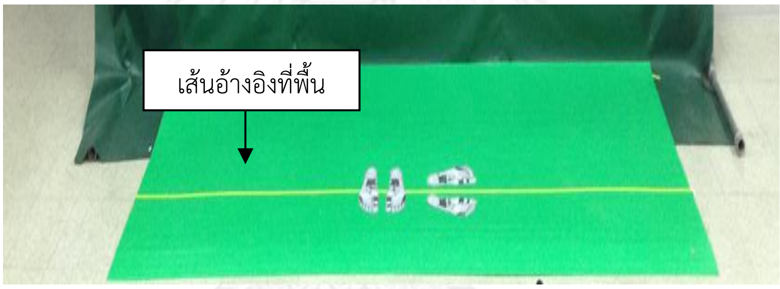
1) ทำการติดตั้งอุปกรณ์อ้างอิง ห่างจากฉากหลังประมาณ 30 เซนติเมตร และเสาอ้างอิงทั้งสองห่างจากกัน 100 เซ็นติเมตร

2) ติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอลเข้ากับขาตั้งกล้อง โดยตรวจเช็คระดับน้ำที่ขาตั้งกล้อง เพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 มาตรเทียบระดับน้ำของขาตั้งกล้อง

3) กำหนดเส้นอ้างอิงที่พื้นเพื่อวางระยะอ้างอิงและวัตถุให้อยู่ในระนาบเดียวกัน ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เส้นอ้างอิงที่พื้น

4) ปรับระดับความสูงของกล้องถ่ายภาพวัดจากกึ่งกลางเลนส์กล้องถึงพื้น สูง 80 เซ็นติเมตร

5) ปรับตั้งกล้องดิจิตอลให้เลนส์ขนานกับฉากหลัง

3.3 ข้อกำหนดของผู้ถูกถ่ายภาพ

1) ถอดเครื่องประดับที่มีผลต่อการวัดระยะสัดส่วน เช่น แว่นตา เข็มขัด เครื่องประดับบนศีรษะ เป็นต้น
2) สวมหมวกว่ายน้ำให้แนบศีรษะมากที่สุด
3) ทำเครื่องหมายอย่างชัดเจนบนร่างกายตามตำแหน่งที่ต้องการวัด
4) อธิบายข้อกำหนดและท่าทางการถ่ายภาพ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบและปฏิบัติตามอย่างถูกต้อง

3.4 ขั้นตอนการถ่ายภาพหุ่นจำลองและผู้เข้าร่วมทดลอง

จะทำการถ่ายภาพหุ่นจำลองและผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป 5 คน ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร ตามลำดับ ส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดปกติจำนวน 25 คนถ่ายภาพ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ 2, 3, และ 4 เมตร เพื่อป้องกันการยืนค้างท่าเดียวกันเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้ผู้เข้าร่วมทดลองเมื่อยและขยับท่าทาง ทำให้เกิดผลคลาดเคลื่อนไปจากเดิม ทำการถ่ายภาพ 4 ท่าทาง เพื่อวัดขนาดสัดส่วน 12 (ดูรายละเอียดการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายได้จากภาคผนวก ก)

1) ปรับตั้งกล้องดิจิตอลดังนี้

- เลือกระบบโฟกัสด้วยตัวเอง (Manual Focus)
- เลือกใช้โหมดถ่ายภาพ Aperture Value (AV) หรือ ค่ารูรับแสง เป็นค่าที่แสดงการเปิดของช่องรับแสงในกล้องมากน้อยเพียงใด ซึ่งค่าน้อยแสดงว่าเปิดรับแสงมาก ในทางกลับกันถ้าค่ามากแสดงว่าเปิดรับแสงน้อย
- เปิดรูรับแสงต่ำสุดที่ 3.5 เพื่อให้แสงเข้าได้มาก จะทำให้ภาพสว่างขึ้น
- ค่าความไวแสงของฟิล์ม (ISO) ที่ระดับ 200 เพราะแสงในห้องปฏิบัติการมีน้อย การเลือกค่าความไวแสงระดับนี้สามารถลดสัญญาณรบกวน หรือ Noise ได้
- ความละเอียดภาพสูงสุดที่ 18 เมกะพิกเซล เพื่อได้ภาพที่มีความคมชัดที่สุด

2) จัดท่าทางให้ถูกต้อง โดยผู้ถูกถ่ายภาพห้ามเปลี่ยนท่าทางหรือขยับให้น้อยที่สุดจนกว่าจะทำการถ่ายภาพเสร็จสิ้นลง

3) ทำการถ่ายภาพโดยใช้ตัวกดชัตเตอร์นอก และตรวจสอบภาพที่ได้ หากไม่ถูกต้องให้ทำการถ่ายซ้ำอีกครั้ง จากนั้นเลื่อนตำแหน่งกล้องถ่ายภาพไปที่ตำแหน่งถัดไป

4) ผู้ถูกถ่ายภาพเปลี่ยนท่าทางใหม่ ทำตามข้อกำหนดข้อ 1) ถึงข้อ 3) จนครบทั้ง 4 ท่าทาง

5) ทำการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยวิธีวัดโดยตรงเพื่อเป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบ

6) แปลผลภาพถ่ายจากการเทียบจากระยะอ้างอิงหน่วยพิกเซล มาเป็นขนาดในหน่วยเซนติเมตร ขนาดสัดส่วนความสูงก็จะใช้ระยะอ้างอิงในแนวดิ่ง และขนาดสัดส่วนความกว้างจะใช้ระยะอ้างอิงในแนวนอน

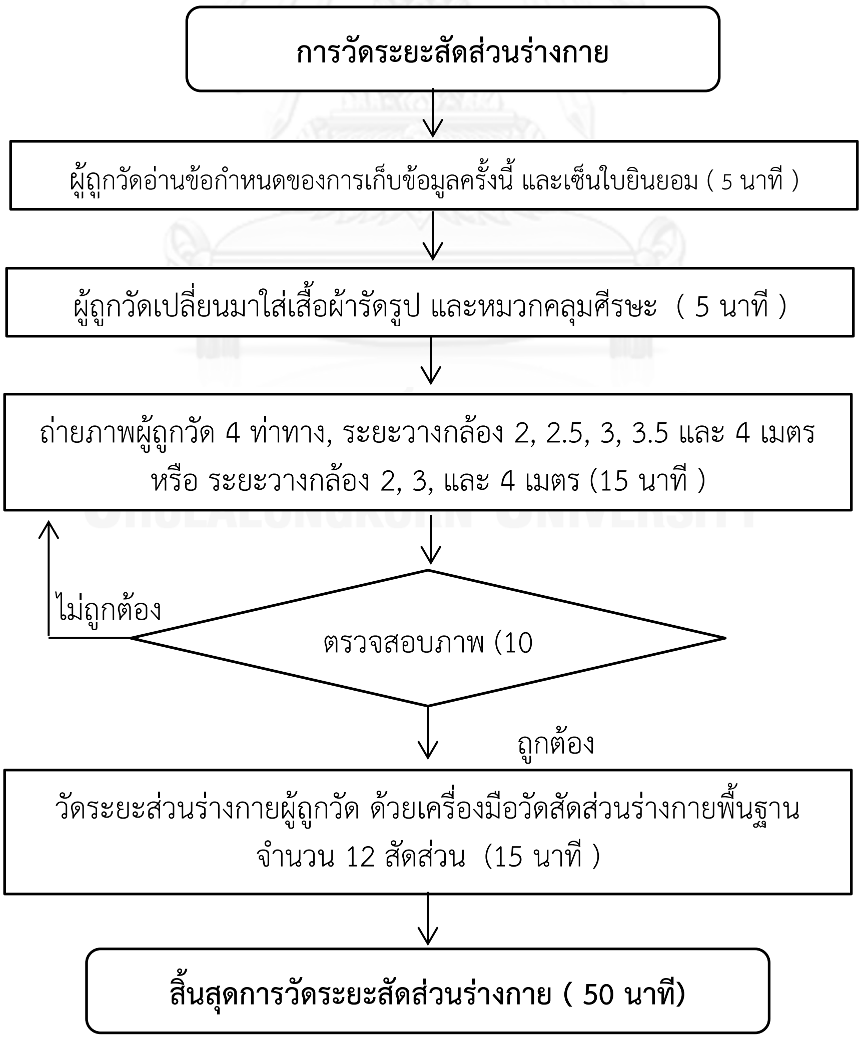
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล

ข้อมูลขนาดสัดส่วนจากระบบการวัดด้วยวิธีการทางภาพถ่าย และจากระบบการวัดด้วยวิธีวัดโดยตรง มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

1) วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนผลต่างระหว่างระบบการวัดสัดส่วนด้วยวิธีการทางภาพถ่ายเปรียบเทียบด้วยวิธีวัดโดยตรง กรณีที่หุ่นไม่สามาถวัดขนาดสัดส่วนร่างกายได้ทั้งหมด จะใช้ข้อมูลจากขนาดสัดส่วนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปแทน
2) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน และสร้างสมการถดถอยเพื่อใช้ลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว
3) ทดลองใช้สมการถดถอยกับขนาดสัดส่วนผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 25 คน
4) วิเคราะห์ผลการทดสอบสมการและแก้ไข เพื่อให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ รวมถึงข้อแนะนำและข้อจำกัดในการใช้สมการ

3.6 ระยะเวลาที่ผู้ถูกวัดระยะสัดส่วนร่างกายอยู่ในกระบวนการเก็บข้อมูล

1) การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย จำนวน 12 สัดส่วน รวมทั้งสิ้น 30 คน สามารถเก็บข้อมูลได้วันละ 3 คน สัปดาห์ละ 3 วัน ดังนั้น ในกรณีที่สามารถทำได้โดยสมบูรณ์ จะใช้เวลารวมทั้งสิ้น 1 เดือน ซึ่งเวลาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการมีดังนี้



บทที่ 4
ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลขนาดสัดส่วนหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์และขนาดสัดส่วนร่างกายจากระบบการวัดด้วยวิธีการทางภาพถ่ายและวิธีวัดโดยตรง เปรียบเทียบเพื่อหาความคลาดเคลื่อน โดยจะยึดผลการวัดด้วยระบบวิธีวัดโดยตรงเป็นมาตรฐาน ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดสัดส่วนหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์
2. การจำลองสมการเพื่อแทนค่าพยากรณ์สัดส่วนจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
3. การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดสัดส่วนผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป
4. การวิเคราะห์ผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ (ชุดนิสิต)
5. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปและผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ (ชุดนิสิต)

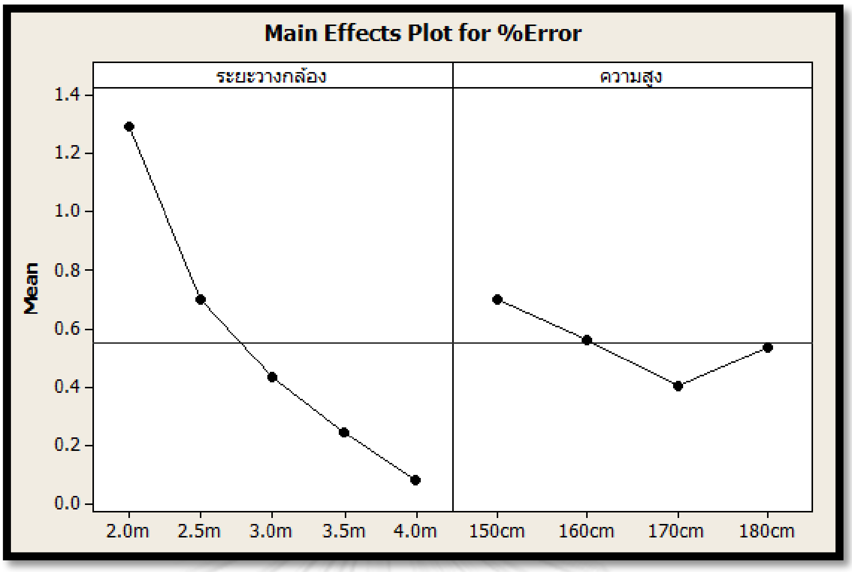
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดสัดส่วนหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์

การทดลองเชิงแฟคทอเรียลขนาดสัดส่วนความสูงหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์ ปัจจัยระยะวางกล้องถ่ายภาพ 5 ระยะ คือ 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร ปัจจัยความสูง 4 ระดับ คือ 150, 160, 170 และ 180 เซ็นติเมตร ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อดูว่าผลของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ผลแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A:ระยะวางกล้อง	4	7.18997	7.18997	1.79749	41.94	0.000
B:ความสูง	3	0.44322	0.44322	0.14774	3.45	0.036
A*B	12	0.80295	0.80295	0.06691	1.56	0.183
Error	20	0.85717	0.85717	0.04286		
Total	39	9.29331				
S = 0.207023 R-Sq = 90.78% R-Sq(adj) = 82.01%						

เมื่อวิเคราะห์จากค่าคำนวณพบว่า ระยะวางกล้อง และความสูง ค่า p-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 นั่นคือ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.1 กราฟผลการทดลองหลัก

ผลการทดลองพบว่า จากรูปที่ 4.1 พิจารณารูปแบบกราฟผลการทดลองหลัก พบว่าระยะวางกล้องที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนลดลง ความชันเป็นลักษณะฟังก์ชันลอการิทึม ผลอันตรกิริยาพบว่าปัจจัยระยะวางกล้องและความสูงไม่มีอันตรกิริยาต่อกัน ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ของปัจจัยระยะวางกล้องเพื่อเป็นตัวแปรในการพยากรณ์ค่าขนาดสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้องมากที่สุด

4.2 การจำลองสมการเพื่อแทนค่าพยากรณ์สัดส่วนจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

การสร้างสมการจะนำค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการวัดขนาดสัดส่วนหุ่นจำลองและจากผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปในกรณีที่หุ่นไม่สามารถวัดบางสัดส่วนได้ ทำการถ่ายภาพที่ระยะความสูง หรือกว้าง ที่มีความแตกต่างกัน (ข้อมูลในภาคผนวก ข) พบว่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีอัตราลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้น และค่อยๆ ลดลงในระดับอัตราคงที่ จึงควรใช้เส้นแนวโน้มลอการิทึมนารสร้างสมการ อีกทั้งสามารถใช้ได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ ซึ่งจะดูเส้นแนวโน้มแทนข้อมูลได้ดีหรือไม่โดยดูจากค่า R-square ถ้าใกล้ค่า 1 คือ สมการสมารถใช้แทนข้อมูลได้ดี จากการวิเคราะพบว่าค่า R-square เส้นแนวโน้มสมการลอการิทึมมากกว่าแนวโน้มสมการเส้นตรง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้รูปแบบฟังก์ชันลอการิทึม

ตางรางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่า R-square ของสมการลอการิทึมและสมการเส้นตรง

สัดส่วน	สมการลอการิทึม	สมการเส้นตรง
1.ความสูงขณะยืน	R^2 = 0.7462	R^2 = 0.7118
2.ความสูงไหล่ขณะยืน	R^2 = 0.5024	R^2 = 0.4939
3.ความสูงขณะนั่ง	R^2 = 0.4038	R^2 = 0.3904

สัดส่วน	สมการลอการิทึม	สมการเส้นตรง
4.ความสูงไหล่ขณะนั่ง	R^2 = 0.5245	R^2 = 0.516
5.ความสูงของเข่าขณะนั่ง	R^2 = 0.4131	R^2 = 0.3899
6.ระยะจากก้นถึงหัวเข่า	R^2 = 0.4670	R^2 = 0.4472
7.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	R^2 = 0.9711	R^2 = 0.941
8.ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) และความกว้างสะโพก	R^2 = 0.8781	R^2 = 0.8402
10.ระยะกางแขน	R^2 = 0.8329	R^2 = 0.8199

ขั้นตอนการสร้างสมการสัดส่วนจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีดังนี้

1. วิเคราะห์กราฟค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในรูปแบบฟังก์ชันลอการิทึม

$$E = a\ln(x) + b \qquad (4.1)$$

โดยที่ x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

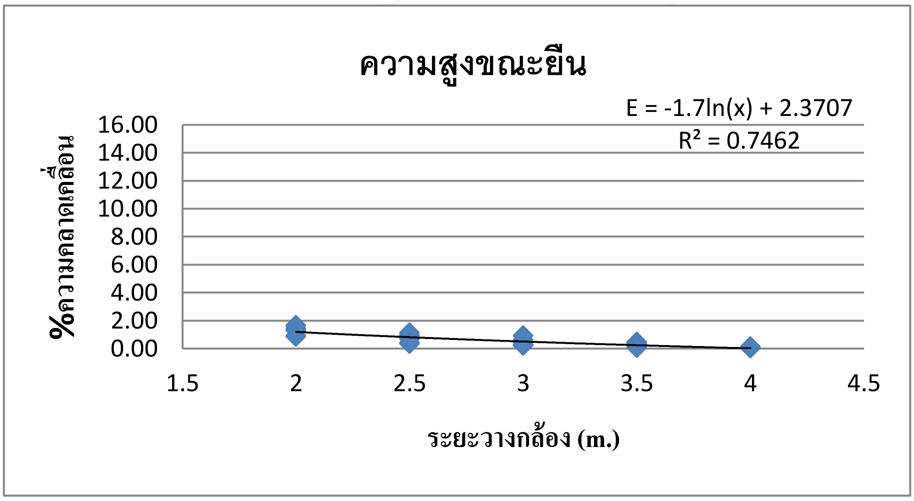
a, b คือ ค่าคงที่

2. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าสมการและที่ได้จากการวัดด้วยวิธีการทางภาพถ่าย ปรับแก้ด้วยการบวกหรือลบค่าคงที่ เพื่อให้ผลต่างใกล้เคียงกัน
3. สร้างสมการเพื่อแทนค่าสัดส่วนใหม่ ($\hat{Y}$)จาก ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) และสมการ (4.1) ในรูปแบบสมการที่ (4.2)

$$\hat{Y} = Y \pm Y\left(\frac{E}{100}\right) \text{ ดังนั้น } \hat{Y} = Y \pm Y\left(\frac{a\ln(x)+b}{100}\right) \qquad (4.2)$$

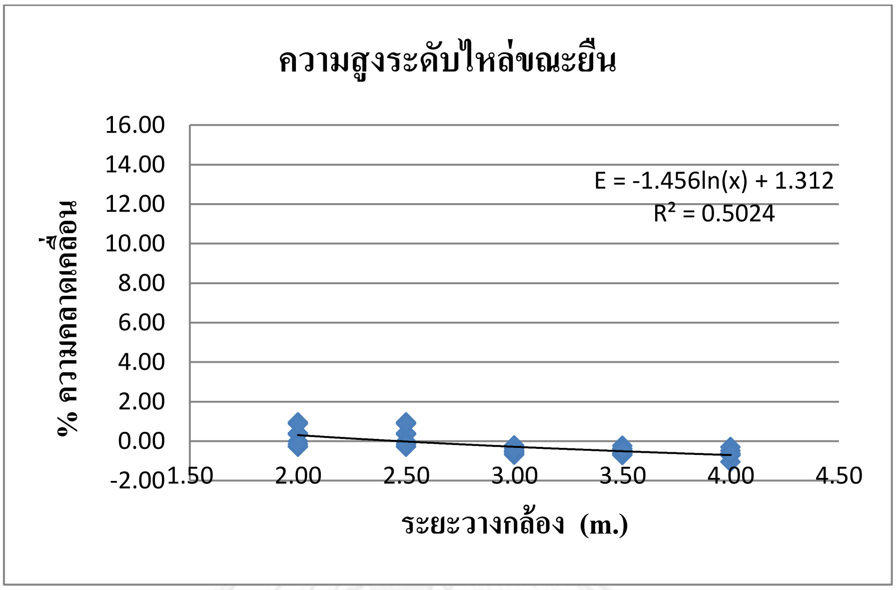
โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

5.2.1 ความสูงขณะยืน (ข้อมูลจากหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์)



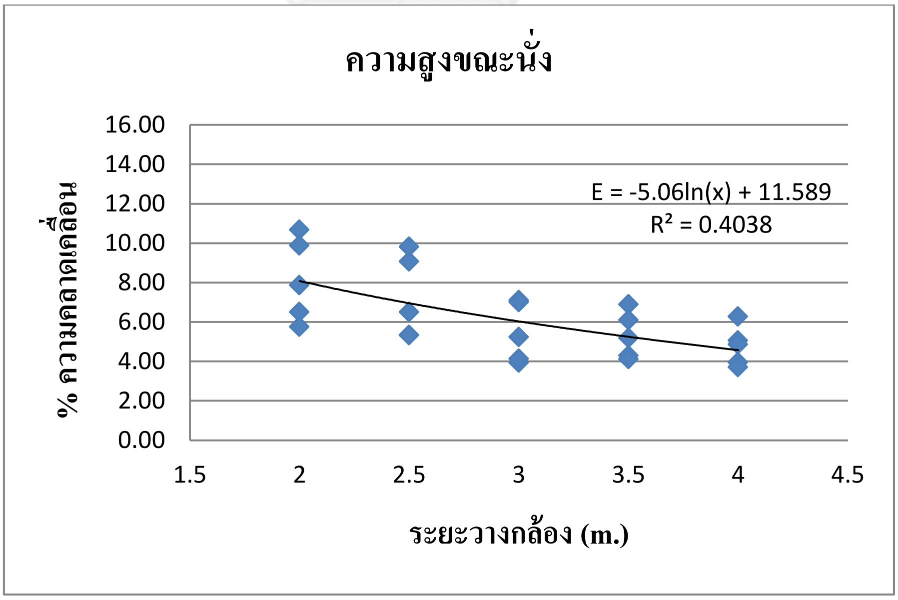
รูปที่ 4.2 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงขณะยืน

4.2.2 ความสูงระดับไหล่ขณะยืน (ข้อมูลจากหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์)



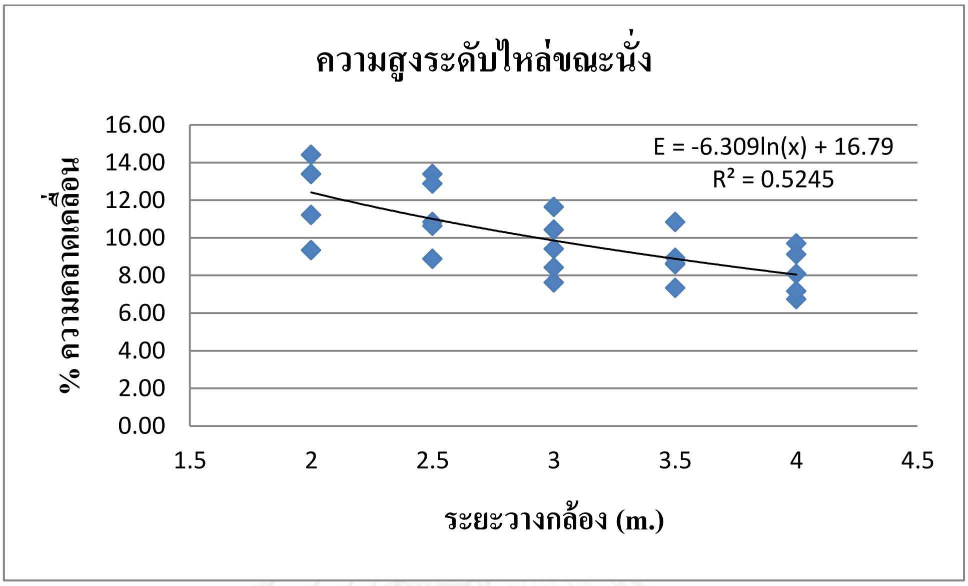
รูปที่ 4.3 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงไหล่ระดับขณะยืน

4.2.3 ความสูงขณะนั่ง (ข้อมูลจากผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป)



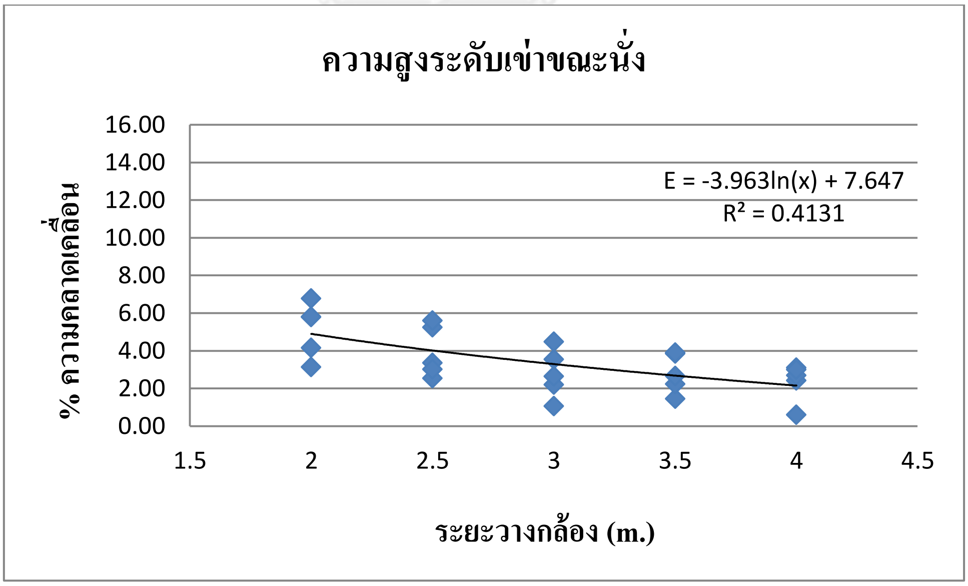
รูปที่ 4.4 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงขณะนั่ง

4.2.4 ความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง (ข้อมูลจากผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป)



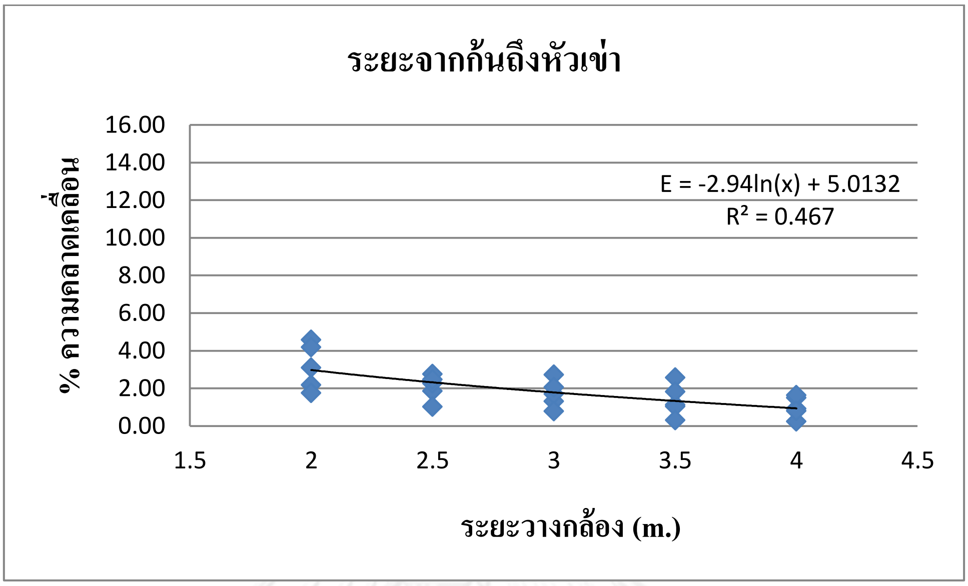
รูปที่ 4.5 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง

4.2.5 ความสูงระดับเข่าขณะนั่ง (ข้อมูลจากผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป)



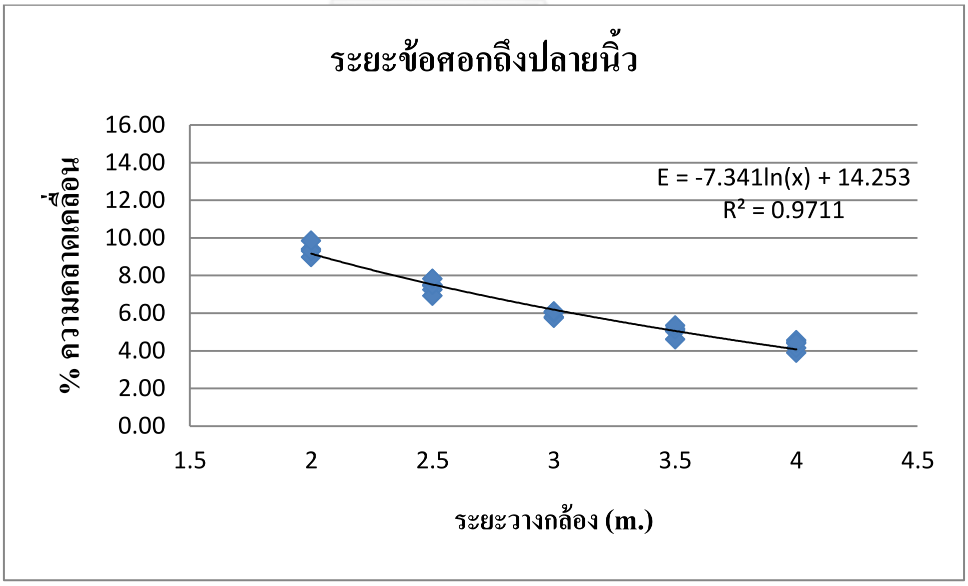
รูปที่ 4.6 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่ง

4.2.6 ระยะจากก้นถึงหัวเข่า (ข้อมูลจากผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป)



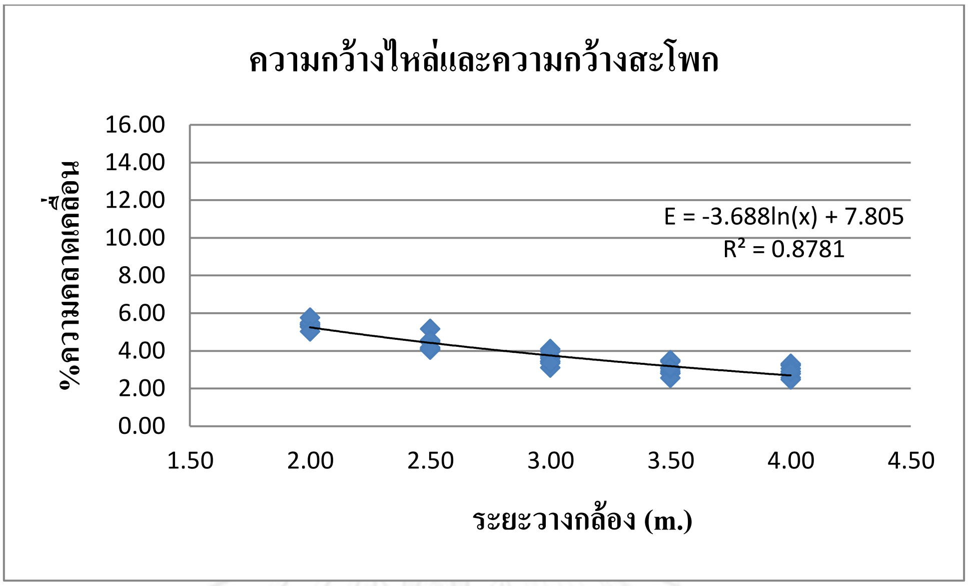
รูปที่ 4.7 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า

4.2.7 ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้ว (ข้อมูลจากหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์)



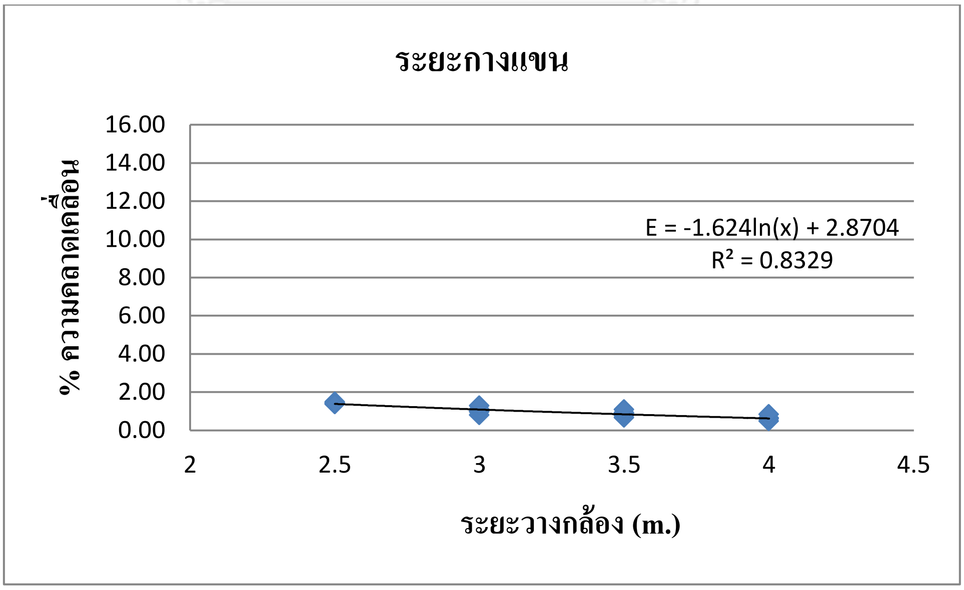
รูปที่ 4.8 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้ว

4.2.8 ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) และความกว้างสะโพก (ข้อมูลจากหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์) จะใช้รูปแบบสมการเดียวกัน เนื่องจากมีสัดส่วนกว้างใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.9 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างไหล่ และ ความกว้างสะโพก

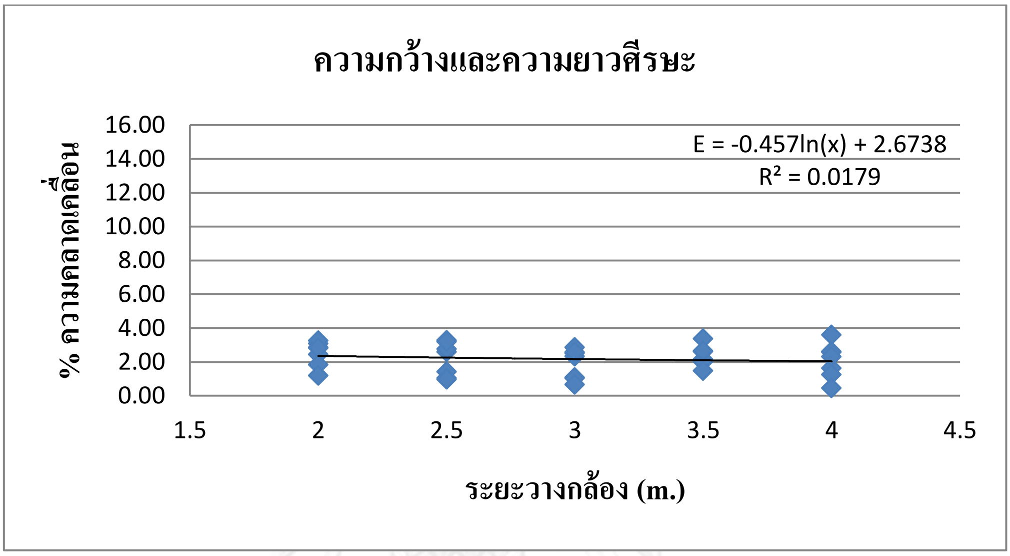
4.2.9 ระยะกางแขน



รูปที่ 4.10 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนระยะกางแขน

4.2.10 ความกว้างศีรษะและความยาวศีรษะ (ข้อมูลจากผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป)

จะใช้รูปแบบสมการเดียวกัน เนื่องจากมีขนาดสัดส่วนใกล้เคียงกัน แต่เนื่องด้วยสัดส่วนทั้งสองมีระยะอยู่ในช่วงแคบๆ ทำให้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนไม่ชัดเจน เมื่อปัจจัยระยะวางกล้องเปลี่ยนไป จึงทำให้สัดส่วนความกว้าง-ยาวศีรษะ ไม่สามารถสร้างสมการเพื่อแทนค่าได้



รูปที่ 4.11 สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะและความยาวศีรษะ

สร้างสมการเพื่อแทนค่าสัดส่วนใหม่ ($\hat{Y}$) เมื่อได้สมการเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนแล้ว จากนั้นจะดูทิศทางความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนจากผู้ทดลองสวมชุดรัดรูปว่าอยู่ในทิศทางบวก หรือ ทิศทางลบ เพื่อสร้างสมการแทนค่า ($\hat{Y}$)

ทิศทางบวกจะได้สมการ $\hat{Y} = Y - Y(\frac{E}{100})$ (4.3)

ทิศทางลบจะได้สมการ $\hat{Y} = Y + Y(\frac{E}{100})$ (4.4)

ไม่มีทิศทาง เราจะแทนด้วยสมการเช่นเดียวกับทิศทางบวก

รายละเอียดดังแสดงตารางที่ 4.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.3 สร้างสมการเพื่อแทนค่าสัดส่วนใหม่ ($\hat{Y}$)

สัดส่วน	สมการ E	ทิศทาง ความคลาดเคลื่อน
1.ความสูงขณะยืน	E = -1.7ln(x) + 2.3707	ไม่แน่นอน
2.ความสูงไหล่ขณะยืน	E = -1.456ln(x) + 1.312	ไม่แน่นอน
3.ความสูงขณะนั่ง	E = -5.06ln(x) + 11.589	บวก
4.ความสูงไหล่ขณะนั่ง	E = -6.309ln(x) + 16.79	บวก
5.ความสูงของเข่าขณะนั่ง	E = -3.963ln(x) + 7.647	บวก
6.ระยะจากก้นถึงหัวเข่า	E = -2.94ln(x) + 5.0132	บวก
7.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	E = -7.341ln(x) + 14.253	บวก
8.ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)	E = -3.688ln(x) + 7.805	ไม่แน่นอน
9.ความกว้างสะโพก	E = -3.688ln(x) + 7.805	ไม่แน่นอน
10.ระยะกางแขน	E = -1.624ln(x) + 2.8704	ลบ
11.ความกว้างศีรษะ	E = -0.457ln(x) + 2.6738	บวก
12.ความยาวศีรษะ	E = -0.457ln(x) + 2.6738	บวก

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป

การวัดสัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูปจำนวน 5 คน รายละเอียดดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป

ลำดับ	เพศ	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)
1	หญิง	39.0	143.3
2	หญิง	47.5	152.9
3	หญิง	50.0	162.0
4	ชาย	54.0	165.2
5	ชาย	80.0	177.4

ทำการวัดค่าขนาดสัดส่วนทั้งหมด 12 สัดส่วน ที่ระยะวางกล้องถ่ายภาพ 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร ตามลำดับ ข้อมูลขนาดสัดส่วนที่วัดได้จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ข จากนั้นวิเคราะห์สมมติฐานผลความแตกต่างของข้อมูล เนื่องจากการขนาดวัดสัดส่วนมนุษย์มีความหลากหลายแตกต่างกับสัดส่วนหุ่น และได้ควบคุมปัจจัยเสื้อผ้าของผู้เข้าร่วมทดลอง จึงสามารถวิเคราะห์เพื่อดูความแตกต่างของแต่สัดส่วนได้ ด้วยสถิติ t-test แบบการทดสอบสองหาง ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 ถ้าค่า t ที่คำนวนได้มากกว่าหรือ เท่ากับค่าวิกฤต จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.5

$H_0 ; \mu_1 - \mu_2 = 0$

H_1 ; $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

โดยที่ ค่า μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน X_i ที่มาจากวัดด้วยวิธีวัดตรง
μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน X_i ที่มาจากวัดด้วยวิธีการทางภาพถ่าย

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบสมมติฐาน

สัดส่วน	t Stat	t Critical two-tail	ผลการทดสอบสมมติฐาน
1.ความสูงขณะยืน	-0.52	2.0686	ยอมรับ
2.ความสูงไหล่ขณะยืน	1.96	2.0686	ยอมรับ
3.ความสูงขณะนั่ง	-15.09	2.0686	ปฏิเสธ
4.ความสูงไหล่ขณะนั่ง	-21.40	2.0686	ปฏิเสธ
5.ความสูงของเข่าขณะนั่ง	-6.90	2.0686	ปฏิเสธ
6.ระยะจากก้นถึงหัวเข่า	-8.30	2.0686	ปฏิเสธ
7.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	50.27	2.0686	ปฏิเสธ
8.ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)	0.41	2.0686	ยอมรับ
9.ความกว้างสะโพก	-0.70	2.0686	ยอมรับ
10.ระยะกางแขน	5.81	2.1009	ปฏิเสธ
11.ความกว้างศีรษะ	-5.63	2.0686	ปฏิเสธ
12.ความยาวศีรษะ	-3.9	2.0686	ปฏิเสธ

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดปกติ

การวัดสัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดปกติ (ชุดนิสิตชาย–หญิง) งานวิจัยนี้ผู้เข้าร่วมทดลองเป็นนิสิตชั้นปีที่ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 25 คน ทำการวัดค่าสัดส่วนทั้งหมด 12 สัดส่วน ดังนี้ ที่ระยะวางกล้องถ่ายภาพ 2, 3, และ 4 เมตร ตามลำดับ (ข้อมูลสัดส่วนที่วัดได้จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ค) จากนั้นวิเคราะห์สมมติฐานผลความแตกต่างของข้อมูล เนื่องจากการวัดสัดส่วนมนุษย์มีความหลากหลายแตกต่างกับสัดส่วนหุ่น และกรณีนี้ไม่ได้ควบคุมปัจจัยเสื้อผ้าของผู้เข้าร่วมทดลอง จึงสามารถวิเคราะห์เพื่อดูความแตกต่างของแต่สัดส่วนที่เกิดจากการสวมเสื้อผ้ารัดรูป และสวมเสื้อผ้าปกติได้ ด้วยสถิติ t-test แบบการทดสอบสองหาง ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ถ้าค่า t ที่คำนวนได้มากกว่าหรือ เท่ากับค่าวิกฤต จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.6

H_0 ; $\mu_1 - \mu_2 = 0$

H_1 ; $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

โดยที่ ค่า μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน X_i ที่มาจากวัดด้วยวิธีวัดตรง
μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน X_i ที่มาจากวัดด้วยวิธีการทางภาพถ่าย

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบสมมติฐาน

สัดส่วน	t Stat	t Critical two-tail	ผลการทดสอบสมมติฐาน
1.ความสูงขณะยืน	-1.14	1.9929	ยอมรับ
2.ความสูงไหล่ขณะยืน	10.65	1.9929	ปฏิเสธ
3.ความสูงขณะนั่ง	-19.23	1.9929	ปฏิเสธ
4.ความสูงไหล่ขณะนั่ง	-15.62	1.9929	ปฏิเสธ
5.ความสูงของเข่าขณะนั่ง	-9.69	1.9929	ปฏิเสธ
6.ระยะจากก้นถึงหัวเข่า	-0.89	1.9929	ยอมรับ
7.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	-13.18	1.9929	ปฏิเสธ
8.ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)	3.94	1.9929	ปฏิเสธ
9.ความกว้างสะโพก	-0.46	1.9929	ยอมรับ
10.ระยะกางแขน	9.10	2.0106	ปฏิเสธ
11.ความกว้างศีรษะ	-3.34	1.9929	ปฏิเสธ
12.ความยาวศีรษะ	-3.61	1.9929	ปฏิเสธ

4.5 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูปและผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ (ชุดนิสิต)

จากการวิเคราะห์สมมติฐานผลความแตกต่างของข้อมูลจากผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปผลพบว่า สัดส่วนที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์ นั่นคือข้อมูลไม่มีความแตกต่างกัน ที่ 4 สัดส่วนได้แก่ 1.ความสูงขณะยืน 2.ความสูงระดับไหล่ขณะยืน 3.ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) 4.ความกว้างสะโพก นั่นหมายความว่าถ้าใช้สมการแทนค่าความคลาดเคลื่อนกับสัดส่วนทั้งสี่นี้ อาจจะไม่สามารถใช้ได้

จากการวิเคราะห์สมมติฐานผลความแตกต่างของข้อมูลจากผู้เข้าร่วมทดลองสวมปกติผลพบว่า สัดส่วนที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์ นั่นคือข้อมูลไม่มีความแตกต่างกัน ที่ 3 สัดส่วนได้แก่ 1.ความสูงขณะยืน 2.ระยะจากก้นถึงหัวเข่า 3.ความกว้างสะโพก นั่นหมายความว่าถ้าใช้สมการแทนค่าความคลาดเคลื่อนกับสัดส่วนทั้งสามนี้ อาจจะไม่สามารถใช้ได้

จะเห็นว่ามีสัดส่วนที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์ตรงกันทั้งผู้สวมชุดรัดรูปและสวมชุดปกติ คือ สัดส่วน 1. ความสูงขณะยืน 2.ความสูงระดับไหล่ขณะยืน 3.ระยะจากก้นถึงหัวเข่า 4.ความกว้าง-ไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) 5.ความกว้างสะโพก นั่นคือค่าสัดส่วนที่วัดได้จากวีธีวัดโดยตรงและวิธีการทางภาพถ่ายไม่แตกต่างกัน แต่จะยืนยันผลสอดคล้องกับสมมติฐานอีกครั้งด้วยการทดสอบสมการลอการิทึมในบทที่ 5 ต่อไป

บทที่ 5
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการสร้างสมการเพื่อแทนค่าสัดส่วนใหม่ ($\hat{Y}$) ได้แล้ว ในบทนี้จะทดสอบสมการกับสัดส่วนจำนวน 12 สัดส่วน ที่วัดได้จากผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์การนำไปใช้จริงว่าสามารถเพิ่มความแม่นยำได้ และสัดส่วนใดที่ไม่ควรใช้สมการ โดยมีวิธีการดังนี้

สร้างสมการของสัดส่วน (จากสมการลอการิทึมในบทที่ 4)

$$\hat{Y} = Y - Y(\frac{a\ln(\mathrm{x}) + \mathrm{b}}{100}) \pm \text{ค่าคงที่}$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

X คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

จากนั้นเปรียบเทียบกราฟค่าความคลาดเคลื่อนก่อนและหลังใช้สมการ

ค่าสัดส่วนจากวิธีการทางภาพถ่าย - ค่าสัดส่วนจากวิธีการวัดโดยตรง = ค่าเดิม

ค่าสัดส่วนจากการแทนค่าสมการ - ค่าสัดส่วนจากวิธีการวัดโดยตรง = ค่าสมการ

วิเคราะห์ผลการใช้สมการลดความคลาดเคลื่อน และข้อจำกัดของการใช้วัดสัดส่วนร่างกาย ถ้าค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของ ค่าสมการ น้อยกว่า ค่าเดิม จะสนับสนุนให้ใช้สมการในการลดความคลาดเคลื่อน ขึ้นอยู่กับการใช้งานค่าสัดส่วนว่าสามารถยอมรับได้ในระดับใด

5.1 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงขณะยืน

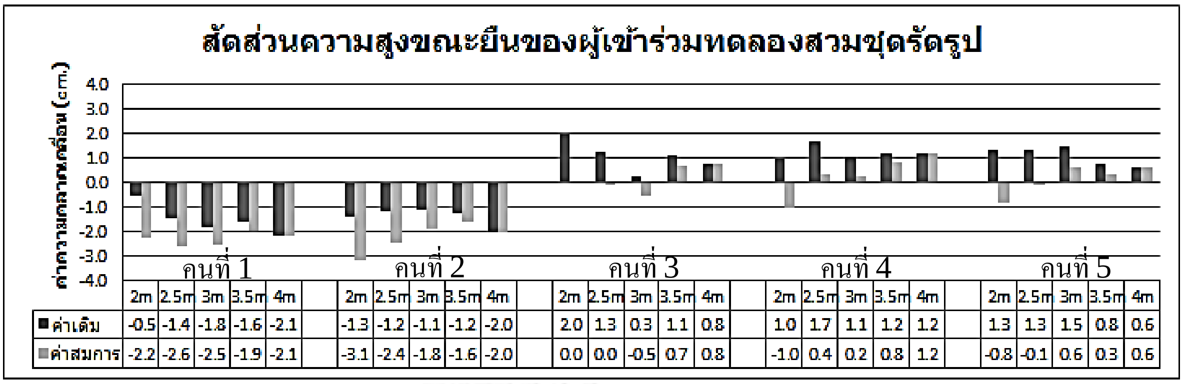
สมการของสัดส่วนความสูงขณะยืนคือ

$$\hat{Y} = Y - Y(\frac{-1.7\ln(\mathrm{x}) + 2.3707}{100}) \quad (5.1)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.1) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด (ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.1

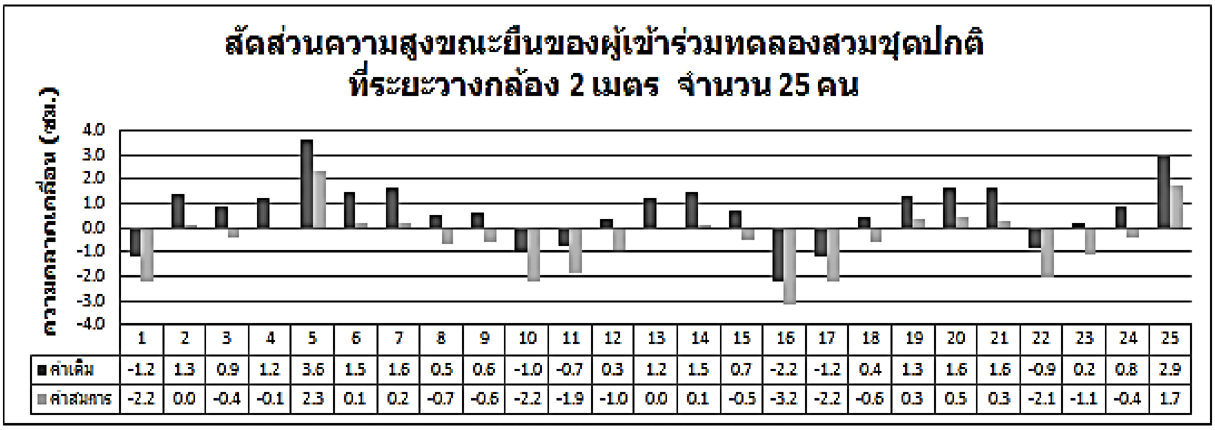


รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป

5.1.1 สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ระยะวางกล้อง 2 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.7\ln(x) + 2.3707}{100}\right) + 0.8 \qquad (5.2)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.2



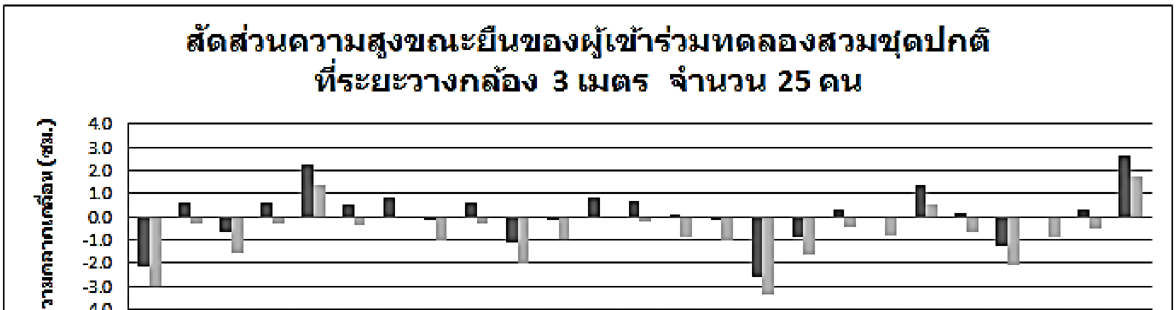
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1.2 สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ระยะวางกล้อง 3 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.7\ln(x) + 2.3707}{100}\right) \qquad (5.3)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.3



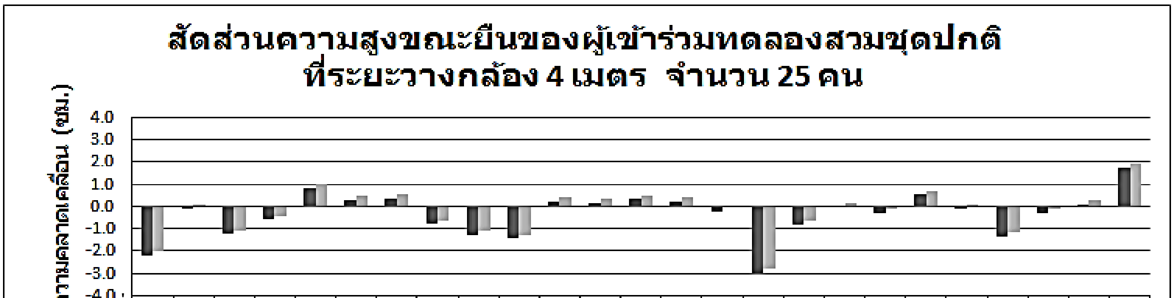
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	-2.2	0.6	-0.6	0.6	2.3	0.6	0.9	-0.2	0.6	-1.1	-0.2	0.9	0.7	0.0	-0.1	-2.6	-0.8	0.4	0.0	1.4	0.2	-1.3	0.0	0.3	2.6
ค่าสมการ	-2.9	-0.3	-1.5	-0.3	1.4	-0.3	0.0	-1.0	-0.3	-2.0	-1.0	0.0	-0.2	-0.9	-1.0	-3.4	-1.6	-0.4	-0.8	0.6	-0.7	-2.1	-0.9	-0.5	1.8

รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.1.3 สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.7\ln(x) + 2.3707}{100}\right) + 0.2 \qquad (5.4)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.4



คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	-2.2	-0.1	-1.2	-0.6	0.8	0.3	0.4	-0.8	-1.3	-1.4	0.2	0.2	0.3	0.2	-0.2	-3.0	-0.8	0.0	-0.3	0.5	-0.1	-1.4	-0.3	0.1	1.7
ค่าสมการ	-2.0	0.1	-1.1	-0.4	1.0	0.5	0.6	-0.6	-1.1	-1.3	0.4	0.3	0.5	0.4	0.0	-2.8	-0.6	0.2	-0.1	0.7	0.1	-1.2	-0.1	0.3	1.9

รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืนดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะยืน

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	0.68	-0.55	ไม่ควรใช้สมการ
	3.0 ม.	0.11	-0.74	ไม่ควรใช้สมการ
	4.0 ม.	-0.35	-0.2	ไม่ควรใช้สมการ

จากการเปรียบเทียบสรุปได้ว่า การใช้สมการกับสัดส่วนความสูงขณะยืน ไม่สมควรใช้สมการ

เพื่อลดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากทิศทางค่าบวก-ลบ ไม่แน่นอนจึงลดความคลาดเคลื่อนได้เพียงบางคน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อแทนค่าสมการ กลับมีค่าสูงกว่าค่าเดิม รวมถึงสาเหตุจากคนสามารถยืดหยุ่นได้ การวัดความสูงขณะถ่ายภาพและขณะวัดโดยตรงอาจมีการยืดตัวหรือหดตัวไม่เท่ากันของผู้เข้าร่วมทดลอง ดังนั้นจึงไม่สนับสนุนให้ใช้สมการในการลดความคลาดเคลื่อนสอดคล้องกับการทดสอบสมมติฐาน (จากบทที่ 4) คือ สัดส่วนความสูงที่วัดได้ทั้งสองวิธี ค่าข้อมูลไม่แตกต่างกัน นั่นคือการวัดสัดส่วนด้วยวิธีการถ่ายภาพสามารถยอมรับได้ เมื่อดูจากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนแล้ว ถือว่าเป็นค่าที่น้อย ระหว่าง 0.68 ถึง -0.35 เซนติเมตร เท่านั้น จึงสรุปได้ว่าระยะวางกล้องที่ 2-4 เมตร สามารถใช้เพื่อวัดค่าสัดส่วนความสูงขณะยืนได้ โดยไม่ต้องใช้สมการลดความคลาดเคลื่อน

5.2 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน

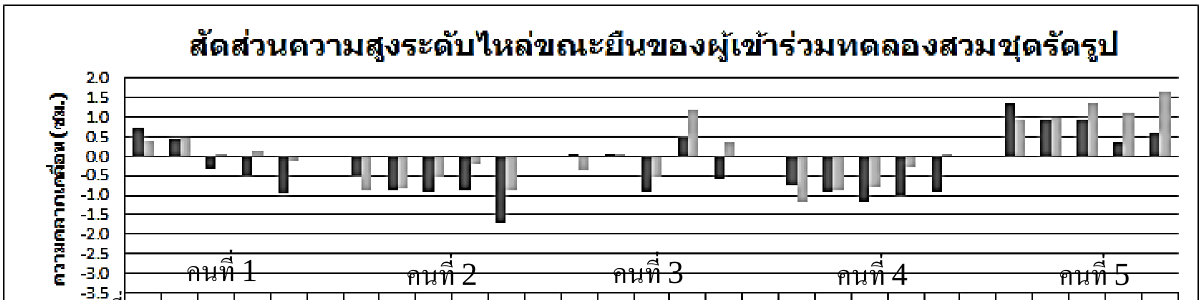
สมการของสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.456\ln(x) + 1.312}{100}\right) \qquad (5.5)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.5) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด(ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.5



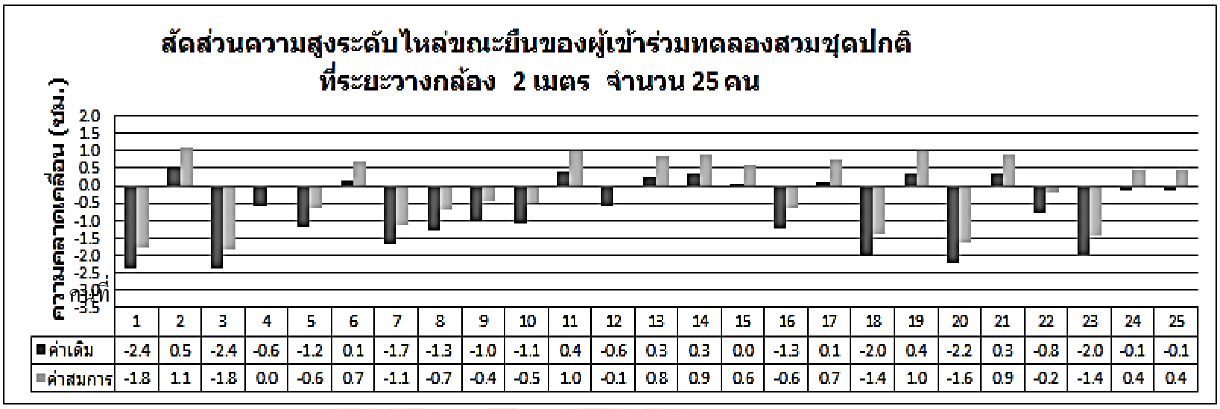
คนที่	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
ค่าเดิม	0.7	0.4	-0.3	-0.5	-1.0	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8	-1.7	0.1	0.0	-0.9	0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-1.2	-1.0	-0.9	1.4	0.9	0.9	0.3	0.6
ค่าสมการ	0.4	0.5	0.0	0.1	-0.1	-0.9	-0.8	-0.6	-0.2	-0.9	-0.3	0.0	-0.5	1.2	0.4	-1.1	-0.9	-0.8	-0.3	0.0	0.9	1.0	1.4	1.1	1.6

รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน
ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป

5.2.1 สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.456\ln(x) + 1.312}{100}\right) + 1 \qquad (5.6)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.6

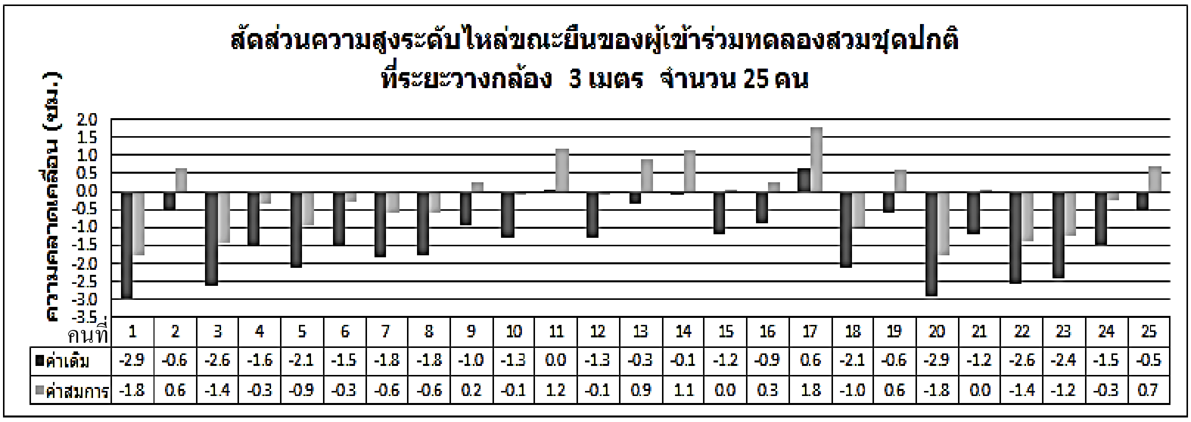


รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

5.2.2 สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.456\ln(x) + 1.312}{100}\right) + 0.8 \qquad (5.7)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.7

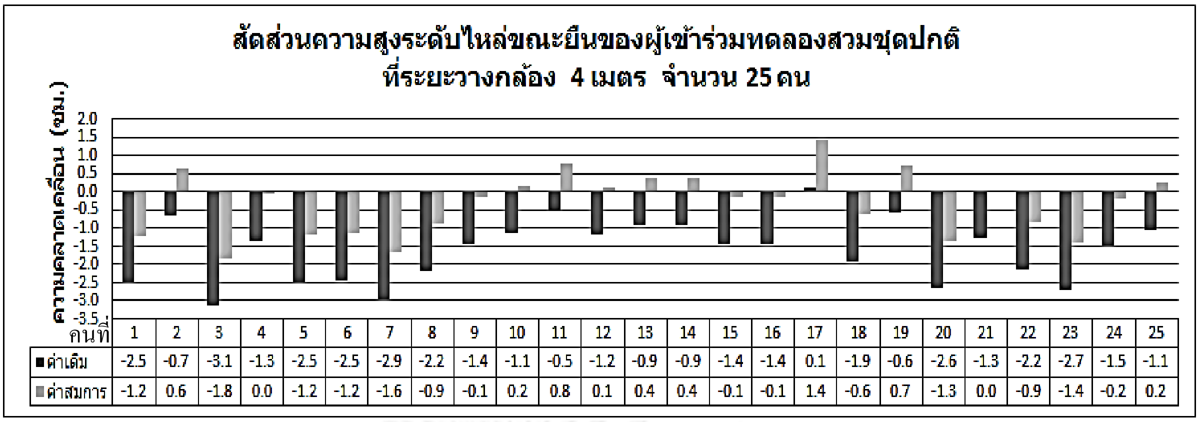


รูปที่ 5.7 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.2.3 สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.456\ln(x) + 1.312}{100}\right) + 1.3 \qquad (5.8)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.8



คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
■ค่าเดิม	-2.5	-0.7	-3.1	-1.3	-2.5	-2.5	-2.9	-2.2	-1.4	-1.1	-0.5	-1.2	-0.9	-0.9	-1.4	-1.4	0.1	-1.9	-0.6	-2.6	-1.3	-2.2	-2.7	-1.5	-1.1
■ค่าสมการ	-1.2	0.6	-1.8	0.0	-1.2	-1.2	-1.6	-0.9	-0.1	0.2	0.8	0.1	0.4	0.4	-0.1	-0.1	1.4	-0.6	0.7	-1.3	0.0	-0.9	-1.4	-0.2	0.2

รูปที่ 5.8 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืนที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงไหล่ขณะยืนดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	-0.73	-0.15	ไม่ควรใช้สมการ
	3.0 ม.	-1.37	-0.17	ใช้สมการได้
	4.0 ม.	-1.62	-0.32	ใช้สมการได้

ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนยังมีทิศทางบวก-ลบ ไม่แน่นอน การแทนค่าสมการจึงลดความคลาดเคลื่อนได้เพียง 14 คน จากทั้งหมด 25 คน ดังนั้นไม่ควรใช้สมการนี้ในการแทนค่าเพื่อลดความคลาดเคลื่อน อย่างไรก็ตาม ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร สมการสมารถลดความคลาดเคลื่อนได้ 20 คน รวมถึงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนลดลงจาก -1.37 เป็น -0.17 จึงสรุปได้ว่าสมการใช้ลดความคลาดเคลื่อนได้ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร สมการสมารถลดความคลาดเคลื่อนได้ 22 คน รวมถึงค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนลดลงจาก -1.62 เป็น -0.32 จึงสรุปได้ว่าสมการใช้ลดความคลาดเคลื่อนได้

5.3 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงขณะนั่ง

สมการของสัดส่วนความสูงขณะนั่ง คือ

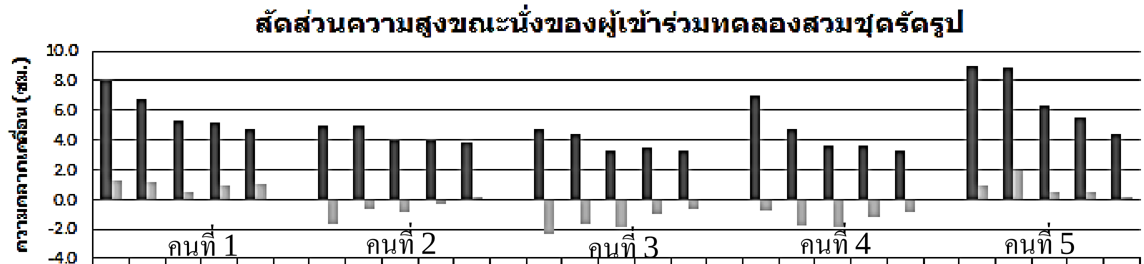
$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) \qquad (5.9)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.9) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$

ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด (ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.9



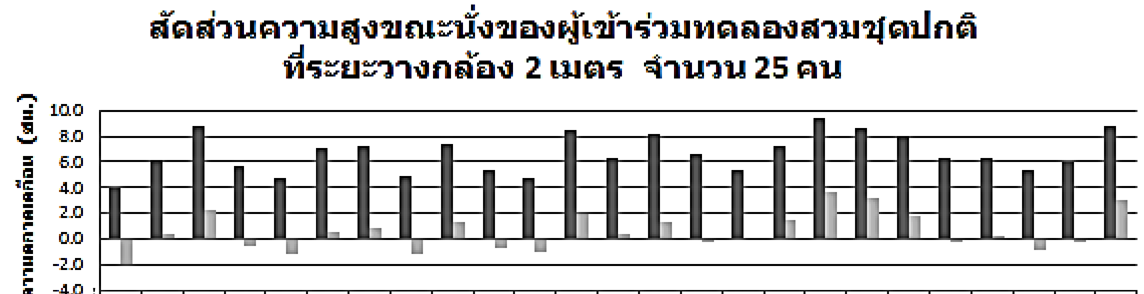
	2m	2.5m	3m	3.5m	4m		2m	2.5m	3m	3.5m	4m		2m	2.5m	3m	3.5m	4m		2m	2.5m	3m	3.5m	4m		2m	2.5m	3m	3.5m	4m
ค่าเดิม	8.0	6.8	5.3	5.1	4.7		4.9	4.9	4.0	3.9	3.8		4.7	4.4	3.2	3.5	3.2		7.0	4.7	3.7	3.6	3.3		8.9	8.9	6.4	5.5	4.4
ค่าสมการ	1.3	1.1	0.5	1.0	1.1		-1.6	-0.7	-0.8	-0.3	0.2		-2.3	-1.6	-1.9	-1.0	-0.7		-0.8	-1.8	-1.9	-1.2	-0.9		0.9	2.0	0.5	0.5	0.1

รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป

5.3.1 สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) + 1.4 \tag{5.10}$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.10



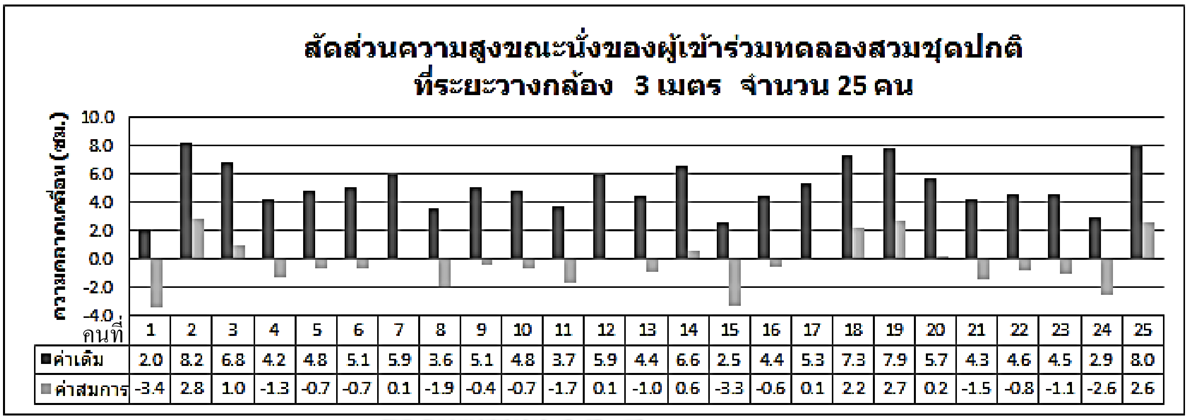
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	4.0	6.1	8.8	5.7	4.7	7.1	7.3	4.9	7.4	5.3	4.8	8.6	6.3	8.1	6.6	5.3	7.3	9.4	8.7	8.1	6.3	6.3	5.4	6.0	8.9
ค่าสมการ	-2.0	0.4	2.3	-0.5	-1.2	0.6	0.8	-1.2	1.3	-0.7	-1.1	1.9	0.3	1.3	-0.2	0.0	1.5	3.7	3.1	1.9	-0.2	0.3	-0.8	-0.2	3.0

รูปที่ 5.10 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

5.3.2 สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) \tag{5.11}$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.11

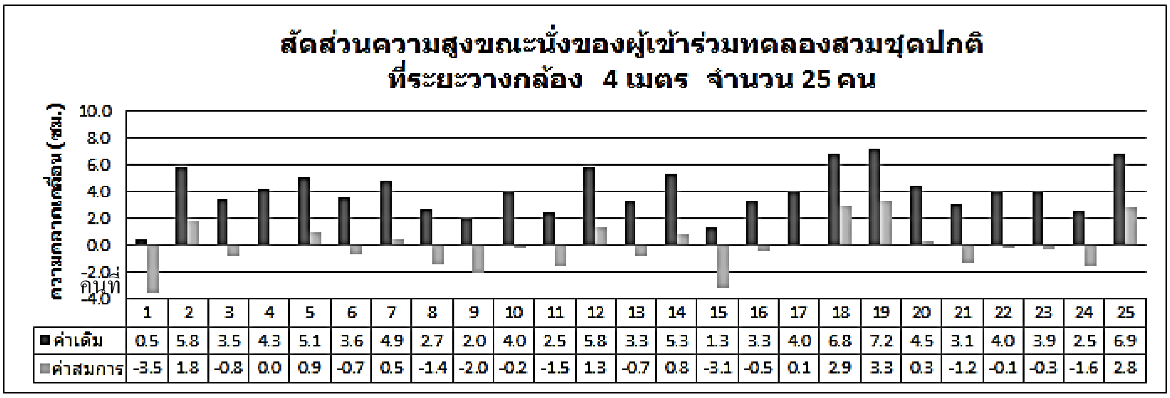


รูปที่ 5.11 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.3.3 สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) \qquad (5.12)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่งดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงขณะนั่ง

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	6.69	-0.57	ใช้สมการได้
	3.0 ม.	5.15	-0.37	ใช้สมการได้
	4.0 ม.	4.02	-0.11	ใช้สมการได้

จากการเปรียบเทียบสรุปได้ว่า การใช้สมการกับสัดส่วนความสูงขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะ 2 และ 3 เมตร สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ 25 คน และที่ระยะ 4 เมตร สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ 23 คน จากทั้งหมด 25 คน และค่าเฉลี่ยลดลงจากค่าเดิมที่วัดได้ ถือว่าสมการดังกล่าวสามารถใช้ลดความคลาดเคลื่อนได้

สาเหตุที่เกิดความคลาดเคลื่อนกับสัดส่วนนี้คือ เมื่อถ่ายภาพที่ระยะใกล้จะทำให้สะโพกที่มีลักษณะโค้ง ยากต่อการวัดระยะและถึงแม้ว่าจะนั่งอยู่ในระนาบเดียวกับระนาบอ้างอิง สะโพกยังคงเลื่อมล้ำออกมาเข้าหากล้องถ่ายภาพ ลักษณะภาพจึงโป่งออก ทำให้มีระยะสูงขึ้นกว่าค่าจริง

5.4 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง

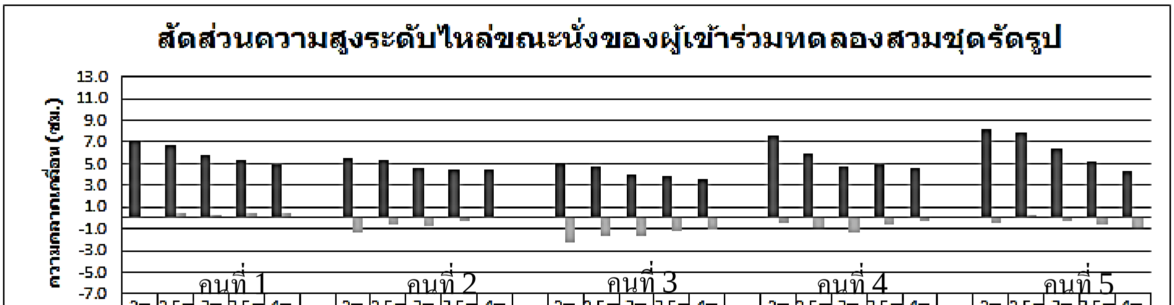
สมการของสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง คือ

$$\hat{Y} = Y - Y(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}) \qquad (5.13)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.13) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด(ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.13



	2m	2.5m	3m	3.5m	4m		2m	2.5m	3m	3.5m	4m		2m	2.5m	3m	3.5m	4m		2m	2.5m	3m	3.5m	4m		2m	2.5m	3m	3.5m	4m
ค่าเดิม	7.2	6.7	5.8	5.4	4.9		5.6	5.4	4.7	4.4	4.5		5.0	4.7	4.1	3.9	3.6		7.6	6.0	4.8	4.9	4.6		8.2	7.9	6.4	5.3	4.4
ค่าสมการ	0.1	0.5	0.3	0.5	0.4		-1.3	-0.7	-0.7	-0.4	0.2		-2.3	-1.7	-1.6	-1.2	-1.0		-0.4	-0.9	-1.3	-0.6	-0.3		-0.4	0.3	-0.3	-0.6	-0.9

รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง
ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป

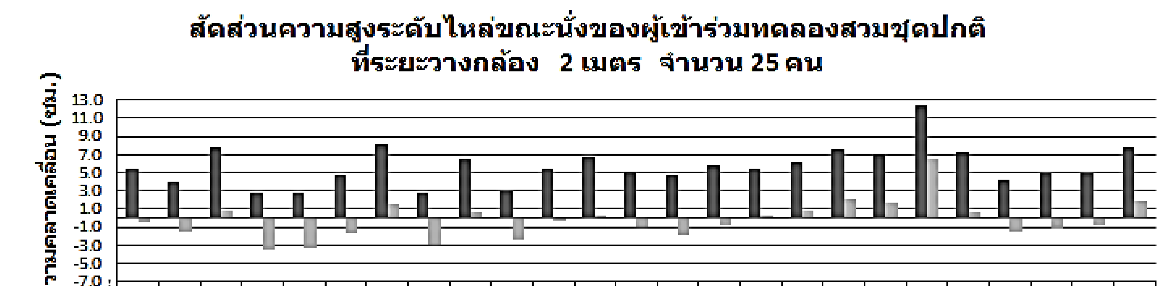
5.4.1 สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 1.8 \qquad (5.14)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.14) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างของความคลาดเคลื่อน (เซ็นติเมตร) ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ จำนวน 25 คน ระยะวางกล้อง 2 เมตร ดังรูปที่ 5.14



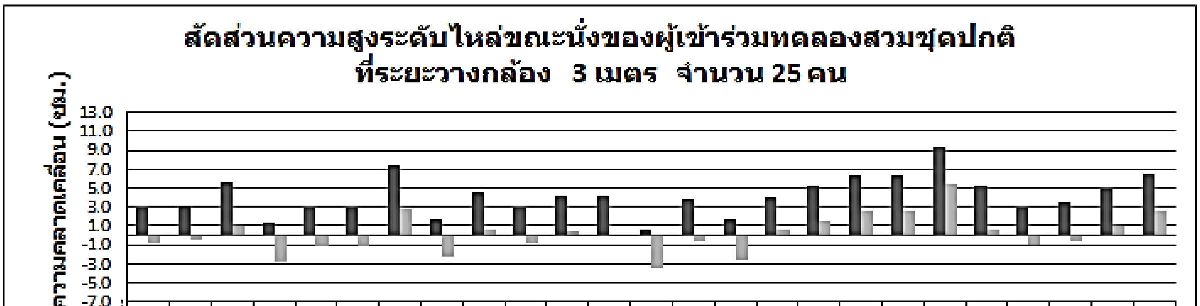
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
■ค่าเดิม	5.4	4.0	7.7	2.7	2.7	4.7	8.1	2.8	6.5	3.0	5.4	6.7	5.1	4.8	5.8	5.4	6.2	7.6	7.1	12.5	7.3	4.2	4.9	4.9	7.7
■ค่าสมการ	-0.4	-1.5	0.9	-3.5	-3.3	-1.6	1.5	-3.0	0.6	-2.5	-0.3	0.3	-1.0	-1.8	-0.8	0.2	0.7	2.1	1.7	6.5	0.5	-1.5	-1.2	-0.8	2.0

รูปที่ 5.14 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

5.4.2 สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 2 \qquad (5.15)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.15



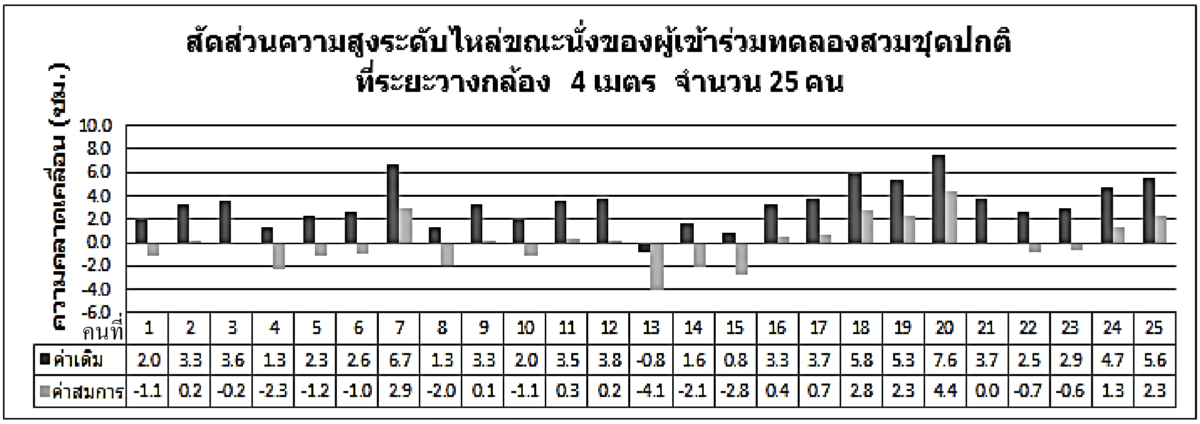
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
■ค่าเดิม	3.0	3.2	5.6	1.4	2.9	3.0	7.3	1.7	4.5	2.9	4.2	4.3	0.6	3.9	1.7	4.0	5.3	6.3	6.3	9.4	5.2	2.9	3.4	4.9	6.5
■ค่าสมการ	-0.8	-0.5	1.0	-2.8	-1.2	-1.2	2.8	-2.2	0.6	-0.9	0.4	0.0	-3.4	-0.7	-2.6	0.6	1.6	2.7	2.7	5.5	0.6	-0.9	-0.7	1.0	2.6

รูปที่ 5.15 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.4.3 สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 1.5 \qquad (5.16)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่งดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	5.72	-0.24	ใช้สมการได้
	3.0 ม.	4.18	-0.16	ใช้สมการได้
	4.0 ม.	3.29	-0.05	ใช้สมการได้

จากการเปรียบเทียบสรุปได้ว่า การใช้สมการกับสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะนั่งกับผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะ 2, 3 และ 4 เมตร สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ 22, 21 และ 20 คน จากทั้งหมด 25 คน และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนลดลงจากค่าเดิม สาเหตุที่เกิดความคลาดเคลื่อนกับสัดส่วนนี้คือ เมื่อถ่ายภาพที่ระยะใกล้จะทำให้สะโพกที่มีลักษณะโค้ง เลื่อมล้ำออกมาเข้าหากล้องถ่ายภาพ ลักษณะภาพจึงโป่งออก และลักษณะการนั่งของผู้ถูกถ่ายภาพจะต้องนั่งให้ไหล่ 2 ข้างอยู่ระดับเดียวกันลำตัวตรงไม่บิดเบี้ยวไปด้านใดด้านหนึ่ง เพราะจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน

5.5 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่ง

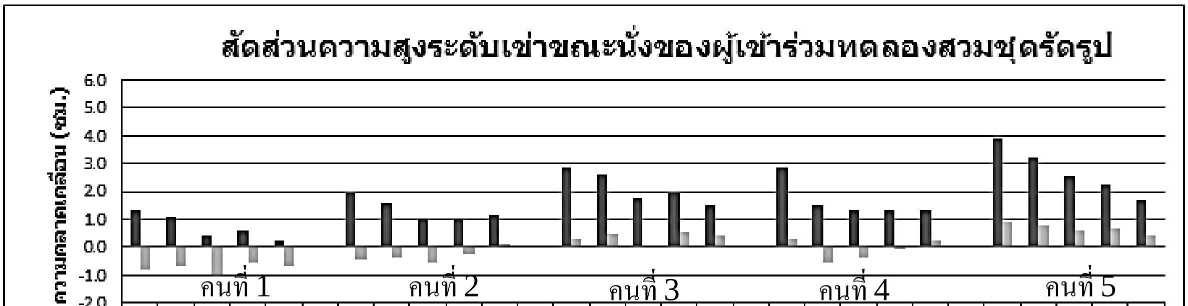
สมการของสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่ง คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) \qquad (5.17)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.17) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด (ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.17



	คนที่ 1					คนที่ 2					คนที่ 3					คนที่ 4					คนที่ 5				
	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
ค่าเดิม	1.3	1.1	0.4	0.6	0.3	2.0	1.6	1.0	1.1	1.1	2.9	2.6	1.8	1.9	1.5	2.9	1.5	1.3	1.3	1.3	3.9	3.2	2.6	2.2	1.7
ค่าสมการ	-0.8	-0.7	-1.0	-0.5	-0.7	-0.4	-0.4	-0.6	-0.2	0.1	0.3	0.5	0.1	0.5	0.4	0.3	-0.6	-0.4	0.0	0.2	0.9	0.8	0.6	0.6	0.4

รูปที่ 5.17 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่ง
ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป

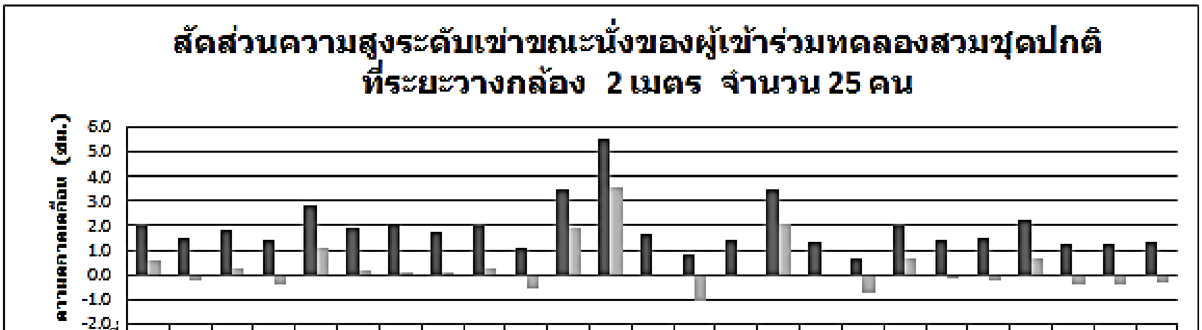
5.5.1 สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ \ln(x) + 7.647}{100}\right) + 1 \qquad (5.18)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.18) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างของความคลาดเคลื่อน (เซ็นติเมตร) ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ จำนวน 25 คน ระยะวางกล้อง 2 เมตร ดังรูปที่ 5.18



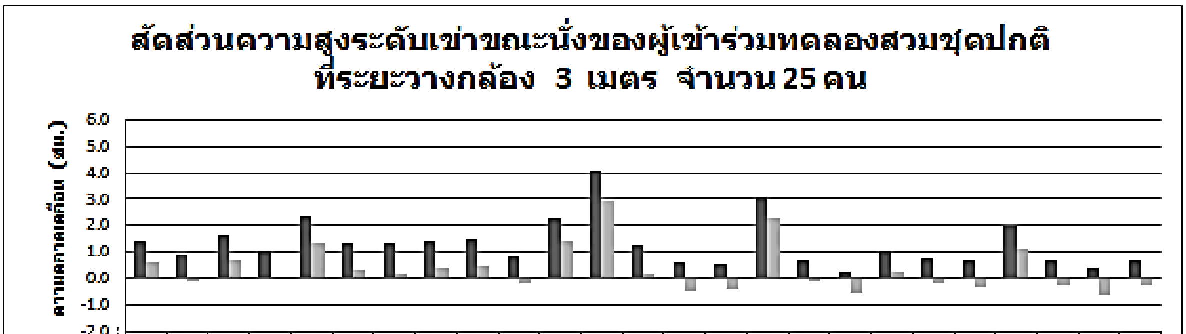
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	2.0	1.5	1.8	1.4	2.8	1.9	2.1	1.8	2.0	1.1	3.5	5.5	1.7	0.8	1.5	3.5	1.4	0.7	2.0	1.4	1.5	2.3	1.3	1.3	1.3
ค่าสมการ	0.6	-0.2	0.3	-0.4	1.1	0.2	0.1	0.1	0.3	-0.5	1.9	3.5	-0.1	-1.0	-0.1	2.1	0.0	-0.7	0.7	-0.1	-0.3	0.7	-0.4	-0.4	-0.3

รูปที่ 5.18 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

5.5.2 สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) + 0.8 \qquad (5.19)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.19



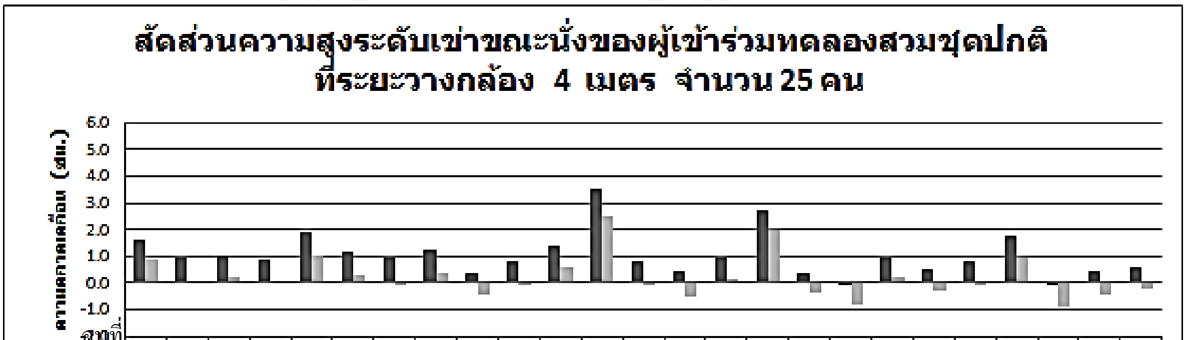
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
■ ค่าเดิม	1.4	0.9	1.6	1.1	2.3	1.4	1.4	1.4	1.5	0.8	2.3	4.1	1.2	0.6	0.5	3.1	0.7	0.2	1.0	0.7	0.7	2.0	0.7	0.4	0.7
■ ค่าสมการ	0.6	0.0	0.7	0.0	1.3	0.4	0.2	0.4	0.4	-0.1	1.4	2.9	0.2	-0.5	-0.4	2.3	-0.1	-0.5	0.3	-0.1	-0.3	1.1	-0.2	-0.6	-0.2

รูปที่ 5.19 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.4.3 สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่งของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) + 0.3 \qquad (5.20)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.20



คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
■ ค่าเดิม	1.6	0.9	1.0	0.9	1.9	1.2	1.0	1.2	0.4	0.8	1.4	3.5	0.8	0.4	1.0	2.7	0.4	-0.1	1.0	0.5	0.8	1.8	-0.1	0.4	0.6
■ ค่าสมการ	0.9	0.1	0.2	0.0	1.1	0.3	0.0	0.4	-0.5	0.0	0.6	2.5	-0.1	-0.5	0.2	2.0	-0.4	-0.8	0.2	-0.3	-0.1	1.0	-0.9	-0.4	-0.3

รูปที่ 5.20 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่งที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่งดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่ง

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	1.92	0.3	ใช้สมการได้
	3.0 ม.	1.32	0.4	ใช้สมการได้
	4.0 ม.	1.04	0.2	ใช้สมการได้

จากการเปรียบเทียบสรุปได้ว่า การใช้สมการกับสัดส่วนความสูงระดับเข่าขณะนั่งสามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ดี ที่ระยะ 2 และ 3 เมตร สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ 25 คน และที่ระยะ 4 เมตร สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ 23 คน จากทั้งหมด 25 คน จึงแนะนำให้ใช้สมการเพื่อลดความคลาดเคลื่อน สาเหตุความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสัดส่วนนี้เมื่ออยู่ในท่านั่งมาตรฐานจะทำให้กึ่งกลางลำตัวผู้ถูกถ่ายภาพอยู่ระนาบเดียวกับระนาบอ้างอิงแต่ทำให้เท้าอยู่เลื่อมล้ำมาทางกล้องถ่ายภาพ ส่งผลให้การวัดระยะดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าจริง และท่าทางการถ่ายภาพจะต้องให้หัวเข่าตั้งฉากกัน ไม่กางเข่าออก ก็จะส่งผลต่อวามคลาดเคลื่อนเช่นกัน

5.6 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า

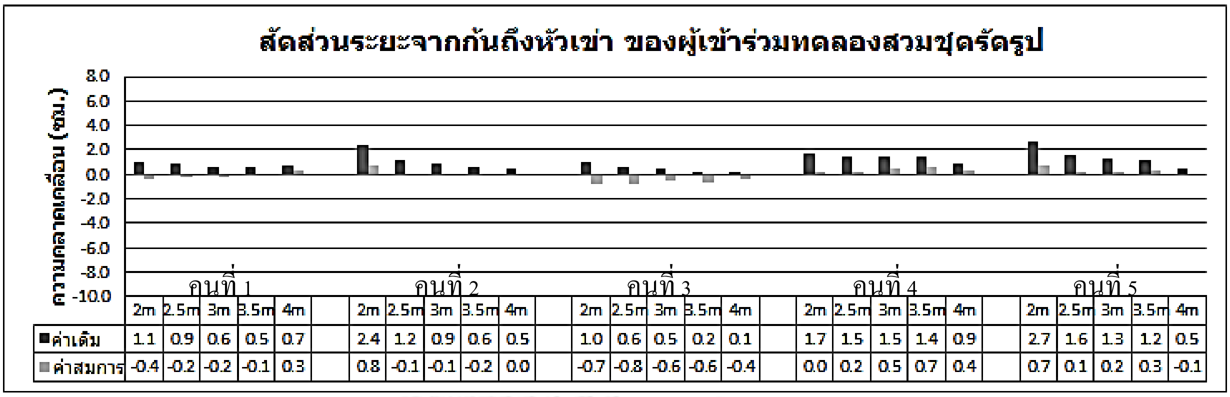
สมการของสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-2.94\ln(x) + 5.0132}{100}\right) \qquad (5.21)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.21) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด (ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 21



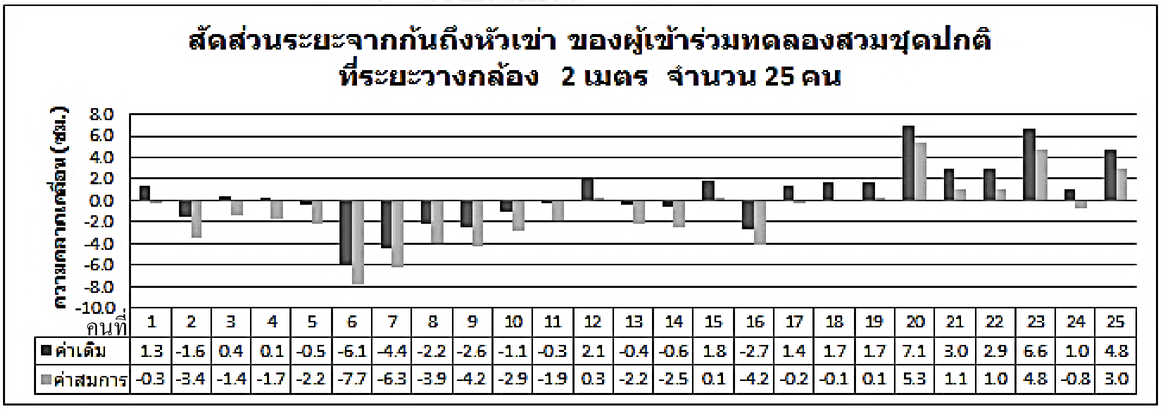
	คนที่ 1					คนที่ 2					คนที่ 3					คนที่ 4					คนที่ 5				
	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
ค่าเดิม	1.1	0.9	0.6	0.5	0.7	2.4	1.2	0.9	0.6	0.5	1.0	0.6	0.5	0.2	0.1	1.7	1.5	1.5	1.4	0.9	2.7	1.6	1.3	1.2	0.5
ค่าสมการ	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.3	0.8	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.7	-0.8	-0.6	-0.6	-0.4	0.0	0.2	0.5	0.7	0.4	0.7	0.1	0.2	0.3	-0.1

รูปที่ 5.21 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า ของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป

5.6.1 สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่าของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-2.94\ln(x) + 5.0132}{100}\right) \tag{5.22}$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.22



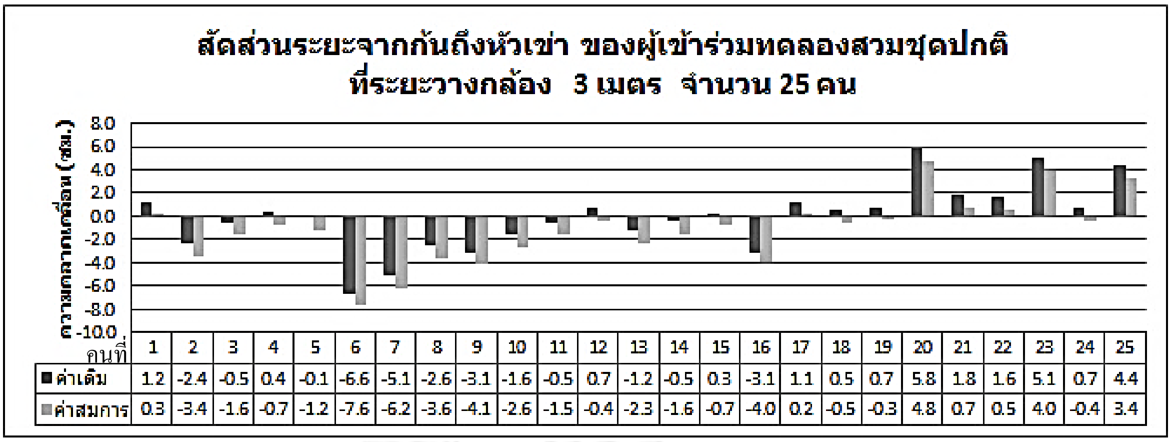
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	1.3	-1.6	0.4	0.1	-0.5	-6.1	-4.4	-2.2	-2.6	-1.1	-0.3	2.1	-0.4	-0.6	1.8	-2.7	1.4	1.7	1.7	7.1	3.0	2.9	6.6	1.0	4.8
ค่าสมการ	-0.3	-3.4	-1.4	-1.7	-2.2	-7.7	-6.3	-3.9	-4.2	-2.9	-1.9	0.3	-2.2	-2.5	0.1	-4.2	-0.2	-0.1	0.1	5.3	1.1	1.0	4.8	-0.8	3.0

รูปที่ 5.22 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

5.6.2 สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่าของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-2.94\ln(x) + 5.0132}{100}\right) \tag{5.23}$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.23

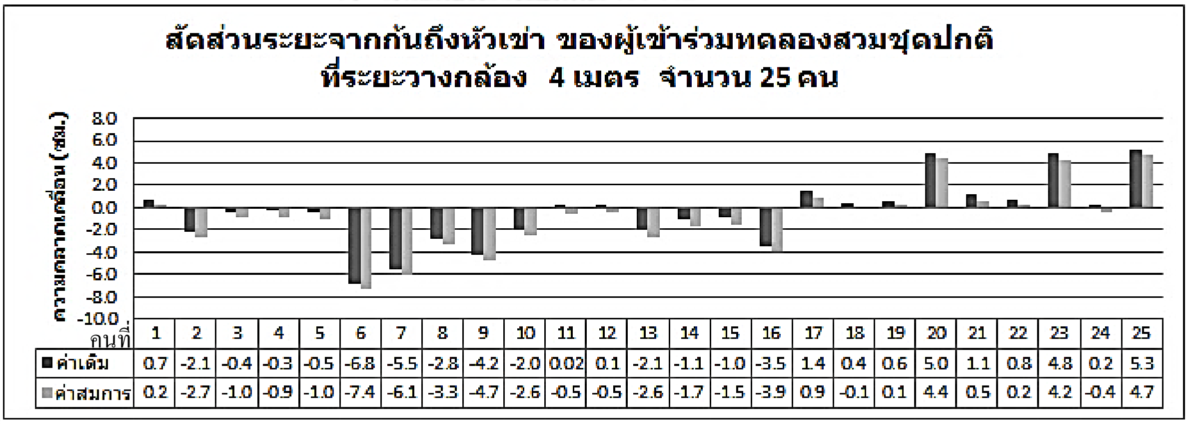


รูปที่ 5.23 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.6.3 สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่าของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-2.94\ln(x) + 5.0132}{100}\right) \qquad (5.24)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.24



รูปที่ 5.24 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่าดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่า

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	0.53	-1.21	ไม่ควรใช้สมการ
	3.0 ม.	-0.12	-1.16	ไม่ควรใช้สมการ
	4.0 ม.	-0.47	-1.01	ไม่ควรใช้สมการ

จากการเปรียบเทียบสรุปได้ว่า การใช้สมการกับสัดส่วนระยะจากก้นถึงหัวเข่าสามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ดีกับผู้เข้าร่วมการทดลองที่สวมชุดรัดรูปเพราะจะเห็นขอบของสะโพกชัดเจน และ

ผู้เข้าร่วมการทดลองที่สวมชุดปกติไม่สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากสาเหตุเสื้อผ้ามีผลอย่างมากกับการวัดเพราะเสื้อผ้าขณะนั่งทำให้ย่นและบดบังสัดส่วนสะโพก ทำให้การหาระยะคลาดเคลื่อนไปจากระยะความเป็นจริง จึงทำให้มีค่าคลาดเคลื่อนเชิงบวกและลบไม่แน่นอน ยากแก่การแทนค่าสมการเพื่อลดความคลาดเคลื่อน และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงบวก ลบ หนึ่ง จึงเป็นค่าที่น้อย ไม่ควรใช้สมการในสัดส่วนนี้ อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเดิมที่เกิดขึ้นมีค่าไม่สูง อยู่ในช่วง -0.12 ถึง 0.53 จึงถือว่าอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้

5.7 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้ว

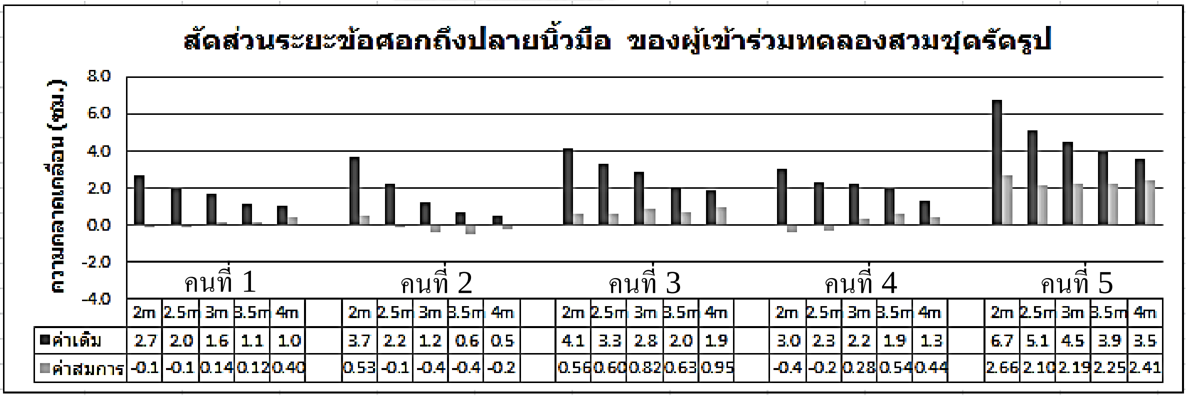
สมการของสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วคือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right) + 1 \qquad (5.25)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.25) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด (ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.25

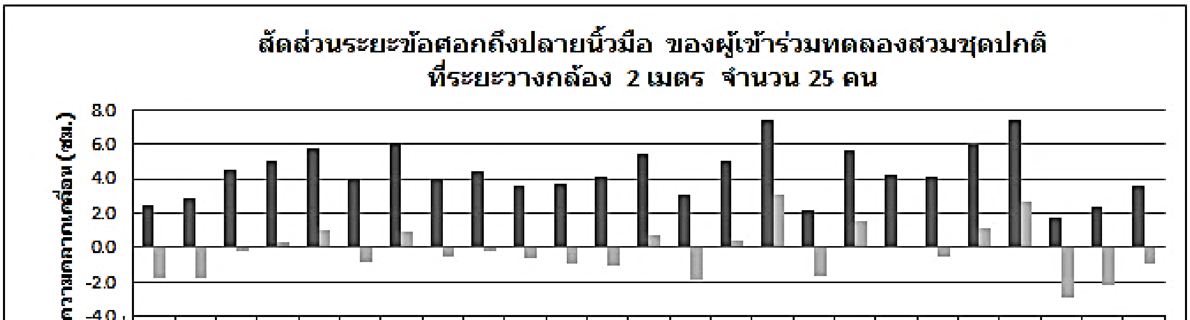


รูปที่ 5.25 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ
ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป

5.7.1 สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right) \qquad (5.26)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.26



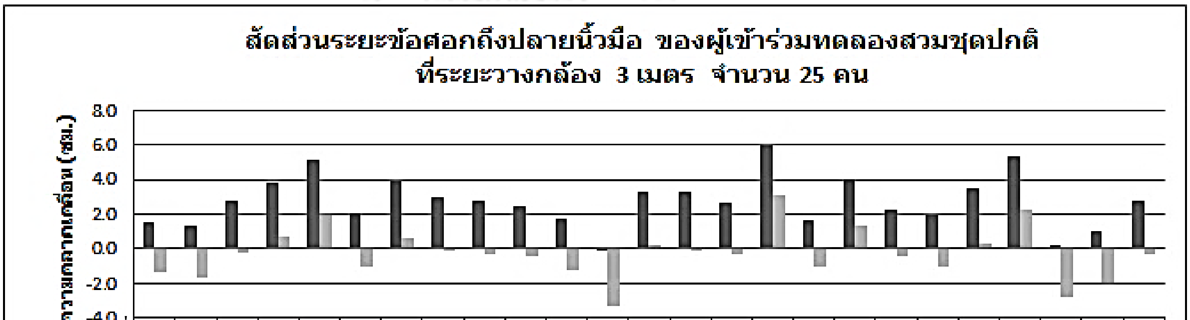
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	2.5	2.8	4.5	5.0	5.8	4.0	6.1	4.0	4.4	3.6	3.7	4.1	5.4	3.0	5.1	7.4	2.2	5.7	4.2	4.1	6.0	7.4	1.7	2.3	3.6
ค่าสมการ	-1.7	-1.7	-0.2	0.3	1.1	-0.8	0.9	-0.6	-0.2	-0.7	-0.9	-1.0	0.7	-1.9	0.4	3.0	-1.7	1.6	0.1	-0.5	1.1	2.7	-2.9	-2.2	-0.9

ดังรูปที่ 5.26 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

5.7.2 สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right) \quad (5.27)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.27



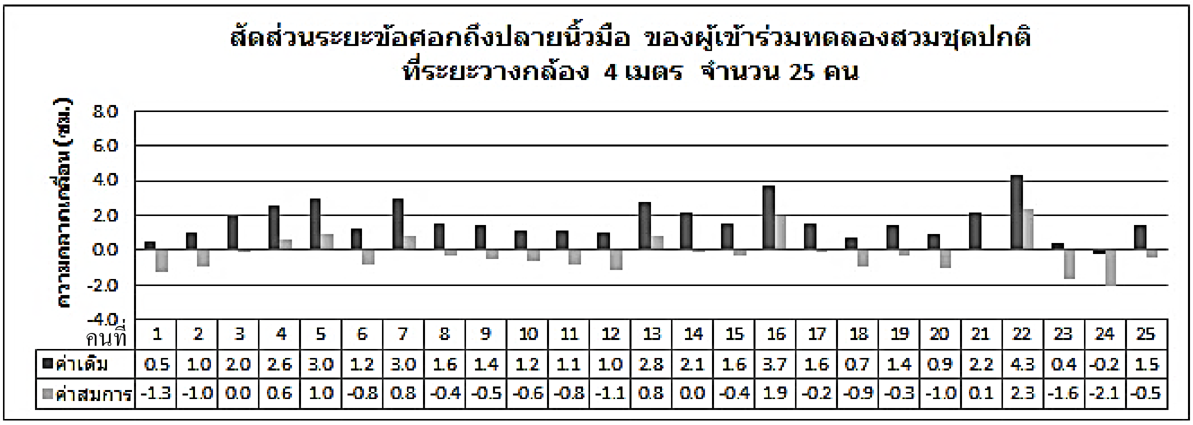
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	1.5	1.4	2.8	3.8	5.1	2.1	3.9	3.0	2.7	2.4	1.7	-0.2	3.3	3.3	2.7	6.0	1.6	4.0	2.2	2.0	3.5	5.3	0.2	1.0	2.7
ค่าสมการ	-1.3	-1.6	-0.2	0.7	1.9	-1.0	0.6	-0.1	-0.3	-0.4	-1.2	-3.4	0.2	0.0	-0.3	3.1	-1.0	1.4	-0.4	-1.1	0.3	2.3	-2.8	-2.0	-0.3

รูปที่ 5.27 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.7.3 สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right) + 1 \quad (5.28)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.28



รูปที่ 5.28 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	4.35	-0.24	ใช้สมการได้
	3.0 ม.	2.72	-0.28	ใช้สมการได้
	4.0 ม.	1.69	-0.24	ใช้สมการได้

จากการเปรียบเทียบได้สรุปว่า การใช้สมการกับสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือสามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ดี มีค่าสมการน้อยกว่า ค่าเดิม แสดงว่าสมการสามารถใช้ลดความคลาดเคลื่อนลงได้ สาเหตุที่เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นเนื่องจากท่านั่งมาตรฐาน จะทำให้ส่วนแขนเลื่อมล้ำออกมาทางกล้องถ่ายภาพจึงทำให้ระยะที่วัดได้มีค่าสูงกว่าค่าจริง และเป็นทิศทางเดียวกันคือเพิ่มขึ้นจากค่าจริง จึงสามารถใช้สมการแทนค่าลดความคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ควรจัดท่าทางของแขนท่อนล่างขนานกับพื้น ไม่กางออกหรือหุบเข้าหาลำตัว จะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อน

5.8 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)

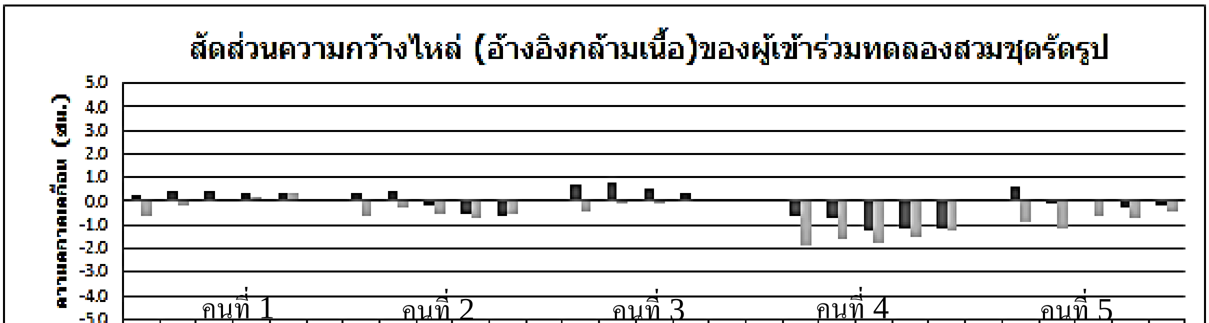
สมการของสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.688\ln(x) + 7.805}{100}\right) + 1 \qquad (5.29)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.29) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด (ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.29



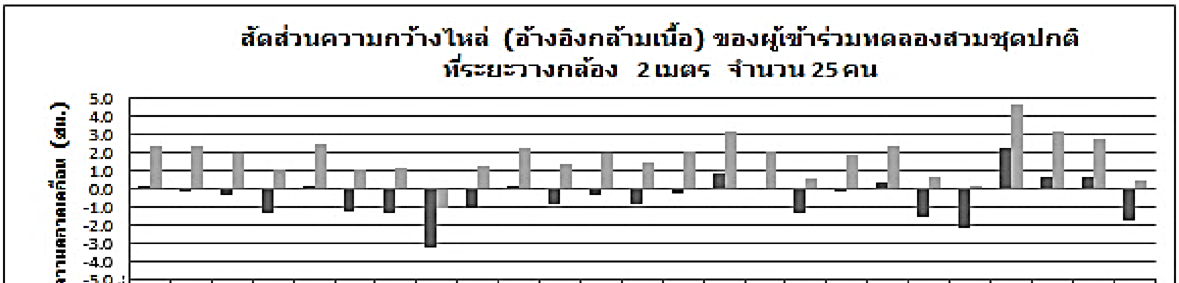
	คนที่ 1					คนที่ 2					คนที่ 3					คนที่ 4					คนที่ 5				
	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
ค่าเดิม	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	-0.2	-0.6	-0.6	0.7	0.8	0.5	0.3	0.1	-0.6	-0.7	-1.2	-1.2	-1.2	0.6	-0.1	0.1	-0.2	-0.2
ค่าสมการ	-0.6	-0.2	0.1	0.2	0.4	-0.6	-0.2	-0.5	-0.7	-0.6	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.9	-1.6	-1.8	-1.5	-1.3	-0.9	-1.2	-0.6	-0.7	-0.5

รูปที่ 5.29 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)
ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป

5.8.1 สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y + Y\left(\frac{-3.688\ln(x) + 7.805}{100}\right) \qquad (5.30)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.30



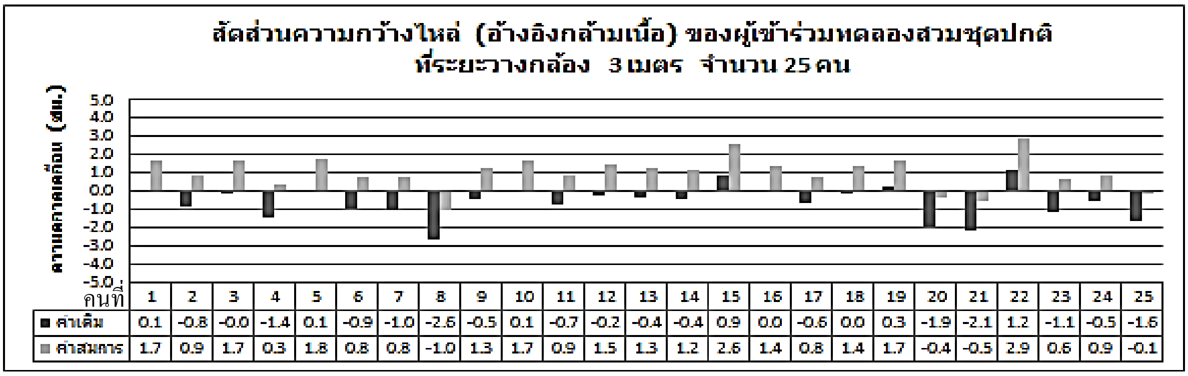
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	0.2	-0.1	-0.3	-1.4	0.2	-1.2	-1.3	-3.2	-1.1	0.1	-0.8	-0.3	-0.8	-0.2	0.9	0.1	-1.3	-0.1	0.4	-1.5	-2.1	2.3	0.7	0.7	-1.7
ค่าสมการ	2.4	2.4	2.0	1.1	2.5	1.1	1.2	-1.0	1.3	2.3	1.4	2.0	1.5	2.1	3.2	2.1	0.6	1.9	2.3	0.7	0.2	4.7	3.2	2.8	0.4

รูปที่ 5.30 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)
ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

5.8.2 สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y + Y\left(\frac{-3.688\ln(x) + 7.805}{100}\right) \qquad (5.31)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.31

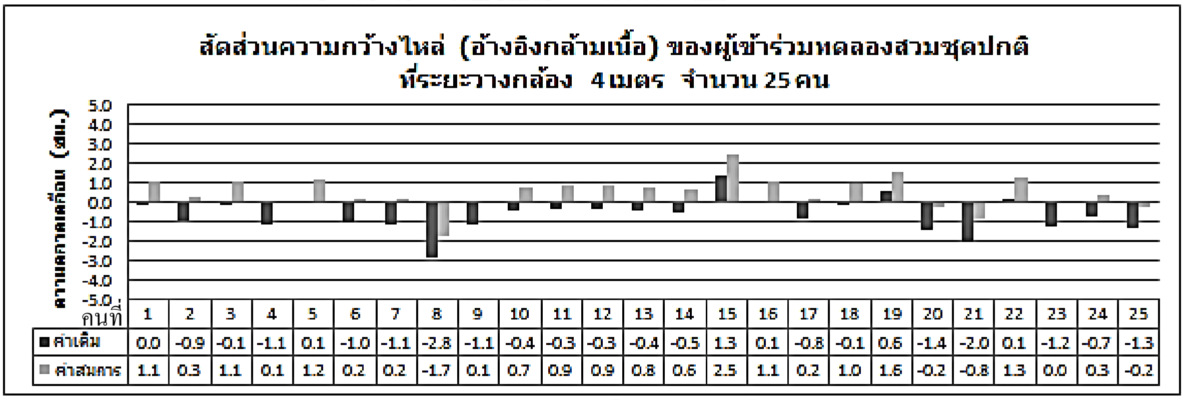


รูปที่ 5.31 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.8.3 สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y + Y\left(\frac{-3.688\ln(x) + 7.805}{100}\right) \qquad (5.32)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.32



รูปที่ 5.32 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	-0.47	1.8	ไม่ควรใช้สมการ
	3.0 ม.	-0.56	1.0	ไม่ควรใช้สมการ
	4.0 ม.	-0.57	0.5	ไม่ควรใช้สมการ

จากการเปรียบเทียบได้สรุปว่า การใช้สมการกับสัดส่วนความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ไม่

สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ ทิศทางความคลาดเคลื่อนไม่แน่นอนมีทั้งทางบวกและทางลบ จึงไม่สามารถใช้สมการในการแทนค่าลดความคลาดเคลื่อนได้ สอดคล้องกับการทดสอบสมมติฐานของความต่างข้อมูล ผลคือข้อมูลไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นค่าสัดส่วนที่วัดได้จากวิธีการทางภาพถ่ายสามารถยอมรับได้ เพราะคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย เนื่องจากสาเหตุมาจากเสื้อผ้าที่สวมใส่บดบังสัดส่วนที่ทำการวัด

5.9 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความกว้างสะโพก

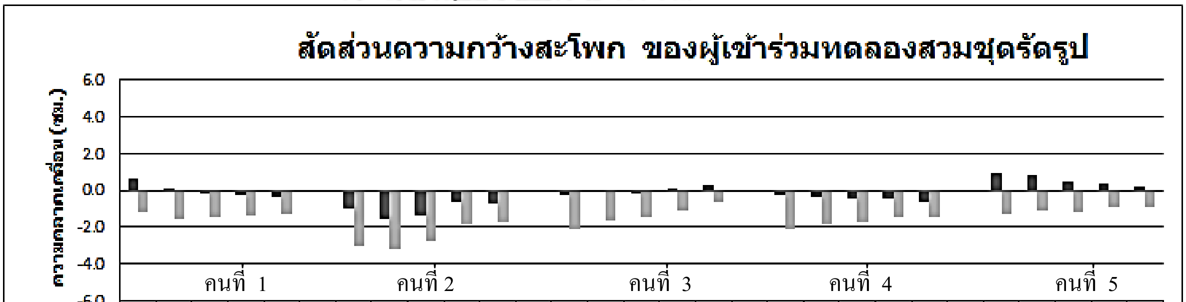
สมการของสัดส่วนความกว้างสะโพก คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.688\ln(x) + 7.805}{100}\right) \tag{5.33}$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.33) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด (ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.33



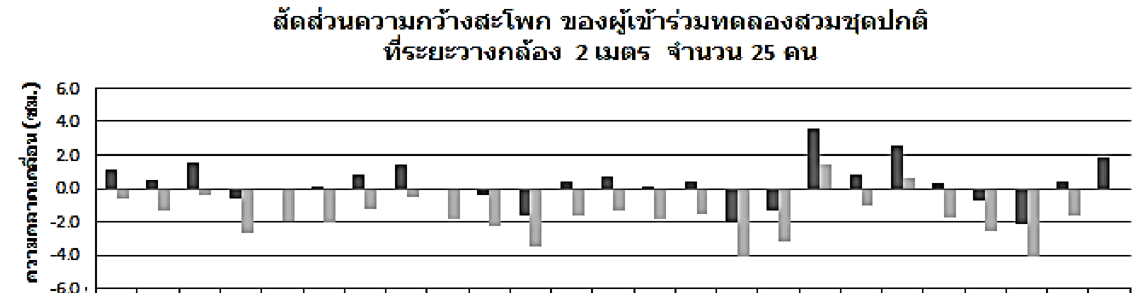
	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
ค่าเดิม	0.7	0.0	-0.2	-0.3	-0.3	-1.0	-1.6	-1.3	-0.6	-0.7	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.3	-0.3	-0.3	-0.5	-0.4	-0.6	1.0	0.8	0.4	0.4	0.2
ค่าสมการ	-1.2	-1.5	-1.5	-1.4	-1.3	-3.0	-3.2	-2.7	-1.8	-1.7	-2.1	-1.6	-1.4	-1.1	-0.7	-2.1	-1.8	-1.8	-1.5	-1.5	-1.3	-1.1	-1.2	-0.9	-0.9

รูปที่ 5.33 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก
ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป

5.9.1 สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.688\ln(x) + 7.805}{100}\right) \tag{5.34}$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.34



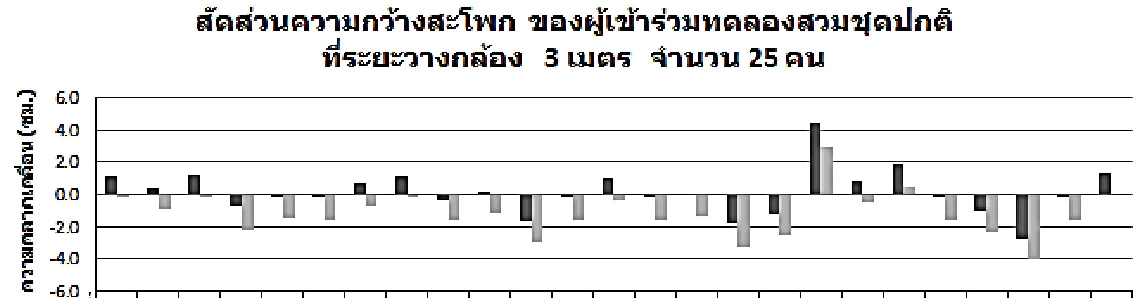
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	1.1	0.6	1.6	-0.6	-0.1	0.0	0.8	1.4	0.0	-0.5	-1.7	0.4	0.7	0.1	0.5	-2.1	-1.3	3.5	0.8	2.5	0.3	-0.7	-2.2	0.4	1.8
ค่าสมการ	-0.7	-1.3	-0.4	-2.7	-1.9	-2.0	-1.2	-0.5	-1.8	-2.2	-3.5	-1.6	-1.3	-1.9	-1.5	-4.1	-3.1	1.5	-1.0	0.6	-1.7	-2.6	-4.1	-1.7	0.0

รูปที่ 5.34 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร

5.9.2 สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y(\frac{-3.688\ln(x) + 7.805}{100}) \quad (5.35)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.35



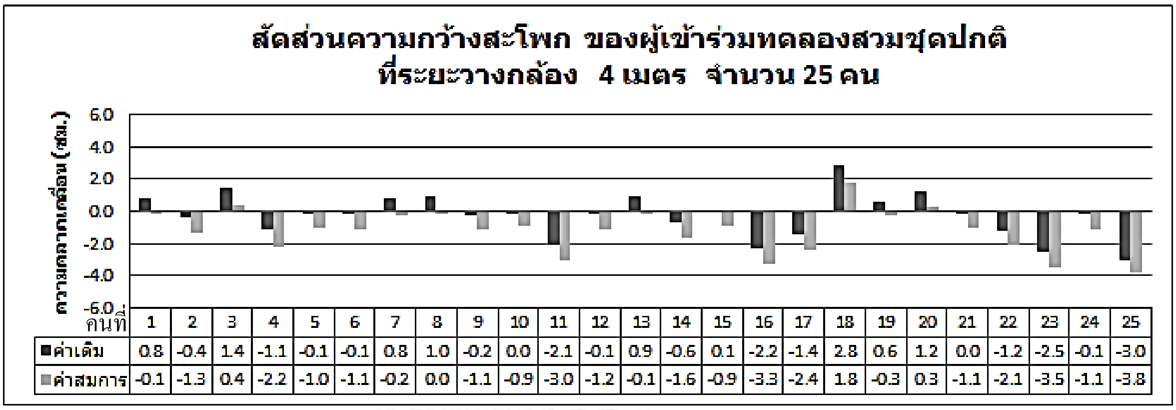
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	1.2	0.4	1.3	-0.7	-0.1	-0.1	0.8	1.2	-0.3	0.2	-1.6	0.0	1.0	-0.1	0.1	-1.8	-1.2	4.5	0.8	1.8	-0.1	-1.0	-2.7	-0.1	1.3
ค่าสมการ	-0.1	-0.9	-0.1	-2.1	-1.4	-1.6	-0.7	-0.2	-1.6	-1.1	-2.9	-1.5	-0.4	-1.5	-1.3	-3.2	-2.5	3.0	-0.5	0.5	-1.5	-2.3	-4.0	-1.6	0.0

รูปที่ 5.35 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.9.3 สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y(\frac{-3.688\ln(x) + 7.805}{100}) \quad (5.36)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.36



รูปที่ 5.36 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก ดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนความกว้างสะโพก

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ(ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	0.30	-1.63	ไม่ควรใช้สมการ
	3.0 ม.	0.19	-1.18	ไม่ควรใช้สมการ
	4.0 ม.	-0.22	-1.20	ไม่ควรใช้สมการ

จากการเปรียบเทียบได้สรุปว่า การใช้สมการกับสัดส่วนความกว้างสะโพก ไม่สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ ทิศทางความคลาดเคลื่อนไม่แน่นอนมีทั้งทางบวกและทางลบ จึงไม่สามารถใช้สมการในการแทนค่าลดความคลาดเคลื่อนได้ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเดิมอยู่ในช่วง -0.22 ถึง 0.3 เซ็นติเมตร ซึ่งเป็นค่าที่น้อย สามารถยอมรับได้ สาเหตุที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนคือเสื้อผ้าที่สวมใส่ เนื่องจากมีความหนาหรือไม่เรียบ ส่งผลให้การวัดด้วยวิธีวัดตรงอาจจะไม่เท่ากับวิธีการวัดด้วยภาพถ่าย แต่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่สูง สอดคล้องกับการทดสอบสมมติฐานของความต่างข้อมูล ผลคือข้อมูลไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นค่าสัดส่วนที่วัดได้จากวิธีการทางภาพถ่ายสามารถยอมรับได้

5.10 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนระยะกางแขน

สมการของสัดส่วนระยะกางแขน คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.624\ln(x) + 2.8704}{100}\right) \qquad (5.37)$$

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

เมื่อแทนค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (Y) ลงในสมการ (5.37) จะได้ค่าสัดส่วนใหม่ $\hat{Y}$ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบค่าผลต่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวัด (ค่าเดิม) และ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ (ค่าสมการ) ดังรูปที่ 5.37

	2.5m	3m	3.5m	4m		2.5m	3m	3.5m	4m		2.5m	3m	3.5m	4m		2.5m	3m	3.5m	4m		2.5m	3m	3.5m	4m
■ค่าเดิม	-1.5	-1.2	-1.3	-1.5		-1.3	-1.7	-2.4	-2.3		-5.2	-3.9	-4.7	-2.8		-4.1	-2.8	-1.5	-1.5		-11	-7.6	-6.2	-4.0
■ค่าสมการ	0.5	0.3	-0.2	-0.7		0.8	-0.1	-1.1	-1.4		-2.8	-2.0	-3.2	-1.7		-1.9	-1.0	-0.1	-0.5		-9.3	-5.8	-4.8	-3.0

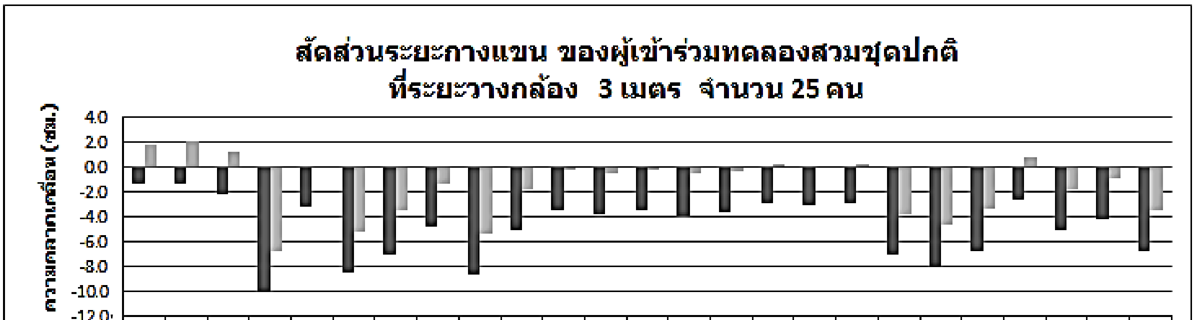
รูปที่ 5.37 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะกางแขน ของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป

5.10.1 สมการสัดส่วนระยะกางแขน ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.624\ln(x) + 2.8704}{100}\right) + 1.5 \qquad (5.38)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.38



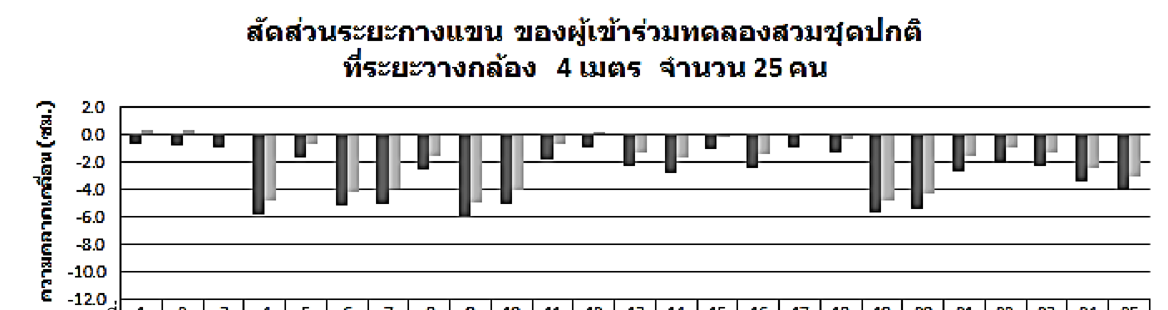
คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
■ค่าเดิม	-1.4	-1.3	-2.2	-10.	-3.2	-8.5	-7.0	-4.7	-8.6	-5.0	-3.5	-3.8	-3.4	-3.9	-3.6	-2.9	-3.0	-2.9	-7.0	-8.1	-6.7	-2.6	-5.0	-4.2	-6.8
■ค่าสมการ	1.8	2.1	1.2	-6.7	0.1	-5.2	-3.5	-1.3	-5.3	-1.8	-0.2	-0.5	-0.1	-0.4	-0.3	0.2	0.1	0.2	-3.8	-4.6	-3.4	0.8	-1.7	-0.9	-3.5

รูปที่ 5.38 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะกางแขน ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร

5.10.2 สมการสัดส่วนระยะกางแขน ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร คือ

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.624\ln(x) + 2.8704}{100}\right) \qquad (5.39)$$

เปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนหลังการใช้สมการ ดังรูปที่ 5.39



คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ค่าเดิม	-0.7	-0.8	-1.0	-5.8	-1.7	-5.2	-5.1	-2.6	-6.0	-5.0	-1.7	-0.9	-2.3	-2.8	-1.0	-2.4	-0.9	-1.2	-5.7	-5.5	-2.6	-2.0	-2.3	-3.4	-4.0
ค่าสมการ	0.3	0.4	0.1	-4.8	-0.6	-4.1	-3.9	-1.5	-4.9	-4.0	-0.7	0.2	-1.2	-1.7	0.0	-1.4	0.0	-0.3	-4.7	-4.3	-1.5	-0.9	-1.3	-2.4	-3.0

รูปที่ 5.39 การเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะกางแขน ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

สรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะระยะกางแขน ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ข้อสรุปสรุปผลเปรียบเทียบการใช้สมการสัดส่วนระยะกางแขน

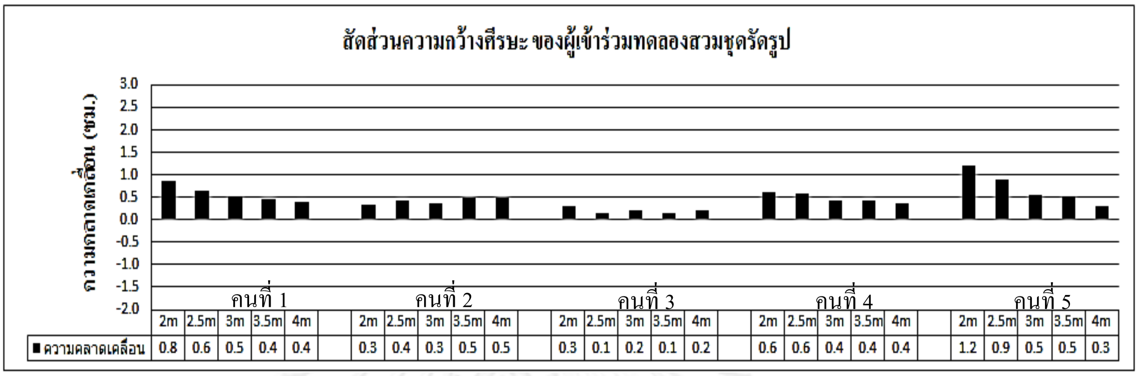
ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเดิม (ซม.)	ค่าสมการ (ซม.)	สรุปผล
สวมชุดปกติ	3.0 ม.	-4.77	-1.5	ควรใช้สมการ
	4.0 ม.	-2.89	-1.86	ควรใช้สมการ

จากการเปรียบเทียบได้สรุปว่า การใช้สมการกับสัดส่วนระยะกางสามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจาก ค่าสมการ น้องกว่า ค่าเดิม จึงแนะนำให้ใช้สมการในการลดความคลาดเคลื่อน สาเหตุของความคลาดเคลื่อนคือ จากการเก็บข้อมูลหุ่นจำลองไม่มีการเคลื่อนไหว แต่มนุษย์เมื่อทำการถ่ายภาพอาจมีการขยับ หรือกางแกนไม่ตึง ทิศทางความคลาดเคลื่อนเป็นลบเนื่องจากแขนของผู้ถูกถ่ายภาพจะต้องอยู่ด้านหลังของระนาบอ้างอิง และระยะอ้างอิงที่ได้กำหนดไว้คือ 1 เมตร ทำให้สัดส่วนที่ต้องการวัดอยู่นอกเส้นอ้างอิงมากไป เป็นสาเหตุหนึ่งของความคลาดเคลื่อนในอัตราที่สูง วิธีแก้อาจจะขยายระยะอ้างอิงให้กว้างขึ้น ครอบคลุมระยะกางแขนของผู้ถูกถ่ายภาพ และท่าทางจะต้องเหยียดแขนตึง ขนานกับพื้น อยู่ระนาบเดียวกับระนาบอ้างอิง จะช่วยให้ระบบการวัดมีความแม่นยำ

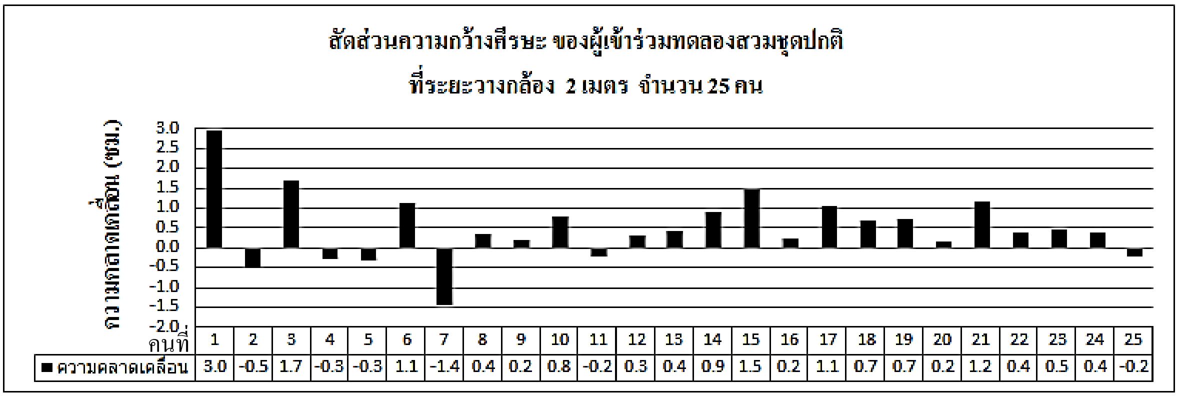
5.11 การทดสอบการนำสมการไปใช้กับสัดส่วนความกว้างศีรษะ

สัดส่วนความกว้างศีรษะไม่สามารถสร้างสมการเพื่อลดความคลาดเคลื่อนได้ดังที่กล่าวมาในหัวข้อ 4.2.10 และผลคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงบวกหรือลบไม่มาก ถึงแม่ว่าการทดสอบสมมติฐานจะไม่สอดคล้องเพราะผลคือข้อมูลมีความแตกต่างกัน สาเหตุเนื่องจากเส้นผมของผู้ถูกถ่ายภาพมีความหนา

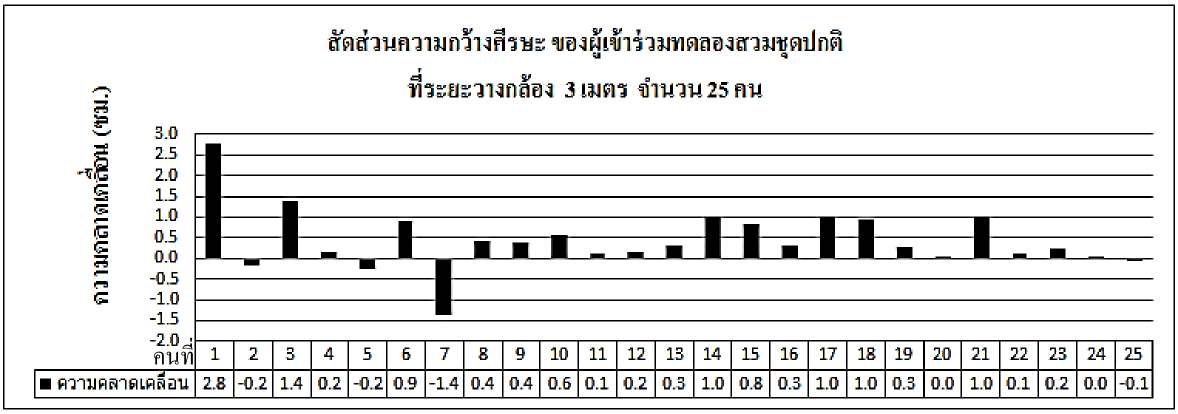
ไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าจะควบคุมด้วยหมวกคลุมผมแล้ว แต่ก็ช่วยได้ระดับนึง ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่การนำไปใช้งานว่าสามารถยอมรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ ผลของความคลาดเคลื่อนผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร ดังรูปที่ 5.40 และเปรียบเทียบกับผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ จำนวน 25 คน ระยะวางกล้อง 2, 3 และ 4 เมตร ดังรูปที่ 5.41-5.43



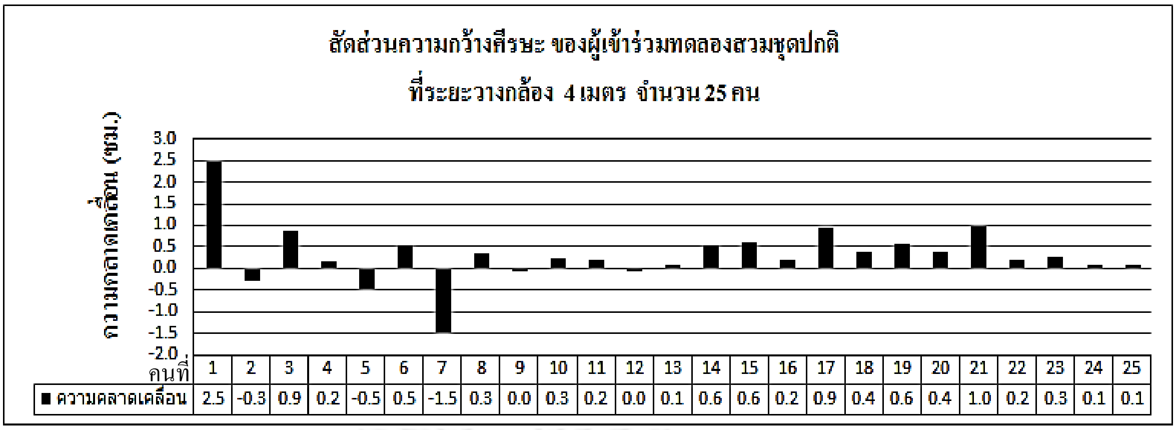
รูปที่ 5.40 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะ ของผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป



รูปที่ 5.41 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร



ดังรูปที่ 5.42 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร



รูปที่ 5.43 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

ตารางที่ 5.11 ข้อสรุปค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความกว้างศีรษะ

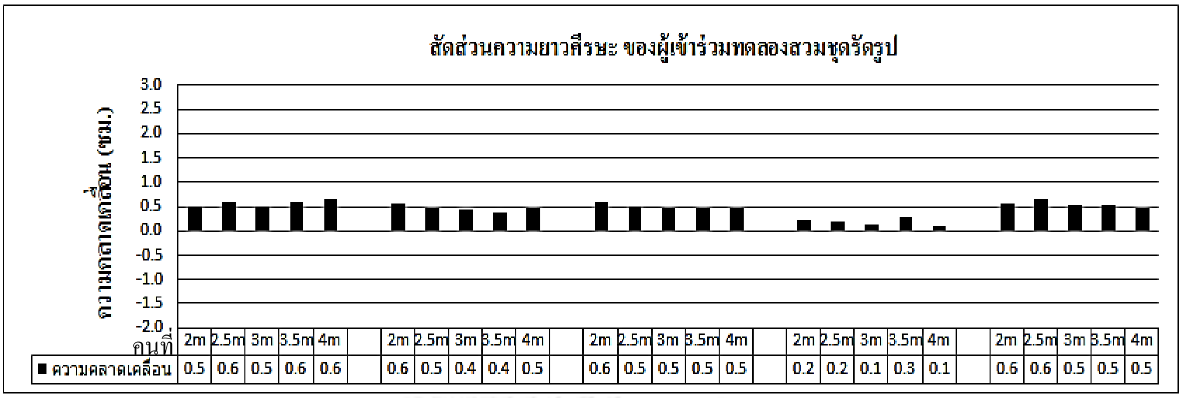
ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (เซ็นติเมตร)
สวมชุดรัดรูป	2.0 ม.	0.65
	2.5 ม.	0.53
	3.0 ม.	0.40
	3.5 ม.	0.39
	4.0 ม.	0.34
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	0.50
	3.0 ม.	0.45
	4.0 ม.	0.32

จากตารางที่ 5.11 พบว่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนความกว้างศีรษะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อันเนื่องมาจากเส้นผมของมนุษย์มีความหนาบางไม่เท่ากัน และไม่สามารถใช้สมการในการลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวได้

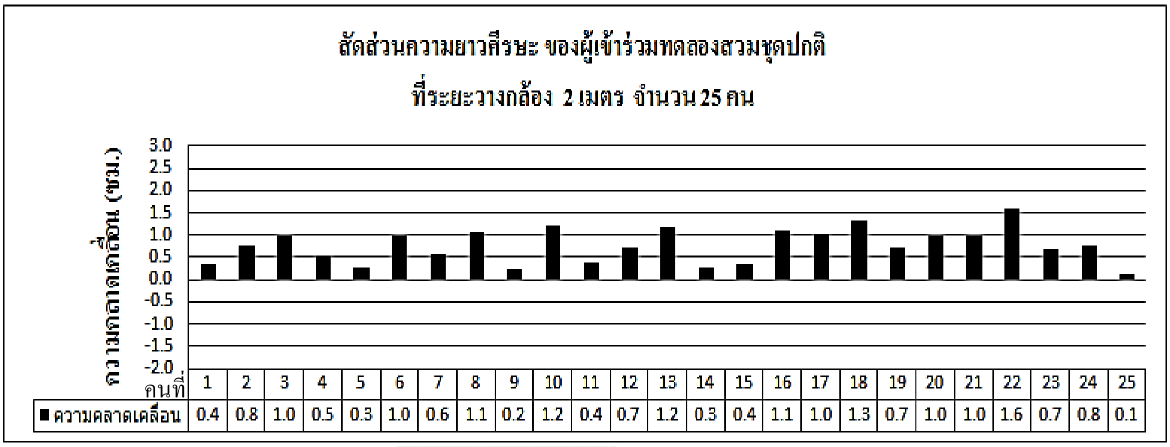
5.12 สัดส่วนความยาวศีรษะ

สัดส่วนความยาวศีรษะไม่สามารถสร้างสมการเพื่อลดความคลาดเคลื่อนได้ดังที่กล่าวมาในหัวข้อ 4.2.10 สาเหตุเช่นเดียวกับความกว้างศีรษะ เพราะเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ผลของคลาดเคลื่อนผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูปทั้ง 5 คน ที่ระยะวางกล้อง 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เมตร ดังรูปที่ 5.44 และเปรียบเทียบกับผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดปกติ จำนวน 25 คน ระยะวางกล้อง 2, 3 และ 4 เมตร ดังรูปที่ 5.45-5.47

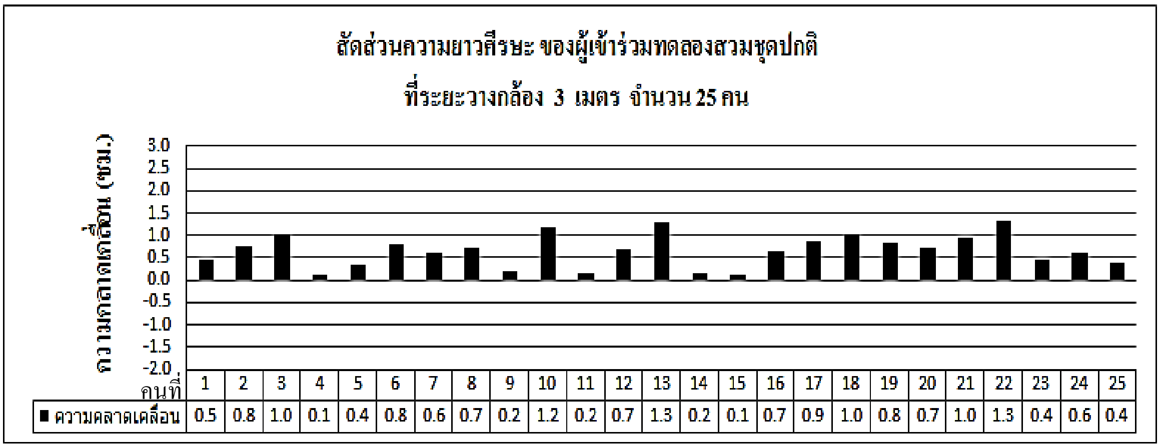
CHULALONGKORN UNIVERSITY



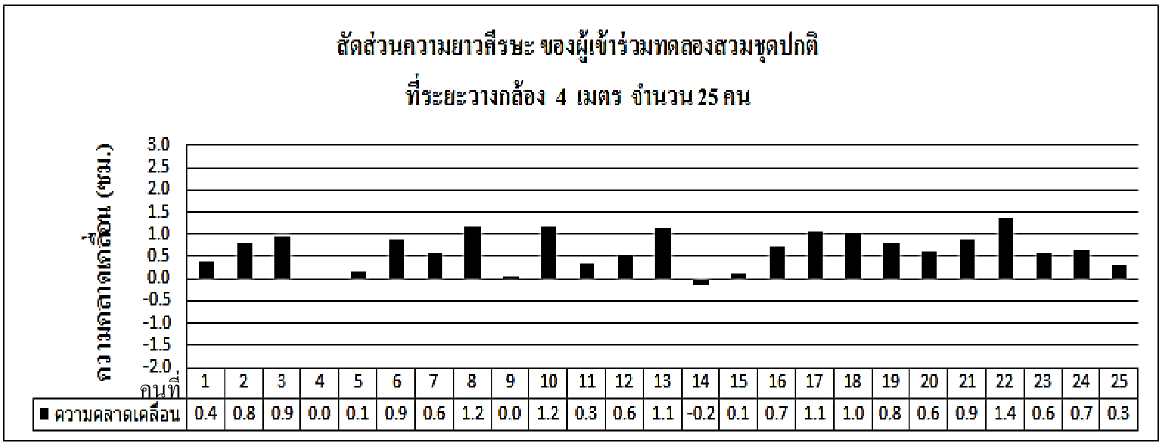
ดังรูปที่ 5.44 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ ของผู้เข้าร่วมการทดลองสวมชุดรัดรูป



ดังรูปที่ 5.45 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 2 เมตร



ดังรูปที่ 5.46 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 3 เมตร



ดังรูปที่ 5.47 ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ ที่ระยะวางกล้อง 4 เมตร

ตารางที่ 5.12 สรุปค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัดส่วนความยาวศีรษะ

ผู้เข้าร่วมทดลอง	ระยะวางกล้อง	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (เซ็นติเมตร)
สวมชุดรัดรูป	2.0 ม.	0.50
	2.5 ม.	0.48
	3.0 ม.	0.41
	3.5 ม.	0.46
	4.0 ม.	0.43
สวมชุดปกติ	2.0 ม.	0.78
	3.0 ม.	0.66
	4.0 ม.	0.65

จากตารางที่ 5.12 พบว่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนความยาวศีษระมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อันเนื่องมาจากเส้นผมของมนุษย์มีความหนาบางไม่เท่ากัน และไม่สามารถใช้สมการในการลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวได้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนมีค่าอยู่ระหว่าง -0.2 ถึง 1.3 เซนติเมตร การใช้งานควรพิจารณาว่าจะสามารถยอมรับได้หรือไม่

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้สร้างระบบการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยวิธีการทางภาพถ่ายโดยถ่ายภาพที่ระยะวางกล้องต่ำกว่า 4 เมตร ผลคือมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น จึงได้สร้างสมการจากข้อมูลการถ่ายภาพหุ่นจำลองคล้ายมนุษย์มาแทนค่าเพื่อปรับลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว สัดส่วนที่สามารถใช้สมการได้ดี และสามารถนำไปใช้ได้จริง ดังแสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ข้อสรุปสมการลดความคลาดเคลื่อนสัดส่วนร่างกาย

สัดส่วน	ระยะวางกล้อง (ม.)	สมการ ($\hat{Y}$)
1. ความสูงไหล่ขณะยืน	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.456\ln(x) + 1.312}{100}\right) + 0.8$
	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.456\ln(x) + 1.312}{100}\right) + 1.3$
2. ความสูงขณะนั่ง	2	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) + 1.4$
	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) + 1.4$
	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) + 1.4$
3. ความสูงไหล่ขณะนั่ง	2	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 1.8$
	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 2$
	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 1.5$
4. ความสูงของเข่าขณะนั่ง	2	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) + 1$
	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) + 0.8$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สัดส่วน	ระยะวางกล้อง (ม.)	สมการ ($\hat{Y}$)
4. ความสูงของเข่าขณะนั่ง	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) + 0.3$
5.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	2	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right)$
5.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right)$
	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right) + 1$
7.ระยะกางแขน	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.624\ln(x) + 2.8704}{100}\right) + 1.5$
	4	$\hat{Y} = Y - Y(\frac{-1.624\ln(x) + 2.8704}{100})$

อย่างไรก็ตามการใช้สมการไม่สามารถลดความคลาดเคลื่อนให้เหลือศูนย์ได้ เนื่องจากปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่ไม่เท่ากันของแต่ละบุคคล รูปร่างของคนมีความหลากหลาย รวมทั้งความคลาดเคลื่อนธรรมชาติที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และสัดส่วนที่ไม่แนะนำให้ใช้สมการทั้งนี้ผลการทดสอบยืนยันผลสอดคล้องกับสมมติฐานว่าค่าสัดส่วนที่วัดได้จากวีธีวัดโดยตรงและวิธีการทางภาพถ่ายไม่แตกต่างกัน (จากการทดสอบสมมติฐานในบทที่ 4) การนำสมการไปใช้จึงขึ้นอยู่กับผู้ใช้ด้วยว่าสามารถยอมรับความคลาดเคลื่อนได้ระดับใด ความคลาดเคลื่อนก่อนและหลังการใช้สมการดังตารางที่ 6.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.2 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละสัดส่วนร่างกาย

สัดส่วนร่างกาย	ระยะวางกล้อง (ม.)	ความคลาดเคลื่อน (ซม.)	ความคลาดเคลื่อนผ่านการแทนค่าสมการ (ซม.)
ความสูงขณะยืน	2	0.68	ไม่ควรใช้สมการ
	3	0.11	ไม่ควรใช้สมการ
	4	-0.35	ไม่ควรใช้สมการ
ความสูงระดับไหล่ขณะยืน	2	-0.73	ไม่ควรใช้สมการ
	3	-1.37	-0.17
	4	-1.62	-0.32
ความสูงขณะนั่ง	2	6.69	-0.57

สัดส่วนร่างกาย	ระยะวางกล้อง (ม.)	ความคลาดเคลื่อน (ซม.)	ความคลาดเคลื่อนผ่านการแทนค่าสมการ (ซม.)
	3	5.15	-0.37
	4	4.02	-0.11
ความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง	2	5.72	-0.24
	3	4.18	-0.16
	4	3.29	-0.05
ความสูงระดับเข่าขณะนั่ง	2	1.92	0.3
	3	1.32	0.4
	4	1.04	0.2
ระยะจากก้นถึงหัวเข่า	2	0.53	ไม่ควรใช้สมการ
	3	-0.12	ไม่ควรใช้สมการ
	4	-0.47	ไม่ควรใช้สมการ
ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	2	4.35	-0.24
	3	2.72	-0.28
	4	1.69	-0.24
ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)	2	-0.47	ไม่ควรใช้สมการ
	3	-0.56	ไม่ควรใช้สมการ
	4	-0.57	ไม่ควรใช้สมการ
ความกว้างสะโพก	2	0.30	ไม่ควรใช้สมการ
	3	0.19	ไม่ควรใช้สมการ
	4	-0.22	ไม่ควรใช้สมการ
ระยะกางแขน	3	-4.77	-1.5
	4	-2.89	-1.86
ความกว้างศีรษะ	2	0.50	ไม่ควรใช้สมการ
	3	0.45	ไม่ควรใช้สมการ
	4	0.32	ไม่ควรใช้สมการ
ความยาวศีรษะ	2	0.78	ไม่ควรใช้สมการ
	3	0.66	ไม่ควรใช้สมการ
	4	0.65	ไม่ควรใช้สมการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

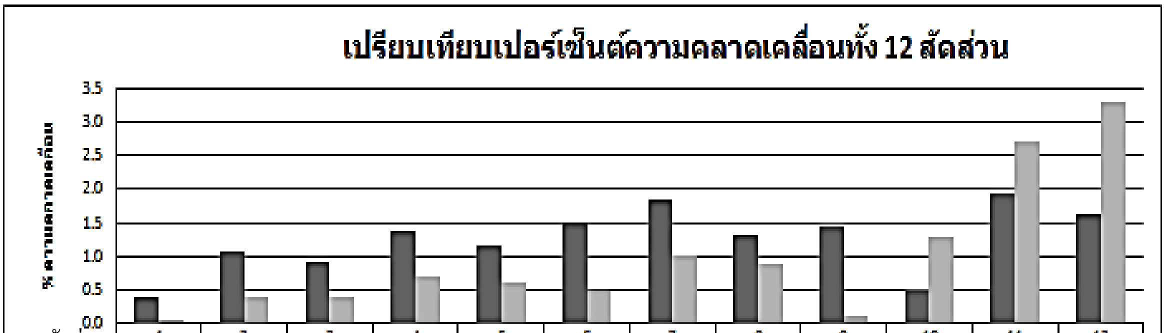
สัดส่วนร่างกายที่ไม่แนะนำให้ใช้สมการในการลดความคลาดเคลื่อนคือ

ความสูงขณะยืนและความสูงระดับไหล่ขณะยืน (ระยะวางกล้อง 2 เมตร) เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ค่าต่ำสุดคือ -0.73 ค่าสูงสุดคือ 0.68 เซนติเมตร เพราะสัดส่วนนี้มีความสูงที่ใกล้เคียงกับระยะอ้างอิง ซึ่งอยู่ใกล้ผู้เข้าร่วมทดลอง ทำให้การบวมของรูปส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อย การใช้สมการเพื่อมาลดความคลาดเคลื่อนจึงทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นจากเดิม สรุปว่าไม่แนะนำให้ใช้สมการ ข้อควรระวังสำหรับการวัดสัดส่วนนี้คือ ความยืดหยุ่นของร่างกายขณะอยู่ในท่าทางมาตรฐาน จะต้องกำหนดให้ผู้ถูกถ่ายภาพอยู่ในท่าตรง ไม่งอตัว บอกสัญญานให้ผู้ถูกถ่ายภาพหายใจเข้าขณะถ่ายภาพ เพราะสำหรับผู้ที่มีลักษณะร่างกายอ้วน การหายใจเข้าและออกก็สามารถทำให้ขนาดร่างกายแตกต่างกัน และการทำเครื่องหมายไว้ตรงจุดที่ต้องการวัดสัดส่วน จะทำให้ง่ายและแม่นยำมากขึ้นในการวัดระยะจากภาพถ่าย

ระยะจากก้นถึงหัวเข่า, ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) และความกว้างสะโพก ทั้งสามสัดส่วนนี้ มีวิธีการเทียบจากเสาอ้างอิงเหมือนกัน คือเทียบจาก 100 เซนติเมตร ซึ่งครอบคลุมสัดส่วนที่ต้องการวัด และอยู่บริเวณส่วนกลางของภาพถ่าย การบวมของภาพจึงมีผลกระทบเพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ค่าต่ำสุดคือ -0.57 ค่าสูงสุดคือ 0.53 เซนติเมตร ถือว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับต่ำที่สามารถยอมรับได้ การใช้สมการเพื่อมาลดความคลาดเคลื่อนจึงทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นจากเดิม สรุปว่าไม่แนะนำให้ใช้สมการ ข้อควรระวังคือ การสวมเสื้อผ้าที่หนา หรือหลวมจนทำให้บดบังสัดส่วนร่างกาย ควรตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดที่สวมใส่ก่อนถ่ายภาพ และตรวจสอบภาพถ่ายอีกครั้งว่าไม่มีสัดส่วนใดถูกเสื้อผ้าปิดบังอยู่ รวมทั้งการจัดท่าทางมาตราฐานให้ถูกต้อง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนลงได้

ความกว้างศีรษะและความยาวศีรษะ สองสัดส่วนนี้สาเหตุความคลาดเคลื่อนหลักคือ ความหนาของเส้นผม การใช้หมวกว่ายน้ำคลุมผมสามารถช่วยได้ แต่ยังคงมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ค่าต่ำสุดคือ 0.48 ค่าสูงสุดคือ 0.78 เซนติเมตร การใช้สมการเพื่อมาลดความคลาดเคลื่อนจึงทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นจากเดิม สรุปว่าไม่แนะนำให้ใช้สมการ

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของการวัดสัดส่วนด้วยวิธีการทางภาพถ่ายจากงานวิจัยนี้ เปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของคุณณัฐพล (2552) ดังรูปที่ 6.1 พบว่าจาก 12 สัดส่วน งานวิจัยนี้มีค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 9 สัดส่วน และมีเพียง 3 สัดส่วนที่มีเปอร์เซ็นต์มากกว่า คือสัดส่วน ระยะกางแขน, ความกว้างศีรษะ และความยาวศรีษะ โดยรวมสรุปว่าระบบการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติ ในระยะใกล้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น



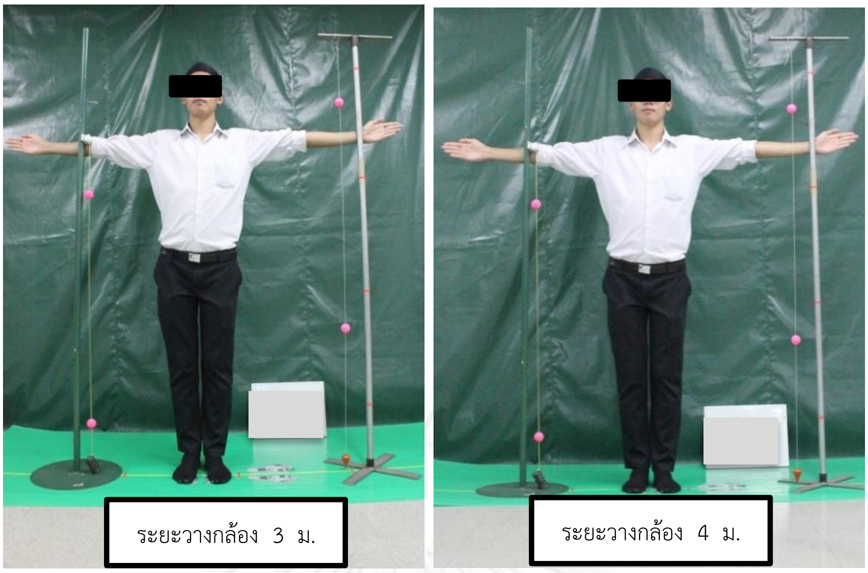
สัดส่วน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
■ คุณณัฐพล	0.4	1.1	0.9	1.4	1.2	1.5	1.8	1.3	1.4	0.5	1.9	1.6
■ งานวิจัยนี้	0.05	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5	1.0	0.9	0.1	1.3	2.7	3.3

รูปที่ 6.1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยนี้และคุณณัฐพล (2552)

6.2 สาเหตุความคลาดเคลื่อน

6.2.1 การบวมของภาพถ่ายเมื่อถ่ายภาพที่ระยะใกล้

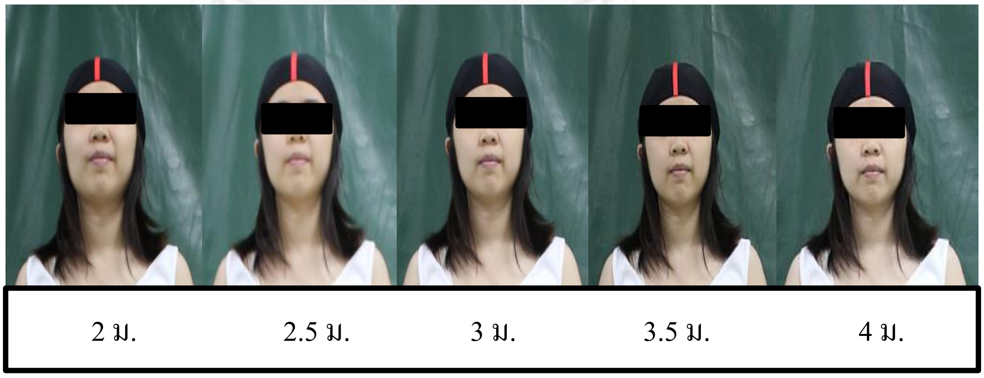
รูปที่ 6.2 การเปรียบเทียบการบวมของภาพถ่ายที่ระยะ 2 เมตร และ 4 เมตร (1)



รูปที่ 6.3 การเปรียบเทียบการบวมของภาพถ่ายที่ระยะ 2 เมตร และ 4 เมตร (2)

จากรูปที่ 6.2 พบว่าเมื่อถ่ายถาพที่ระยะ 2 เมตร บริเวณลำตัวของผู้ถูกถ่ายภาพจะขยายขึ้นเล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลต่อการหาค่าสัดส่วนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับรูปที่ 6.3 จะพบว่าเมื่อถ่ายภาพที่ระยะ 3 เมตร จะเกิดการบวมของภาพถ่ายมากกว่าที่ระยะ 4 เมตร สังเกตได้จากเสาอ้างอิงที่บวมออกบริเวณขอบภาพ ซึ่งจะทำให้การวัดสัดส่วนที่อยู่บริเวณขอบภาพเกิดความคลาดเคลื่อนมากกว่าสัดส่วนอื่น และจะลดลงเมื่อระยะวางกล้องห่างออกไป ผู้วิจัยเสนอว่า ถ้ามีพื้นที่การทำงานเพียงพอ ระยะวางกล้อง 4 เมตร จะให้ภาพที่ดีที่สุด

6.2.2 มุมมองของภาพถ่าย



รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบมุมมองภาพถ่ายที่ระยะวางกล้อง 2-4 เมตร

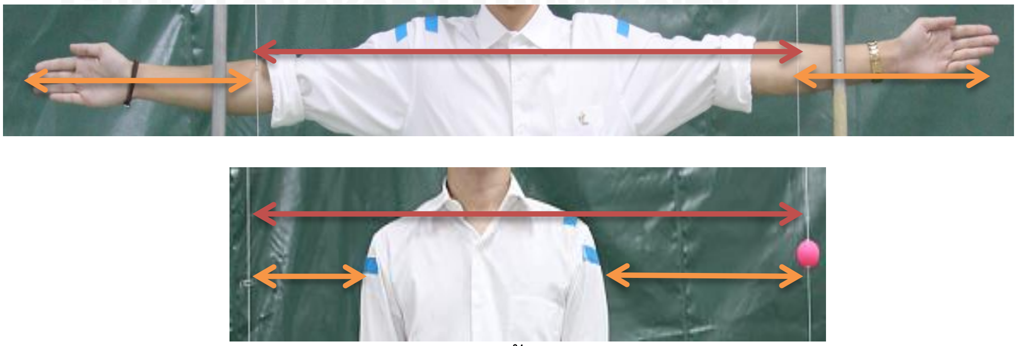
จากรูปที่ 6.4 ยกตัวอย่างใบหน้าของผู้ถูกถ่ายภาพ เพื่อให้สังเกตได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ได้ทำสัญลักษณ์ไว้บนหมวกว่ายน้ำ จึงพบว่าการวางกล้องระยะใกล้จะได้ภาพถ่ายลักษณะที่เงยหน้าและได้ภาพถ่ายลักษณะหน้าตรงเมื่อระยะวางกล้องห่างออกไปดูได้จากความยาวของ

ขีดบนศรีษะที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าที่ระยะใกล้จุดสูงสุดบนศรีษะที่กล้องจะสามารถถ่ายได้นั้นไม่ใช่บริเวณกึ่งกลางศรีษะ ซึ่งจะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน

รูปที่ 6.5 การเปรียบเทียบมุมมองภาพถ่ายท่ายืนที่ระยะวางกล้อง 2-4 เมตร

จากรูป 6.5 พบว่า นอกจากศรีษะแล้ว บริเวณเท้าของท่ายืน เกิดมุมมองภาพถ่ายที่ยากแก่การวัดระยะเช่นเดียวกัน ลักษณะนี้จึงต้องใช้เส้นอ้างอิงเป็นจุดที่จะวัดระยะจากพื้นขึ้นไป ไม่ควรวัดจากปลายเท้า เนื่องจากจะเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น

6.2.3 วัตถุอ้างอิงที่ยาวหรือสั้นกว่าระยะสัดส่วน



รูปที่ 6.6 วัตถุอ้างอิงที่ยาวและสั้นกว่าระยะสัดส่วน

จากรูปที่ 6.6 พบว่า เมื่อระยะอ้างอิงยาวหรือสั้นกว่าสัดส่วนที่จะทำการวัด เมื่อภาพถ่ายนั้นเกิดการบวมหรือเกิดมุมมองที่มีลักษณะเงยดังที่กล่าวในหัวข้อ 6.2.1-6.2.2 จะส่งผลให้ต่อการเทียบพิกเซลต่อเมตรเพื่อหาระยะสัดส่วนร่างกายคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้

6.2.4 ความยืดหยุ่นร่างกายส่งผลต่อการวัดทั้งวิธีวัดตรงและวิธีการทางภาพถ่าย

เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองอยู่ในท่าทางเดิมเป็นเวลานาน เกิดความเมื่อยล้าได้และมีการเคลื่อนไหวของร่างกาย อาจจะเป็นการเคลื่อนเพียงเล็กน้อยหรือการเปลี่ยนท่าทางไปจากเดิม เมื่อกลับมาท่าทางเดิมอีกครั้งส่งผลให้ท่าทางไม่อยู่ตำแหน่งเดิม รวมทั้งความยืดหยุ่นร่างกายขณะทำการวัดสัดส่วนทั้ง 2 วิธี (วิธีวัดโดยตรงและวิธีการทางภาพถ่าย) สาเหตุนี้เองส่งผลต่อความคลาดเคลื่อน

6.3 ปัญหาที่พบในงานวิจัย

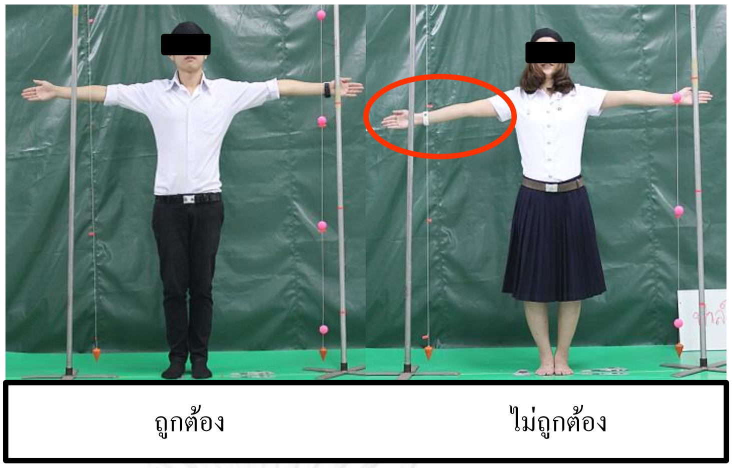
ตลอดการดำเนินงานวิจัย มีปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนี้

1. ผู้เข้าร่วมทดลองมีท่าทีเขินอายที่จะสวมหมวกว่ายน้ำ ซึ่งเป็นหมวกรัดศีรษะตึง โดยเฉพาะผู้หญิง จะสวมหมวกไม่ตึง เพราะฉะนั้นจะต้องตรวจสอบความเรียบร้อยทุกครั้ง

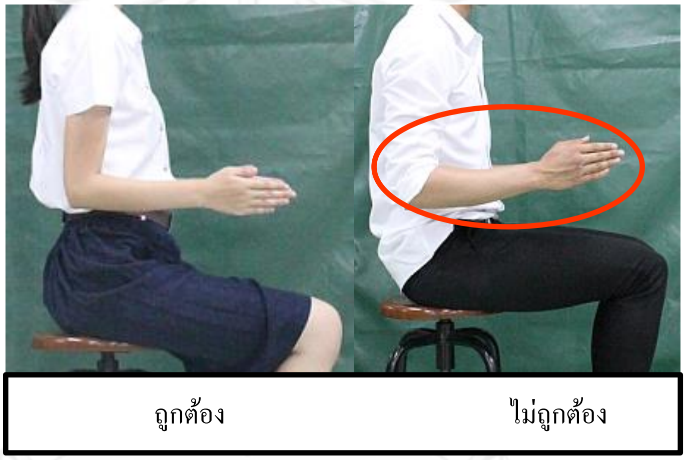
รูปที่ 6.7 การสวมหมวกคลุมผมที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

2. ผู้เข้าร่วมทดลองจัดท่าทางมาตรฐานไม่ถูกต้อง หรือไม่อยู่ในระนาบเดียวกับระนาบอ้างอิง ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 6.8 ท่ายืนกางแขนที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง



รูปที่ 6.9 ท่านั่งยกแขนที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

รูปที่ 6.10 ลักษณะหัวเข่าขณะนั่งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

ถูกต้อง ไม่ถูกต้อง

รูปที่ 6.11 ท่านั่งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

ถูกต้อง ไม่ถูกต้อง

รูปที่ 6.12 การยืนระนาบเดียวกับระนาบอ้างอิงที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

3. ชุดของผู้เข้าร่วมทดลองบางคนหลวมเกินไป จึงเกิดการย่น ไม่เรียบ ยากต่อการวัดระยะจากภาพถ่าย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ถูกต้อง ไม่ถูกต้อง

รูปที่ 6.13 การจัดเก็บชุดของผู้เข้าร่วมทดลองที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

รูปที่ 6.14 เปรียบเทียบชุดที่จัดเก็บถูกต้องและไม่ถูกต้อง

4. ร่างกายมีความยืดหยุ่น การวัดด้วยวิธีการทางภาพถ่ายและวิธีวัดโดยตรง ผู้ถูกวัดอาจจะมีการยืดหดร่างกายไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้
5. ควรระวังการสัมผัสร่างกายของผู้เข้าร่วมทดลอง อาจเกิดความไม่เหมาะสม

6.4 ข้อเสนอแนะ

1. การนำสมการไปใช้จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์อ้างอิงตามที่งานวิจัยนี้ได้เสนอไว้เท่านั้น
2. เสื้อผ้ามีผลอย่างมากในการบดบังสัดส่วนร่างกาย จึงควรจัดเก็บให้แนบชิดร่างกายมากที่สุด อาจใช้เทบกาวช่วยในการเก็บชายเสื้อผ้า
3. อาจเพิ่มความละเอียดของวัตุอ้างอิงให้มีระยะห่างน้อยลง เดิมแนวแกน X ระยะ 50 เซ็นติเมตร เป็นระยะ 25 เซ็นติเมตร และแนวแกน Y เพิ่มระยะอ้างอิงอีกทั้งสองข้างอีกฝั่งละ 50 เซนติเมตร จะสามารถครอบคลุมสัดส่วนระยะกางแกน จากเดิมมีความคลาดเคลื่อนสูง สามารถเพิ่มความแม่นยำขึ้นได้ เนื่องจากเมื่อถ่ายภาพที่ระยะใกล้ ระยะภาพถ่ายบริเวณกึ่งกลางจะมีค่ามากกว่าบริเวณขอบภาพ ทำให้อัตราพิกเซลภาพแตกต่างกัน ซึ่งการที่เทียบระยะอ้างอิงที่น้อยกว่า หรือมากกว่าบริเวณที่ต้องการวัด จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นการเพิ่มความละเอียดของวัตถุอ้างอิงจึงทำให้สามารถเลือกที่จะเทียบกับขนาดใกล้เคียงกับวัตถุมากที่สุด ส่งผลให้กำจัดความคลาดเคลื่อนจากวัตถุอ้างอิงได้
4. เดิมงานวิจัยนี้ใช้วัตถุอ้างอิงที่เป็นเชือกห้อยลูกดิ่งลงสู่พื้นตามแรงโน้มถ่วง ถ้ามีการไปสัมผัสก็จะแกว่งไปมาได้ ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อน อนาคตอาจจะเปลียนเป็นการใช้แสงเลเซอร์มาช่วยในการอ้างอิงเพราะจะได้ไม่ต้องมีสิ่งกีดขวางอยู่บริเวณของผู้ถูกถ่ายภาพ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ อินทรานนท์. การยศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

กัลยา วินิชย์บัญชา. หลักสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : ธรรมสาร, 2549

ณัฐพล พุฒยางกูร. การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยโปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิตอลแบบ 2 มิติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ณัฐวุฒิ ปิยบุปผชาติ. Basic in DSLR Photography. กรุงเทพฯ : ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์, 2551.

มนัสนันท์ญาดา คำฟู. นวัตกรรมการวัดสัดส่วนร่างกายจากภาพดิจิทัลเพื่อการตัดเย็บสูทสากลชาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554

วีรนิจ ทรรทรานนท์. ถ่ายภาพสวยด้วย DSLR. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เอ็มไอเอส, 2552.

สังกาส พิริยะสุรวงศ์. การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายโปรแกรม 2D Anthropometer. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2546

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.มาตรฐาน SizeThai [ออนไลน์]. (2537). แหล่งที่มาhttp://www.sizethailand.org/index.html [06 พฤศจิกายน 2555]

สุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์. ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและอัตราส่วนขนาดร่างกายของเด็กนักเรียนประถมศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย.กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2543

ภาษาอังกฤษ

Patrick Chi-Yuen Hung, Channa P. Witana, and Ravindra S. Goonetilleke. Anthropometric Measurements from Photographic Images. Kuala Lumpur: Damai Sciences, 2004. 764-769

Pheasant, S.T. Bodyspace : Anthropometry, Ergonomics and Design. London:Taylor & Francis Ltd, 1988.

J.A. Roebuck, Jr., K.H.E. Kroemer and W.G. Thomson. Engineering Anthropometry Methods. John Wiley & Sons, 1975.

Smith, J.L. and Tayyari, F. Occupational Ergonomics: Principles and Application. 1st ed. London: Chapman & Hall, 1997.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Timothy G. Lohman, Alex F. Roche, and Reynaldo Martorell. Anthropometric standardization reference manual. Abridged ed. United States of America, 1988

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

คู่มือการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ด้วยเทคนิคประมวลผล
ภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติ โดยถ่ายภาพที่ระยะใกล้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คู่มือเล่มนี้นำเสนอขั้นตอนการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติ โดยถ่ายภาพที่ระยะ 2-4 เมตร และการใช้สมการเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการถ่ายภาพที่ระยะใกล้จะมีความคลาดเคลื่อนจากการบวมของภาพถ่าย และมุมมองที่กล้องสามารถถ่ายภาพได้ รวมถึงข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งาน โดยใช้ท่ามาตรฐาน 4 ท่าทาง คือ ท่ายืนตรง ท่ายืนกางแขนสองข้าง ท่านั่งยกแขนท่อนล่าง และท่านั่งหันหลัง สัดส่วนที่ทำการวัด จำนวน 12 สัดส่วนได้แก่

1.ความสูงขณะยืน
2.ความสูงระดับไหล่ขณะยืน
3.ความสูงขณะนั่ง
4.ความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง
5.ความสูงของเข่าขณะนั่ง
6.ระยะจากก้นถึงหัวเข่า
7.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ
8.ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)
9.ความกว้างสะโพก
10.ระยะกางแขน
11.ความกว้างศีรษะ
12.ความยาวศีรษะ

1. จัดเตรียมห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์

1.1 ห้องปฏิบัติการ

1) ลักษณะทางสิ่งแวดล้อม

ความสว่าง : ควรมากกว่า 500 ลักซ์ (วัดโดยใช้เครื่องมือวัดแสงสว่าง)

2) ลักษณะทางกายภาพ

ขนาดห้อง : 4x5 เมตร หรือขนาดใหญ่กว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 อุปกรณ์

1) ฉากหลังสีเขียวล้วน ไม่ควรใช้สีทึบ หรือสว่างเกินไป เพราะจะทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของขอบวัตถุ จะส่งผลให้การหาขนาดสัดส่วนผิดพลาด พร้อมทั้งทำเครื่องหมายเส้นตรงขนานกับฉากหลัง เพื่อระบุระนาบที่จะวางวัตถุอ้างอิง และตำแหน่งของวัตถุหรือบุคคลที่จะทำการถ่ายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ฉากหลังสีเขียวล้วน

2) เสาอ้างอิงระยะ ทำเครื่องหมายเพื่องอ้างอิงระยะห่างกัน 50 เซนติเมตร ใช้ลูกดิ่งเพื่อให้ขนานกันทั้งสองเส้นแนวดิ่ง ซึ่งห่างกัน 100 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 เสาอ้างอิงระยะ

3) ขาตั้งกล้องชนิด 3 ขา แบบหัวแพน สามารถขยับ ซ้าย-ขวา บน-ล่างได้ จะใช้ติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอลเพื่อช่วยให้ภาพมีความคมชัด ลดการสั่นสะเทือน และสะดวกในการถ่ายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 ขาตั้งกล้องชนิด 3 ขา

4) หมวกว่ายน้ำ เพื่อใช้คลุมผมก่อนถ่ายภาพ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเส้นผมที่หนา เพื่อมิให้ความสูงผิดเพี้ยนไปจากความจริง แสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 แสดงหมวกว่ายน้ำสำหรับคลุมผม

5) กล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวด้วยระบบดิจิตอล (Digital Single Lens Reflex:DSLR) ยี่ห้อแคนนอน รุ่น 550D ใช้ถ่ายภาพ จะมีความละเอียดสูง สามารถเลือกโปรแกรมให้เหมาะกับสภาพห้องปฏิบัติการได้ ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

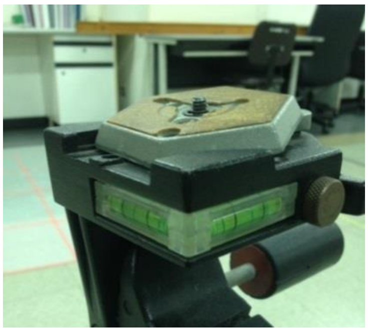
6) อุปกรณ์เสริมตัวกดชัตเตอร์ (Triggers) ดังรูปที่ 6 เพื่อสะดวกแก่ผู้ถ่ายภาพในการจัดท่าทางผู้ถูกถ่ายภาพโดยไม่ต้องเดินกลับไปกดชัตเตอร์ อีกทั้งเป็นการลดการสั่นสะเทือนจากการกดชัตเตอร์ที่ลำตัวกล้องลงได้

รูปที่ 6 อุปกรณ์เสริมตัวกดชัตเตอร์ (Triggers)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

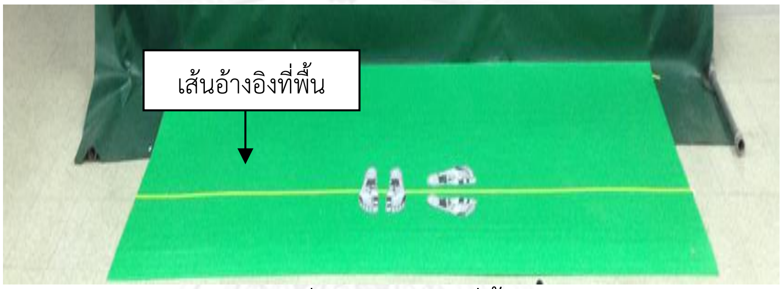
2. ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

1) ติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอลเข้ากับขาตั้งกล้อง โดยตรวจเช็คระดับน้ำที่ขาตั้งกล้อง เพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 มาตรเทียบระดับน้ำของขาตั้งกล้อง

2) กำหนดเส้นอ้างอิงที่พื้นเพื่อให้เสาอ้างอิงและวัตถุให้อยู่ในระนาบเดียวกัน ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เส้นอ้างอิงที่พื้น

3) ทำการติดตั้งอุปกรณ์อ้างอิงให้อยู่ระนาบเดียวกับเส้นอ้างอิง และเสาอ้างอิงทั้งสองห่างจากกัน 100 เซ็นติเมตร (วัดจากเชือกที่ห้อยลูกดิ่ง)

4) ปรับระดับความสูงของกล้องถ่ายภาพวัดจากกึ่งกลางเลนส์กล้องถึงพื้น สูง 80 เซ็นติเมตร

5) เลือกติดตั้งกล้องถ่ายภาพห่างจากระนาบอ้างอิงที่พื้นแล้วแต่ความสะดวกของผู้ใช้ ตั้งแต่ 2-4 เมตร (แนะนำให้วางกล้องที่ระยะ 4 เมตร ถ้ามีพื้นที่เพียงพอจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด)

6) ทดลองถ่ายภาพเพื่อตรวจสอบภาพที่เกิดขึ้น (ถ่ายภาพโดยไม่มีการซูมภาพ)

3. ข้อปฏิบัติของผู้ถูกถ่ายภาพ

1) ถอดเครื่องประดับที่มีผลต่อการวัดระยะสัดส่วน เช่น แว่นตา เข็มขัด เครื่องประดับบนศีรษะ เป็นต้น

2) สวมหมวกว่ายน้ำให้แนบศีรษะมากที่สุด (ผู้หญิงให้รวบผมไว้ท้ายทอย อยู่นอกหมวกว่ายน้ำ)

3) ทำเครื่องหมายอย่างชัดเจนบนร่างกายตามตำแหน่งที่ต้องการวัด

4) อธิบายข้อกำหนดและท่าทางการถ่ายภาพ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบและปฏิบัติตามอย่างถูกต้อง

4. ขั้นตอนการถ่ายภาพ

1) ปรับตั้งกล้องดิจิตอลดังนี้

- เลือกระบบโฟกัสด้วยตัวเอง (Manual Focus)
- เลือกใช้โหมดถ่ายภาพ Aperture Value (AV) หรือ ค่ารูรับแสง เป็นค่าที่แสดงการเปิดของช่องรับแสงในกล้องมากน้อยเพียงใด ซึ่งค่าน้อยแสดงว่าเปิดรับแสงมาก ในทางกลับกันถ้าค่ามากแสดงว่าเปิดรับแสงน้อย
- เปิดรูรับแสงต่ำสุดที่ 3.5 เพื่อให้แสงเข้าได้มาก จะทำให้ภาพสว่างขึ้น
- ค่าความไวแสงของฟิล์ม (ISO) ที่ระดับ 200 เพราะแสงในห้องปฏิบัติการมีน้อย การเลือกค่าความไวแสงระดับนี้สามารถลดสัญญาณรบกวน หรือ Noise ได้
- ความละเอียดภาพสูงสุดที่ 18 เมกะพิกเซล เพื่อได้ภาพที่มีความคมชัดที่สุด

2) จัดท่าทางให้ถูกต้อง โดยผู้ถูกถ่ายภาพห้ามเปลี่ยนท่าทางหรือขยับให้น้อยที่สุดจนกว่าจะถ่ายภาพเสร็จสิ้นลง

3) ทำการถ่ายภาพโดยใช้ตัวกดชัตเตอร์นอก และตรวจสอบภาพที่ได้ หากไม่ถูกต้องให้ทำการถ่ายซ้ำอีกครั้ง

4) ผู้ถูกถ่ายภาพเปลี่ยนท่าทางใหม่ ทำตามข้อ 1) ถึงข้อ 3) จนครบทั้ง 4 ท่าทาง (ดูรายละเอียดท่าทางในข้อ5.)

5) แปลผลภาพถ่ายจากการเทียบจากระยะอ้างอิงหน่วยพิกเซล มาเป็นขนาดในหน่วยเซนติเมตร ขนาดสัดส่วนความสูงก็จะใช้ระยะอ้างอิงในแนวดิ่ง และขนาดสัดส่วนความกว้างจะใช้ระยะอ้างอิงในแนวนอน

5. ท่าทางของผู้ถูกถ่ายภาพ

1) ท่ายืนตรง

ผู้ถูกถ่ายภาพยืนตรงเท้าสองข้างชิดกัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงอยู่ในแนวระดับ ไม่สวมใส่รองเท้า กึ่งกลางลำตัวอยู่แนวเดียวกับเส้นอ้างอิงที่พื้น

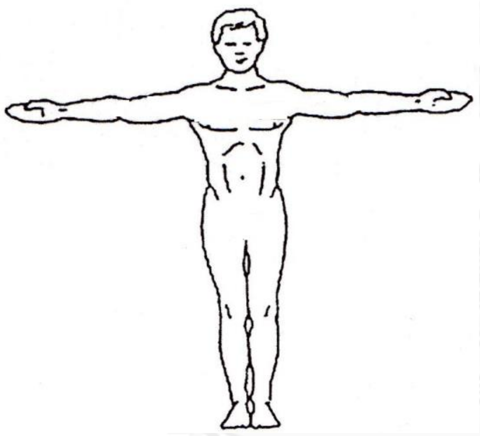
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

*หมายเหตุ ข้อควรระวัง

ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง

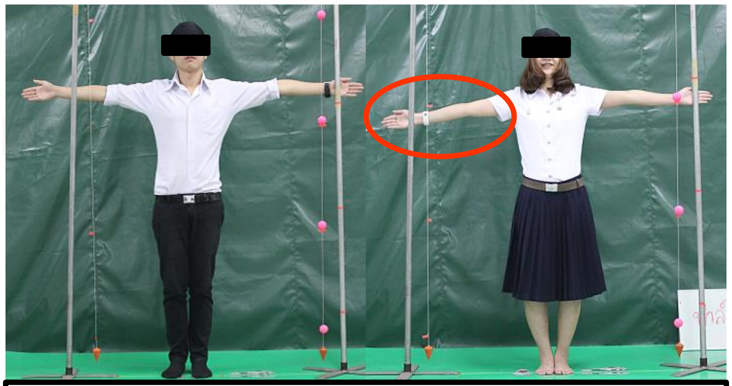
รูปที่ 9 การยืนระนาบเดียวกับระนาบอ้างอิงที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

2) ท่ายืนกางแขน



ผู้ถูกถ่ายภาพยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกัน แขนทั้งสองเหยียดตรง ข้างกางออกข้างลำตัว 180 องศา แบมือนิ้วรวบชิดกัน หน้ามองตรง ให้อยู่ในแนวระดับ ไม่สวมใส่รองเท้า

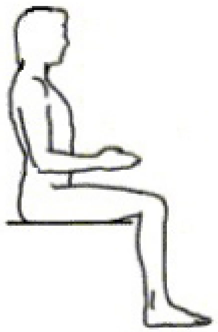
*หมายเหตุ ข้อควรระวัง



ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง

รูปที่ 10 ท่ายืนกางแขนที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

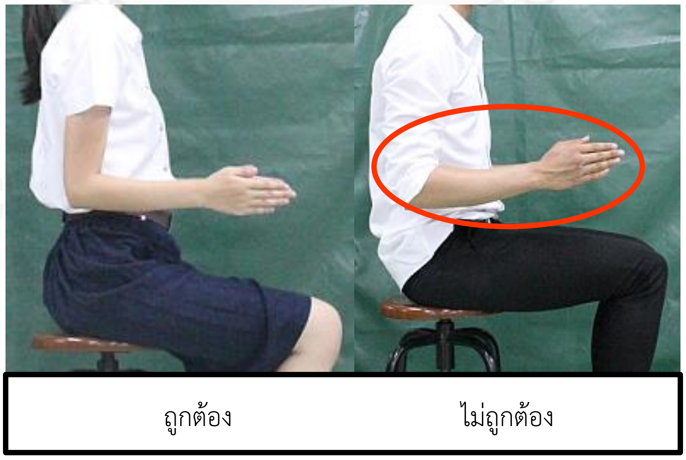
3) ท่านั่งยกแขนท่อนล่าง



ผู้ถูกถ่ายภาพนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตรงมองไปข้างหน้าแขนท่อนบนห้อยลง แขนท่อนล่างและปลายนิ้วมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวขนานกับพื้น หันด้านข้างลำตัวให้กล้องถ่ายภาพ

*หมายเหตุ ข้อควรระวัง

รูปที่ 11 การสวมหมวกคลุมผมที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง



รูปที่ 12 ท่านั่งยกแขนที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

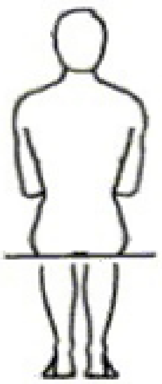
ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง

รูปที่ 13 การจัดเก็บชายเสื้อผ้าของถูกถ่ายภาพที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง

รูปที่ 14 ลักษณะหัวเข่าขณะนั่งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

4) ท่านั่งหันหลัง



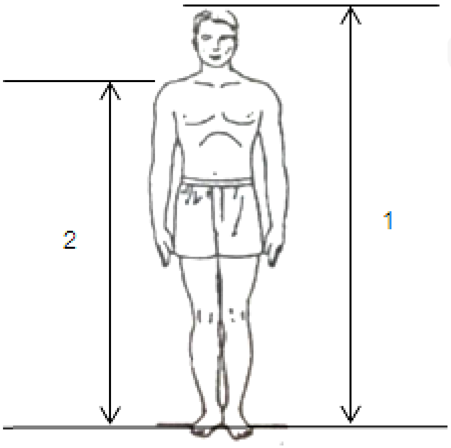
ผู้ถูกถ่ายภาพนั่งตัวตรง หน้ามองตรง ให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้า แขนท่อนบนห้อยลง แขนท่อนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้า หันหลังให้กล้องถ่ายภาพ

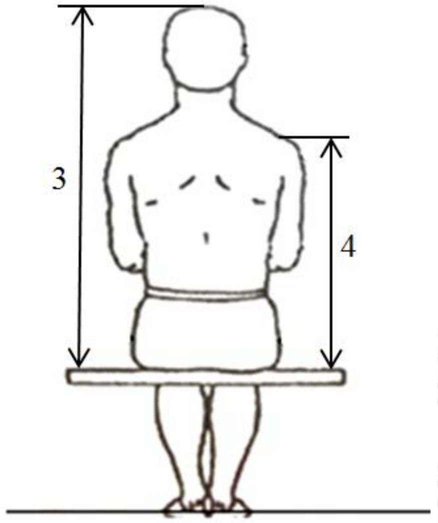
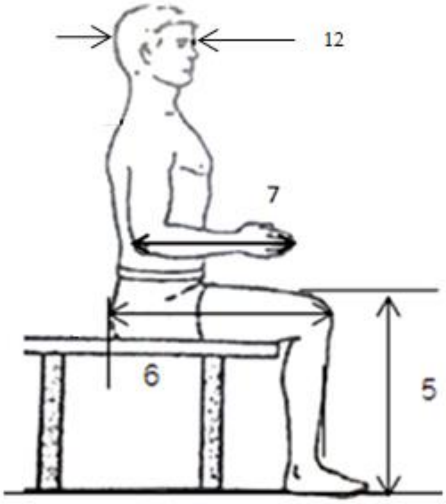
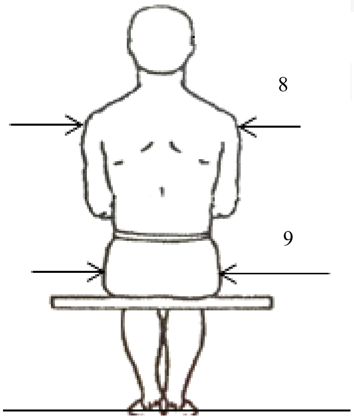
*หมายเหตุ ข้อควรระวัง

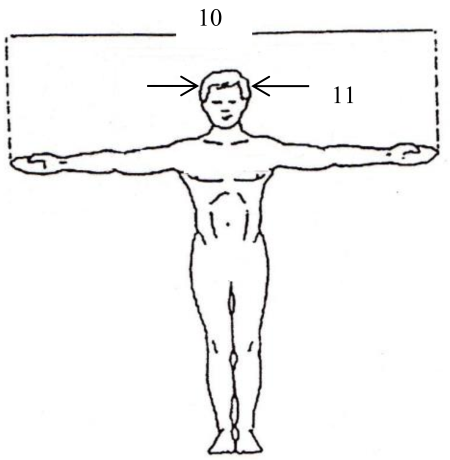
รูปที่ 15 ท่านั่งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

รูปที่ 16 เปรียบเทียบการจัดเก็บชายเสื้อผ้าที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

6. ท่ามาตรฐานการวัดสัดส่วนมนุษย์ดัดแปลงจาก Pheasant (1986)

	1. ความสูงขณะยืน: วัดในแนวดิ่งจากจุดสูงสุดของปลายศีรษะ จรดพื้น 2. ความสูงไหล่ขณะยืน: วัดในแนวดิ่งจากจุดที่นูนที่สุดของปุ่มกระดูกหัวไหล่ จรดพื้น

 	3. ความสูงขณะนั่ง: ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ แขนส่วนปลายแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดความสูงจากเก้าอี้ถึงจุดสูงสุดของศีรษะ 4. ความสูงไหล่ขณะนั่ง : ทำการวัดความสูงจาก เก้าอี้ถึงจุดที่นูนที่สุดของปุ่มหัวไหล่ 5. ความสูงของเข่าขณะนั่ง : ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงส่วนบนของกระดูกหัวเข่า 6. ความยาวจากก้นถึงหัวเข่า : ทำการวัดจากจุดที่นูนของหัวเข่าจนถึงจุดสุดก้นในแนวระนาบ 7. ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ : วัดระยะจากด้านหลังของข้อศอกถึงปลายนิ้วกลาง 12. ความยาวศีรษะ : ทำการวัดความยาวจากท้ายทอย จนถึงกระดูกที่อยู่ระหว่างคิ้ว
	8. ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) : ทำการวัดความกว้างจากจุดที่นูนที่สุดของกล้ามเนื้อต้นแขนซ้าย ถึงจุดที่นูนที่สุดของกล้ามเนื้อต้นแขนขวาในระดับไหล่ 9. ความกว้างสะโพก : ทำการวัดความกว้างส่วนที่กว้างที่สุดของสะโพก ซึ่งโดยปกติ จะยึดด้านนอกสุดของกระดูกเชิงกรานทั้งสองข้าง

 	10. ระยะกางแขน : ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง กางแขนทั้งสองแขนออกทางด้านข้างในแนวระดับ ทำการวัดระยะจากปลายนิ้วกลางของแขนข้างซ้ายจนถึงปลายนิ้วกลางของแขนข้างขวา 11. ความกว้างศีรษะ : วัดระยะศีรษะส่วนที่กว้างที่สุด ซึ่งส่วนที่กว้างที่สุดจะอยู่เหนือใบหูเล็กน้อย

7. ขั้นตอนการแปลงผลหาระยะสัดส่วนร่างกาย

1) นำภาพถ่ายเข้าโปรแกรม Paint หรือ Photoshop

2) เทียบระยะจากเสาอ้างอิงในหน่วย พิกเซลภาพถ่าย/เมตร (อ้างอิงแนวตั้งและแนวนอน)

3) เปรียบเทียบเพื่อหาระยะสัดส่วนร่างกายที่ต้องการในหน่วยเมตร โดยระยะสัดส่วนแนวนอนจะใช้เทียบจากระยะอ้างอิงแนวนอน และระยะสัดส่วนแนวตั้งจะใช้เทียบจากระยะอ้างอิงแนวตั้ง

4) ระยะสัดส่วนที่วัดได้จากการถ่ายภาพระยะใกล้จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น (รายละเอียดในภาคผนวก) และสัดส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนสูง จะแนะนำให้ใช้สมการในการลดความคลาดเคลื่อนดังนี้

สมการลอการิทึม

$$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{a\ln(\mathrm{x}) + \mathrm{b}}{100}\right) \pm \text{ค่าคงที่}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยที่ Y คือ ค่าสัดส่วนที่วัดได้ด้วยวิธีการทางภาพถ่าย (เซ็นติเมตร)

x คือ ระยะวางกล้องถ่ายภาพ (เมตร)

ตารางที่ 1 สมการลดความคลาดเคลื่อนสัดส่วนร่างกาย

สัดส่วน	ระยะวางกล้อง (ม.)	สมการ ($\hat{Y}$)
1. ความสูงไหล่ขณะยืน	3	$\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{Y} - \mathbf{Y}\left(\frac{\mathbf{-1.456\ ln(x) + 1.312}}{\mathbf{100}}\right) + 0.8$
	4	$\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{Y} - \mathbf{Y}\left(\frac{\mathbf{-1.456\ ln(x) + 1.312}}{\mathbf{100}}\right) + \mathbf{1.3}$

สัดส่วน	ระยะวางกล้อง (ม.)	สมการ ($\hat{Y}$)
2. ความสูงขณะนั่ง	2	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) + 1.4$
	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) + 1.4$
	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-5.06\ln(x) + 11.589}{100}\right) + 1.4$
3. ความสูงไหล่ขณะนั่ง	2	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 1.8$
	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 2$
	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-6.309\ln(x) + 16.79}{100}\right) + 1.5$
4. ความสูงของเข่าขณะนั่ง	2	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) + 1$
	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) + 0.8$
	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-3.963\ln(x) + 7.647}{100}\right) + 0.3$
5.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	2	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right)$
5.ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right)$
	4	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-7.341\ln(x) + 14.253}{100}\right) + 1$
7.ระยะกางแขน	3	$\hat{Y} = Y - Y\left(\frac{-1.624\ln(x) + 2.8704}{100}\right) + 1.5$
	4	$\hat{Y} = Y - Y(\frac{-1.624\ln(x) + 2.8704}{100})$

5) ค่าสัดส่วนร่างกายที่ผ่านการแทนค่าสมการลดความคลาดเคลื่อนแล้ว ยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่ การนำไปใช้งาน ควรพิจารณาว่าจะสามารถยอมรับได้หรือไม่ (สามารถดูความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นแต่ละสัดส่วนได้จากภาคผนวก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

8. ข้อเสนอแนะ

1. การนำสมการไปใช้จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์อ้างอิงตามที่ได้เสนอไว้เท่านั้น
2. สมการเหล่านี้ได้จากการทดลองจากกลุ่มวัยรุ่น อายุ 18-26 ปี ส่วนสูงระหว่าง 143-185 เซ็นติเมตร ถ้าผู้ใช้จะนำไปใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างนอกจากที่กล่าวมา ความคลาดเคลื่อนอาจจะไม่ได้เป็นไปตามที่นำเสนอได้ข้างต้น
3. เสื้อผ้ามีผลอย่างมากในการบดบังสัดส่วนร่างกาย จึงควรจัดเก็บให้แนบชิดร่างกายมากที่สุด อาจใช้เทบกาวช่วยในกาเก็บชายเสื้อผ้า

1. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละสัดส่วนร่างกาย

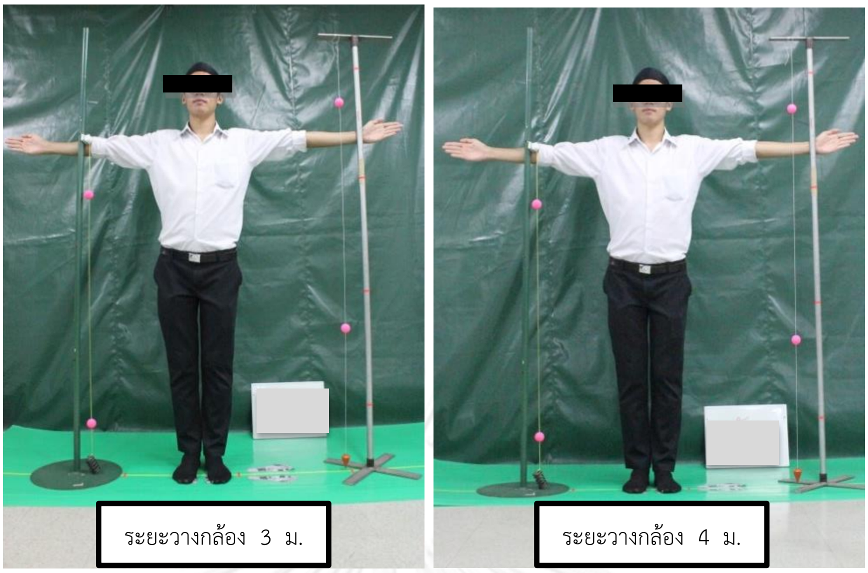
สัดส่วนร่างกาย	ระยะวางกล้อง (ม.)	ความคลาดเคลื่อน (ซม.)	ความคลาดเคลื่อนผ่านการแทนค่าสมการ (ซม.)
ความสูงขณะยืน	2	0.68	ไม่ควรใช้สมการ
	3	0.11	ไม่ควรใช้สมการ
	4	-0.35	ไม่ควรใช้สมการ
ความสูงระดับไหล่ขณะยืน	2	-0.73	ไม่ควรใช้สมการ
	3	-1.37	-0.17
	4	-1.62	-0.32
ความสูงขณะนั่ง	2	6.69	-0.57
	3	5.15	-0.37
	4	4.02	-0.11
ความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง	2	5.72	-0.24
	3	4.18	-0.16
	4	3.29	-0.05
ความสูงระดับเข่าขณะนั่ง	2	1.92	0.3
	3	1.32	0.4
	4	1.04	0.2
ระยะจากก้นถึงหัวเข่า	2	0.53	ไม่ควรใช้สมการ
	3	-0.12	ไม่ควรใช้สมการ
	4	-0.47	ไม่ควรใช้สมการ
ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	2	4.35	-0.24
	3	2.72	-0.28
	4	1.69	-0.24
ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)	2	-0.47	ไม่ควรใช้สมการ
	3	-0.56	ไม่ควรใช้สมการ

สัดส่วนร่างกาย	ระยะวางกล้อง (ม.)	ความคลาดเคลื่อน (ซม.)	ความคลาดเคลื่อนผ่านการแทนค่าสมการ (ซม.)
	4	-0.57	ไม่ควรใช้สมการ
ความกว้างสะโพก	2	0.30	ไม่ควรใช้สมการ
ความกว้างสะโพก	3	0.19	ไม่ควรใช้สมการ
	4	-0.22	ไม่ควรใช้สมการ
ระยะกางแขน	3	-4.77	-1.5
	4	-2.89	-1.86
ความกว้างศีรษะ	2	0.50	ไม่ควรใช้สมการ
	3	0.45	ไม่ควรใช้สมการ
	4	0.32	ไม่ควรใช้สมการ
ความยาวศีรษะ	2	0.78	ไม่ควรใช้สมการ
	3	0.66	ไม่ควรใช้สมการ
	4	0.65	ไม่ควรใช้สมการ

2. สาเหตุความคลาดเคลื่อน

2.1 การบวมของภาพถ่ายเมื่อถ่ายภาพที่ระยะใกล้

รูปที่ 1 เปรียบเทียบการบวมของภาพถ่ายที่ระยะ 2 เมตร และ 4 เมตร (1)



รูปที่ 2 เปรียบเทียบการบวมของภาพถ่ายที่ระยะ 2 เมตร และ 4 เมตร (2)

จากรูปที่ 1 พบว่าเมื่อถ่ายถาพที่ระยะ 2 เมตร บริเวณลำตัวของผู้ถูกถ่ายภาพจะขยายขึ้นเล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลต่อการหาค่าสัดส่วนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับรูปที่ 2 จะพบว่าเมื่อถ่ายภาพที่ระยะ 3 เมตร จะเกิดการบวมของภาพถ่ายมากกว่าที่ระยะ 4 เมตร สังเกตได้จากเสาอ้างอิงที่บวมออกบริเวณขอบภาพ ซึ่งจะทำให้การวัดสัดส่วนที่อยู่บริเวณขอบมาพเกิดความคลาดเคลื่อนมากกว่าสัดส่วนอื่นและจะลดลงเมื่อระยะวางกล้องห่างออกไป

2.2 มุมมองของภาพถ่าย

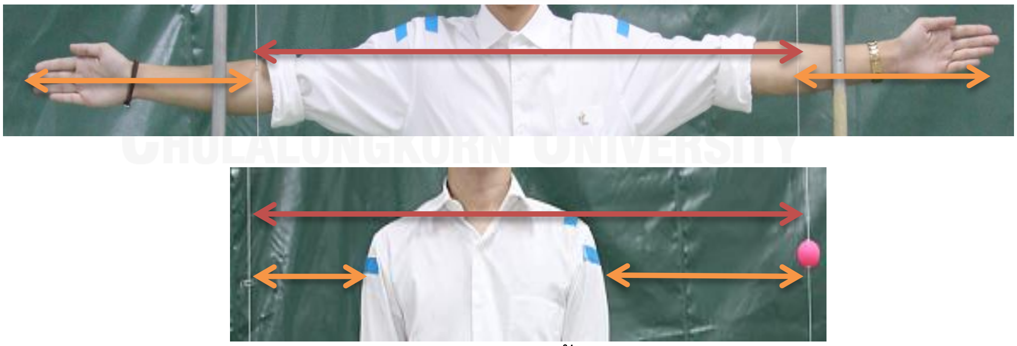
รูปที่ 3 เปรียบเทียบมุมมองภาพถ่ายที่ระยะวางกล้อง 2-4 เมตร

จากรูปที่ 3 ยกตัวอย่างใบหน้าของผู้ถูกถ่ายภาพ เพื่อให้สังเกตได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นได้ทำสัญลักษณ์ไว้บนหมวกว่ายน้ำ จึงพบว่าการวางกล้องระยะใกล้จะได้ภาพถ่ายลักษณะที่เงยหน้าและได้ภาพถ่ายลักษณะหน้าตรงเมื่อระยะวางกล้องห่างออกไปดูได้จากความยาวของขีดบนศรีษะที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าที่ระยะใกล้จุดสูงสุดบนศรีษะที่กล้องจะสามารถถ่ายได้นั้นไม่ใช่บริเวณกึ่งกลางศรีษะ ซึ่งจะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน

รูปที่ 4 เปรียบเทียบมุมมองภาพถ่ายท่ายืนที่ระยะวางกล้อง 2-4 เมตร

จากรูป 4 พบว่า นอกจากศรีษะแล้ว บริเวณเท้าของท่ายืน เกิดมุมมองภาพถ่ายที่ยากแก่การวัดระยะเช่นเดียวกัน ลักษณะนี้จึงต้องใช้เส้นอ้างอิงเป็นจุดที่จะวัดระยะจากพื้นขึ้นไป ไม่ควรวัดจากปลายเท้า เนื่องจากจะเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น

2.3 วัตถุอ้างอิงที่ยาวหรือสั้นกว่าระยะสัดส่วน



รูปที่ 5 วัตถุอ้างอิงที่ยาวและสั้นกว่าระยะสัดส่วน

จากรูปที่ 5 พบว่า เมื่อระยะอ้างอิงยาวหรือสั้นกว่าสัดส่วนที่จะทำการวัด เมื่อภาพถ่ายนั้นเกิดการบวมหรือเกิดมุมมองที่มีลักษณะเงยดังที่กล่าวในหัวข้อ 2.1-2.2 จะส่งผลให้ต่อการเทียบพิกเซลต่อเมตรเพื่อหาระยะสัดส่วนร่างกายคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.4 ความยืดหยุ่นร่างกาย

เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองอยู่ในท่าทางเดิมเป็นเวลานาน เกิดความเมื่อยล้าได้และมีการเคลื่อนไหวของร่างกาย อาจจะเป็นการเคลื่อนเพียงเล็กน้อยหรือการเปลี่ยนท่าทางไปจากเดิม เมื่อกลับมาท่าทางเดิมอีกครั้งส่งผลให้ท่าทางไม่อยู่ตำแหน่งเดิม ความยืดหยุ่นร่างกายจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข.

เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่าง ในกระบวนการเก็บข้อมูลการวัดระยะสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยใช้อุปกรณ์วัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ และกล้องถ่ายภาพดิจิตอล

ชื่องานวิจัย : การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติ โดยถ่ายภาพที่ระยะใกล้

ชื่อผู้วิจัย : นางสาวอนุธิดา ฉิมทับ

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

กรุณาอ่านอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

1. **ข้อมูลส่วนตัว**

   ชื่อ-นามสกุล : ....

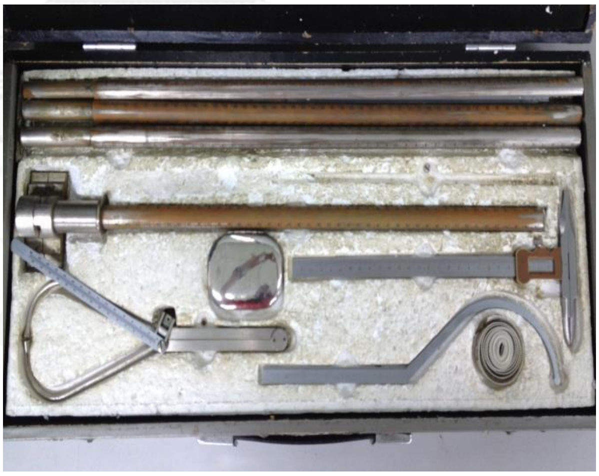
เพศ : ☐ ชาย ☐ หญิง อายุ : .... น้ำหนัก : ....

2. **รายละเอียด**

   1) วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนด้วยการติดตั้งอุปกรณ์การถ่ายภาพของการวัดสัดส่วนร่างกายโดยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล และเพื่อหาความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนการวัดสัดส่วนร่างกายโดยเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอลกับปัจจัยระยะห่างระหว่างกล้องและวัตถุที่น้อยกว่า 4 เมตร
   2) ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากผู้เข้าร่วมทำการวัดระยะสัดส่วนร่างกายจะถูกเก็บไว้เป็นความลับทางเอกสาร และถือเป็นข้อมูลของห้องปฏิบัติการการยศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
   3) ในกระบวนการวิเคราะห์ จะนำเอาค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการเปรียบเทียบการวัดทั้ง 2 วิธีมานำเสนอเท่านั้น จะไม่นำเอาข้อมูลสัดส่วนของผู้เข้าผู้เข้าร่วมทำการวัดระยะสัดส่วนร่างกายมาทำการเผยแพร่
   4) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะไม่ได้รับค่าตอบแทน จะเป็นไปด้วยความสมัครใจ สามารถขอหยุดในการเป็นกลุ่มตัวอย่างได้ทุกเมื่อ โดยไม่ต้องมีเหตุผล
   5) ผู้เข้าร่วมงานวิจัย มีร่างกายปกติ ไม่พิการ หรือทุพพลภาพ
   6) ผู้เข้าร่วมทำการวัดระยะสัดส่วนร่างกายจะต้องถอดเครื่องประดับออก สวมหมวกคลุมผม และสวมเครื่องแต่งกายรัดรูป ดังตัวอย่างในรูปที่ 1

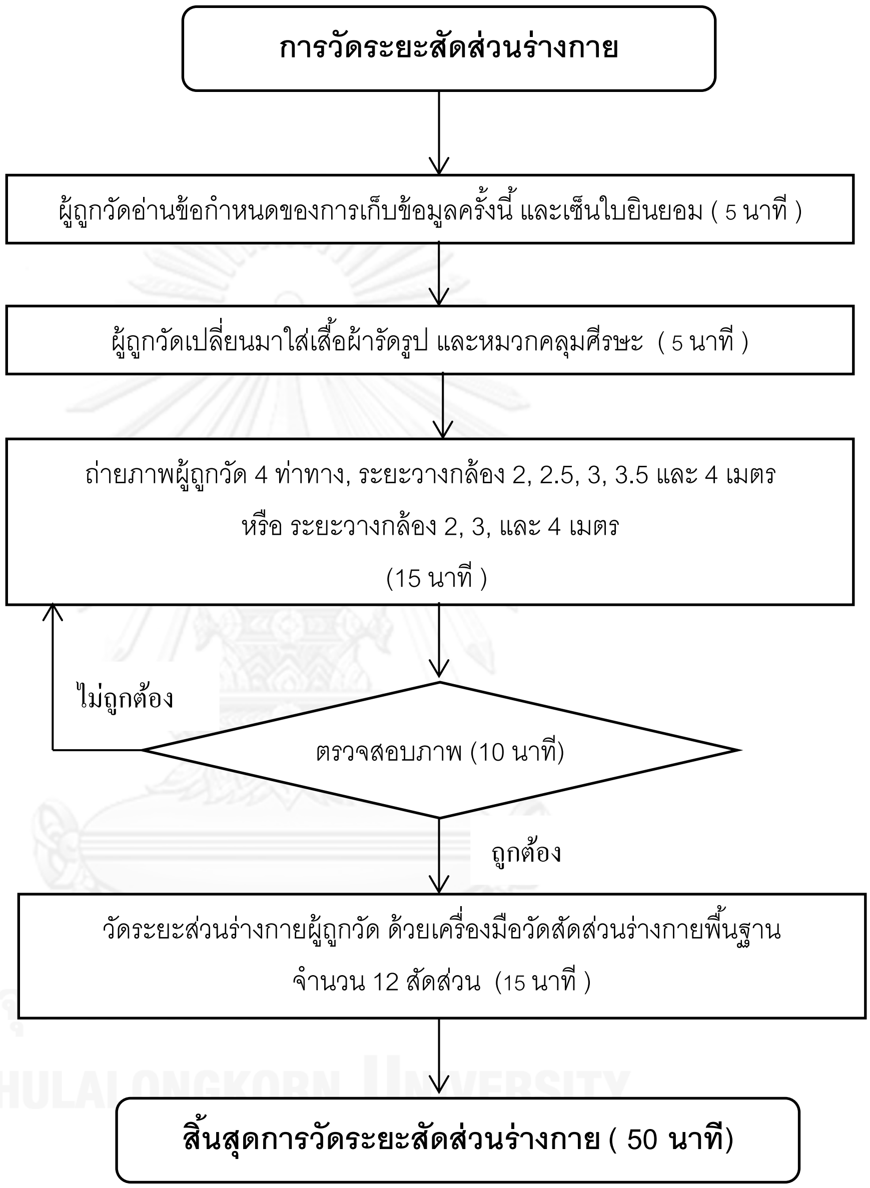
รูปที่ 1 ตัวอย่างชุดชาย-หญิง ของผู้ถูกถ่ายภาพ

7) เครื่องมือที่ใช้กับผู้เข้าร่วมงานวิจัย คือ ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์พื้นฐาน (Anthropometer) ดังรูปที่ 2

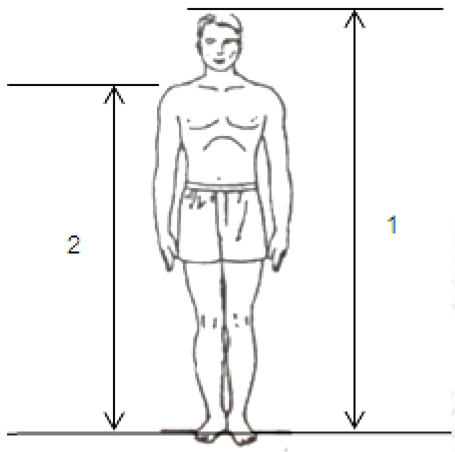
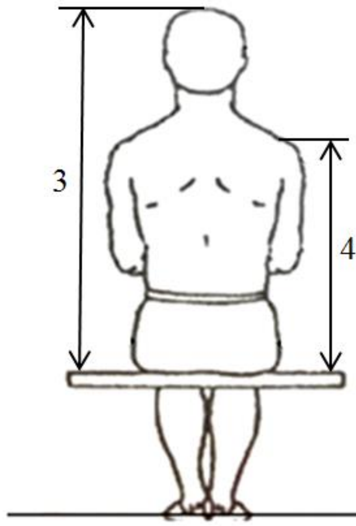
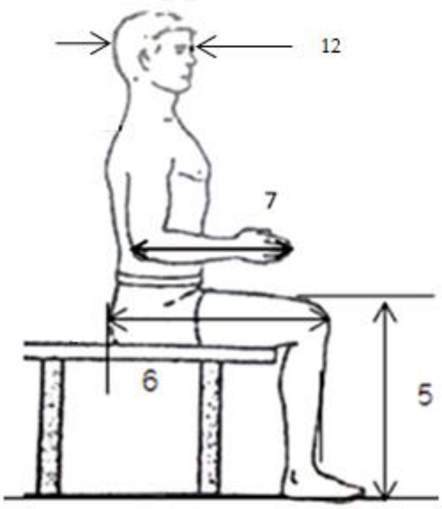


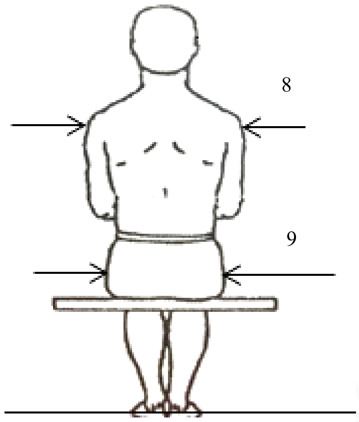
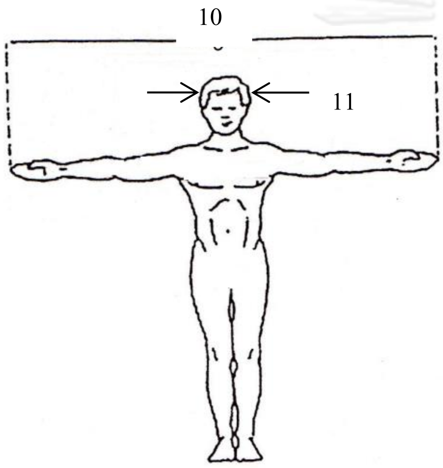
รูปที่ 2 ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์พื้นฐาน

8) ใช้เวลาในกระบวนการวัดระยะสัดส่วนร่างกาย 50 นาที มีรายละเอียดดังนี้



3. ท่ามาตรฐานการวัดสัดส่วนมนุษย์ดัดแปลงจาก Pheasant (1986)

	1. ความสูงขณะยืน : วัดในแนวดิ่งจากจุดสูงสุดของปลายศีรษะ จรดพื้น 2. ความสูงไหล่ขณะยืน : วัดในแนวดิ่งจากจุดที่นูนที่สุดของปุ่มกระดูกหัวไหล่ จรดพื้น
	3. ความสูงขณะนั่ง ผู้ถูกวัดนั่งหลังตรง เท้าทั้งสองชิดกัน หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ แขนส่วนปลายแนบลำตัว แขนส่วนล่างยื่นไปด้านหน้าในแนวตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ทำการวัดความสูงจากเก้าอี้ถึงจุดสูงสุดของศีรษะ 4. ความสูงไหล่ขณะนั่ง ทำการวัดความสูงจาก เก้าอี้ถึงจุดที่นูนที่สุดของปุ่มหัวไหล่ 5. ความสูงของเข่าขณะนั่ง ทำการวัดความสูงจากพื้นถึงส่วนบนของกระดูกหัวเข่า 6. ความยาวจากก้นถึงหัวเข่า ทำการวัดจากจุดที่นูนของหัวเข่าจนถึงจุดสุดก้นในแนวระนาบ 7. ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ วัดระยะจากด้านหลังของข้อศอกถึงปลายนิ้วกลาง

	8. ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) ทำการวัดความกว้างจากจุดที่นูนที่สุดของกล้ามเนื้อต้นแขนซ้าย ถึงจุดที่นูนที่สุดของกล้ามเนื้อต้นแขนขวาในระดับไหล่ 9. ความกว้างสะโพก ทำการวัดความกว้างส่วนที่กว้างที่สุดของสะโพก ซึ่งโดยปกติ จะยึดด้านนอกสุดของกระดูกเชิงกรานทั้งสองข้าง
	10. ระยะกางแขน ผู้ถูกวัดยืนตัวตรง กางแขนทั้งสองแขนออกทางด้านข้างในแนวระดับ ทำการวัดระยะจากปลายนิ้วกลางของแขนข้างซ้ายจนถึงปลายนิ้วกลางของแขนข้างขวา 11. ความกว้างศีรษะ วัดระยะศีรษะส่วนที่กว้างที่สุด ซึ่งส่วนที่กว้างที่สุดจะอยู่เหนือใบหูเล็กน้อย 12. ความยาวศีรษะ ทำการวัดความยาวจากท้ายทอยจนถึงกระดูกที่อยู่ระหว่างคิ้ว

4. ข้าพเจ้ารับทราบเงื่อนไขและยินยอมให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลระยะสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยใช้อุปกรณ์วัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ และกล้องถ่ายภาพดิจิตอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลงชื่อ ....

( )

ผู้เข้าร่วมทำการวัดระยะสัดส่วนร่างกาย

ลงชื่อ ....

(นางสาวอนุธิดา ฉิมทับ)

ผู้ทำการเก็บข้อมูล

ภาคผนวก ค.

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนหุ่นจำลองและผู้เข้าร่วมทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัดส่วนหุ่นจำลอง

1) สัดส่วนความสูงขณะยืน

ระยะวาง กล้อง	% ความคลาดเคลื่อนที่ระยะความสูง 150-170 cm							
	150		160		170		180	
2.0m	1.67	1.63	1.43	1.65	0.87	0.92	1.3	0.87
2.5m	0.96	0.92	0.80	0.35	0.35	0.68	1.13	0.43
3.0m	0.47	0.62	0.29	0.23	0.25	0.48	0.93	0.21
3.5m	0.39	0.25	0.46	0.30	0.10	0.2	0.2	0.06
4.0m	0.03	0.07	0.07	0.04	0.12	0.09	0.13	0.12

2) ความสูงไหล่ขณะยืน

ระยะวาง กล้อง	% ความคลาดเคลื่อนที่ระยะความสูง 115.8-150.8 cm.							
	115.00	120.80	125.8	130.8	135.8	140.8	145.8	150.8
2.0m	0.94	0.34	-0.27	0.40	0.88	-0.29	-0.01	-0.16
2.5m	0.94	0.34	-0.27	0.40	0.88	-0.29	-0.01	-0.16
3.0m	-0.66	-0.38	-0.69	-0.54	-0.54	-0.58	-0.22	-0.48
3.5m	-0.63	-0.71	-0.64	-0.25	-0.38	-0.63	-0.51	-0.48
4.0m	-1.04	-0.73	-0.30	-0.64	-0.65	-0.63	-0.49	-0.65

3) ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้ว

ระยะวาง กล้อง	% ความคลาดเคลื่อนระยะ 40-53 cm.				
	40	44	46.5	49.5	53
2.0m	9.40	9.38	8.96	9.29	9.83
2.5m	7.45	7.23	6.91	7.48	7.82
3.0m	5.79	6.04	5.74	6.01	6.08
3.5m	5.02	5.16	4.59	5.12	5.33
4.0m	4.55	4.45	3.87	4.14	4.40

4) ความกว้างไหล่และความกว้างสะโพก

ระยะวางกล้อง	% ความคลาดเคลื่อน ที่ระยะกว้าง 30-65 cm							
	30	35	40	45	50	55	60	65
2.0m	5.39	5.41	5.38	5.30	5.25	5.49	5.76	5.01
2.5m	4.18	4.46	5.16	4.06	4.07	4.55	4.55	4.12
3.0m	3.43	3.70	3.60	3.44	3.09	4.09	3.95	3.34
3.5m	2.81	3.42	2.80	2.92	2.56	3.04	3.50	3.10
4.0m	3.25	2.77	3.21	2.56	2.47	3.30	3.04	2.89

5) ระยะกางแขน

ระยะวางกล้อง	% ความคลาดเคลื่อน ที่ระยะความกว้าง 155-185 cm					
	155	160	165	172	178	185
2.0m	10.66	6.49	5.75	7.87	9.87	10.66
2.5m	9.06	6.50	5.33	5.32	9.81	9.06
3.0m	7.09	5.24	3.93	4.12	7.00	7.09
3.5m	6.88	5.19	4.29	4.11	6.09	6.88
4.0m	6.27	5.05	3.94	3.71	4.86	6.27

2. เปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัดส่วนจากผู้เข้าร่วมทดลองสวมชุดรัดรูป

1) ความสูงขณะนั่ง

ระยะวางกล้อง	% ความคลาดเคลื่อนระยะ 74.8-90.7 cm.				
	74.80	75.90	82.10	88.70	90.70
2.0m	9.40	9.38	8.96	9.29	9.83
2.5m	7.45	7.23	6.91	7.48	7.82
3.0m	5.79	6.04	5.74	6.01	6.08
3.5m	5.02	5.16	4.59	5.12	5.33
4.0m	4.55	4.45	3.87	4.14	4.40

2) ความสูงไหล่ขณะนั่ง

ระยะวางกล้อง	% ความคลาดเคลื่อนระยะ 49.5-61 cm.				
	50.00	49.50	53.30	56.50	61.00

2.0m	14.41	11.22	9.35	13.39	13.39
2.5m	13.40	10.84	8.89	10.63	12.88
3.0m	11.64	9.41	7.62	8.43	10.43
3.5m	10.84	8.94	7.34	8.60	8.64
4.0m	9.70	9.12	6.74	8.08	7.16

3) ความสูงของเข่าขณะนั่ง

ระยะวาง	% ความคลาดเคลื่อนระยะ 42.7-57.2 cm.				
กล้อง	42.7	47.3	50	49.4	57.2
2.0m	3.13	4.16	5.78	5.80	6.77
2.5m	2.54	3.35	5.24	3.02	5.60
3.0m	1.05	2.20	3.54	2.65	4.48
3.5m	1.45	2.23	3.84	2.66	3.90
4.0m	0.60	2.41	3.10	2.70	3.00

4) ความยาวจากก้นถึงหัวเข่า

ระยะวาง	% ความคลาดเคลื่อนระยะ 49.5-61 cm.				
กล้อง	50.00	49.50	53.30	56.50	61.00
2.0m	2.17	4.58	1.75	3.11	4.19
2.5m	1.86	2.27	1.02	2.76	2.47
3.0m	1.31	1.71	0.79	2.73	2.06
3.5m	1.12	1.04	0.31	2.58	1.82
4.0m	1.49	0.92	0.24	1.64	0.81

5) ความกว้างศีรษะและความยาวศีรษะ

ระยะวาง	% ความคลาดเคลื่อน ที่ระยะความกว้าง 16.8-20.3 cm						
กล้อง	16.8	18.5	17.90	18.60	18.20	19.30	20.30
2.0m	2.43	1.84	2.86	3.08	3.25	1.19	2.81
2.5m	1.42	1.03	3.27	2.59	2.76	0.96	3.20

3.0m	1.08	1.03	2.86	2.32	2.51	0.66	2.57
3.5m	2.16	2.00	3.36	2.10	2.62	1.47	2.65
4.0m	1.62	1.24	3.59	2.61	2.56	0.45	2.31

3. สัดส่วนผู้เข้าร่วมทดลอง จำนวน 30 คน

1) ความสูงขณะยืน

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		2.00	142.79	-0.51
		2.50	141.9	-1.4
1	143.3	3.00	141.52	-1.78
		3.50	141.72	-1.58
		4.00	141.17	-2.13
		2.00	151.56	-1.34
		2.50	151.72	-1.18
2	152.9	3.00	151.82	-1.08
		3.50	151.69	-1.21
		4.00	150.91	-1.99
		2.00	163.96	1.96
		2.50	163.29	1.29
3	162	3.00	162.28	0.28
		3.50	163.13	1.13
		4.00	162.79	0.79
		2.00	166.20	1.00
		2.50	166.91	1.71
4	165.20	3.00	166.28	1.08
		3.50	166.42	1.22

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	166.42	1.22
		2.00	178.72	1.32
		2.50	178.75	1.35
5	177.4	3.00	178.92	1.52
		3.50	178.15	0.75
		4.00	178.03	0.63
		2.00	157.44	-1.16
6	158.6	3.00	156.44	-2.16
		4.00	156.39	-2.21
		2.00	176.73	1.33
7	175.4	3.00	175.99	0.59
		4.00	175.29	-0.11
		2.00	175.55	0.85
8	174.7	3.00	174.06	-0.64
		4.00	173.46	-1.24
		2.00	178.84	1.24
9	177.6	3.00	178.22	0.62
		4.00	177.02	-0.58
10	173.1	2.00	176.69	3.59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	175.37	2.27
		4.00	173.94	0.84
		2.00	178.68	1.48
11	177.2	3.00	177.76	0.56
		4.00	177.52	0.32
		2.00	184.71	1.61
12	183.1	3.00	183.97	0.87
		4.00	183.49	0.39
		2.00	172.55	0.55
13		3.00	171.84	-0.16
	172	4.00	171.23	-0.77
		2.00	171.02	0.62
14	170.4	3.00	171.00	0.60
		4.00	169.13	-1.27
		2.00	167.61	-0.99
15		3.00	167.46	-1.14
	168.6	4.00	167.17	-1.43
		2.00	163.47	-0.73
16		3.00	164.05	-0.15
	164.2	4.00	164.43	0.23
		2.00	177.34	0.34
17		3.00	177.86	0.86
	177	4.00	177.15	0.15
		2.00	172.34	1.24
18		3.00	171.78	0.68
	171.1	4.00	171.45	0.35
19	182.3	2.00	183.76	1.46

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	182.31	0.01
		4.00	182.53	0.23
		2.00	171.73	0.73
20	171	3.00	170.86	-0.14
		4.00	170.78	-0.22
		2.00	152.31	-2.19
21	154.5	3.00	151.90	-2.60
		4.00	151.52	-2.98
		2.00	153.51	-1.19
22	154.7	3.00	153.86	-0.84
		4.00	153.89	-0.81
		2.00	154.22	0.42
23	153.8	3.00	154.16	0.36
		4.00	153.78	-0.02
		2.00	151.63	1.33
24	150.3	3.00	150.28	-0.02
		4.00	150.00	-0.30
		2.00	165.93	1.63
25	164.3	3.00	165.70	1.40
		4.00	164.83	0.53
		2.00	178.93	1.63
26	177.3	3.00	177.50	0.20
		4.00	177.22	-0.07
		2.00	168.14	-0.86
27	169	3.00	167.74	-1.26
		4.00	167.64	-1.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
28	176.4	2.00	176.60	0.21
		3.00	176.37	-0.02
		4.00	176.09	-0.30
29	168.6	2.00	169.42	0.83
		3.00	168.91	0.32
		4.00	168.71	0.11

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
30	169.4	2.00	172.33	2.93
		3.00	172.01	2.62
		4.00	171.14	1.75

2) ความสูงไหล่ขณะยืน

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	120	2.00	120.74	0.74
		2.50	120.44	0.44
		3.00	119.66	-0.34
		3.50	119.52	-0.48
		4.00	119.04	-0.96
2	126	2.00	125.50	-0.5
		2.50	125.15	-0.85
		3.00	125.09	-0.91
		3.50	125.15	-0.85
		4.00	124.27	-1.73
3	134.5	2.00	134.56	0.06
		2.50	134.51	0.01
		3.00	133.57	-0.93
		3.50	134.99	0.49

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	133.92	-0.58
4	135.5	2.00	134.76	-0.74
		2.50	134.60	-0.9
		3.00	134.32	-1.18
		3.50	134.51	-0.99
		4.00	134.57	-0.93
5	147.5	2.00	148.87	1.37
		2.50	148.43	0.93
		3.00	148.44	0.94
		3.50	147.85	0.35
		4.00	148.09	0.59
6	130.2	2.00	127.81	-2.39
		3.00	127.25	-2.95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	127.70	-2.50
7	144.4	2.00	144.95	0.55
		3.00	143.83	-0.57
		4.00	143.73	-0.67
8	148.1	2.00	145.73	-2.37
		3.00	145.45	-2.65
		4.00	144.98	-3.12
9	147.5	2.00	146.92	-0.58
		3.00	145.95	-1.55
		4.00	146.15	-1.35
10	143.9	2.00	142.70	-1.20
		3.00	141.76	-2.14
		4.00	141.40	-2.50
11	146.6	2.00	146.73	0.13
		3.00	145.07	-1.53
		4.00	144.14	-2.46
12	155	2.00	153.34	-1.66
		3.00	153.16	-1.84
		4.00	152.06	-2.94
13	140.8	2.00	139.51	-1.29
		3.00	139.00	-1.80
		4.00	138.63	-2.17
14	139.8	2.00	138.78	-1.02
		3.00	138.84	-0.96
		4.00	138.36	-1.44
15	137.6	2.00	136.50	-1.10
		3.00	136.33	-1.27

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	136.46	-1.14
16	134.7	2.00	135.10	0.40
		3.00	134.73	0.03
		4.00	134.16	-0.54
17	146.7	2.00	146.09	-0.61
		3.00	145.39	-1.31
		4.00	145.52	-1.18
18	142.1	2.00	142.36	0.26
		3.00	141.77	-0.33
		4.00	141.18	-0.92
19	151	2.00	151.35	0.35
		3.00	150.89	-0.11
		4.00	150.08	-0.92
20	140	2.00	140.02	0.02
		3.00	138.83	-1.17
		4.00	138.56	-1.44
21	126.5	2.00	125.25	-1.25
		3.00	125.61	-0.89
		4.00	125.07	-1.43
22	125.4	2.00	125.51	0.11
		3.00	126.03	0.63
		4.00	125.51	0.11
23	126.7	2.00	124.69	-2.01
		3.00	124.55	-2.15
		4.00	124.80	-1.90
24	123.6	2.00	123.97	0.37
		3.00	123.03	-0.57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	123.01	-0.59
25	133.7	2.00	131.48	-2.22
		3.00	130.76	-2.94
		4.00	131.06	-2.64
26	147	2.00	147.33	0.33
		3.00	145.82	-1.18
		4.00	145.75	-1.25
27	139.7	2.00	138.92	-0.78
		3.00	137.14	-2.56
		4.00	137.55	-2.15

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
28	144.5	2.00	142.51	-1.99
		3.00	142.07	-2.43
		4.00	141.79	-2.71
29	139.5	2.00	139.35	-0.15
		3.00	138.04	-1.46
		4.00	138.00	-1.50
30	140.6	2.00	140.45	-0.15
		3.00	140.07	-0.53
		4.00	139.55	-1.05

3) ความสูงขณะนั่ง

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1		2.00	82.78	7.98
		2.50	81.58	6.78
		3.00	80.11	5.31
		3.50	79.95	5.15
	74.80	4.00	79.49	4.69
2	75.90	2.00	80.83	4.93
		2.50	80.83	4.93
		3.00	79.87	3.97
		3.50	79.84	3.94

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	79.73	3.83
3	82.10	2.00	86.82	4.72
		2.50	86.48	4.38
		3.00	85.33	3.23
		3.50	85.63	3.53
		4.00	85.34	3.24
4	88.70	2.00	95.68	6.98
		2.50	93.42	4.72
		3.00	92.35	3.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.50	92.34	3.64
		4.00	91.99	3.29
5	90.70	2.00	99.65	8.95
		2.50	99.60	8.90
		3.00	97.05	6.35
		3.50	96.22	5.52
		4.00	95.11	4.41
6	87.70	2.00	91.74	4.04
		3.00	89.73	2.03
		4.00	88.22	0.52
7	82.20	2.00	88.31	6.11
		3.00	90.44	8.24
		4.00	88.03	5.83
8	89.10	2.00	97.92	8.82
		3.00	95.90	6.80
		4.00	92.57	3.47
9	88.40	2.00	94.06	5.66
		3.00	92.64	4.24
		4.00	92.66	4.26
10	86.20	2.00	90.90	4.70
		3.00	91.01	4.81
		4.00	91.30	5.10
11	90.50	2.00	97.61	7.11
		3.00	95.57	5.07
		4.00	94.13	3.63
12	90.50	2.00	97.80	7.30
		3.00	96.43	5.93

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	95.36	4.86
13	88.00	2.00	92.91	4.91
		3.00	91.59	3.59
		4.00	90.71	2.71
14	85.10	2.00	92.46	7.36
		3.00	90.16	5.06
		4.00	87.06	1.96
15	86.60	2.00	91.93	5.33
		3.00	91.40	4.80
		4.00	90.59	3.99
16	84.80	2.00	89.55	4.75
		3.00	88.45	3.65
		4.00	87.29	2.49
17	91.20	2.00	99.75	8.55
		3.00	97.12	5.92
		4.00	96.97	5.77
18	85.10	2.00	91.41	6.31
		3.00	89.55	4.45
		4.00	88.41	3.31
19	93.20	2.00	101.31	8.11
		3.00	99.80	6.60
		4.00	98.48	5.28
20	95.00	2.00	101.65	6.65
		3.00	97.54	2.54
		4.00	96.28	1.28
21	78.50	2.00	83.84	5.34
		3.00	82.95	4.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	81.78	3.28
22	81.80	2.00	89.06	7.26
		3.00	87.12	5.32
		4.00	85.79	3.99
23	78.20	2.00	87.61	9.41
		3.00	85.54	7.34
		4.00	85.04	6.84
24	77.50	2.00	86.20	8.70
		3.00	85.37	7.87
		4.00	84.67	7.17
25	86.00	2.00	94.06	8.06
		3.00	91.68	5.68
		4.00	90.48	4.48
26	90.80	2.00	97.08	6.28

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	95.06	4.26
		4.00	93.86	3.06
27	85.90	2.00	92.22	6.32
		3.00	90.54	4.64
		4.00	89.91	4.01
28	89.00	2.00	94.41	5.41
		3.00	93.54	4.54
		4.00	92.95	3.95
29	88.00	2.00	94.01	6.01
		3.00	90.93	2.93
		4.00	90.54	2.54
30	81.40	2.00	90.28	8.88
		3.00	89.35	7.95
		4.00	88.26	6.86

4) ความสูงไหล่ขณะนั่ง

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	50.00	2.00	57.20	7.20
		2.50	56.70	6.70
		3.00	55.82	5.82
		3.50	55.42	5.42
		4.00	54.85	4.85
2		2.00	55.05	5.55

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
	49.50	2.50	54.87	5.37
		3.00	54.16	4.66
		3.50	53.93	4.43
		4.00	54.01	4.51
3	53.30	2.00	58.28	4.98
		2.50	58.04	4.74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	57.36	4.06
		3.50	57.21	3.91
		4.00	56.89	3.59
4	56.50	2.00	64.06	7.56
		2.50	62.50	6.00
		3.00	61.26	4.76
		3.50	61.36	4.86
		4.00	61.06	4.56
5	61.00	2.00	69.17	8.17
		2.50	68.86	7.86
		3.00	67.36	6.36
		3.50	66.27	5.27
		4.00	65.37	4.37
6	55.30	2.00	60.66	5.36
		3.00	58.30	3.00
		4.00	57.26	1.96
7	54.60	2.00	58.57	3.97
		3.00	57.76	3.16
		4.00	57.94	3.34
8	62.10	2.00	69.85	7.75
		3.00	67.74	5.64
		4.00	65.69	3.59
9	61.60	2.00	64.32	2.72
		3.00	63.01	1.41
		4.00	62.86	1.26
10	59.80	2.00	62.48	2.68
		3.00	62.74	2.94
		4.00	62.09	2.29
11	60.40	2.00	65.06	4.66
		3.00	63.42	3.02
		4.00	63.00	2.60
12	59.30	2.00	67.40	8.10
		3.00	66.62	7.32
		4.00	66.02	6.72
13	58.30	2.00	61.13	2.83
		3.00	60.00	1.70
		4.00	59.62	1.32
14	55.00	2.00	61.48	6.48
		3.00	59.49	4.49
		4.00	58.34	3.34
15	55.40	2.00	58.39	2.99
		3.00	58.27	2.87
		4.00	57.43	2.03
16	55.00	2.00	60.35	5.35
		3.00	59.24	4.24
		4.00	58.54	3.54
17	59.60	2.00	66.31	6.71
		3.00	63.85	4.25
		4.00	63.37	3.77
18	60.20	2.00	63.29	5.09
		3.00	60.77	0.57
		4.00	59.35	-0.85
19	63.20	2.00	68.01	4.81
		3.00	67.09	3.89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	64.78	1.58
20	62.00	2.00	67.80	5.80
		3.00	63.72	1.72
		4.00	62.77	0.77
21	51.00	2.00	56.44	5.44
		3.00	55.00	4.00
		4.00	54.31	3.31
22	52.50	2.00	58.73	6.23
		3.00	57.76	5.26
		4.00	56.20	3.70
23	50.80	2.00	58.37	7.57
		3.00	57.10	6.30
		4.00	56.64	5.84
24	50.60	2.00	57.66	7.06
		3.00	56.87	6.27
		4.00	55.91	5.31
25	50.20	2.00	62.66	12.46

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	59.59	9.39
		4.00	57.76	7.56
26	61.60	2.00	68.90	7.30
		3.00	66.80	5.20
		4.00	65.33	3.73
27	56.70	2.00	60.93	4.23
		3.00	59.64	2.94
		4.00	59.24	2.54
28	58.80	2.00	63.75	4.95
		3.00	62.22	3.42
		4.00	61.67	2.87
29	55.60	2.00	60.46	4.86
		3.00	60.54	4.94
		4.00	60.25	4.65
30	53.20	2.00	60.92	7.72
		3.00	59.73	6.53
		4.00	58.75	5.55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) ความสูงของเข่าขณะนั่ง

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	42.70	2.00	44.04	1.34
		2.50	43.78	1.08
		3.00	43.15	0.45

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.50	43.32	0.62
		4.00	42.96	0.26
2	47.30	2.00	49.27	1.97

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		2.50	48.89	1.59
		3.00	48.34	1.04
		3.50	48.36	1.06
		4.00	48.44	1.14
3	50.00	2.00	52.89	2.89
		2.50	52.62	2.62
		3.00	51.77	1.77
		3.50	51.92	1.92
		4.00	51.55	1.55
4	49.40	2.00	52.27	2.87
		2.50	50.89	1.49
		3.00	50.71	1.31
		3.50	50.72	1.32
		4.00	50.73	1.33
5	57.20	2.00	61.08	3.88
		2.50	60.40	3.20
		3.00	59.76	2.56
		3.50	59.43	2.23
		4.00	58.91	1.71
6	47.00	2.00	48.99	1.99
		3.00	48.44	1.44
		4.00	48.63	1.63
7	53.00	2.00	54.48	1.48
		3.00	53.93	0.93
		4.00	53.95	0.95
8	50.00	2.00	51.82	1.82
		3.00	51.61	1.61

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	51.04	1.04
9	55.00	2.00	56.39	1.39
		3.00	56.07	1.07
		4.00	55.91	0.91
10	52.20	2.00	54.99	2.79
		3.00	54.55	2.35
		4.00	54.12	1.92
11	54.00	2.00	55.94	1.94
		3.00	55.38	1.38
		4.00	55.15	1.15
12	59.00	2.00	61.06	2.06
		3.00	60.38	1.38
		4.00	59.98	0.98
13	53.00	2.00	54.76	1.76
		3.00	54.42	1.42
		4.00	54.23	1.23
14	53.40	2.00	55.42	2.02
		3.00	54.85	1.45
		4.00	53.79	0.39
15	52.20	2.00	53.30	1.10
		3.00	53.01	0.81
		4.00	53.04	0.84
16	49.20	2.00	52.67	3.47
		3.00	51.50	2.30
		4.00	50.56	1.36
17	55.60	2.00	61.12	5.52
		3.00	59.68	4.08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	59.09	3.49
18	54.20	2.00	55.87	1.67
		3.00	55.44	1.24
		4.00	54.99	0.79
19	56.90	2.00	57.72	0.82
		3.00	57.52	0.62
		4.00	57.31	0.41
20	50.50	2.00	51.96	1.46
		3.00	51.02	0.52
		4.00	51.49	0.99
21	45.90	2.00	49.39	3.49
		3.00	48.99	3.09
		4.00	48.64	2.74
22	47.00	2.00	48.36	1.36
		3.00	47.70	0.70
		4.00	47.36	0.36
23	47.90	2.00	48.60	0.70
		3.00	48.15	0.25
		4.00	47.81	-0.09
24	46.10	2.00	48.14	2.04

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	47.14	1.04
		4.00	47.05	0.95
25	50.00	2.00	51.39	1.39
		3.00	50.73	0.73
		4.00	50.50	0.50
26	54.50	2.00	55.99	1.49
		3.00	55.23	0.73
		4.00	55.33	0.83
27	50.20	2.00	52.48	2.28
		3.00	52.23	2.03
		4.00	52.00	1.80
28	53.00	2.00	54.27	1.27
		3.00	53.73	0.73
		4.00	52.92	-0.08
29	52.90	2.00	54.16	1.26
		3.00	53.28	0.38
		4.00	53.32	0.42
30	52.60	2.00	53.94	1.34
		3.00	53.33	0.73
		4.00	53.19	0.59

6) ความยาวจากก้นถึงหัวเข่า

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	48.80	2.00	49.86	1.06
		2.50	49.71	0.91
		3.00	49.44	0.64
		3.50	49.35	0.55
		4.00	49.53	0.73
2	53.20	2.00	55.64	2.44
		2.50	54.41	1.21
		3.00	54.11	0.91
		3.50	53.75	0.55
		4.00	53.69	0.49
3	57.70	2.00	58.71	1.01
		2.50	58.29	0.59
		3.00	58.15	0.45
		3.50	57.88	0.18
		4.00	57.84	0.14
4	54.10	2.00	55.78	1.68
		2.50	55.59	1.49
		3.00	55.58	1.48
		3.50	55.49	1.39
		4.00	54.99	0.89
5	63.50	2.00	66.16	2.66
		2.50	65.07	1.57
		3.00	64.81	1.31
		3.50	64.65	1.15
		4.00	64.01	0.51
6	52.30	2.00	53.61	1.31
		3.00	53.53	1.23

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	53.00	0.70
7	61.60	2.00	59.99	-1.61
		3.00	59.22	-2.38
		4.00	59.46	-2.14
8	60.70	2.00	61.09	0.39
		3.00	60.18	-0.52
		4.00	60.30	-0.40
9	59.70	2.00	59.81	0.11
		3.00	60.08	0.38
		4.00	59.40	-0.30
10	59.00	2.00	58.53	-0.47
		3.00	58.89	-0.11
		4.00	58.55	-0.45
11	62.00	2.00	55.94	-6.06
		3.00	55.38	-6.62
		4.00	55.15	-6.85
12	65.50	2.00	61.06	-4.44
		3.00	60.38	-5.12
		4.00	59.98	-5.52
13	57.00	2.00	54.76	-2.24
		3.00	54.42	-2.58
		4.00	54.23	-2.77
14	58.00	2.00	55.42	-2.58
		3.00	54.85	-3.15
		4.00	53.79	-4.21
15	60.30	2.00	59.19	-1.11
		3.00	58.70	-1.60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	58.27	-2.03
16	55.50	2.00	55.21	-0.29
		3.00	54.97	-0.53
		4.00	55.52	0.02
17	59.00	2.00	61.12	2.12
		3.00	59.68	0.68
		4.00	59.09	0.09
18	61.00	2.00	60.59	-0.41
		3.00	59.75	-1.25
		4.00	58.95	-2.05
19	62.60	2.00	61.99	-0.61
		3.00	62.14	-0.46
		4.00	61.51	-1.09
20	56.20	2.00	57.98	1.78
		3.00	56.47	0.27
		4.00	55.24	-0.96
21	52.10	2.00	49.39	-2.71
		3.00	48.99	-3.11
		4.00	48.64	-3.46
22	53.60	2.00	54.99	1.39
		3.00	54.74	1.14
		4.00	55.05	1.45
23	57.00	2.00	58.66	1.66

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	57.50	0.50
		4.00	57.45	0.45
24	52.00	2.00	53.71	1.71
		3.00	52.66	0.66
		4.00	52.59	0.59
25	52.00	2.00	59.06	7.06
		3.00	57.83	5.83
		4.00	56.97	4.97
26	61.80	2.00	64.82	3.02
		3.00	63.60	1.80
		4.00	62.93	1.13
27	59.20	2.00	62.08	2.88
		3.00	60.82	1.62
		4.00	59.99	0.79
28	55.50	2.00	62.11	6.61
		3.00	60.58	5.08
		4.00	60.31	4.81
29	60.40	2.00	61.42	1.02
		3.00	61.09	0.69
		4.00	60.56	0.16
30	54.80	2.00	59.60	4.80
		3.00	59.22	4.42
		4.00	60.08	5.28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7) ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	38.80	2.00	41.46	2.66
		2.50	40.76	1.96
		3.00	40.44	1.64
		3.50	39.94	1.14
		4.00	39.82	1.02
2	41.50	2.00	45.17	3.67
		2.50	43.68	2.18
		3.00	42.71	1.21
		3.50	42.15	0.65
		4.00	41.95	0.45
3	45.50	2.00	49.61	4.11
		2.50	48.77	3.27
		3.00	48.31	2.81
		3.50	47.54	2.04
		4.00	47.38	1.88
4	45.50	2.00	48.52	3.02
		2.50	47.82	2.32
		3.00	47.73	2.23
		3.50	47.44	1.94
		4.00	46.85	1.35
5	48.50	2.00	55.22	6.72
		2.50	53.63	5.13
		3.00	52.96	4.46
		3.50	52.40	3.90
		4.00	52.03	3.53
6	43.60	2.00	46.09	2.49
		3.00	45.09	1.49

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	44.11	0.51
7	47.10	2.00	49.93	2.83
		3.00	48.46	1.36
		4.00	48.07	0.97
8	46.70	2.00	51.23	4.53
		3.00	49.52	2.82
		4.00	48.67	1.97
9	46.40	2.00	51.43	5.03
		3.00	50.20	3.80
		4.00	48.95	2.55
10	46.00	2.00	51.80	5.80
		3.00	51.10	5.10
		4.00	48.96	2.96
11	48.50	2.00	52.53	4.03
		3.00	50.58	2.08
		4.00	49.68	1.18
12	50.00	2.00	56.08	6.08
		3.00	53.89	3.89
		4.00	53.01	3.01
13	46.20	2.00	50.25	4.05
		3.00	49.18	2.98
		4.00	47.78	1.58
14	46.30	2.00	50.71	4.41
		3.00	49.04	2.74
		4.00	47.75	1.45
15	42.80	2.00	46.38	3.58
		3.00	45.21	2.41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	43.95	1.15
16	46.10	2.00	49.77	3.67
		3.00	47.83	1.73
		4.00	47.18	1.08
17	51.80	2.00	55.89	4.09
		3.00	51.64	-0.16
		4.00	52.83	1.03
18	46.00	2.00	51.41	5.41
		3.00	49.28	3.28
		4.00	48.79	2.79
19	50.50	2.00	53.54	3.04
		3.00	53.82	3.32
		4.00	52.61	2.11
20	45.50	2.00	50.57	5.07
		3.00	48.16	2.66
		4.00	47.05	1.55
21	40.30	2.00	47.72	7.42
		3.00	46.28	5.98
		4.00	44.01	3.71
22	40.30	2.00	42.48	2.18
		3.00	41.89	1.59
		4.00	41.85	1.55
23	39.50	2.00	45.20	5.70

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	43.55	4.05
		4.00	40.22	0.72
24	40.50	2.00	44.68	4.18
		3.00	42.73	2.23
		4.00	41.92	1.42
25	46.60	2.00	50.75	4.15
		3.00	48.55	1.95
		4.00	47.52	0.92
26	47.50	2.00	53.52	6.02
		3.00	51.00	3.50
		4.00	49.65	2.15
27	44.30	2.00	51.72	7.42
		3.00	49.64	5.34
		4.00	48.61	4.31
28	48.50	2.00	50.24	1.74
		3.00	48.73	0.23
		4.00	48.86	0.36
29	47.00	2.00	49.34	2.34
		3.00	47.98	0.98
		4.00	46.78	-0.22
30	45.90	2.00	49.52	3.62
		3.00	48.63	2.73
		4.00	47.37	1.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

8) ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ)

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	35.70	2.00	35.97	0.27
		2.50	36.13	0.43
		3.00	36.11	0.41
		3.50	36.07	0.37
		4.00	36.05	0.35
2	37.10	2.00	37.47	0.37
		2.50	37.53	0.43
		3.00	36.94	-0.16
		3.50	36.53	-0.57
		4.00	36.51	-0.59
3	40.90	2.00	41.61	0.71
		2.50	41.70	0.80
		3.00	41.42	0.52
		3.50	41.22	0.32
		4.00	41.02	0.12
4	43.00	2.00	42.35	-0.65
		2.50	42.27	-0.73
		3.00	41.79	-1.21
		3.50	41.83	-1.17
		4.00	41.85	-1.15
5	46.70	2.00	47.30	0.60
		2.50	46.58	-0.12
		3.00	46.82	0.12
		3.50	46.47	-0.23
		4.00	46.48	-0.22

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
6	42.30	2.00	42.49	0.19
		3.00	42.40	0.10
		4.00	42.30	0.00
7	47.30	2.00	47.21	-0.09
		3.00	46.46	-0.84
		4.00	46.37	-0.93
8	44.60	2.00	44.25	-0.35
		3.00	44.59	-0.01
		4.00	44.49	-0.11
9	47.50	2.00	46.15	-1.35
		3.00	46.12	-1.38
		4.00	46.37	-1.13
10	44.00	2.00	44.19	0.19
		3.00	44.10	0.10
		4.00	44.05	0.05
11	45.50	2.00	44.30	-1.20
		3.00	44.62	-0.88
		4.00	44.50	-1.00
12	49.20	2.00	47.91	-1.29
		3.00	48.20	-1.00
		4.00	48.08	-1.12
13	45.40	2.00	42.17	-3.23
		3.00	42.79	-2.61
		4.00	42.56	-2.84
14	46.40	2.00	45.35	-1.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	45.93	-0.47
		4.00	45.31	-1.09
15	41.60	2.00	41.74	0.14
		3.00	41.72	0.12
		4.00	41.23	-0.37
16	42.40	2.00	41.62	-0.78
		3.00	41.73	-0.67
		4.00	42.13	-0.27
17	45.00	2.00	44.66	-0.34
		3.00	44.77	-0.23
		4.00	44.66	-0.34
18	43.80	2.00	43.03	-0.77
		3.00	43.45	-0.35
		4.00	43.41	-0.39
19	43.30	2.00	43.12	-0.18
		3.00	42.87	-0.43
		4.00	42.80	-0.50
20	42.80	2.00	43.73	0.93
		3.00	43.72	0.92
		4.00	44.14	1.34
21	37.60	2.00	37.73	0.13
		3.00	37.60	0.00
		4.00	37.67	0.07
22	37.40	2.00	36.10	-1.30
		3.00	36.79	-0.61

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	36.60	-0.80
23	37.60	2.00	37.50	-0.10
		3.00	37.55	-0.05
		4.00	37.54	-0.06
24	37.70	2.00	38.05	0.35
		3.00	38.01	0.31
		4.00	38.29	0.59
25	43.50	2.00	41.99	-1.51
		3.00	41.59	-1.91
		4.00	42.13	-1.37
26	45.50	2.00	43.41	-2.09
		3.00	43.36	-2.14
		4.00	43.50	-2.00
27	44.00	2.00	46.27	2.27
		3.00	45.18	1.18
		4.00	44.15	0.15
28	47.00	2.00	47.70	0.70
		3.00	45.91	-1.09
		4.00	45.80	-1.20
29	39.60	2.00	40.27	0.67
		3.00	39.06	-0.54
		4.00	38.90	-0.70
30	43.10	2.00	41.37	-1.73
		3.00	41.48	-1.62
		4.00	41.78	-1.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9) ความกว้างสะโพก

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	35.10	2.00	35.77	0.67
		2.50	35.14	0.04
		3.00	34.94	-0.16
		3.50	34.84	-0.26
		4.00	34.77	-0.33
2	38.10	2.00	37.06	-1.04
		2.50	36.52	-1.58
		3.00	36.77	-1.33
		3.50	37.45	-0.65
		4.00	37.38	-0.72
3	35.00	2.00	34.77	-0.23
		2.50	34.91	-0.09
		3.00	34.87	-0.13
		3.50	35.03	0.03
		4.00	35.27	0.27
4	34.30	2.00	34.00	-0.30
		2.50	33.97	-0.33
		3.00	33.81	-0.49
		3.50	33.89	-0.41
		4.00	33.71	-0.59
5	41.90	2.00	42.85	0.95
		2.50	42.73	0.83
		3.00	42.32	0.42
		3.50	42.32	0.42
		4.00	42.09	0.19

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
6	32.70	2.00	33.82	1.12
		3.00	33.86	1.16
		4.00	33.47	0.77
7	34.50	2.00	35.06	0.56
		3.00	34.92	0.42
		4.00	34.14	-0.36
8	35.80	2.00	37.37	1.57
		3.00	37.10	1.30
		4.00	37.22	1.42
9	39.00	2.00	38.36	-0.64
		3.00	38.29	-0.71
		4.00	37.85	-1.15
10	34.00	2.00	33.86	-0.14
		3.00	33.88	-0.12
		4.00	33.91	-0.09
11	38.20	2.00	38.21	0.01
		3.00	38.06	-0.14
		4.00	38.08	-0.12
12	37.60	2.00	38.43	0.83
		3.00	38.36	0.76
		4.00	38.42	0.82
13	35.40	2.00	36.80	1.40
		3.00	36.58	1.18
		4.00	36.37	0.97
14	34.00	2.00	33.97	-0.03

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	33.68	-0.32
		4.00	33.77	-0.23
		2.00	33.75	-0.45
15	34.20	3.00	34.36	0.16
		4.00	34.17	-0.03
		2.00	35.54	134
16	37.20	3.00	35.59	-1.61
		4.00	35.11	-2.09
17	38.80	2.00	39.25	0.45
		3.00	38.75	-0.05
17	38.80	4.00	38.68	-0.12
		2.00	37.58	0.68
18	36.90	3.00	37.91	1.01
		4.00	37.83	0.93
		2.00	36.89	0.09
19	36.80	3.00	36.65	-0.15
		4.00	36.15	-0.65
		2.00	37.16	0.46
20	36.70	3.00	36.76	0.06
		4.00	36.79	0.09
21	40.30	2.00	38.24	-2.06
21	40.30	3.00	38.54	-1.76
		4.00	38.06	-2.24
22	36.30	2.00	35.00	-1.30
		3.00	35.12	-1.18

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	34.86	-1.44
		2.00	39.65	3.55
23	36.10	3.00	40.59	4.49
		4.00	38.92	2.82
		2.00	34.82	0.82
24	34.00	3.00	34.85	0.85
		4.00	34.64	0.64
		2.00	36.73	2.53
25	34.20	3.00	36.04	1.84
		4.00	35.42	1.22
		2.00	39.11	0.31
26	38.80	3.00	38.72	-0.08
		4.00	38.79	-0.01
		2.00	35.28	-0.72
27	36.00	3.00	35.00	-1.00
		4.00	34.84	-1.16
		2.00	36.62	-2.18
28	38.80	3.00	36.13	-2.67
		4.00	36.30	-2.50
		2.00	39.84	0.44
29	39.40	3.00	39.30	-0.10
		4.00	39.32	-0.08
		2.00	35.14	1.84
30	33.30	3.00	34.62	1.32
		4.00	30.30	-3.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

10) ระยะกางแขน

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	143.30	2.50	141.82	-1.48
		3.00	142.10	-1.20
		3.50	141.96	-1.34
		4.00	141.77	-1.53
2	154.70	2.50	153.41	-1.29
2	154.70	3.00	152.95	-1.75
		3.50	152.30	-2.40
		4.00	152.35	-2.35
3	179.80	2.50	174.57	-5.23
		3.00	175.93	-3.87
3	179.80	3.50	175.10	-4.70
		4.00	177.02	-2.78
4	167.00	2.50	162.86	-4.14
		3.00	164.19	-2.81
		3.50	165.48	-1.52
		4.00	165.46	-1.54
5	181.00	2.50	169.34	-11.66
		3.00	173.36	-7.64
		3.50	174.77	-6.23
		4.00	176.95	-4.05
6	157.80	3.00	156.41	-1.39
		4.00	157.14	-0.66
7	180.20	3.00	178.88	-1.32
		4.00	179.45	-0.75
8	175.20	3.00	173.01	-2.19

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	174.23	-0.97
9	175.50	3.00	165.49	-10.01
		4.00	169.70	-5.80
10	170.00	3.00	166.78	-3.22
		4.00	168.34	-1.66
11	175.20	3.00	166.71	-8.49
		4.00	170.04	-5.16
12	188.80	3.00	181.81	-6.99
		4.00	183.73	-5.07
13	176.60	3.00	171.91	-4.69
		4.00	174.01	-2.59
14	174.20	3.00	165.63	-8.57
		4.00	168.24	-5.96
15	164.80	3.00	159.81	-4.99
		4.00	159.76	-5.04
16	167.30	3.00	163.81	-3.49
		4.00	165.55	-1.75
17	174.70	3.00	170.88	-3.82
		4.00	173.82	-0.88
18	168.00	3.00	164.58	-3.42
		4.00	165.74	-2.26
19	183.00	3.00	179.11	-3.89
		4.00	180.23	-2.77
20	165.90	3.00	162.31	-3.59
		4.00	164.86	-1.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
21	155.20	3.00	152.27	-2.93
		4.00	152.82	-2.38
22	148.10	3.00	145.10	-3.00
		4.00	147.22	-0.88
23	151.00	3.00	148.08	-2.92
		4.00	149.77	-1.23
24	164.50	3.00	157.48	-7.02
		4.00	158.79	-5.71
25	184.50	3.00	176.45	-8.05
		4.00	179.05	-5.45

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
26	176.00	3.00	169.29	-6.71
		4.00	173.38	-2.62
27	171.30	3.00	168.74	-2.56
		4.00	169.31	-1.99
28	174.30	3.00	169.27	-5.03
		4.00	171.96	-2.34
29	166.80	3.00	162.63	-4.17
		4.00	163.41	-3.39
30	170.30	3.00	163.53	-6.77
		4.00	166.29	-4.01

11) ความกว้างศีรษะ

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	16.10	2.00	16.95	0.85
		2.50	16.75	0.65
		3.00	16.61	0.51
		3.50	16.54	0.44
1	16.10	4.00	16.49	0.39
2	17.80	2.00	18.12	0.32
		2.50	18.23	0.43
		3.00	18.14	0.34
2	17.80	3.50	18.29	0.49
		4.00	18.27	0.47

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
3	17.50	2.00	17.80	0.30
		2.50	17.65	0.15
		3.00	17.69	0.19
		3.50	17.64	0.14
		4.00	17.70	0.20
4	16.60	2.00	17.22	0.62
		2.50	17.16	0.56
		3.00	17.02	0.42
		3.50	17.01	0.41
		4.00	16.95	0.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
5	17.80	2.00	19.00	1.20
		2.50	18.69	0.89
		3.00	18.35	0.55
		3.50	18.31	0.51
		4.00	18.08	0.28
6	14.70	2.00	17.68	2.98
		3.00	17.47	2.77
		4.00	17.18	2.48
7	15.60	2.00	15.08	-0.52
		3.00	15.44	-0.16
		4.00	15.32	-0.28
8	15.10	2.00	16.78	1.68
		3.00	16.51	1.41
		4.00	15.98	0.88
9	16.60	2.00	16.33	-0.27
		3.00	16.77	0.17
		4.00	16.79	0.19
10	16.80	2.00	16.48	-0.32
		3.00	16.55	-0.25
		4.00	16.35	-0.45
11	17.60	2.00	18.74	1.14
		3.00	18.50	0.90
		4.00	18.13	0.53
12	17.30	2.00	15.86	-1.44
		3.00	15.94	-1.36
		4.00	15.85	-1.45
13	15.50	2.00	15.86	0.36

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
13	15.50	3.00	15.94	0.44
		4.00	15.85	0.35
14	16.00	2.00	16.21	0.21
		3.00	16.40	0.40
		4.00	15.95	-0.05
15	17.40	2.00	18.22	0.82
		3.00	17.96	0.56
		4.00	17.66	0.26
16	16.60	2.00	16.38	-0.22
		3.00	16.73	0.13
		4.00	16.80	0.20
17	17.00	2.00	17.32	0.32
		3.00	17.16	0.16
		4.00	16.96	-0.04
18	17.40	2.00	17.83	0.43
		3.00	17.72	0.32
		4.00	17.51	0.11
19	16.80	2.00	17.70	0.90
		3.00	17.82	1.02
		4.00	17.35	0.55
20	16.60	2.00	18.06	1.46
		3.00	17.44	0.84
		4.00	17.22	0.62
21	15.80	2.00	16.05	0.25
		3.00	16.13	0.33
		4.00	16.00	0.20
22	14.70	2.00	15.77	1.07

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		3.00	15.73	1.03
		4.00	15.65	0.95
23	15.30	2.00	16.00	0.70
		3.00	16.27	0.97
		4.00	15.69	0.39
24	15.00	2.00	15.72	0.72
		3.00	15.29	0.29
		4.00	15.59	0.59
25	16.20	2.00	16.37	0.17
		3.00	16.20	0.00
		4.00	16.59	0.39
26	16.00	2.00	17.18	1.18
26	16.00	3.00	17.04	1.04

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
		4.00	16.98	0.98
27	16.30	2.00	16.70	0.40
		3.00	16.43	0.13
		4.00	16.51	0.21
28	17.00	2.00	17.47	0.47
		3.00	17.24	0.24
		4.00	17.30	0.30
29	17.30	2.00	17.70	0.40
		3.00	17.33	0.03
		4.00	17.38	0.08
30	16.30	2.00	16.09	-0.21
		3.00	16.23	-0.07
		4.00	16.40	0.10

12) ความยาวศีรษะ

คนที่	ค่าสัดส่วนจริง	ระยะวางกล้อง (m)	วัดได้ (cm)	Error (cm)
1	17.90	2.00	18.41	0.51
		2.50	18.49	0.59
		3.00	18.41	0.51
		3.50	18.50	0.60
		4.00	18.54	0.64
2	18.60	2.00	19.17	0.57
		2.50	19.08	0.48

		3.00	19.03	0.43
		3.50	18.99	0.39
		4.00	19.09	0.49
3	18.20	2.00	18.79	0.59
		2.50	18.70	0.50
		3.00	18.66	0.46
		3.50	18.68	0.48
		4.00	18.67	0.47
4	19.30	2.00	19.53	0.23
		2.50	19.49	0.19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

		3.00	19.43	0.13
		3.50	19.58	0.28
		4.00	19.39	0.09
5	20.30	2.00	20.87	0.57
		2.50	20.95	0.65
		3.00	20.82	0.52
5	20.30	3.50	20.84	0.54
		4.00	20.77	0.47
6	19.20	2.00	19.56	0.36
		3.00	19.68	0.48
		4.00	19.59	0.39
7	19.00	2.00	19.78	0.78
		3.00	19.77	0.77
		4.00	19.79	0.79
8	19.60	2.00	20.59	0.99
		3.00	20.64	1.04
		4.00	20.54	0.94
9	20.00	2.00	20.53	0.53
		3.00	20.12	0.12
		4.00	20.00	0.00
10	20.20	2.00	20.48	0.28
		3.00	20.55	0.35
		4.00	20.35	0.15
11	20.20	2.00	21.21	1.01
		3.00	20.99	0.79
		4.00	21.10	0.90
12	20.00	2.00	20.58	0.58
		3.00	20.61	0.61
		4.00	20.57	0.57
13	16.80	2.00	17.88	1.08
		3.00	17.54	0.74

		4.00	18.00	1.20
14	19.80	2.00	20.04	0.24
		3.00	20.01	0.21
		4.00	19.81	0.01
15	19.00	2.00	20.23	1.23
		3.00	20.19	1.19
		4.00	20.18	1.18
16	19.60	2.00	20.00	0.40
		3.00	19.75	0.15
		4.00	19.95	0.35
17	20.00	2.00	20.75	0.75
		3.00	20.68	0.68
		4.00	20.55	0.55
18	18.90	2.00	20.10	1.20
		3.00	20.19	1.29
		4.00	20.05	1.15
19	20.30	2.00	20.57	0.27
		3.00	20.46	0.16
		4.00	20.14	-0.16
20	21.30	2.00	21.65	0.35
		3.00	21.41	0.11
		4.00	21.43	0.13
21	17.00	2.00	18.10	1.10
		3.00	17.65	0.65
		4.00	17.71	0.71
22	18.60	2.00	19.65	1.05
		3.00	19.49	0.89
		4.00	19.65	1.05
23	18.80	2.00	20.15	1.35
		3.00	19.85	1.05
		4.00	19.82	1.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

24	18.60	2.00	19.32	0.72
		3.00	19.44	0.84
		4.00	19.40	0.80
25	19.40	2.00	20.40	1.00
		3.00	20.13	0.73
		4.00	20.01	0.61
26	19.70	2.00	20.68	0.98
		3.00	20.66	0.96
		4.00	20.58	0.88
27	20.00	2.00	21.59	1.59
		3.00	21.33	1.33
		4.00	21.38	1.38
28	21.00	2.00	21.71	0.71
		3.00	21.45	0.45
		4.00	21.59	0.59
29	19.90	2.00	20.66	0.76
		3.00	20.50	0.60
		4.00	20.57	0.67
30	19.80	2.00	19.91	0.11
		3.00	20.19	0.39
		4.00	20.11	0.31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาวอนุธิดา ฉิมทับ

วันเกิด 12 พฤศจิกายน 2530

ที่อยู่ 70/14 ถนนเจ้าฟ้า ตำบลวิชิต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต รหัสไปรษณีย์ 83000

การศึกษา ระดับมัธยมต้น และมัธยมปลายจากโรงเรียนสตรีภูเก็ต ระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ปี พ.ศ. 2552

และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาต้นปี พ.ศ. 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University