การวัดสัดส่วนร่างกายสำหรับแนวทางการเลือกขนาดจักรยานด้วยการประมวลผลภาพถ่าย

Bicycle Size Measurement for Bicycle Size Selection Guide Using Image Processing Techniques

นางสาว กุญช์ญาดา กองธานี

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2562

การวัดสัดส่วนร่างกายสำหรับแนวทางการเลือกขนาดจักรยานด้วยการประมวลผลภาพถ่าย

Bicycle Size Measurement for Bicycle Size Selection Guide Using Image Processing Techniques

นางสาวกุญช์ญาดา กองธานี

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2563

โครงงานวิศวกรรม

เรื่อง

การวัดสัดส่วนร่างกายสำหรับแนวทางการเลือกขนาดจักรยานด้วยการประมวลผลภาพถ่าย

โดย

นางสาวกุญช์ญาดา กองธานี

ได้รับอนุมัติจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร สมภพ รอดอัมพร)

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชไมพร สุขแจ่มศรี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทีฆพันธุ์ เจริญพงษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา ตันติสถิระพงษ์)

Proposal Project

การวัดสัดส่วนร่างกายสำหรับแนวทางการเลือกขนาดจักรยานด้วยการประมวลผลภาพถ่าย

โดย

นางสาวกุญช์ญาดา กองธานี

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์

ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์

บทคัดย่อ

ในปัญจุบัน จักรยานเสือหมอบถือว่าใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นที่นิยม ซึ่งจักรยานเสือหมอบเป็นจักรยานที่มีลักษณะพิเศษในการขับขี่คือต้องก้มตัวลงเพื่อให้ตัวลู่ลม และในลักษณะท่าทางแบบนั้นทำให้ผู้ขับขี่จำนวนมากประสบปัญหาอาการบาดเจ็บบริเวณหลัง เข่า เป็นต้น ซึ่งสิ่งที่ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บนอกจากระยะเวลาในการขับขี่ ก็ยังมีขนาดของจักรยานเสือหมอบที่ไม่พอดีกับร่างกายผู้ขับขี่เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการเลือกขนาดของจักรยานเสือหมอบจากความยาวของร่างกายผู้ขับขี่และการปรับขนาดจักรยานให้เหมาะสมกับร่ากายผู้ขับขี่ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน 1.การเตรียมวัตถุอ้างอิง 2.กระบวนการรับภาพ 3.กระบวนการการจำแนกอวัยวะของร่างกายและวัตถุอ้างอิง เพื่อจำแนกภาพบุคคลและวัตถุอ้างอิงจากพื้นหลัง 4.กระบวนการหาขนาดวัตถุอ้างอิงและขนาดร่างกาย เพื่อเก็บค่าพิกเซลและพิกัดตำแหน่งบนรูปภาพ 5.กระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยาน เพื่อคำนวณหาขนาดจักรยานตามแบรนด์ที่ใช้อ้างอิง 6.กระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกขนาดไซส์จักรยานเล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ เป็นการปรับวิธีการเลือกจักรยานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และ 7.กระบวนการหาขนาดอุปกรณ์สำหรับฟิตติ้ง เพื่อปรับขนาดของจักรยานให้เหมาะสมกับความยาวร่างกายผู้ขับขี่ โดยการทดสอบประสิทธิภาพของระบบด้วยการทดลอง 5 การทดลอง

ผลการทดลอง โดยในการทดลองทั้งหมดจะคำนวณความถูกต้องจากการเปรียบเทียบระหว่างค่าความยาวร่างกายแต่ละส่วนจากผลลัพธ์โปรแกรมและผลลัพธ์จากการวัดจริง ในการทดลองที่ 1 ขั้นตอนการหาขนาดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพถ่ายทั้งหมด 10 ตำแหน่ง ได้เฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 98.96 ในการที่ลองที่ 2 ขั้นตอนหาขนาดท่อส่วนต่าง ๆ ของเฟรมจักรยาน ทั้งหมด 9 จุด ได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 98.73 การทดลองที่ 3 การหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม โดยอ้างอิงจากแบรนด์ 7 แบรนด์ของจักรยานเสือหมอบ ได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 51.22 การทดลองที่ 4 การทดลองที่ 5 การฟิตติ้งจักรยาน ได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในส่วนของ Stem ร้อยละ 97.57 ส่วนของ Crankarm ร้อยละ 98.44 และ Saddle ร้อยละ 96.92

งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับบุคคลที่ต้องการเลือกซื้อและขับขี่จักรยานเสือหมอบ อีกทั้งยังช่วยลดเวลาและง่ายในการเลือกขนาดของจักรยานเสือหมอบ ไม่จำเป็นต้องเสียค่าการฟิตติ้งจักรยาน อีกทั้งยังช่วย

ในเรื่องการบริหารเงินที่จะเลือกซื้อขนาดและอุปกรณ์สำหรับฟิตติ้ง สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองการเลือกจักรยานเสือหมอบและการฟิตติ้งได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การวัดขนาดจากภาพถ่าย ฮิตโตแกรม โครงสร้างจักรยานเสือหมอบ การหาขนาดเฟรม การฟิตติ้ง (Fitting)

Project

Bicycle Size Computation for Size Selection Guide Using Image Processing Techniques

By

Kunyada Kongtanee

Advisor

Associate Professor Dr. Theekapun Charoenpong

Assistant Professor Dr. Khitti Sathaponphasart

ABSTRACT

Currently, the road bike used popular. The design, coupled with low or dropped handlebars, requires the rider to bend forward more that will have diaseas, such as back pain. The important thing other than position while riding is Road bike frame. This paper proposed a method of bicycle size computation frome rider image. This method consist of 7 steps: Prepare subject, Image acquisition, Body segmentation, Body part detection, bike geometry computation, bike geometry computation with condition and fitting bike for sized between rider and bicycle. Proformance test have 5 step.

The experimental result, the result will be compared with result by bicycle expert selection. The precision of human body part of propose method is 98.96%. The precision of tube length of road bike is 98.73%. The precision of bike frame selection is 51.22%. The precision of bike frame selection with smaller condition is 51.22% and The precision of equipment to fitting bicycle : Stem is 97.57%, Crankarm is 98.44% and Saddle 96.92%

The advantage of this method are only one image in needed to compute the proper bicycle, do not waste the time and bike fitting processing can be achieved easier.

Keywords: Measurement using image, Histogram, Road bike geometry, Finding frame bike, Fitting

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาเมตตานุเคราะห์ช่วยเหลือแนะนำและให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์ และ ผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์ ดร.กิตติ สถาพรประสาธน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ดูแลให้คำปรึกษาเสนอแนะตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดตั้งแต่ต้นจนเสร็จสมบูรณ์ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ และรุ่นน้องในภาควิชาชีวการแพทย์ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานและเป็นผู้ทดลองในโครงงานวิศวกรรมชิ้นนี้ ขอขอบพระคุณกำลังใจและการสนับสนุนทั้งแรงกายและแรงใจจากคุณแม่ ทำให้การศึกษาประสบความสำเร็จอย่างภาคภูมิใจ

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากก็น้อย

กุญช์ญาดา กองธานี

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		จ
สารบัญรูป		ช
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 ทฤษฎี	3
	2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3	วิธีการดำเนินงาน	16
	3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ	16
	3.2 การเตรียมวัตถุอ้างอิง	19
	3.3 กระบวนการรับภาพ	19
	3.4 กระบวนการการจำแนกอวัยวะของร่างกายและวัตถุอ้างอิง	20
	3.4.1 กระบวนการออตสึเทรสโฮล	20
	3.4.2 กระบวนการ Graph cut	21
	3.5 กระบวนการหาขนาดวัตถุอ้างอิงและขนาดร่างกาย	22
	3.5.1 กระบวนการหาพื้นที่สีขาวโดยฮิตโตแกรม	22
	3.5.2 กระบวนการเก็บค่าพิกเซล และพลอตตำแหน่ง	25
	3.6 กระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยาน	38
	3.7 กระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกขนาดไซส์จักรยานเล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ	44
	3.8 กระบวนการหาขนาดอุปกรณ์สำหรับฟิตติ้ง (Fitting)	49

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 52
4.1 การทดลองที่ 1 การหาขนาดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพถ่าย 52
4.1.1 ขั้นตอนการหาขนาดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพถ่าย 52
4.1.2 ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดร่างกายส่วนต่าง ๆ 53
4.2 การทดลองที่ 2 การหาขนาดท่อส่วนต่าง ๆ ของเฟรมจักรยาน 54
4.2.1 ขั้นตอนการหาขนาดท่อเฟรมจักรยานจากสมการอ้างอิง 54
4.2.2 ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดท่อเฟรมจักรยานส่วนต่างๆ 54
4.3 การทดลองที่ 3 การหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม 56
4.3.1 ขั้นตอนการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม 56
4.3.2 ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม 56
4.4 การทดลองที่ 4 การหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกขนาดไซส์จักรยานที่เล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ 57
4.4.1 ขั้นตอนการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม 57
4.4.2 ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม 57
4.5 การทดลองที่ 5 การฟิตติ้ง (Fitting) จักรยานให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่ 59
4.5.1 ขั้นตอนการฟิตติ้ง (Fitting) ความสูงของอานนั่ง (Saddle height) 60
4.5.2 ขั้นตอนการฟิตติ้ง (Fitting) ความยาวของแขนจานปั่น (Crank arm) 60
4.5.3 ขั้นตอนการฟิตติ้ง (Fitting) ความยาวคอแฮนด์ (Stem) 60
4.6 ผลการทดลองในแต่ละขั้นตอน 62
4.7 อภิปรายผลการทดลอง 154
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 158
5.1 สรุปผล 158
5.2 ข้อเสนอแนะ 159

เอกสารอ้างอิง 161
ภาคผนวก ก 163
ประวัติผู้ทำโครงงาน 193

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางสรุปข้อดีและข้อเสียของงานวิจัยในอดีต	14
3.1	ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Cannondal	45
3.2	ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Gaint	45
3.3	ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Jamis	46
3.4	ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Ritchey	46
3.5	ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Trek	46
3.6	ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Merida	47
3.7	ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Scott	47
3.8	ตารางขั้นตอนวิธีสำหรับการคำนวณไซส์จักรยานโดยใช้เงื่อนไขการเลือกขนาดเล็ก	48
3.9	ตารางข้อมูลอ้างอิงความยาวแขนจานปั่นของ 7 แบรนด์จักรยานเสือหมอบ	49
3.10	ตารางข้อมูลอ้างอิงความยาวคอแฮนด์ของ 7 แบรนด์จักรยานเสือหมอบ	50
4.1	ตารางแสดงผลการหาขนาดร่างกายตำแหน่งต่าง ๆ	53
4.2	ตารางแสดงผลการหาขนาดเฟรมจักรยานส่วนต่าง ๆ	55
4.3	ตารางแสดงผลการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมจากตัวอย่างทั้งหมด 29 คน	57
4.4	ตารางแสดงผลการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมโดยใช้เงื่อนไขการเลือกเฟรมจักรยานไซส์เล็ก	58
4.5	ตารางแสดงผลการฟิตติ้ง (Fitting)	61
4.6	ภาพอินพุทของโปรแกรม ตัวอย่าง 3 คน จากทั้งหมด 29 คน โดยหนึ่งคนจะมีชุด 3 สีที่ต่างกัน	63
4.7	ภาพผลลัพธ์ Graph cut	66
4.8	ผลลัพธ์จากการแบ่งจุดกึ่งกลางพื้นที่	67
4.9	ผลลัพธ์จากหาค่าฮิตโตแกรมตามแกน	69
4.10	ผลลัพธ์จากหาค่าระยะพิกเซลและพลอตตำแหน่ง	72
4.11	ผลลัพธ์การหาขนาดของร่างกายส่วนต่าง ๆ	74
4.12	ผลลัพธ์การหาขนาดของร่างกายส่วนต่าง ๆ	79
4.13	ผลลัพธ์การคำนวณขนาดท่อจักรยาน	102
4.14	ผลลัพธ์การหาขนาดของเฟรมจักรยานตามแบรนด์	105
4.15	ผลลัพธ์การหาขนาดของเฟรมจักรยานตามแบรนด์โดยเพิ่มเงื่อนไขการเลือกไซส์ขนาดเล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ	115
4.16	ตารางแสดงผลลัพธ์การคำนวณหาความยาวอานนั่ง (Saddle length) แขนจานปั่น (Crank arm) และ คอแฮนด์ (Stem)	125

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของจักรยานเสือหมอบ	3
2.2	เป้าถึงปลายขา (Inseam	4
2.3	ลำตัว (Trunk)	5
2.4	ปลายแขน (Forearm)	5
2.5	แขน (Arm)	6
2.6	ต้นขา (Thigh)	6
2.7	ไหล่ (Shoulder)	7
2.8	ปลายขา (Lower leg)	7
2.9	กระดูกกลางอก (Sternal notch)	8
2.10	ความสูง (Total height)	9
2.11	สัดส่วนต่าง ๆ ของบุคคล	9
2.12	มุมองศาที่เหมาะสมในการขับขี่จักรยาน (Proper body angle)	10
2.13	ส่วนประกอบของจักรยาน	12
3.1	การทำงานของขั้นตอนการหาขนาดร่างกายและขนาดเฟรมจักรยาน	16
3.2	ภาพสีในโหมด RGB รับจากกล้องดิจิตอล	18
3.3	ภาพวัตถุอ้างอิงและพื้นหลังวัตถุอ้างอิง	19
3.4	ภาพแสดงตำแหน่งระยะห่างบุคคลกับกล้องและความสูงของกล้อง	19
3.5	ภาพที่ได้จากการจำแนกพื้นหลังภาพวัตถุอ้างอิง	21
3.6	ภาพที่ได้จากการจำแนกพื้นหลังภาพบุคคลด้วยเทคนิค Graph cut	22
3.7	ภาพผลลัพธ์จากกระบวนการแบ่งครึ่งตัวบน	23
3.8	ภาพผลลัพธ์จากกระบวนการแบ่งครึ่งตัวล่าง	24
3.9	ภาพผลลัพธ์จากค่าฮิตโตแกรมตามแกนท่ายืน	24
3.10	ภาพผลลัพธ์จากค่าฮิตโตแกรมตามแกนท่านั่ง	25
3.11	ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมของตำแหน่งเท้า	27
3.12	ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมของตำแหน่งเป้า	27
3.13	าพผลลัพธ์จากการลงพิกัดตำแหน่ง (Inseam)	28
3.14	ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมแนวตั้ง	29
3.15	ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมแนวนอน	30
3.16	ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมของภาพท่อนบนท่ายืน	31
3.17	ภาพผลลัพธ์จากการรวมพิกัดเท้าและพิกัดของแขน (Sternal notch)	31
3.18	ภาพผลลัพธ์จากการหาตำแหน่ง Total height	33
3.19	ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมท่อนบนท่านั่ง	34
3.20	ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมท่อนบนท่านั่งและพลอตตำแหน่ง (Forearm)	35
3.21	ภาพผลลัพธ์การคำนวณขนาดร่างกายและลงพิกัดบนภาพ	37

3.22	ภาพผลลัพธ์จากการหาตำแหน่งจากฮิตโตแกรมตำแหน่ง Trunk	38
3.23	ภาพการพลอตตำแหน่งที่แขน ไหล่ และปลายเท้า ตัวอย่างที่ 1	39
3.24	ภาพการพลอตตำแหน่งที่แขน ไหล่ และปลายเท้า ตัวอย่างที่ 2	40
3.25	ภาพการพลอตตำแหน่งที่แขน ไหล่ และปลายเท้า ตัวอย่างที่ 3	41
3.26	ภาพผลลัพธ์การคำนวณขนาดร่างกายและลงพิกัดบนภาพ	42
3.27	แสดงส่วนประกอบของเฟรมจักรยาน	44
3.28	ภาพการเลือกขนาดจักรยานเสือหมอบและการใช้ Euclidian Distance	48
3.29	ส่วนประกอบสำหรับการฟิตติ้ง (fitting) จักรยานเสือหมอบ	51
4.1	ภาพตำแหน่ง Inseam	54
4.2	ภาพสัดส่วนสำหรับนำมาคำนวณขนาดเฟรมของจักรยานเสือหมอบ	56
4.3	ภาพอุปกรณ์เสริมสำหรับการฟิตติ้งจักรยานเสือหมอบ	59
4.4	กระบวนการหาความยาวของอานนั่ง (Saddle height)	60
4.5	กระบวนการหาความยาวของแขนจานปั่น (Crank arm)	60
4.6	กระบวนการหาความยาวของคอแฮนด์จักรยาน (Stem)	60
4.7	ภาพที่เกิดความผิดพลาดในการแยกพื้นหลังกับภาพบุคคลจากแสง และเงา	154
4.8	ตำแหน่งสัดส่วนร่างกายที่เกิดค่าความคลาดเคลื่อน	155
4.9	ส่วนประกอบของจักรยานเสือหมอบที่มีค่าความคลาดเคลื่อน	156

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จักรยานเสือหมอบ (Road bike) เป็นจักรยานที่มีผู้คนให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน จักรยานเสือหมอบ (Road bike) เป็นจักรยานสำหรับผู้ที่ชื่นชอบความเร็ว ต้องลู่ตัวลงไปตามเฟรมของจักรยานเพื่อให้ตัวลู่ไปตามลม ไม่ต้านลม มีแฮนด์จักรยานที่ต่ำ เหมาะกับการขับขี่บนพื้นถนนเนื่องจากขนาดยางเล็ก แบนและแคบ เพื่อให้ล้อกลิ้งไปตามพื้นราบได้ง่าย ในปัจจุบันมีผู้สนใจขับขี่จักรยานเสือหมอบ (Road bike) เป็นจำนวนมาก ทั้งใช้ในชีวิตประจำวัน ออกกำลังกายหรือการแข่งขัน จักรยานเสือหมอบเป็นจักรยานที่มีลักษณะพิเศษที่จำเป็นจะต้องก้มตัวเพื่อให้ร่างกายลู่ลม ไม่ต้านลมเพื่อเพิ่มความเร็วในการขับขี่จักรยาน ด้วยลักษณะพิเศษของจักรยานเสือหมอบ หากเลือกใช้จักรยานผิดขนาดอาจทำให้เกิดการเจ็บปวดในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ปวดคอ ปวดหลัง หรือเป้าชนกับท่อบน (Top tube) ของจักรยาน ซึ่งจักรยานจะมีส่วนประกอบที่เรียกว่าเฟรม (Frame) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการเลือกจักรยาน การเลือกเฟรมจะต้องคำนึงถึงหลายส่วนของร่างกาย เช่น ความยาวของลำตัว ความยาวของช่วงล่าง และเมื่อเลือกเฟรมได้แล้ว ผู้ขับขี่จะต้องทำการฟิตติ้ง (Fitting) เพื่อเพิ่มความแม่นยำระหว่างขนาดผู้ขับขี่กับจักรยาน

โครงการนี้จะเป็นการหาเฟรมของจักรยานจากการวัดสัดส่วนของร่างกายโดยการใช้ภาพ โดยไม่มีอุปกรณ์เสริม และใช้ Image processing โดยโปรแกรม MATLAB R2018a ในการหาสัดส่วนของร่างกายเพื่อเป็นลดเวลาในการทำในขั้นตอนนี้ โดยขั้นการหาเฟรมของจักรยานเป็นขั้นตอนแรก เฟรมจักรยานเป็นส่วนประกอบสำคัญของจักรยาน โดยเราจะคำนึกถึงการเลือกเฟรมจักรยานที่มีขนาดเล็กเอาไว้ก่อนซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับการนำไปฟิตติ้ง (Fitting) จักรยานต่อ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ เข้าไปเพื่อให้ขนาดจักรยานพอดีกับตัวเราและได้มุมองศาที่เหมาะสมแก่การขับขี่จักรยาน เพื่อความปลอดภัยและไม่รู้สึกเจ็บปวดยามขับขี่จักรยาน

คำสำคัญ : ขนาดเฟรมของจักรยานเสือหมอบ, ขนาดท่อจักรยาน, จักรยานเสือหมอบ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่สามารถจำแนกอวัยวะของร่างกายมนุษย์จากภาพถ่าย

1.2.2 เพื่อวัดขนาดอวัยวะร่างกายจากภาพถ่ายสำหรับการหาขนาดจักรยานเสือหมอบ

1.2.3 เพื่อฟิตติ้ง (Fitting) ขนาดจักรยานให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่

1.2.4 เพื่อช่วยเหลือผู้ใช้งานในการเลือกขนาดเฟรมจักยานที่เหมาะสมกับร่างกายในเบื้องต้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ผู้ใช้งานมีรูปร่างที่สมประกอบ

2. ผู้ใช้งานต้องสวมชุดที่ไม่หลวมจนเกินไป

3. ใช้สองรูปโดยการให้ผู้ใช้งานยืนและนั่ง โดยรูปยืนให้ยืนกางแขน หันหลังให้กล้อง กางขาเล็กน้อย รูปนั่งในนั่งหันข้างกับกล้องโดยขาตั้งฉากกับพื้น และแขนตั้งฉากกับพื้น

4. ภาพถ่ายเป็นภาพจากกล้องดิจิตอล

5. ภาพที่ได้มีความละเอียด 2904x4352 พิกเซล

6. ขนาดมาตรฐานเฟรมจักรยาน 7 แบรนด์ ได้แก่ GIANT, MERIDA, TREK, SCOTT, JAMIS, CANONDALE และ RITCHEY

7. ตำแหน่งการวัดของร่างกายจากภาพถ่าย ได้แก่ Inseam, Torso, Arm Length, Shoulder Length และ Height

8. โปรแกรมสามารถคำนวณขนาดร่างกายได้ครั้งละ 1 คน เลือกไซส์เฟรมจักรยานได้ครั้งละ 1 คน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถวัดขนาดอวัยวะร่างกายส่วนต่าง ๆ จากภาพถ่ายได้

1.4.2 สามารถนำผลที่ได้จากการวัดไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมิณหาขนาดเฟรมจักรยานเสือหมอบและสามารถทำการฟิตติ้ง (Fitting) ได้

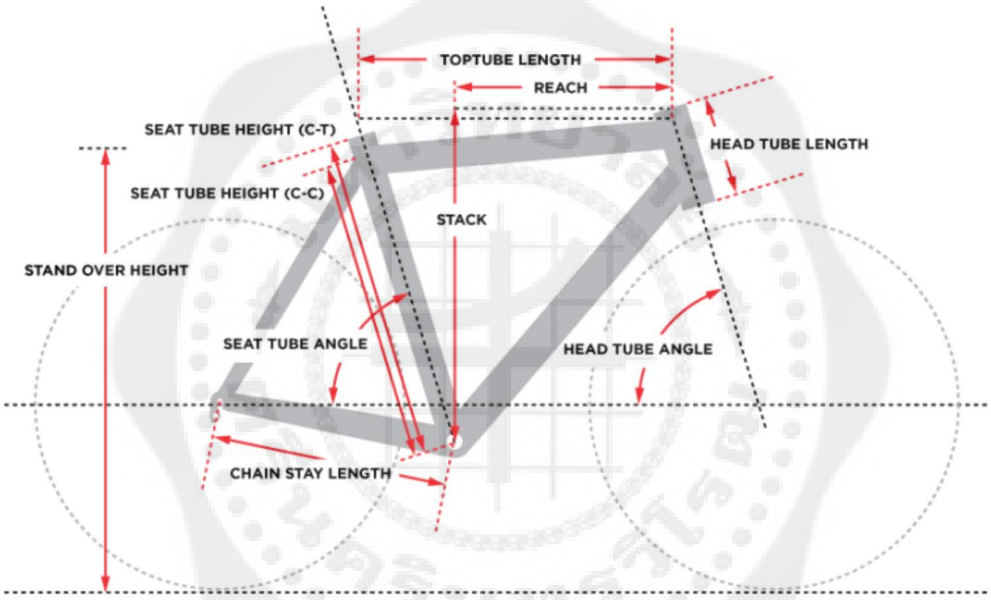
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของ 1.1 การวัดร่างกายในส่วนต่าง ๆ สำหรับนำไปหาขนาดของเฟรมจักรยาน และ โครงสร้างของจักรยานเสือหมอบ

2.1 ทฤษฎี

2.1.1โครงสร้างเฟรมของจักรยานเสือหมอบ (Road bike)

เฟรมของจักรยาน (Bike frame) เป็นส่วนโครงสร้างหลักของจักรยาน ประกอบไปด้วย



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของจักรยานเสือหมอบ

ที่มา : http://teknecycling.com/how-to-choose-a-gravel-bike-part-2-geometry/

1. ท่อบน (Top tube length) คือ ความยาวของขนาดท่อบน ระหว่างท่อนั่งถึงท่อแฮนด์บาร์ของจักรยาน
2. ท่อนั่ง (Seat tube length) คือ ท่อที่อยู่ระหว่างท่อบนจนถึงท่อล่างของเฟรม
3. มุมท่อนั่ง (Seat tune angle) คือ องศาเอียงระหว่างท่อนั่งกับท่อคล้องโซ่
4. ความสูงของอานจักรยาน (Seat post) คือ ความยาวของอานจักรยานที่เหมาะสม สามารถปรับได้
5. ความยาวด้ามจับ (Handlebar) คือ ความกว้างของด้ามจับที่วัดได้จากระยะความกว้างของไหล่
6. ส่วนยึดคอและแฮนด์ (Stem) คือ ส่วนที่ยึดติดระหว่างคอของจักรยานและแฮนด์ สามารถปรับระยะได้

2.1.2 การวัดขนาดร่างกาย (Body measurement)

การวัดขนาดของร่างกาย ใช้เครื่องมือในการวัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายตามตำแหน่งเฉพาะที่จะนำข้อมูลการวัดไปวิเคราะห์หรือประเมิณขนาดของเฟรมจักรยานสำหรับผู้ขับขี่ โดยจะแบ่งตำแหน่งการวัดทั้งหมด 9 จุด

- เป้าถึงปลายขา (Inseam) : เป็นตำแหน่งที่วัดจากปลายเท้าจนถึงกลางเป้า

รูปที่ 2.2 เป้าถึงปลายขา (Inseam)

ที่มา: Competitive cyclist – Fit Calculator : https://www.competitivecyclist.com/Store/catalog/fitCalculatorBike.jsp?INT_ID=IB12809#measures, May 31,2017

• ลำตัว (Trunk) : เป็นตำแหน่งวัดจากข้อต่ออโครมิโอคลาวิคิวลาร์ (Acromioclavicular Joint) จนถึงก้นในท่านั่ง

รูปที่ 2.3 ลำตัว (Trunk)

ที่มา: Competitive cyclist – Fit Calculator : https://www.competitivecyclist.com/images /competitivecyclist/pages/adv-fitcal/measures/trunk.jpg, May 31,2017

• ปลายแขน (Forearm) : เป็นตำแหน่งวัดจากจุดกระดูกยื่นของข้อศอกจนถึงปลายมือในลักษณะของท่ากำมือ

รูปที่ 2.4 ปลายแขน (Forearm)

ที่มา: Competitive cyclist – Fit Calculator : https://www.competitivecyclist.com/Store/

catalog/fitCalculatorBike.jsp?INT_ID=IB12809#measures, May 31,2017

- แขน (Arm) : เป็นตำแหน่งวัดจากหัวไหล่จนถึงปลายมือ

รูปที่ 2.5 แขน (Arm)

ที่มา: Competitive cyclist – Fit Calculator : https://www.competitivecyclist.com/Store/ catalog/fitCalculatorBike.jsp?INT_ID=IB12809#measures, May 31,2017

- ต้นขา (Thigh) : เป็นตำแหน่งท่านั่งวัดจากหัวเข่าจนถึงจุดปลายสุดยังขอบผนัง

รูปที่ 2.6 ต้นขา (Thigh)

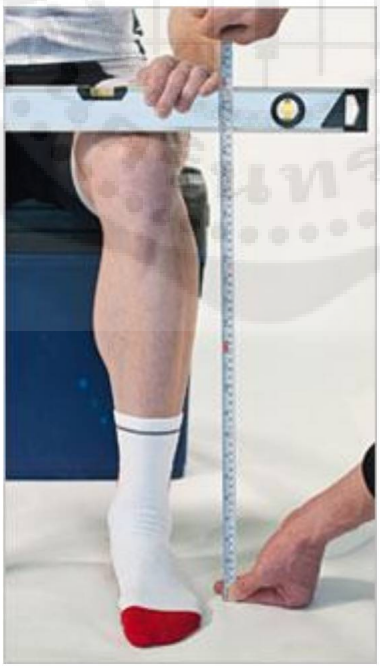
ที่มา: Competitive cyclist – Fit Calculator : https://www.competitivecyclist.com/Store/catalog/fitCalculatorBike.jsp?INT_ID=IB12809#measures, May 31,2017

• ไหล่ (Shoulder) : เป็นตำแหน่งระหว่างไหล่ทั้งสองข้าง

รูปที่ 2.7 ไหล่ (Shoulder)

ที่มา: How to Choose the Correct Road Bike Handlebar Size & Shape : https://www.bikerumor.com/2010/12/28/tech-how-to-choose-the-correct-road-bike-handlebar-size-shape/, May 31,2017

• ปลายขา (Lower leg) : เป็นตำแหน่งหน้าขาถึงสุดเท้าจรดพื้น



รูปที่ 2.8 ปลายขา (Lower leg)

ที่มา: Competitive cyclist – Fit Calculator : https://www.competitivecyclist.com/Store/

catalog/fitCalculatorBike.jsp?INT_ID=IB12809#measures, May 31,2017

• กระดูกกลางอก (Sternal notch) : เป็นตำแหน่งกระดูกกลางอกจนถึงพื้นด้านล่าง

รูปที่ 2.9 กระดูกกลางอก (Sternal notch)

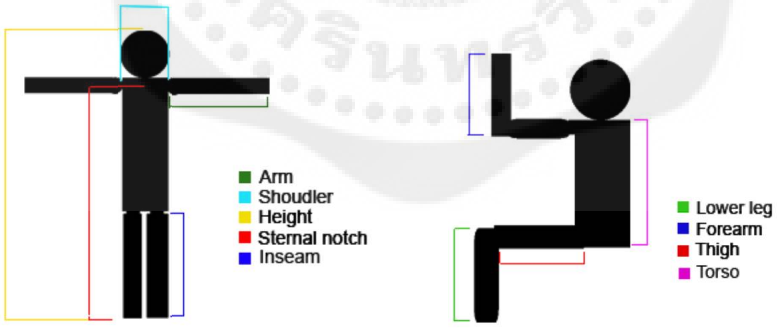
ที่มา: Competitive cyclist – Fit Calculator : https://www.competitivecyclist.com/Store/ catalog/fitCalculatorBike.jsp?INT_ID=IB12809#measures, May 31,2017

• ความสูง (Total height) : เป็นตำแหน่งการพื้นจนถึงปลายหัว

รูปที่ 2.10 ความสูง (Total height)

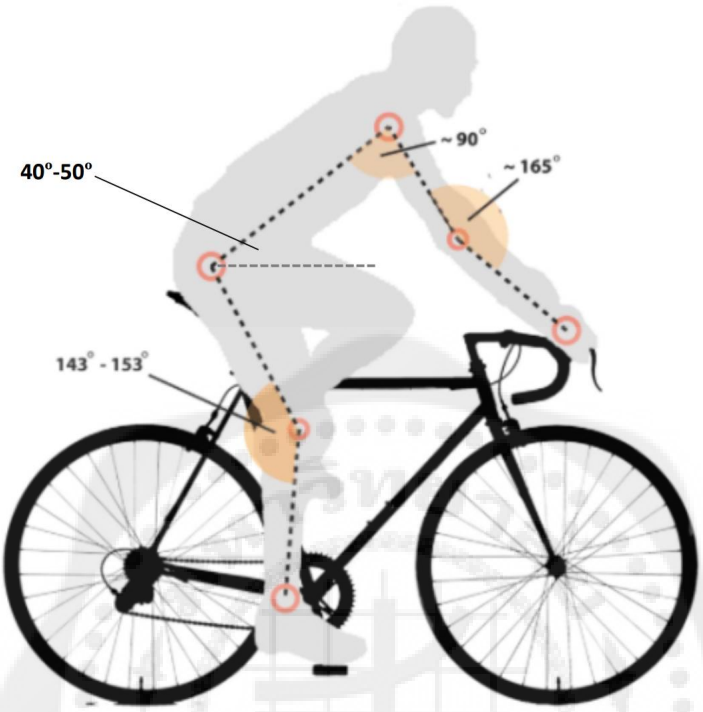
ที่มา: Competitive cyclist – Fit Calculator : https://www.competitivecyclist.com/Store/

จากตำแหน่งการวัดทั้งหมด ทำให้การวัดสัดส่วนจากรูปภาพ ได้ออกมาทั้งหมด 9 ตำแหน่ง คือตำแหน่ง Inseam, Torso, Trunk, Arm, Thigh, Shoulder, Sternal notch, Total height และ Forearm



รูปที่ 2.11 สัดส่วนต่าง ๆ ของบุคคล

2.1.3 มุมร่างกายขณะอยู่บนจักรยาน (Angle of body)



รูปที่ 2.12 มุมองศาที่เหมาะสมในการขับขี่จักรยาน (Proper body angle)

ที่มา: https://www.clublasanta.com/en/sports/cycling

มุมไหล่ที่เหมาะสม (Proper shoulder angle) คือ 85^{o}-90^{o} มุมไหล่ควรที่จะไม่เกร็งและคลาย ไม่เช่นนั้นอาจจะทำให้เกิดอาการปวดบริเวณไล่เวลาเกร็งจนทำให้ปวดร่างกายขณะขับขี่ [17]

มุมข้อศอกที่เหมาะสม (Proper elbow angle) คือ 160^{o} ไม่ตึงและไม่งอจนเกินไป [18]

มุมสะโพกที่เหมาะสม (Proper hip angle) คือ 40^{o}-50^{o} จากงานวิจัยพบว่ามุมองศาระหว่าง 40^{o}-50^{o} ใช้พลังงานขณะปั่นจักรยานน้อย ไม่ทำให้เสียพลังงานมากเกินจำเป็น [15]

มุมเข่าที่เหมาะสม (Proper knee angle) คือ 30°-40° จากงานวิจัยพบว่าการปั่นจักรยานเป็นการใช้ร่างกายด้านล่างซ้ำไปซ้ำมา ใช้งานค่อนข้างหนักที่สุดในร่างกายและอยู่ในท่านั้นเป็นเวลานาน คนส่วนมากจะเจ็บบริเวณ Patellofemoral joint ที่เป็นส่วนในการช่วยยืดเข่าหรืออักเสบตรง Lliotibial band ส่วนที่ต่อจากกล้ามเนื้อต้นขาด้านนอกที่มีหน้าที่ยืดข้อเข่าขณะเคลื่อนไหว และมุมเข่าขณะที่เท้าอยู่บริเวณ 6 นาฬิกา หรือด้านล่างสุดที่เหมาะสมในการขับขี่คือ 30°-40° ช่วยลดแรงกดทับบริเวณ patellofemoral ได้เล็กน้อย [13]

2.1.4 อุปกรณ์ฟิตติ้งขนาดจักรยาน (Bike equipment)

อุปกรณ์ที่นำมาทำการฟิตติ้ง (Fitting) ในการบวนการนี้มีทั้งหมดสามอย่าง

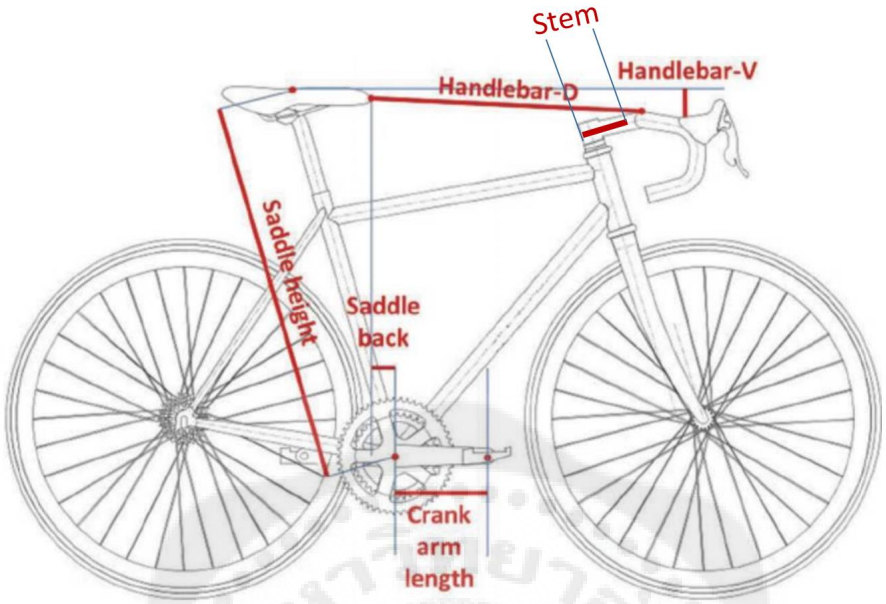
1) Stem - คอแฮนด์จักรยาน สามารถเลือกตามความยาวที่ต้องการได้
2) Saddle height - ความสูงของท่อนั่ง สามารถปรับได้
3) Crankarm length – ความยาวของจานปั่น

สูตรในการคำนวณเฟรมของจักรยาน

Calculating frame dimensions [19]

a : ความยาวของแขน (arm length)
I : ช่วงตัวด้านล่างตั้งแต่ตรงเป้าลงไปถึงปลายขา (Inseam)
t : ช่วงตัวด้านบน ตั้งแต่ร่องตรงกลางคอจนถึงเป้า (Torso)
n : ความสูงตั้งแต่ร่องตรงกลางคอจนถึงปลายเท้า (height of sternal notch)
lu: ความยาวของขาช่วงบน (Upper leg length)

seat tube length	=	i × 0.65 or 0.66
top tube length	=	(t + a) × 0.485 or 0.49
seat tube angle	=	1.135{90° - [sin-1(lu/i)]}
stem extension	=	(t + a) × 0.105 or 0.11
crankarm length	=	i × 0.203
saddle height	=	i × 0.87-0.8
saddle set-back	=	lu × 0.190
saddle-handlebar difference	=	a × 0.125



รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบของจักรยาน

ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/The-main-bike-measurements-saddle-height-saddle-back-crank-arm-length-vertical_fig1_287996608

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับผลของการเลือกจักรยานขาดที่ไม่เหมาะสม กับตัวของผู้ขับขี่จะส่งผลให้เกิดอาการบาดเจ็บอย่างไรบ้าง และงานวิจัยเกี่ยวกับการเลือกขนาดจักรยานเสือหมอบให้เหมาะสมกับร่างกายผู้ขับขี่ด้วยวิธีต่างๆ เช่น ท่าที่ถูกต้องในการขับขี่จักรยานเสือหมอบ เป็นต้น

2.2.1 การวัดความสูงจากภาพถ่าย

Human height estimation using a calibrated camera.

Authors : Kispál, I. and E. Jeges

โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินค่าความสูงของบุคคลในระหว่างการเคลื่อนไหว โดยในการประเมินจะเริ่มต้นจากการรับภาพในแต่ละเฟรมของวีดีโอ มาทำการลดเงาที่เกิดขึ้นบนพื้น แล้วใช้สูตรในการคำนวณ โดยกล้องจะได้รับการเทียบกับตัวแผ่น ตารางมีมุมที่มีความโค้ง เพื่อชดเชยความโค้งที่ได้จากภาพก่อน ในการทดสอบได้ทดลอง วัด 10 ตัวอย่าง ที่แตกต่างกันด้านความสูง

2.2.2 การหาขนาดเฟรมจักรยาน

2.2.2.1 Bike Fit Guide

Authors : Arnie Baker

โดย Arnie Baker ได้จัดพิมพ์เป็นหนังสือคู่มือเกี่ยวกับการปรับแต่ง จักรยานการสอนการวัดขนาดของร่างกายเพื่อหาขนาดของจักรยานที่ถูกต้องและการนั่งการทำมุมองศาของการขับขี่จักรยานที่ถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งานจักรยานดังกล่าว

2.2.2.2 Applying riding-posture optimization on bicycle frame design

Authors : Shih-Wen Hsiao, Rong-Qi Chen, Wan-Lee Len

สำหรับงานวิจัยการปรับท่าทางบนเฟรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขับขี่ (Applying riding-posture optimization on bicycle frame design) โดย Shih-Wen Hsiao และคณะ ได้ทำการเลือกจักรยานทั้งสามชนิด คือจักรยานสำหรับแข่งขัน จักรยานในเมืองและจักรยานสำหรับผู้หญิง เพื่อหาขนาดท่าในการขับขี่จักรที่ดีและปลอดภัยที่สุด โดยท่าทางในการขับขี่จะใช้การประมวลผลภาพ (Image processing) โดยการประมวลภาพจากการจับตำแหน่งของ LED ที่นำไปติดตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยตำแหน่งสำคัญในการวิเคราะห์ของจักรยานคือบริเวณแฮนด์ (Handlebar) อานนั่ง (Saddle) และจานปั่น (Crank center) และตำแหน่งของผู้ขับขี่คือศีรษะ (Head) คอ (neck) ไหล่ (shoulders) ข้อศอก (elbows) มือ (hands) เอว (waist) ขาหนีบ (infuinal region) เข่า (knees) กระดูกข้อเท้า (ankle bones) และฝ่าเท้า (soles) ซึ่งจะสามารถนำมาหาขนาดเฟรมของจักรยานแต่ละชนิดได้

2.2.3 อาการบาดเจ็บขณะขับขี่จักรยานเสือหมอบ

2.2.3.1 Effect of bike-fit in the perception of comfort fatigue and pain

Authors : Jose Ignacio Priego Quesada, Pedro Pérez-Soriano, Angel Gabriel LucasCuevas, Rosario Salvador Palmer & Rosa Mª Cibrián Ortiz de Anda

โดยได้ศึกษาปัญหาท่าทางเวลาขับขี่จักรยานของผู้ขับขี่ไม่อยู่ในลักษณะที่ถูกต้องจนทำให้เกิดการบาดเจ็บ การขับขี่อยู่บนจักรยานและเคลื่อนไหวในท่าเดิมนาน ๆ จะทำให้เกิดปัญหาช่วงล่าง (Lower limb & Lower body) และอาหารเจ็บหลังที่ (Lower back pain) โดยปัญหาที่พบบ่อยสำหรับคนขับขี่จักรยานคือการเจ็บเข่าที่เกิดจากการใช้งานในท่าทางซ้ำกันนาน ๆ ทำให้บาดเจ็บซ้ำบริเวณเดิม โดยเฉพาะตรงกระดูกสะบ้าใต้เข่า (Patellofemoral pain) อาการปวดบริเวณหัวเข่าด้านนอก (Lliotibial band syndrome) และการบาดเจ็บที่เส้นเอ็น

2.2.3.2 Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury Risk and Cycling Performance

Authors : Rodrigo Bini, Patria A,Hume and James L, Croft

ได้ศึกษาเกี่ยวกับองศาเข่าขณะปั่นจักรยานที่มากเกินไปจะส่งผลเสียต่อลำตัวช่วงบนหรือการที่ส่วนประกอบของจักรยานไม่สัมพันธ์กับร่างกาย เช่น ความสูงของอานนั่ง (Saddle height) ที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บต่อเข่าและช่วงล่างของร่างกาย การปรับเบาะนั่งไปด้านหน้าหรือหลังที่สัมพันธ์กับการเกิดแรงเฉือนที่ข้อต่อ (Tibiofemoral)

2.2.4 การฟิตติ้ง (Fitting) จักรยานเสือหมอบ

2.2.4.1 Identifying factors of bicycle comfort: An online servey with enthusiast cyclist

Authors : F.S. Ayachi, J. Dorey, C. Guastavino

ได้ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการฟิตติ้ง (Fitting) เพื่อส่งเสริมให้ผู้ขับขี่จักรยานสามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บและเพิ่มความสะดวกสบายในการขับขี่จักรยาน ซึ่งสิ่งที่ส่งผลให้เกิดความสบายคือการเลือกส่วนประกอบของจักยานให้เหมาะสมกับร่างกาย อานนั่ง (Saddle) แฮนด์ของจักรยาน (Handlebars) และส่วนสำคัญที่สุดคือส่วนของเฟรมจักรยาน ร่วมกับการปรับสรีระร่างกายหรือตำแหน่งขณะขับขี่บนจักรยาน

2.2.4.2 Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury Risk and Cycling Performance

Authors : Rodrigo Bini, Patria A. Hume and Jame L, Croft

จากงานวิจัยผลกระทบต่อการบาดเจ็บของผู้ขับขี่จากเข่า เมื่อที่เหยียบ (Pedal) อยู่ด้านล่างสุดหรือที่เรียกว่าตรงบริเวณ 6 นาฬิกา มุมองศาเข่าของผู้ขับขี่ควรอยู่ระหว่าง 25 ถึง 35 องศา เพราะจากการทดลองได้พบว่า หากไม่ใช่มุมที่กำหนด เมื่อผู้ขับขี่กำลังขับขี่จะเกิดการใช้พลังงานและออกซิเจนมากกว่าปกติ (Power & VO2)

2.2.4.3 The Effect of Trunk Angle on Power Production in Cycling

Authors : Danny Too

จากงานวิจัยผลกระทบต่อช่วงบนจากการใช้แรงในการขับขี่จักรยาน (พบว่าองศาตรงบริเวณตัวลำช่วงบน (Trunk) ระหว่าง 60, 90 และ 120 องศา ที่ 60 และ 90 องศาเหมาะสมต่อการที่ผู้ขับขี่ใช้กำลังในการขับขี่ได้ดีกว่า 120 องศาที่อาจทำให้ผู้ขับขี่ต้องใช้กำลังที่มากขึ้น

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปข้อดีและข้อเสียของงานวิจัยในอดีต

งานวิจัยในอดีต	Human height estimation using a calibrated camera. [1]	Applying riding-posture optimization on bicycle frame design [9]	Software for human body parts measurement using Image processing for finding proper bike frame
ข้อดี	สามารถวัดส่วนสูงบุคคลได้ออโต้และได้ทั้งรูปและวีดีโอ	มีความละเอียดและแม่นยำบุคคลได้ทดลองกับจักรยานจำลอง	สามารถวัดสัดส่วนอวัยวะของบุคคลและนำไปคำนวณหาขนาดเฟรมของจักรยาน

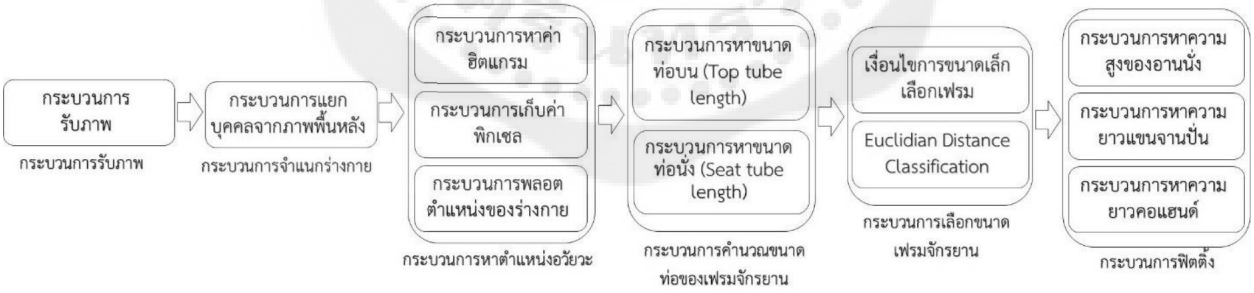
ข้อเสีย	ไม่สามารถวัดสัดส่วนอวัยวะของบุคคลได้	ใช้เวลานานและมีเสียบริการในการใช้อุปกรณ์	เลือกเฟรมจักรยานโอเวอร์ไซส์ประมาณหนึ่งไซส์ ไม่มีการฟิตติ้ง (Fitting)

งานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการแนวทางในการหาขนาดของเฟรมจัรยานเสือหมอบ รวมถึงการฟิตติ้ง (Fitting) เพื่อลดเวลาและไม่ใช้อุปกรณ์ ลดความยุ่งยากในการประมวลผล โดยการใช้รูปถ่ายผู้ขับขี่ในท่าที่กำหนดและใช้กระบวนการ Image processing ในการวัดสัดส่วนของบุคคลจากรูปภาพ นำไปคำนวณหาขนาดเฟรมของจักรยานเสือหมอบและการฟิตติ้ง (Fitting) อุปกรณ์เสริมสำหรับจักรยานเสือหมอบเพื่อให้ได้ขนาดของจักรยานเสือหมอบที่เหมาะสมกับผู้ขับขี่มากที่สุด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของกระบวนการทำงานของระบบ รายละเอียดการทำงานแต่ละขั้นตอน ซึ่งแบ่งการทำงานเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการรับภาพ 2) ขั้นตอนการจำแนกอวัยวะของร่างกายและวัตถุอ้างอิง 3) ขั้นตอนการหาขนาดวัตถุอ้างอิง ขนาดร่างกาย 4) ขั้นตอนการหาขนาดเฟรมจักรยาน 5) กระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกขนาดไซส์จักรยานเล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ และ 6) กระบวนการหาขนาดอุปกรณ์สำหรับฟิตติ้ง (Fitting) โดยในขั้นตอนการหาการจำแนกอวัยวะของร่างกายและวัตถุอ้างอิงขนาดประกอบด้วย 2 กระบวนการย่อย ได้แก่ 1.กระบวนการจำแนกวัตถุอ้างอิงขนาดด้วยออทสุเทรสโฮล (Otsu Threshold) 2.กระบวนการจำแนกบุคคลด้วย Graph cut ในขั้นตอนการหาขนาดวัตถุอ้างอิงและขนาดร่างกายประกอบด้วย 2 กระบวนการย่อย ได้แค่ 1.กระบวนการหาพื้นที่สีขาวโดยฮิตโตแกรม 2.กระบวนการเก็บค่าพิกเซลและพลอตตำแหน่ง ในขั้นตอนการหาขนาดเฟรมจักรยาน ประกอบด้วย 1 กระบวนการย่อย ได้แก่ 1.กระบวนการหาขนาดร่างกาย ขนาดท่อและขนาดเฟรมจักรยาน จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกขนาดไซส์จักรยานเล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณและกระบวนการหาขนาดอุปกรณ์สำหรับฟิตติ้ง (Fitting)

3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ



ภาพที่ 3.1 การทำงานของขั้นตอนการหาขนาดร่างกายและขนาดเฟรมจักรยาน

สามารถแบ่งการทำงานเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่

3.2 การเตรียมวัตถุอ้างอิง

3.3 กระบวนการรับภาพ

3.4 กระบวนการการจำแนกอวัยวะของร่างกายและวัตถุอ้างอิง

3.4.1 กระบวนการออตสึเทรสโฮล

3.4.2 กระบวนการ Graph cut

3.5 กระบวนการหาขนาดวัตถุอ้างอิงและขนาดร่างกาย

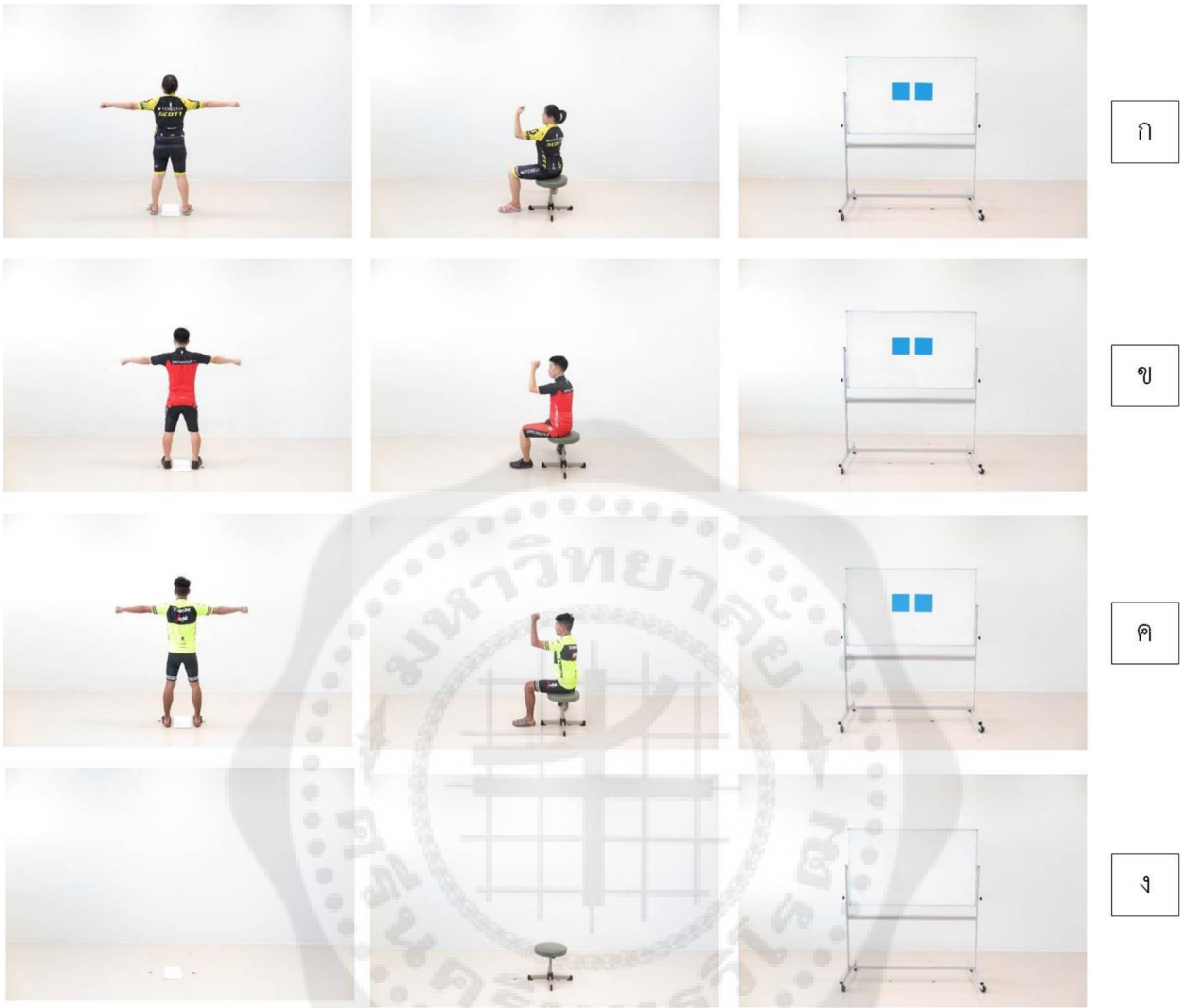
3.5.1 กระบวนการหาพื้นที่สีขาวโดยฮิตโตแกรม

3.5.2 กระบวนการเก็บค่าพิกเซล และพลอตตำแหน่ง

3.6 กระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยาน

3.7 กระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกขนาดไซส์จักรยานเล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ

3.8 กระบวนการหาขนาดอุปกรณ์สำหรับฟิตติ้ง (Fitting)

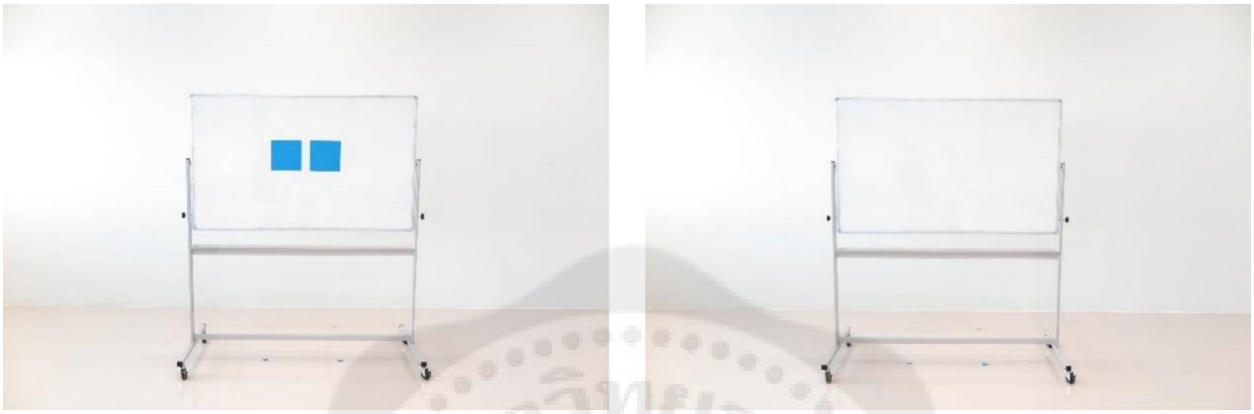


ภาพที่ 3.2 ภาพสีในโหมด RGB รับจากกล้องดิจิตอล

(ก) ภาพบุคคลที่ 1 ในชุดปั่นจักรยานสีเหลือง ประกอบด้วยท่ายืน ท่านั่ง และวัตถุอ้างอิง
(ข) ภาพบุคคลที่ 2 ในชุดปั่นจักรยานสีแดง ประกอบด้วยท่ายืน ท่านั่ง และวัตถุอ้างอิง
(ค) ภาพบุคคลที่ 3 ในชุดปั่นจักรยานสีเขียว ประกอบด้วยท่ายืน ท่านั่ง และวัตถุอ้างอิง
(ง) ภาพพื้นหลังสำหรับการ Subtraction ประกอบด้วยภาพพื้นหลังท่ายืน ท่านั่ง และวัตถุอ้างอิง

3.2 การเตรียมวัตถุอ้างอิง

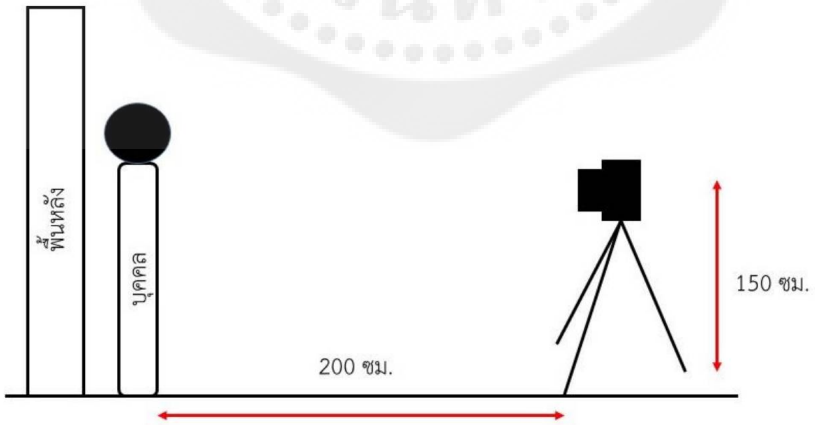
เป็นการเตรียมวัตถุอ้างอิงเป็นสิ่งที่นำไป Calibration ขาดของรูปภาพ โดยกระบวนการนี้จะเตรียมสี่เหลี่ยมที่ทำจากฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด 20x20 เซนติเมตร ขนาดต่อหนึ่งพิกเซลที่นำมาคำนวณในโปรแกรม และเลือกสีของสี่เหลี่ยมให้ตัดกับพื้นหลัง เพื่อง่ายต่อขั้นตอนแยกภาพจากพื้นหลัง



ภาพที่ 3.3 ภาพวัตถุอ้างอิงและพื้นหลังวัตถุอ้างอิง

3.3 กระบวนการรับภาพ

รับภาพจากกล้องดิจิตอล ภาพที่ได้จะอยู่ในโหมดสี RGB ระบบจะรับภาพที่มีขนาด 1386X2048 พิกเซล ภาพที่ได้จะเป็นภาพบุคคลท่ายืน บุคคลท่านั่ง ภาพพื้นหลัง และภาพวัตถุอ้างอิง โดยตำแหน่งระหว่างบุคคลกับกล้องจะห่างกันเป็นระยะ 2 เมตร กล้องมีระดับความสูง 1.5 เมตร



ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงตำแหน่งระยะห่างบุคคลกับกล้องและความสูงของกล้อง

3.4 กระบวนการการจำแนกอวัยวะของร่างกายและวัตถุอ้างอิง

เป็นกระบวนการสำหรับจำแนกภาพบุคคล ภาพวัตถุอ้างอิงแยกออกจากพื้นหลังและแปลงเป็นภาพสีขาวดำ

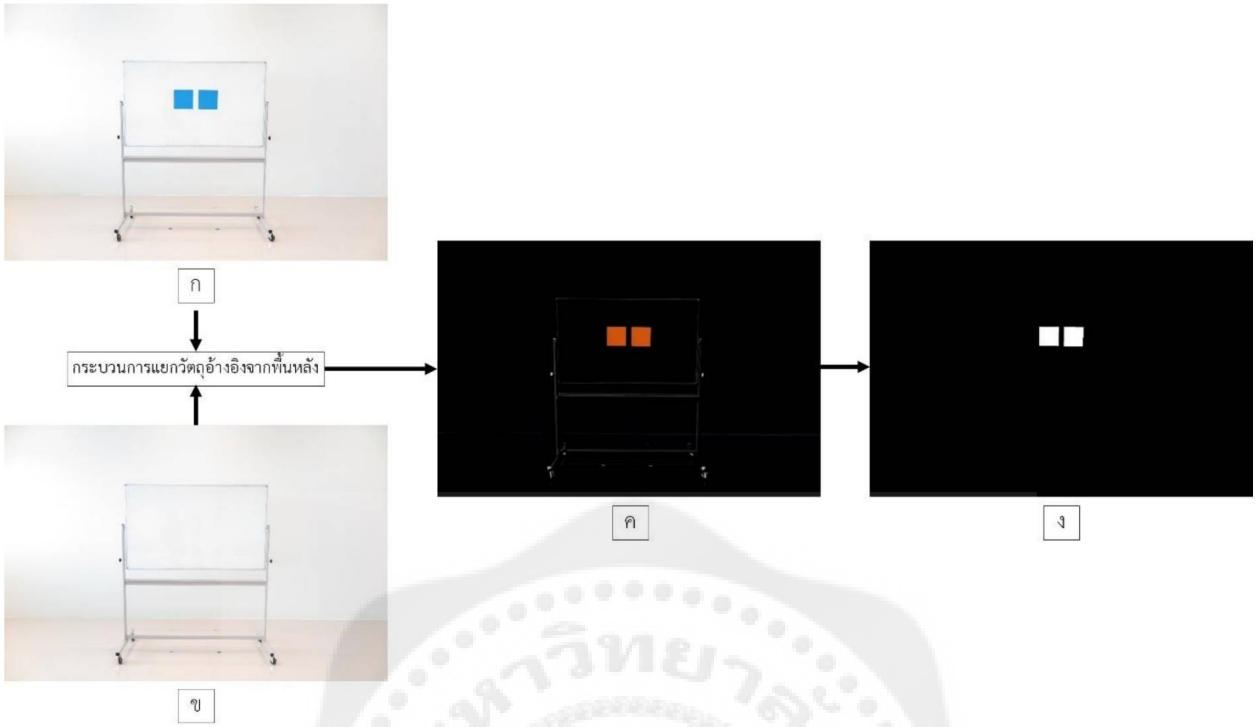
3.4.1 กระบวนการจำแนกภาพด้วยออตสึเทรสโฮล (Otsu threshold)

เพื่อทำการแปลงภาพเป็นสีขาวดำและการแยกภาพออกจากพื้นหลัง หลังจากรับภาพวัตถุอ้างอิงจากกกล้องดิจิตอลแล้ว ภาพที่ได้จะเป็นภาพในโหมดสี RGB และทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ จากกกระบวนการด้วยออตสึเทรสโฮล (Otsu threshold) ซึ่งจะทำให้ภาพที่ทำการลบกับฉากแปลงเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 กลายเป็นค่า 0 ถึง 1 ซึ่งเป็นภาพขาวดำ โดยขั้นตอนในการกำหนดเกณฑ์ในการแยกความเข้มสีโดยเลือกเกณฑ์ที่ทำให้ค่า Within Class Variance ของสองส่วนถูกแยกด้วยเกณฑ์ ที่มีค่าน้อยสุดดังเห็นใน (3.1)

$$\sigma^2_{within}(T) = W_b(T)\sigma^2_b(T) + W_f(T)\sigma^2_f(T) \quad (3.1)$$

σ^2_{within}= ผลรวมความแปรปรวนที่ค่าน้อยที่สุด σ^2_b = ค่าความแปรปรวนพิกเซลเบื้องหลัง
W_b = ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยนพิกเซลเบื้องหลัง σ^2_f = ค่าความแปรปรวนพิกเซลเบื้องหน้า
W_f = ค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยนพิกเซลเบื้องหน้า T = ค่าเกณฑ์การแบ่งความเข้มสี

โดยการทำเทรชโฮลด์แบบ Ostu ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าภาพจะประกอบไปด้วยกลุ่มของพิกเซล ที่เป็นรูปภาพ (Foreground) ซึ่งจะได้ค่า W_b และ W_f และ พิกเซลที่เป็นภาพพื้นหลัง (Background) จะได้ค่า σ^2_b และ σ^2_f หลังจากนั้นจะทำการกำหนดค่า T ที่เป็นเหมือนเกณฑ์สำหรับการกำหนดค่าในการตัดขาวดำ และทำการคิดค่า Within Class Variance น้อยที่สุดมาเป็นเกณฑ์ของภาพอินพุท และนำวิธีนี้มาใช้ในการแปลงภาพให้เป็นภาพขาว-ดำดังภาพที่ 3.5 และนำเข้าสู่กระบวนการจำแนกอวัยวะร่างกายจากค่าฮิตโตแกรมต่อไป โดยพิกเซลที่นำมาทำการวัดจะต้องเป็นค่าจริงสำหรับการวัดความยาวร่างกายในหน่วยเซ็นติเมตร วัตถุอ้างอิงสี่เหลี่ยมมีขนาด 20x20 เซนติเมตร ต่อหนึ่งพิกเซลที่นำมาคำนวณในโปรแกรม



ภาพที่ 3.5 ภาพที่ได้จากการจำแนกพื้นหลังภาพวัตถุอ้างอิง

ก) ภาพที่รับเข้าระบบภาพพื้นหลัง

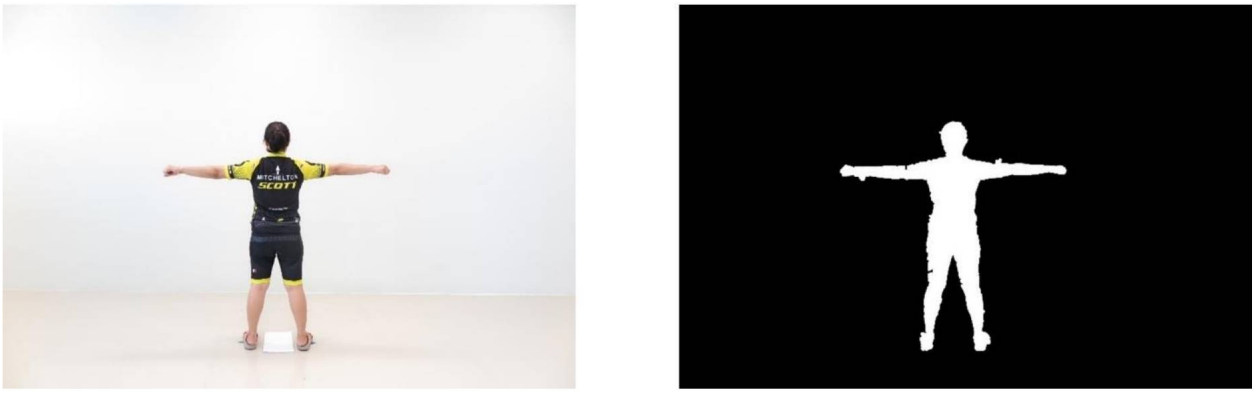
ข) ภาพที่ได้จากกระบวนการ Background Subtraction

ค) ภาพที่ได้จากกระบวนการ Ostu threshould

ง) ภาพที่ผ่านการกำจัด noise

3.4.2 กระบวนการจำแนกภาพด้วย Graph Cut

เพื่อการแยกภาพบุคคลจากพื้นหลังและแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยเทคนิค Graph cut เป็นการแยกภาพแบบกึ่งอัตโนมัติระหว่างภาพพื้นหลังกับภาพเบื้องหน้า โดยเรียกใช้คำสั่ง imageSegmenter ในการเรียกใช้ Graph Cut ผู้ทำจะต้องวาดขอบเขตที่น่าสนใจรอบ ๆ วัตถุที่ต้องการแบ่งกลุ่ม โดยเส้นที่วาดจะเรียกว่า Scribbles บนภาพใน ROI โดยอัลกอรึทึมการสร้างกราฟของภาพ แต่ละพิกเซลจะเป็นโหนดที่เชื่อมต่อกันด้วยน้ำหนักขอบภาพ ความน่าจะเป็นที่เป็นพิกเซลสูงขึ้นก็ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของขอบที่สูงขึ้น อัลกอรึทึมจะตัดขอบที่น้ำหนักของขอบภาพน้อยเพื่อให้ได้การแบ่งส่วนของวัตถุในภาพ ดังภาพที่ 3.5



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.6 ภาพที่ได้จากการจำแนกพื้นหลังภาพบุคคลด้วยเทคนิค Graph cut

ก) ภาพที่รับเข้าระบบภาพบุคคล

ข) ภาพที่ได้จากการภาพกระบวนการ Graph cut

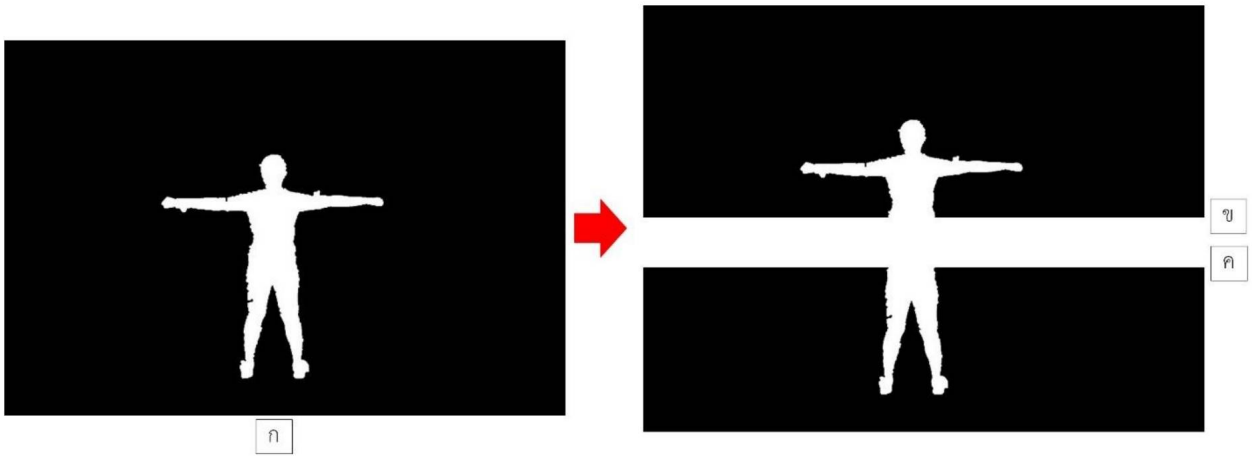
3.5 กระบวนการหาตำแหน่งอวัยวะของร่างกาย

เป็นกระบวนการเพื่อการพลอตตำแหน่งอวัยวะสำหรับวัดความยาวเพื่อนำไปคำนวณขนาดเฟรมจักรยาน โดยประกอบด้วยกระบวนการหาพื้นที่สีขาวโดยฮิตโตแกรมและกระบวนการเก็บค่าพิกเซลและพลอตตำแหน่ง

3.5.1 กระบวนการหาพื้นที่สีขาวโดยฮิตโตแกรม

กระบวนการหาค่าฮิตโตแกรมเป็นกระบวนการสำหรับหาพื้นที่สีขาวทั้งหมดของรูปที่ได้จำแนกออกมาจากพื้นหลัง หลังจากได้ภาพผลลัพธ์จากการกรองภาพแล้วจะนำภาพผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างฮิตแกรมตามแกนกราฟแต่ละด้าน และหาค่าสูงสุดและต่ำสุดเพื่อใช้เป็นพิกัดของจุดที่ต้องการวัดในรูป โดยก่อนจะเข้าสู่กระบวนการหาค่าฮิตโตแกรม จะทำการแย่งรูปภาพบุคคลออกเป็น 2 ส่วนเป็นรูป ท่อนบน และท่อนล่าง เพื่อให้จำแนกจุดต่ำสุดสูงสุดได้ง่ายขึ้น

โดยจะเริ่มจากการหาพื้นที่สีขาวและเก็บปริมาณพื้นที่ และทำการหาจุดกึ่งกลางของพื้นที่ จากการหาจุด centroid ของพื้นที่สีขาวได้ดังรูปที่ 3.7

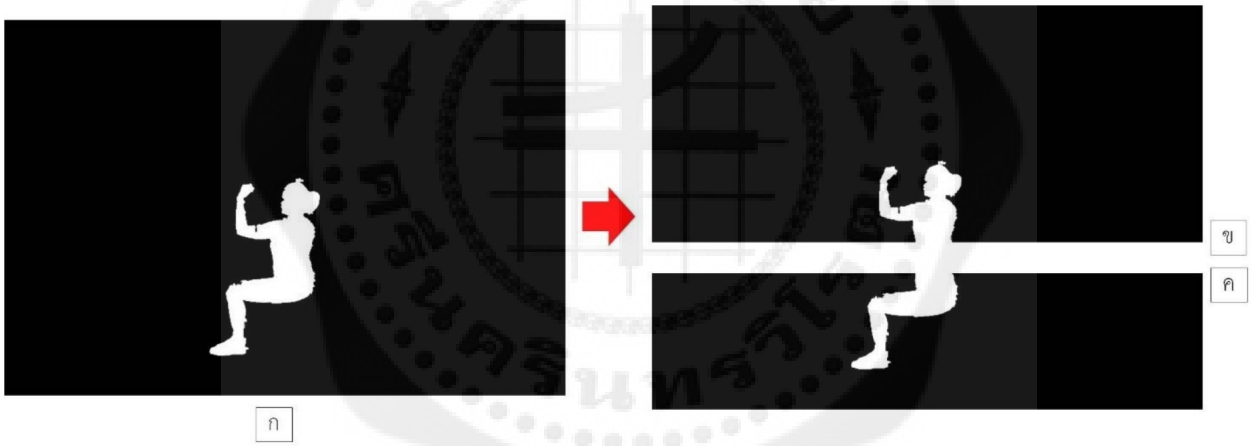


ภาพที่ 3.7 ภาพผลลัพธ์จากกระบวนการแบ่งครึ่งตัวบน

ก) รูปต้นฉบับ

ข) รูปภาพแบ่งครึ่งตัวด้านบนจากจุด Centroid

ค) รูปภาพแบ่งครึ่งตัวด้านล่างจากจุด Centroid



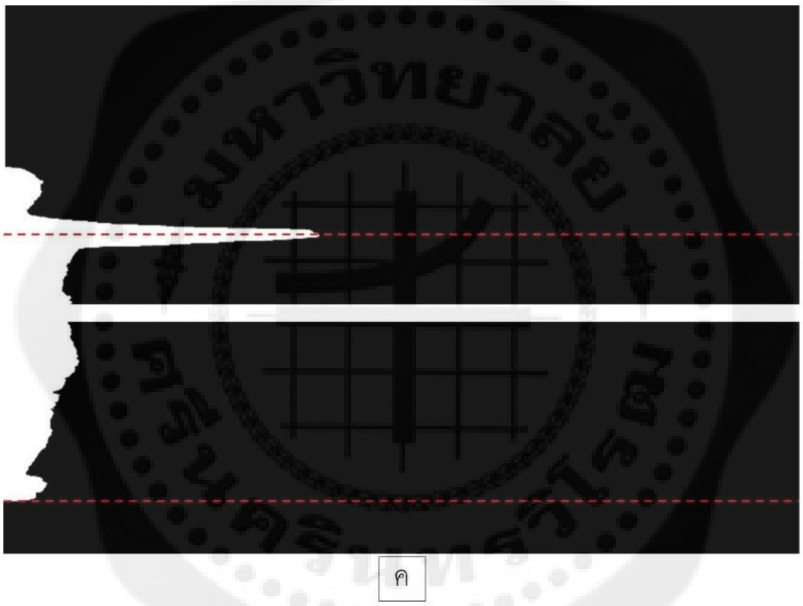
ภาพที่ 3.8 ภาพผลลัพธ์จากกระบวนการแบ่งครึ่งตัวล่าง

ก) รูปต้นฉบับ

ข) รูปภาพแบ่งครึ่งตัวด้านบนจากจุด Centroid

ค) รูปภาพแบ่งครึ่งตัวด้านล่างจากจุด Centroid

เมื่อภาพที่ได้ผ่านกระบวนการแบ่งครึ่งตัวแล้วจะเข้าสู่กระบวนการหาฮิตโตแกรมตามแกนเพื่อใช้สำหรับการจำแนกตำแหน่งอวัยวะของร่างกายโดย เริ่มจากหาจุดสูงสุด และจุดต่ำสุดตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเก็บเป็นค่าระยะพิกัด ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9

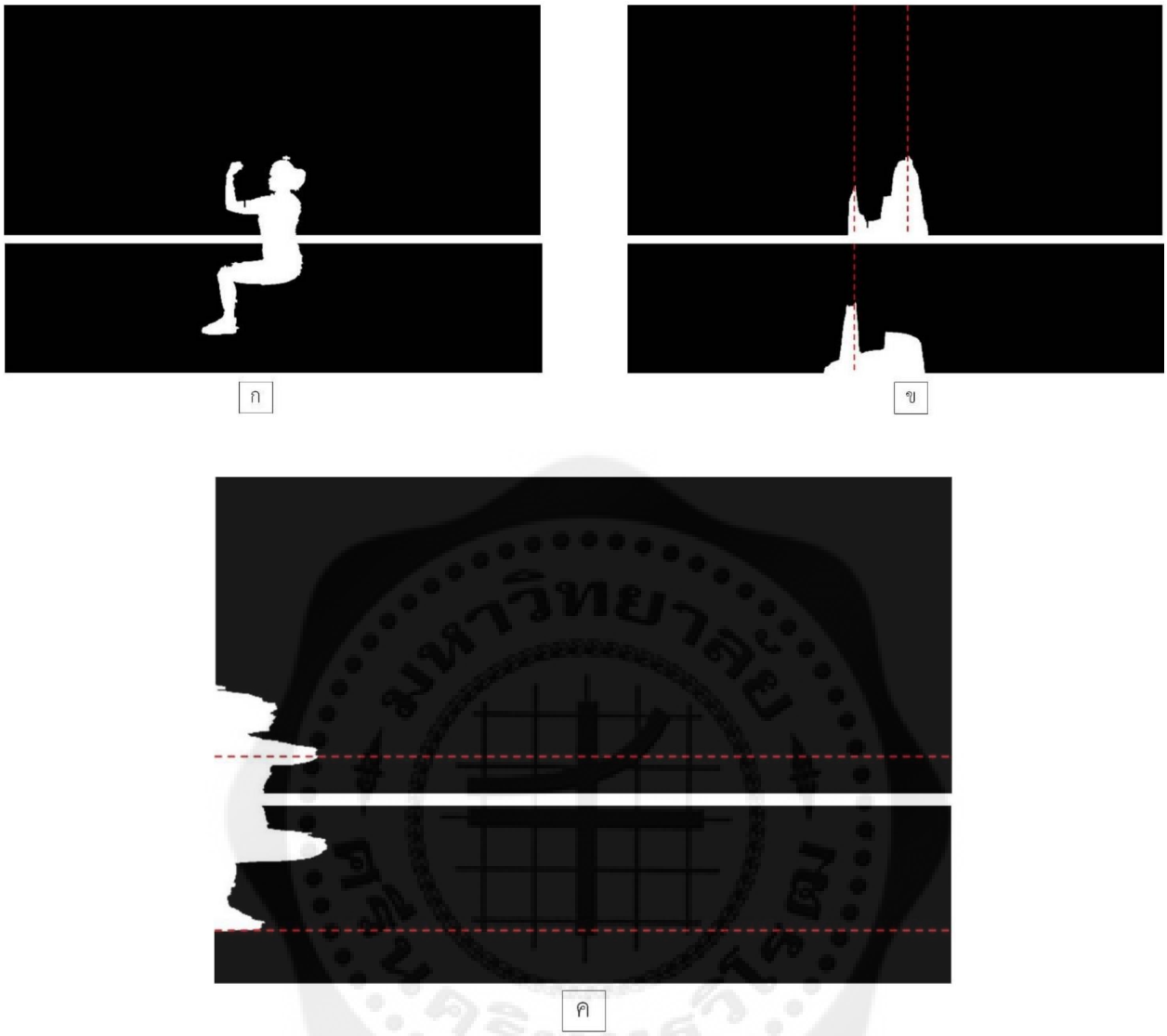


ภาพที่ 3.9 ภาพผลลัพธ์จากค่าฮิตโตแกรมตามแกนท่ายืน

ก) ภาพขาวดำจากการแบ่งครึ่งตัว

ข) ภาพขาวดำหลังจากผ่านกระบวนการหาค่าฮิตโตแกรมตามแกนแนวตั้ง

ค) ภาพขาวดำหลังจากผ่านกระบวนการหาค่าฮิตโตแกรมตามแกนแนวนอน



ภาพที่ 3.10 ภาพผลลัพธ์จากค่าฮิตโตแกรมตามแกนท่านั่ง

ก) ภาพขาวดำจากกระบวนการแบ่งครึ่งตัว

ข) ภาพขาวดำหลังจากผ่านกระบวนการหาค่าฮิตโตแกรมตามแกนแนวตั้ง

ค) ภาพขาวดำหลังจากผ่านกระบวนการหาค่าฮิตโตแกรมตามแกนแนวนอน

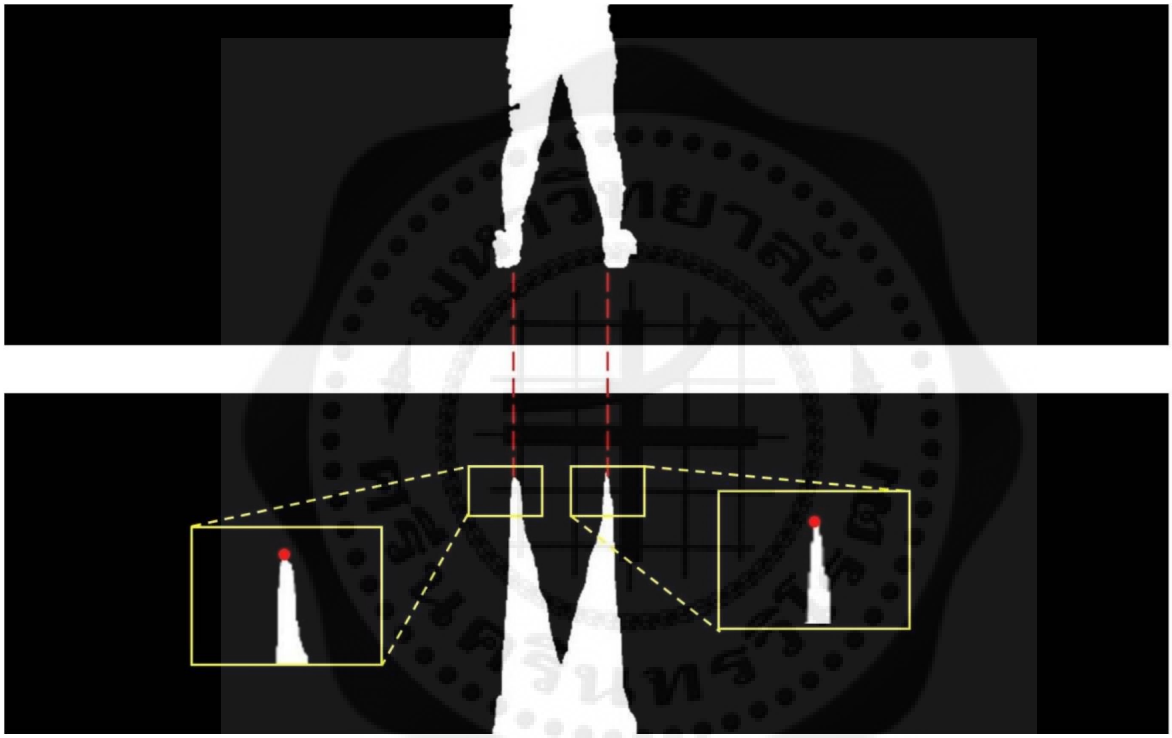
3.5.2 กระบวนการเก็บค่าพิกเซล และพลอตตำแหน่ง

กระบวนการนี้ทำเพื่อเก็บค่าพิกเซลความยาวของร่างกายในแต่ละส่วนและพลอตตำแหน่งที่ต้องการ เช่น ตำเหน่งของความยาวแขน ซึ่งในกระบวนการนี้จะนำค่าที่ได้จากกการหาจุดสูงสุดและต่ำสุดมาพลอ

ตลงบนรูปภาพ และทำการเก็บข้อมูลพิกเซลของระยะห่างระหว่างจุดกับจุดบนภาพ ซึ่งภาพที่ออกจากระบวนการนี้คือภาพขาว-ดำ ที่มีการลงพิกัดตำแหน่งบนร่างกายไว้ และได้แสดงกระบวนการหาดังนี้

กระบวนการในการหาตำแหน่ง Inseam

เริ่มจากหาค่าสูงสุดของกราฟฮิตโตแกรมแนวตั้งจากภาพท่ายืนท่อนล่างดังภาพที่ 3.11 ก) จะได้ค่าที่เป็นตำแหน่งแกน X ของเท้าทั้ง 2 ข้างดังภาพที่ 3.11 ข) และจากนั้นนำค่าแกน X ของเท้าจากมาหาจุดสีขาวโดยใช้คำสั่ง FIND ซึ่งเป็นคำสั่งในการหาจุดสีขาวในกระบวนการนี้ได้กำหนดให้เป็นการหาจุดสีขาวตำแหน่งสูงสุดของภาพสีขาวจากพิกัดแกน X ที่ได้จากค่าฮิตโตแกรมทั้ง 2 ข้าง และทำการเก็บพิกัดแกน X และแกน Y ซึ่งเป็นพิกัดของเท้าในภาพ 3.11 ค)



ก

ข

ค

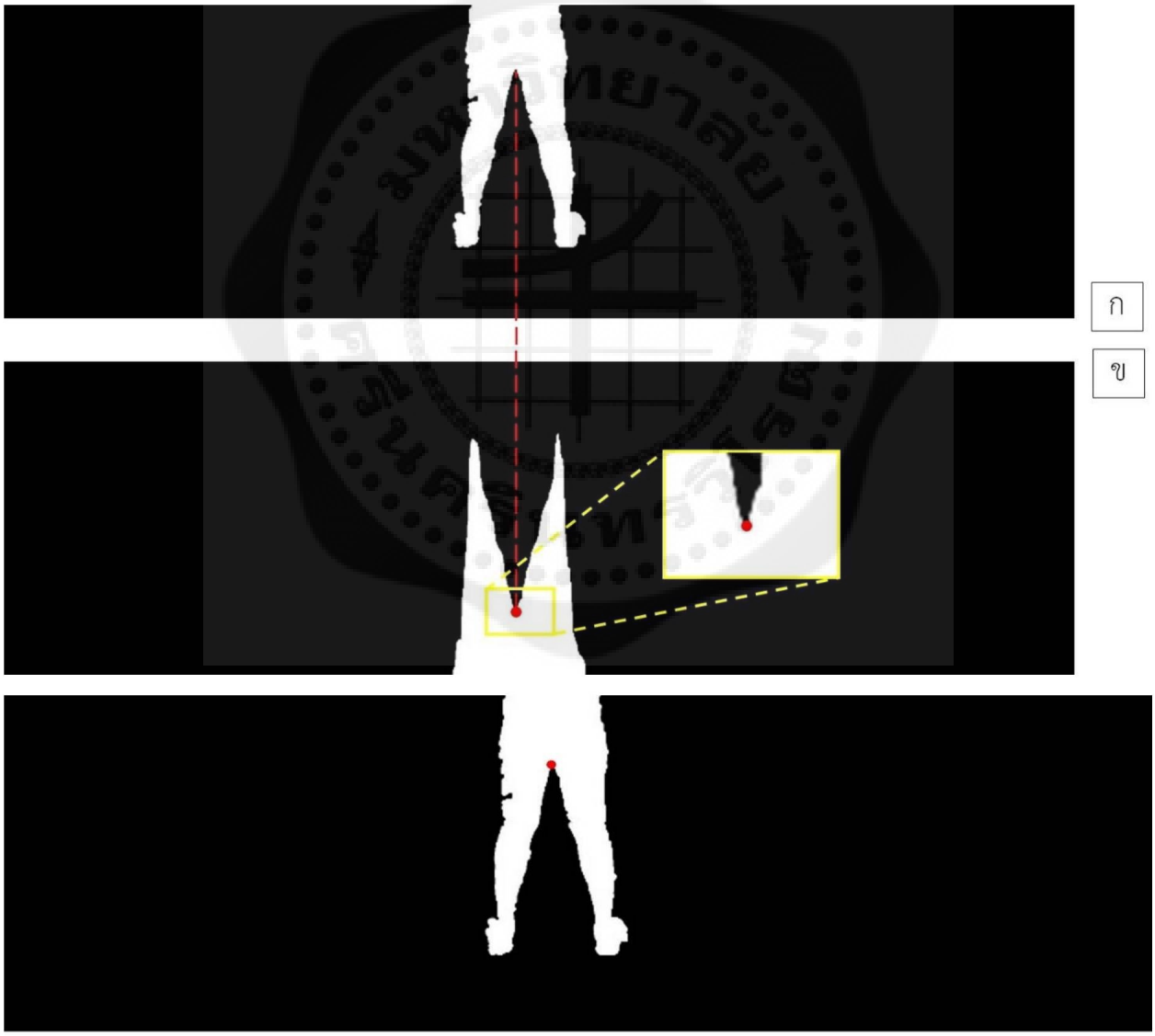
ภาพที่ 3.11 ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมของตำแหน่งเท้า

ก) ภาพท่อนล่างของท่ายืน

ข) ภาพตำแหน่งของค่าฮิตโตแกรมของตำแหน่งเท้า

ค) ภาพตำแหน่งพิกัดของเท้าที่หาได้จากฮิตโตแกรม

ต่อมาหลังจากได้ค่าของตำแหน่งเท้าแล้ว จะนำกราฟฮิตโตแกรมของท่ายืนท่อนล่างดังภาพที่ 3.12 ก) มาหาจุดต่ำสุดของกราฟซึ่งหาได้จากค่าฮิตโตแกรมแนวตั้งนำมากลับกราฟซึ่งจุดต่ำสุดของกราฟจะกลายเป็นจุดสูงสุดและได้กำหนดเกณฑ์เริ่มต้นหาค่าสูงสุดของกราฟ โดยได้กำหนดจุดเริ่มต้นแกน X และจำนวนของค่าสูงสุดของฮิตโตแกรมที่ต้องการ ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 3.12) และต่อมาใช้คำสั่ง FIND ในการหาพิกเซลค่าสีขาวและเก็บตำแหน่งพิกัด โดยได้กำหนดเกณฑ์เป็นการหาค่าสีขาวสุดท้าย ซึ่งเป็นพิกัดดังภาพ 3.12 ค)



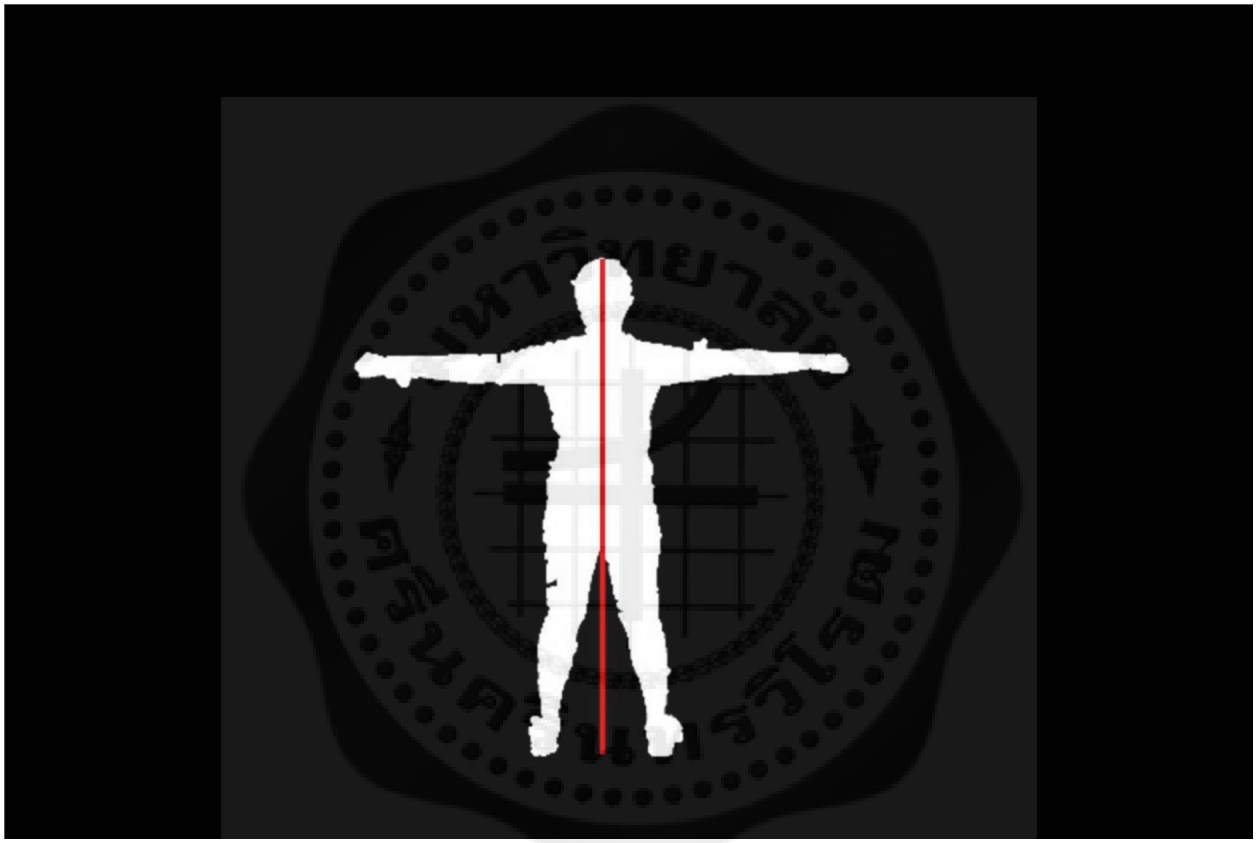
ภาพที่ 3.12 ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมของตำแหน่งเป้า

ก) ภาพฮิตโตแกรมของท่ายืนท่อนล่าง

ข) ภาพผลลัพธ์ที่แสดงตำแหน่งจากการหาค่าฮิตโตแกรม

ค) ภาพตำแหน่งพิกัดของเป้าที่หาได้จากฮิตโตแกรม

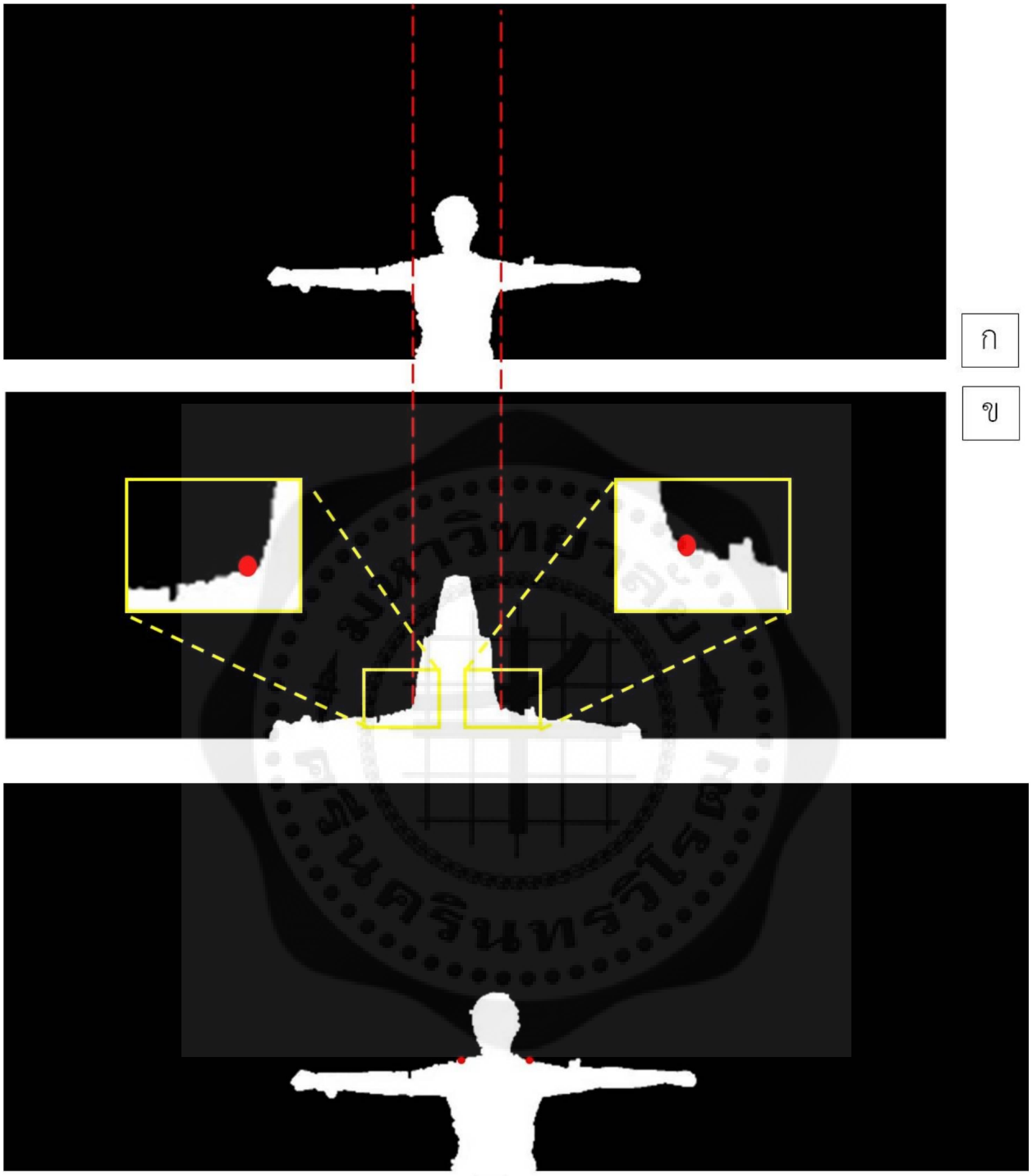
จากกระบวนการในการหาค่าฮิตโตแกรมของภาพท่ายืนท่อนล่างทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นค่าตำแหน่ง Inseam ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ภาพผลลัพธ์จากการลงพิกัดตำแหน่ง (Inseam)

กระบวนการในการหาตำแหน่ง Shoulder และ Arm

เริ่มจากนำภาพท่อนบนลำตัวท่ายืน ภาพที่ 3.14 ก) มาหาค่าสูงสุดของกราฟฮิตโตแกรมแนวตั้งจากภาพท่ายืนท่อนบนดังภาพที่ 3.14 ข) จะได้ค่าที่เป็นตำแหน่งข้างลำตัว และหาจุดสีขาวโดยใช้คำสั่ง FIND ซึ่งเป็นคำสั่งในการหาจุดสีขาวในกระบวนการนี้ได้กำหนดให้เป็นการหาจุดสีขาวตำแหน่งจุดแรกและจุดสุดท้ายจากพิกัดแกน X ที่ได้จากค่าฮิตโตแกรมซึ่งจะได้ตำแหน่งข้างลำตัวที่ตรงกับหัวไหล่ในภาพที่ 3.14 ค)



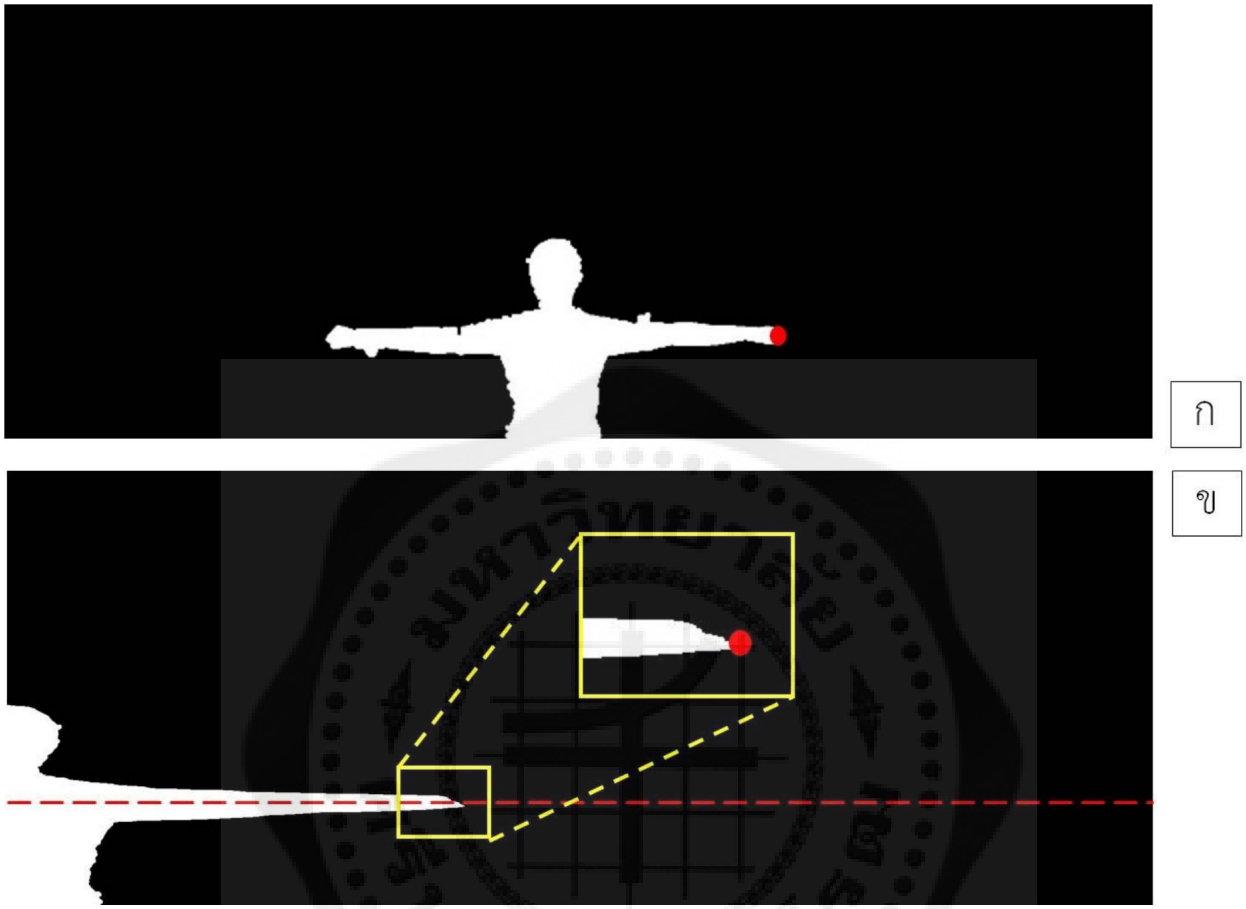
ภาพที่ 3.14 ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมแนวตั้ง

ก) ภาพท่อนบนลำตัวท่ายืน

ข) ภาพผลลัพธ์ที่แสดงตำแหน่งจากการหาค่าฮิตโตแกรม

ค) ภาพตำแหน่งพิกัดของไหล่ที่หาได้จากค่าฮิตโตแกรม

ต่อมาทำการหาค่าสูงสุดของกราฟฮิตโตแกรมแนวนอนดังภาพที่ 3.15 ก) และใช้คำสั่ง FIND นารหาจุสีขาวบนภาพโดยกำหนดเป็นจุดสุดท้ายของภาพ ซึ่งเป็นตำแหน่งของแขน

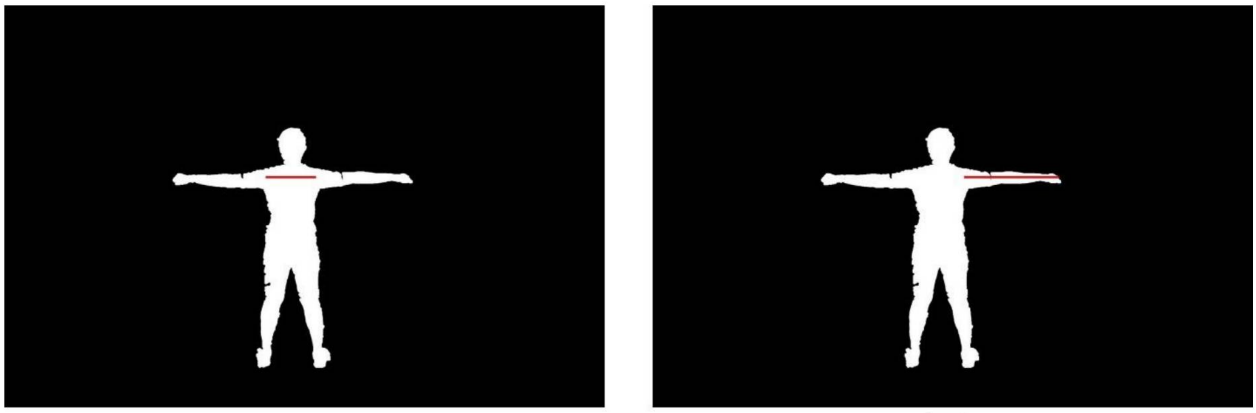


ภาพที่ 3.15 ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมแนวนอน

ก) ภาพตำแหน่งพิกัดที่หาได้จากค่าฮิตโตแกรมแนวนอน

ข) ภาพผลลัพธ์ที่แสดงตำแหน่งของแขน

จากกระบวนการในการหาค่าฮิตโตแกรมของภาพท่ายืนท่อนบนทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นค่าตำแหน่ง Shoulder ซึ่งเกิดจากการรวมของพิกัดไหล่และพิกัดตำแหน่งแขน และค่าตำแหน่ง Arm ซึ่งเกิดจากการรวมของพิกัดไหล่จนถึงปลายแขนดังภาพที่ 3.16



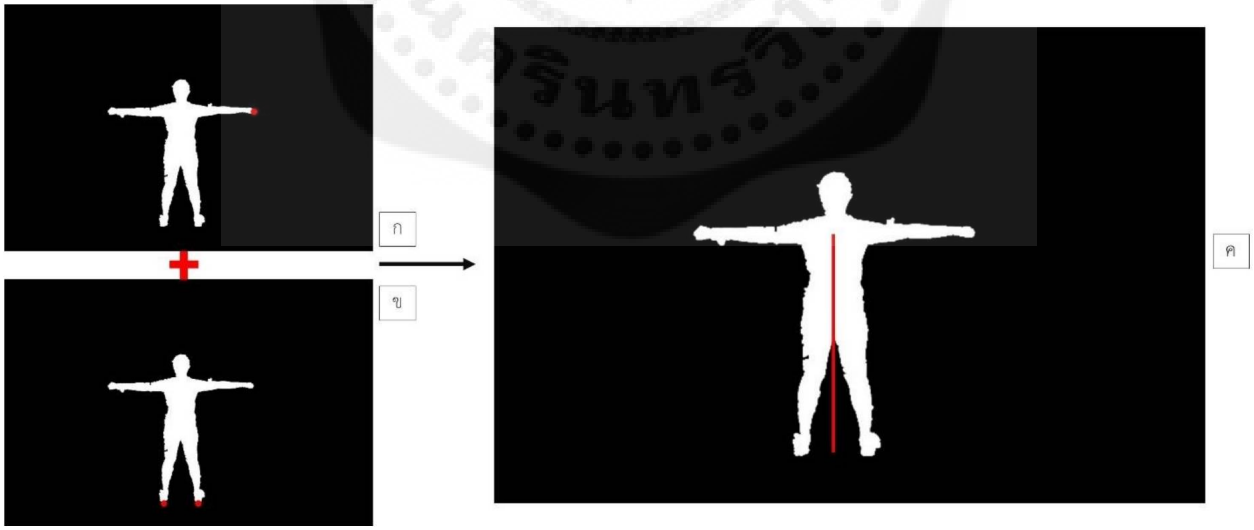
ภาพที่ 3.16 ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมของภาพท่อนบนท่ายืน

ก) ภาพผลลัพธ์แสดงตำแหน่งพิกัดจุดไหล่ถึงไหล่ (Shoulder)

ข) ภาพผลลัพธ์แสดงตำแหน่งพิกัดไหล่ถึงปลายแขน (Arm)

กระบวนการในการหาตำแหน่ง Sternal notch และ Total height

สำหรับตำแหน่ง Sternal notch นั้นเกิดจากค่าพิกัดแกน X และ Y ของเท้ารวมกับพิกัดของตำแหน่งแขนซึ่งค่าแกน X ได้จากเท้าและค่าแกน Y ได้จากค่าตำแหน่งสีขาวของปลายแขน และนำมารวมกันได้พิกัดดังภาพที่ 3.17



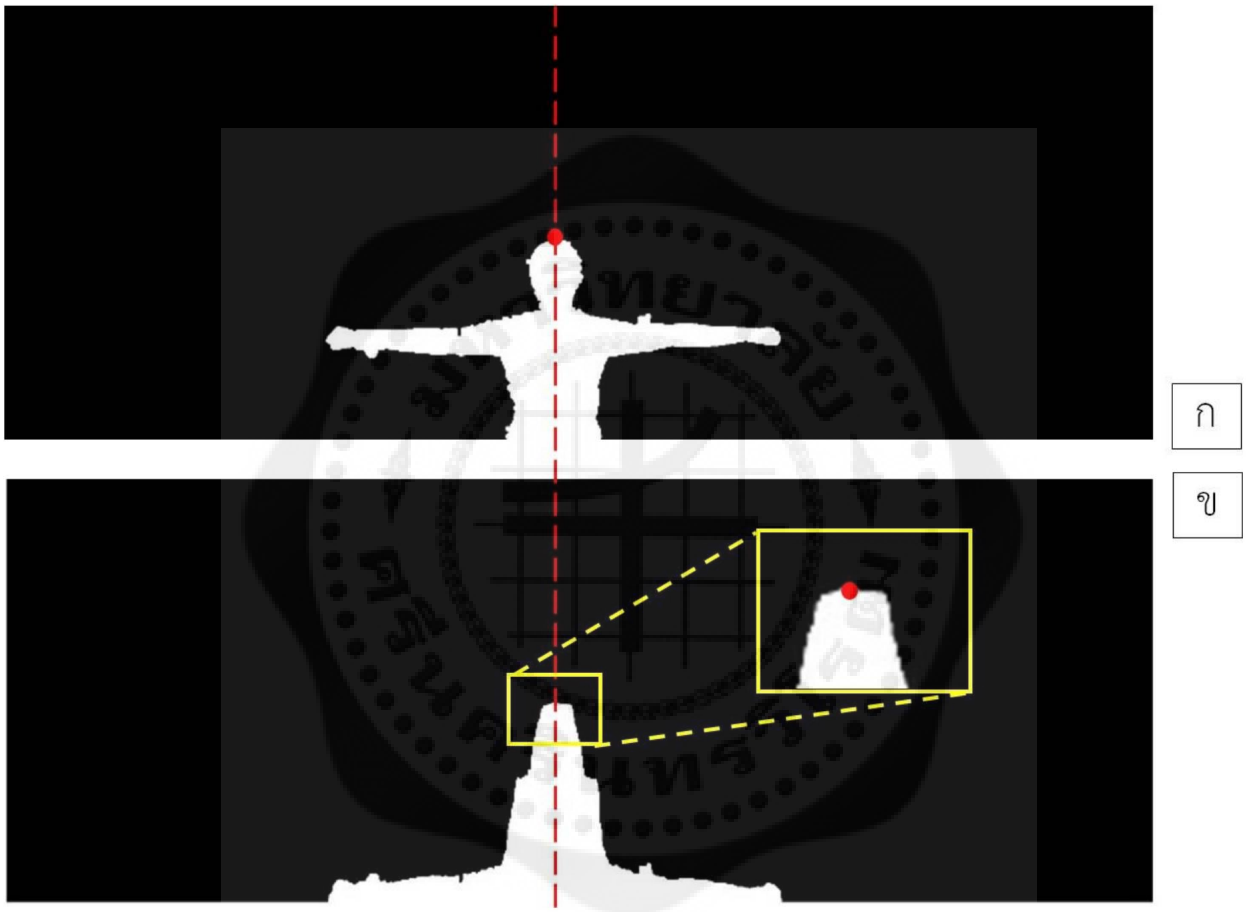
ภาพที่ 3.17 ภาพผลลัพธ์จากการรวมพิกัดเท้าและพิกัดของแขน (Sternal notch)

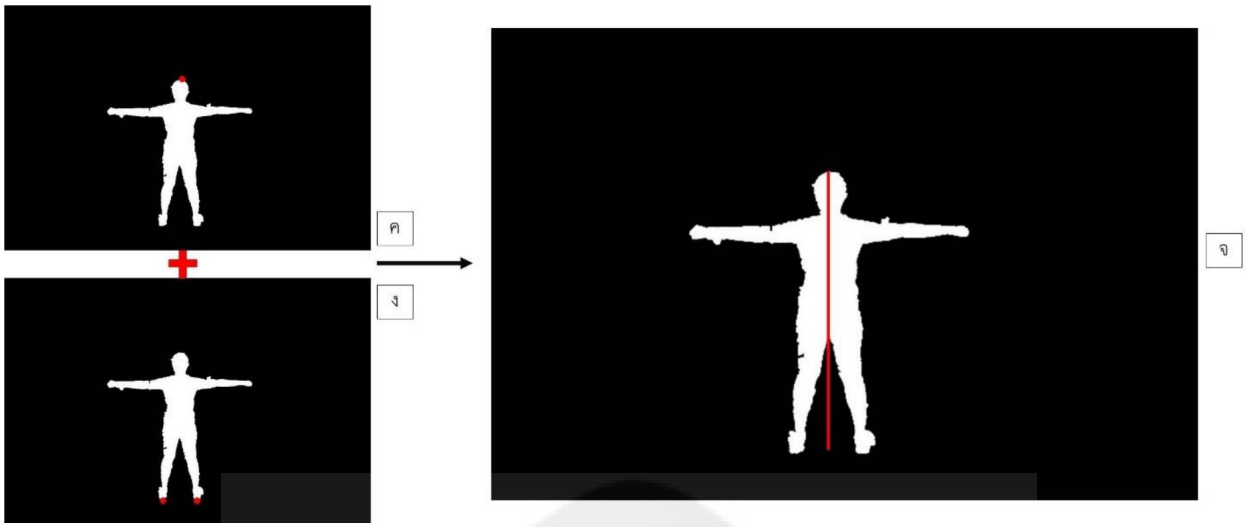
ก) ภาพพิกัดของแขน

ข) ภาพพิกัดเท้าทั้งสองข้าง

ค) ตำแหน่ง Sternal notch จากการรวมทั้งสองตำแหน่ง

สำหรับตำแหน่ง Total height นั้นเกิดจากค่าพิกัดแกน X และ Y ของเท้าและใช้ คำสั่ง FIND หาค่าสีขาวในภาพโดยได้กำหนดเกณฑ์เริ่มที่ค่าแกน X จากตำแหน่งเท้า และหาจุดสีขาวจุดแรกของภาพ ทำให้ได้พิกัดของตำแหน่งหัวดังภาพที่ 3.18 ก) หลังจากนั้นนำมารวมกับพิกัดของเท้าจะได้ตำแหน่ง Total height ดังภาพที่ 3.18 ข)



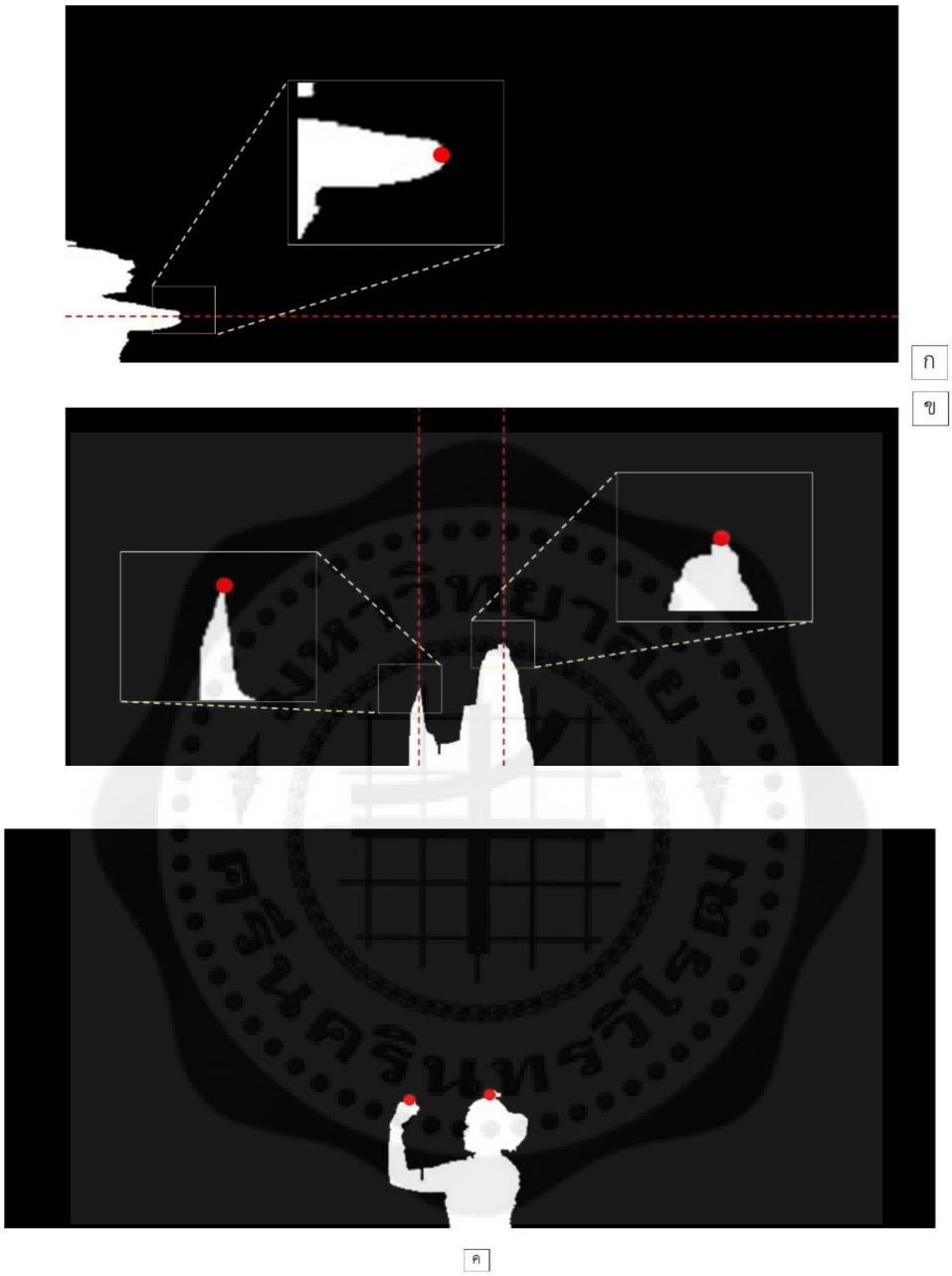


รูปที่ 3.18 ภาพผลลัพธ์จากการหาตำแหน่ง Total height

ก) ภาพผลลัพธ์แสดงตำแหน่งพิกัดของหัวที่ได้จากคำสั่ง FIND
ข) ภาพผลลัพธ์ฮิตโตแกรมตำแหน่งหัว
ค) ภาพพิกัดตำแหน่งหัว
ง) ภาพพิกัดตำแหน่งเท้า
จ) ภาพผลลัพธ์แสดงตำแหน่งรวมพิกัดเท้าถึงหัว (Total height)

กระบวนการในการหาตำแหน่ง Forearm

เริ่มจากนำภาพท่อนบนลำตัวท่านั่ง ดังภาพที่ 3.19 ก) มาหาค่าสูงสุดของกราฟฮิตโตแกรมแนวตั้ง โดยในการหาค่าสูงสุดของกราฟได้กำหนดให้หาจุดสูงสุด 2 จุด และห่างกันตามช่วงพิกเซลที่กำหนด ได้ตำแหน่งพิกัดดังภาพที่ 3.19 ข) จากนั้นใช้คำสั่ง FIND ในการเก็บพิกัดค่าสีขาว โดยใช้พิกัด แกน X ของค่าฮิตโตแกรม และกำหนดให้หาจุดแรกของค่าสีขาว ทำให้ได้ตำแหน่งปลายมือและหัวของท่านั่งดังภาพที่ 3.19 ค). และต่อมาทำการหาค่าสูงสุดของกราฟฮิตโตแกรมแนวนอนดังภาพที่ 3.20 ค) ทำให้ได้ค่าของข้อศอกออกมา



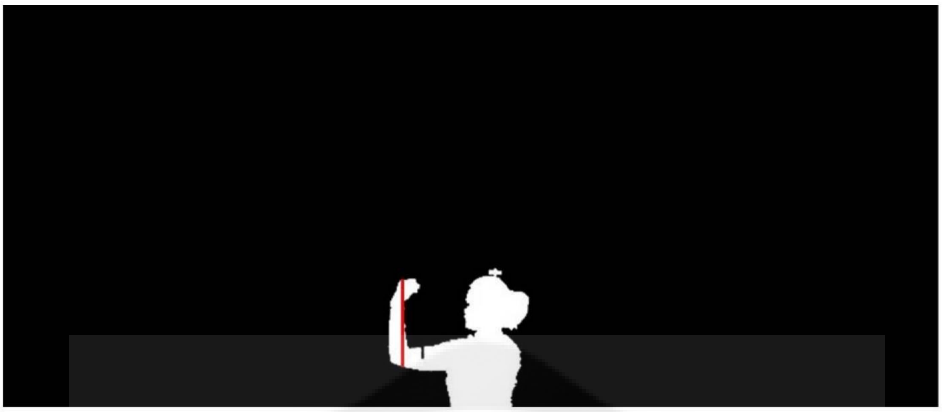
ภาพที่ 3.19 ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมท่อนบนท่านั่ง

ก) ผลลัพธ์พิกัดจุดแกนนอน ตำแหน่งแขนแนวนอน

ข) ผลลัพธ์พิกัดจุดแกนตั้ง ตำแหน่งแขนแนวตั้งและตำแหน่งหัว

ค) ภาพผลลัพธ์พิกัดตำแหน่งแขนและหัวในท่านั่ง

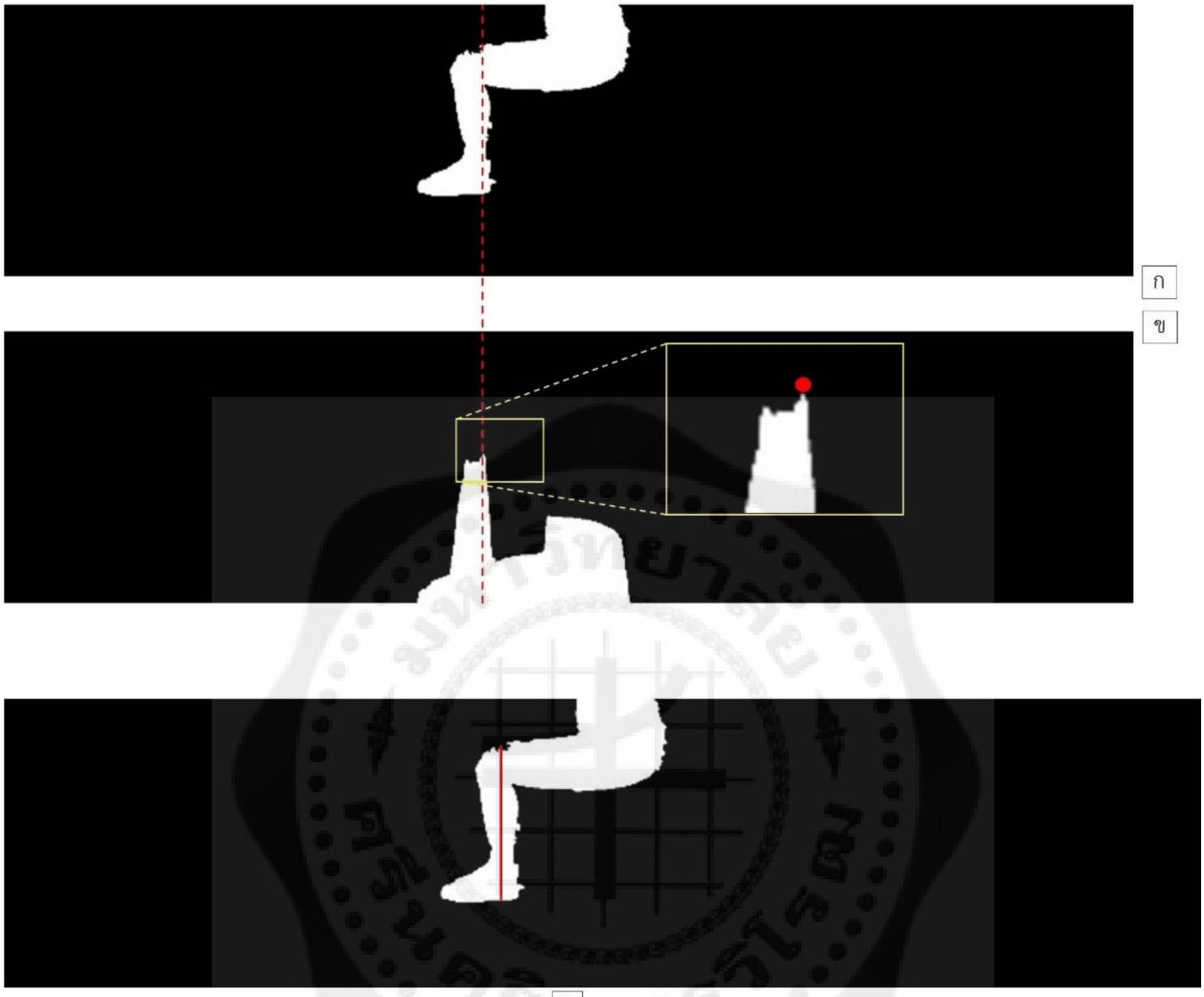
จากกระบวนการในการหาค่าฮิตโตแกรมของภาพท่านั่งท่อนบนทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นค่าตำแหน่ง Forearm ดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.20 ภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโตแกรมท่อนบนท่านั่งและพลอตตำแหน่ง (Forearm)

กระบวนการในการหาตำแหน่ง Lower leg และ Thigh

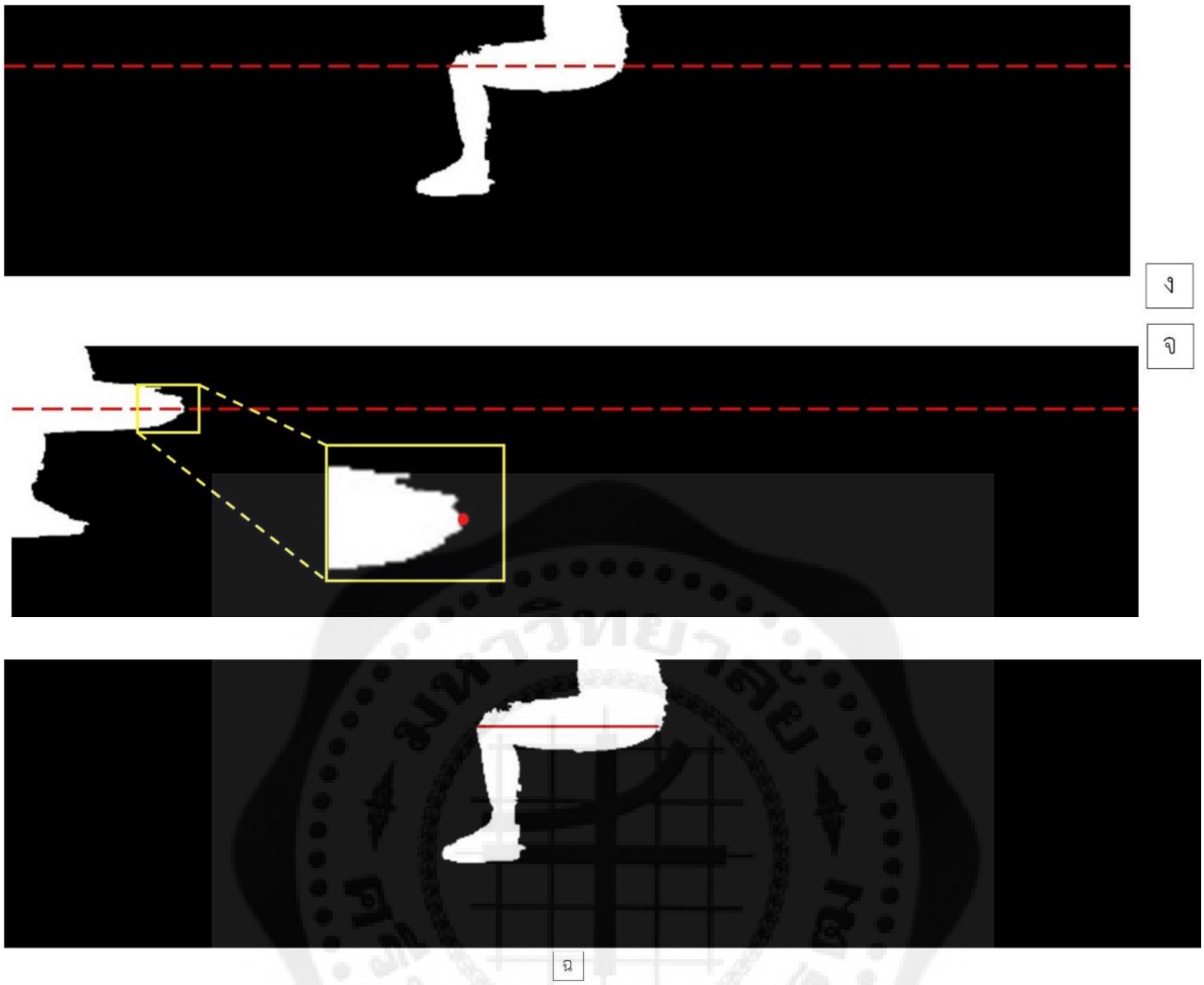
เริ่มจากนำภาพท่อนล่างลำตัวท่านั่ง ดังภาพที่ 3.21 ก) มาหาค่าสูงสุดของกราฟฮิตโตแกรมแนวตั้ง โดยในการหาค่าสูงสุดของกราฟได้กำหนดให้หาจุดสูงสุด 1 จุด ได้ตำแหน่งพิกัดดังภาพที่ 3.21 ข) จากนั้น0 ใช้คำสั่ง FIND ในการเก็บพิกัดค่าสีขาว โดยใช้พิกัดแกน X ของค่าฮิตโตแกรม และกำหนดให้หาจุดแรกและจุดสุดท้ายของค่าสีขาว ทำให้ได้ตำแหน่งหน้าขาและปลายเท้าของท่านั่งดังรูปที่ 3.21 ค). และต่อมาทำการหาค่าสูงสุดของกราฟฮิตโตแกรมแนวนอนดังรูปที่ 3.21 จ) ทำให้ได้ค่าสูงสุดบริเวณของหัวเข่าในภาพออกมา และใช้คำสั่ง FIND เก็บพิกัดค่าสีขาวของหัวเข่าเป็นจุดแรกและส่วนหลังของท่านั่งเป็นจุดสุดท้าย ทำให้ได้ตำแหน่งของ Thigh ดังภาพที่ 3.21 ฉ)



ก

ข

ค



ภาพที่ 3.21 ภาพผลลัพธ์จากการหาตำแหน่งจากฮิตโตแกรมท่อนล่างท่านั่ง

ก) ภาพท่อนล่างของท่านั่ง

ข) ภาพค่าสูงสุดของฮิตโตแกรมแนวตั้ง

ค) ภาพผลลัพธ์การพลอตตำแหน่ง Lower leg

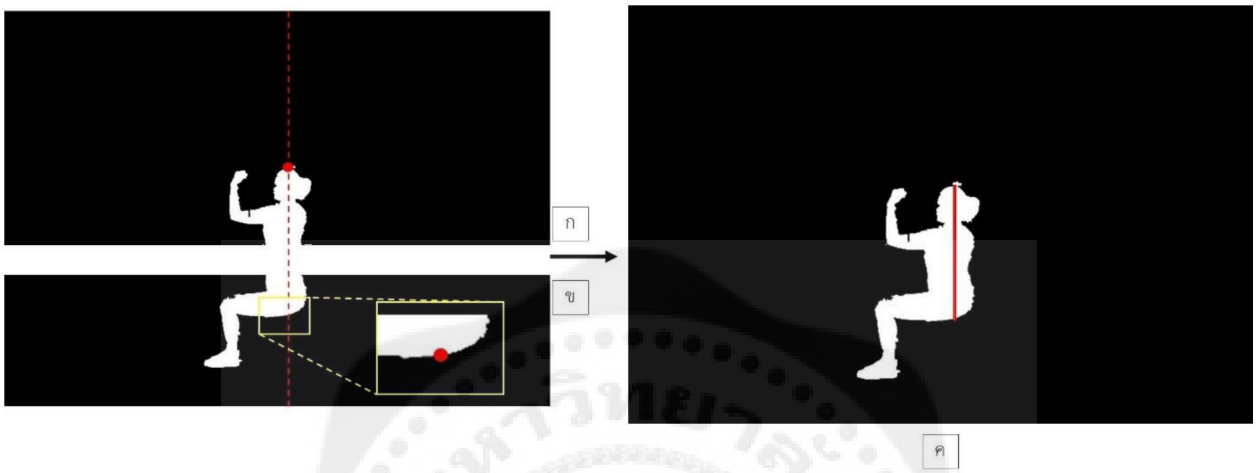
ง) ภาพท่อนล่างของท่านั่ง

จ) ภาพค่าสูงสุดของฮิตโตแกรมแนวนอน

ฉ) ภาพผลลัพธ์การพลอตตำแหน่ง Thigh

กระบวนการในการหาตำแหน่ง Trunk

เกิดจากการนำค่าสูงสุดของฮิตโตแกรมแนวตั้งของภาพท่อนบนท่านั่ง ที่เป็นส่วนหัวมา และใช้คำสั่ง FIND ในการหาค่าพิกัดสีขาวในตำแหน่งสุดท้ายของภาพโดยกำหนดแกน X จากค่าพิกัดหัวทำให้ได้พิกัดตำแหน่งดังภาพ 3.22 ก) และทำการพลอตตำแหน่งระหว่างช่วงหัวไหล่และค่าพิกัดของก้นได้ดังภาพที่ 3.22 ข)



ภาพที่ 3.22 ภาพผลลัพธ์จากการหาตำแหน่งจากฮิตโตแกรมตำแหน่ง Trunk

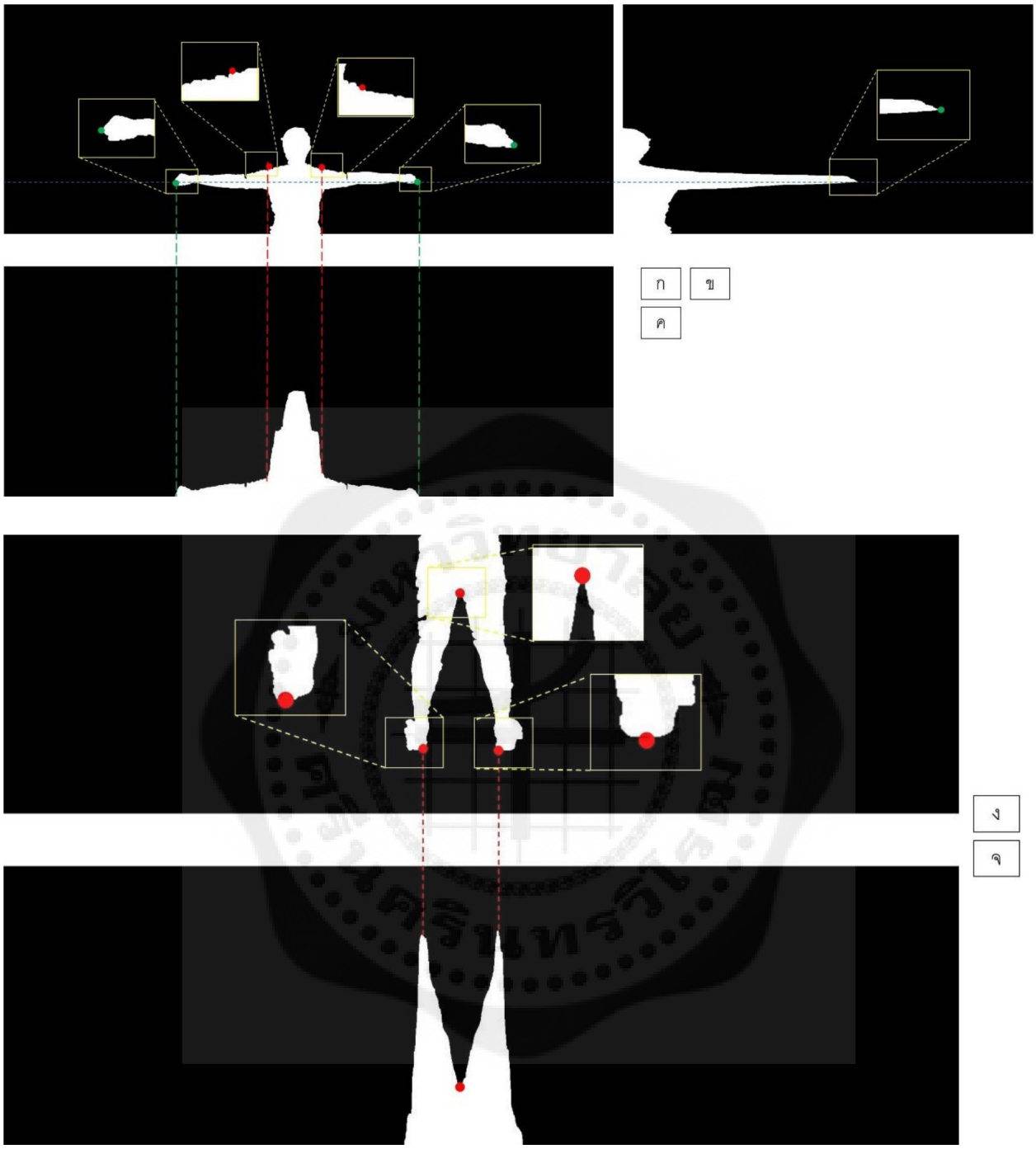
ก) ภาพพิกัดหัวที่นำมาเพื่อหาพิกัดช่วงล่าง

ข) ภาพผลลัพธ์จากคำสั่ง FIND ในการหาพิกัด

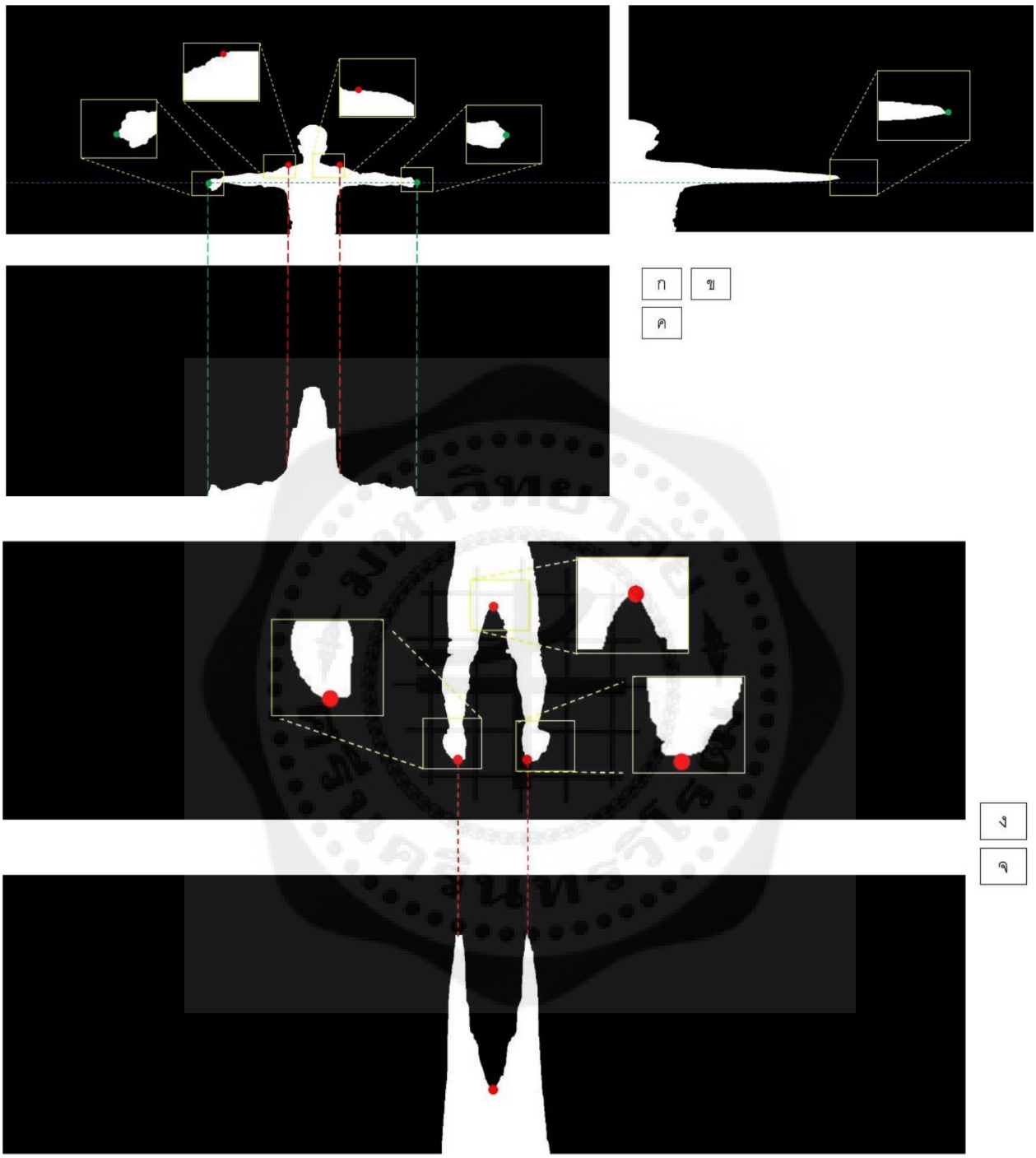
ค) ภาพผลลัพธ์จากการพลอตตำแหน่งพิกัดตำแหน่ง Trunk

3.6 กระบวนการคำนวณขนาดเฟรมจักรยาน

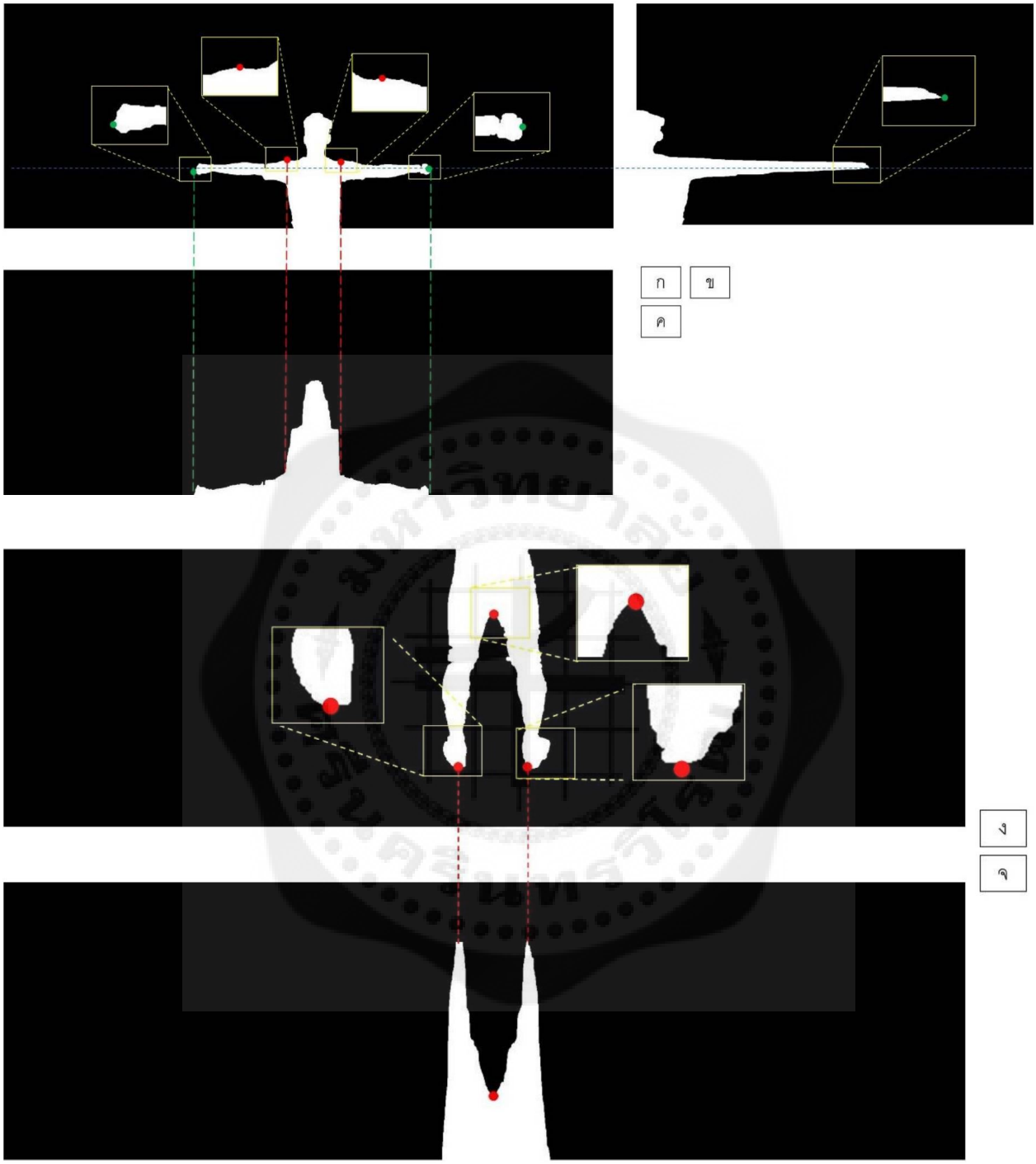
กระบวนการต่อมาคือการคำนวณขนาดร่างกาย เพื่อคำนวณความยาวและความสูงของอวัยวะร่างกายและนำไปใช้ร่วมกับสูตรในการหาส่วนประกอบของเฟรมจักรยานเพื่อที่จะได้ขนาดของเฟรมจักรยาน ซึ่งในการนำค่าพิกเซลที่เก็บจากรูป นำมาเทียบกับรูปวัตถุอ้างอิงขนาด ที่มีขนาดความยาวด้านละ 20 ซม. เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และนำรูปวัตถุอ้างอิงขนาดมาหาอัตราส่วน ให้เป็นระยะ 1 พิกเซลในรูป แล้วทำการคำนวณเป็นค่าเซนติเมตรออกมา และแสดงระยะที่คำนวณได้ โดยแสดงการพลอตตำแหน่งเป็นสัดส่วนที่ชัดเจนดังภาพที่ 3.23-3.25 โดยมีการคำนวณจากรูปทั้งหมด 9 จุด และจากการคำนวณค่า ของ 2 ตำแหน่ง อีก 1 จุด รวมทั้งหมด 10 จุด ดังภาพที่ 3.26



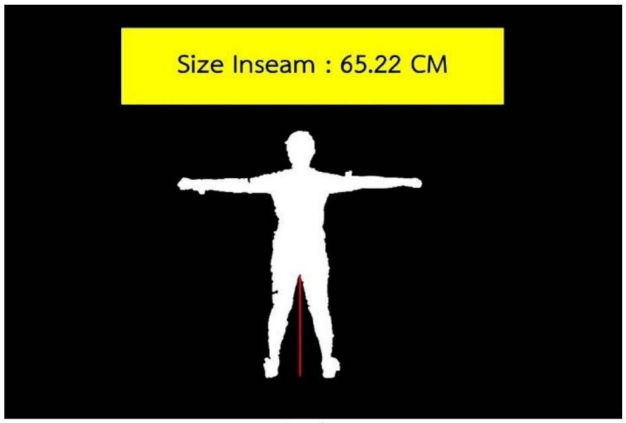
ภาพที่ 3.23 ภาพการพลอตตำแหน่งที่แขน ไหล่ และปลายเท้า ตัวอย่างที่ 1 ก) ภาพช่วงตัวด้านบนบุคคล ข) ภาพฮิตโตแกรมช่วงตัวด้านบนตามแกนแนวนอน ค) ภาพฮิตโตแกรมช่วยตัวด้านบนตามแกนแนวตั้ง ง) ภาพช่วงล่างของบุคคล และ จ) ภาพฮิตโตแกรมช่วงล่างตามแกนแนวตั้ง



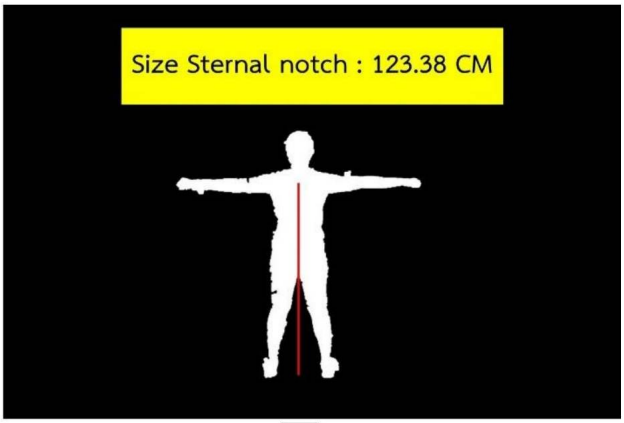
ภาพที่ 3.24 ภาพการพลอตตำแหน่งที่แขน ไหล่ และปลายเท้า ตัวอย่างที่ 2 ก) ภาพช่วงตัวด้านบนบุคคล ข) ภาพฮิตโตแกรมช่วงตัวด้านบนตามแกนแนวนอน ค) ภาพฮิตโตแกรมช่วยตัวด้านบนตามแกนแนวตั้ง ง) ภาพช่วงล่างของบุคคล และ จ) ภาพฮิตโตแกรมช่วงล่างตามแกนแนวตั้ง



ภาพที่ 3.25 ภาพการพลอตตำแหน่งที่แขน ไหล่ และปลายเท้า ตัวอย่างที่ 3 ก) ภาพช่วงตัวด้านบนบุคคล ข) ภาพฮิตโตแกรมช่วงตัวด้านบนตามแกนแนวนอน ค) ภาพฮิตโตแกรมช่วยตัวด้านบนตามแกนแนวตั้ง ง) ภาพช่วงล่างของบุคคล และ จ) ภาพฮิตโตแกรมช่วงล่างตามแกนแนวตั้ง


Size Inseam : 65.22 CM

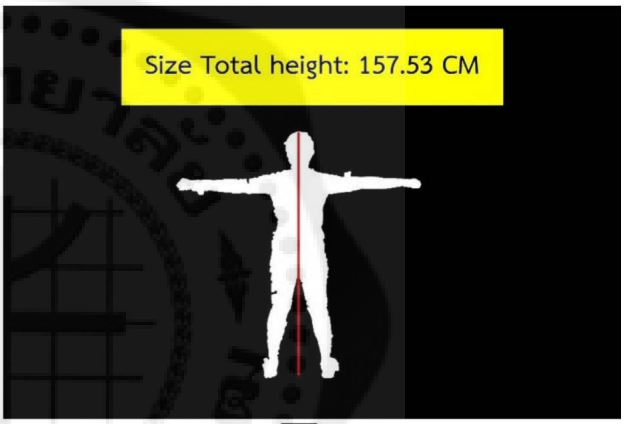
ค


Size Sternal notch : 123.38 CM

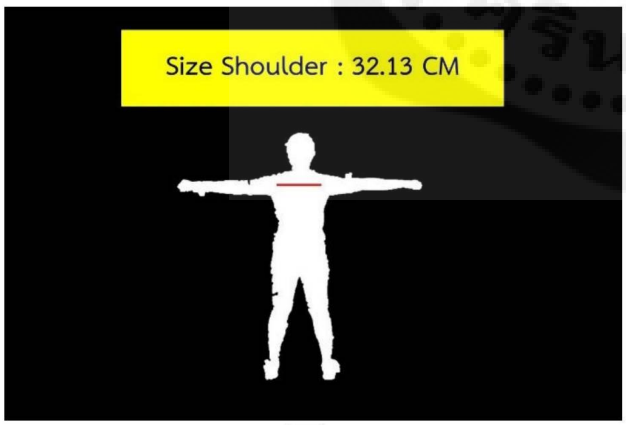
ง

Size Arm : 63.32 CM

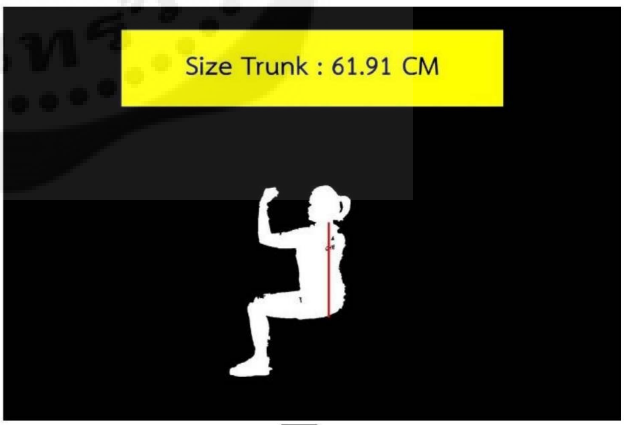
ก


Size Total height: 157.53 CM

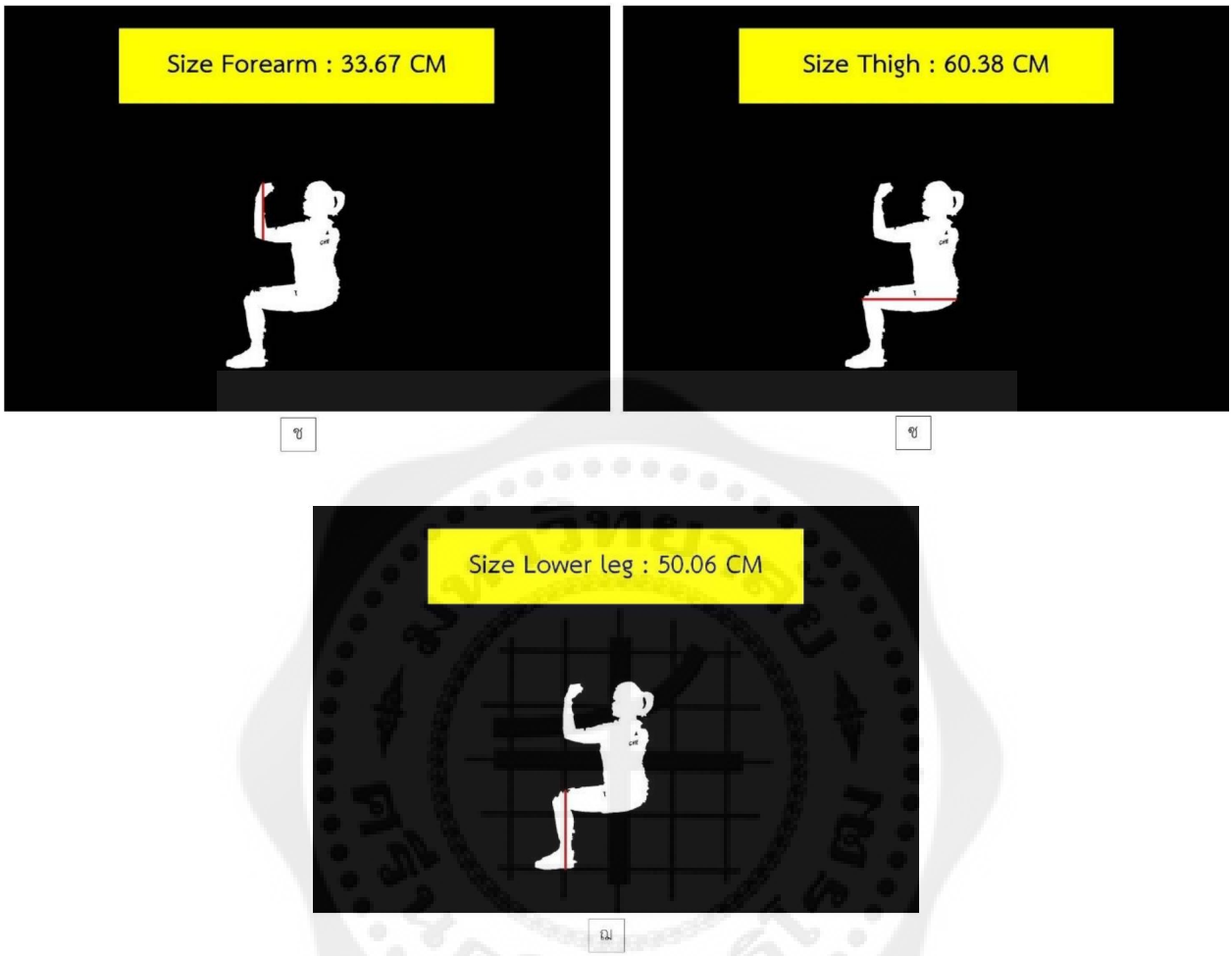
ข


Size Shoulder : 32.13 CM

จ


Size Trunk : 61.91 CM

ฉ



ภาพที่ 3.26 ภาพผลลัพธ์การคำนวณขนาดร่างกายและลงพิกัดบนภาพ

(ก) ภาพตำแหน่ง Inseam (ข) ภาพตำแหน่ง Sternal notch

(ค) ภาพตำแหน่ง Arm (ง) ภาพตำแหน่ง Total Height

(จ) ภาพตำแหน่ง Shoulder (ฉ) ภาพตำแหน่ง Trunk

(ช) ภาพตำแหน่ง Forearm (ซ) ภาพตำแหน่ง Thigh

(ฌ) ภาพตำแหน่ง Lower leg

สูตรสำหรับการหาขนาดท่อจักรยานที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบ เป็นสูตรสำหรับคำนวณหาขนาดความยาวของท่อบน (Top tube length) และท่อนั่ง (Seat tube length) ที่เป็นส่วนประกอบของเฟรมจักรยาน และนำค่าทั้งสองมาคำนวณเพื่อหาขนาดเฟรมของจักรยาน ดังสมการที่ (3.2-3.4) โดยมีสูตรเพิ่มเติมสำหรับการ fitting เพื่อปรับขนาดจักรยานให้เหมาะสมกับขนาดร่างกายผู้ขับขี่ ดังสมการที่ (3.5-3.9)

Seat Tube Length = (Inseam × 0.65) (3.2)

Top Tube Length = (Torso + Arm) ×0.485 (3.3)

Handlebar = (Shoulder Size) (3.4)

สูตรเพิ่มเติมสำหรับการ fitting

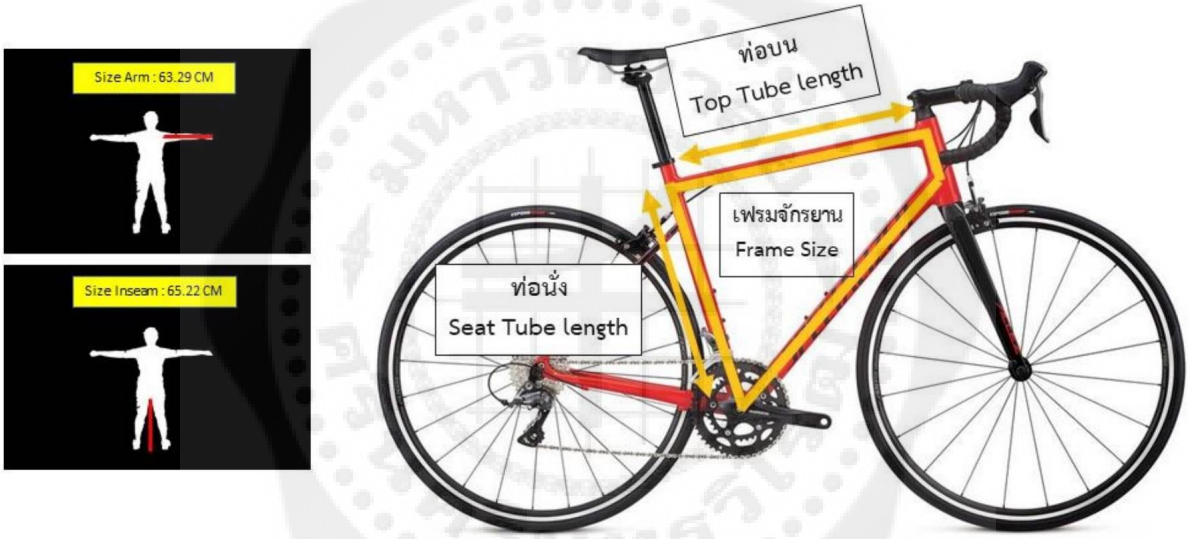
stem extension = (torso + arm) × 0.105 or 0.11 (3.5)

crankarm length = inseam × 0.203 (3.6)

saddle height = inseam × 0.87-0.88 (3.7)

saddle set-back = thigh × 0.190 (3.8)

saddle-handlebar difference = arm × 0.125 (3.9)



ภาพที่ 3.27 แสดงส่วนประกอบของเฟรมจักรยาน ท่อนั่ง (Seat tube length) และท่อบน (Top tube length) โดยคำนวณจากสูตรและใช้สัดส่วนของบุคคลคือ Inseam,Arm และ Torso

ที่มา : www.evanscycles.com

3.7 กระบวนการเลือกขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกเฟรมจักรยานขนาดเล็ก

จากการคำนวณขนาดท่อบนและท่อล่างของจักรยาน จะสามารถหาขนาดของเฟรมจักรยานเสือหมอบได้ โดยขนาดเฟรมที่เหมาะสมกับร่างจะใช้เทคนิค Euclidiance distance และ เงื่อนไขในการเลือกไซส์เล็ก ดังสมการที่ 3.1 โดยที่ A คือขนาดของท่อนั่ง (Seat tube length) และ B คือขนาดของท่อบน (Top tube length) โดยที่ i คือขนาดท่อที่คำนวณจากค่าจริง j คือขนาดท่อที่คำนวณจากค่าวัดจากรูป และ C คือค่า Euclidiance distance ที่คำนวณได้

$$C^2 = (A_i - A_j)^2 + (B_i - B_j)^2 \quad (3.10)$$

ตารางที่ 3.1 ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Cannondal

ไซส์	ขนาดเป็นตัวเลข (Size) (cm)	ขนาดความยาวท่อบน (Top tube length) (cm)	ขนาดความยาวท่อนั่ง (Seat tube length) (cm)	องศาท่อนั่ง (Seat tube angle) (cm)
XS	44.00	50.00	46.50	75.00
S	48.00	51.00	48.70	71.50
M	50.00	52.20	51.20	72.00
ML	52.00	53.40	53.80	72.60
L	54.00	54.70	55.90	72.90
XL	56.00	56.10	57.60	73.10
XXL	58.00	57.50	59.40	73.20
XXXL	60.00	59.10	61.50	73.30
XXXXL	63.00	60.70	64.20	73.40

ตารางที่ 3.2 ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Gaint

ไซส์	ขนาดเป็นตัวเลข (Size) (cm)	ขนาดความยาวท่อบน (Top tube length) (cm)	ขนาดความยาวท่อนั่ง (Seat tube length) (cm)	องศาท่อนั่ง (Seat tube angle) (cm)
XS	46.50	51.50	46.50	74.50
S	50.00	53.50	50.00	73.50
M	52.00	55.50	52.00	73.00
ML	54.50	57.00	54.50	72.50
L	57.50	58.50	57.50	72.50
XL	59.50	60.50	59.50	72.00

ตารางที่ 3.3 ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Jamis

ไซส์	ขนาดเป็นตัวเลข (Size) (cm)	ขนาดความยาวท่อบน (Top tube length) (cm)	ขนาดความยาวท่อนั่ง (Seat tube length) (cm)	องศาท่อนั่ง (Seat tube angle) (cm)
XS	48.00	51.500	43.80	73.00
S	51.00	52.90	44.50	73.00
M	54.00	54.40	48.10	73.00
ML	56.00	56.50	49.50	73.00
L	58.00	58.00	51.10	73.00
XL	61.00	59.00	52.70	73.00

ตารางที่ 3.4 ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Ritchey

ไซส์	ขนาดเป็นตัวเลข (Size) (cm)	ขนาดความยาวท่อบน (Top tube length) (cm)	ขนาดความยาวท่อนั่ง (Seat tube length) (cm)	องศาท่อนั่ง (Seat tube angle) (cm)
XS	47.00	51.80	47.00	74.00
S	50.00	53.00	50.00	74.00
M	52.00	54.50	52.00	74.00
ML	54.00	56.00	54.00	73.50
L	56.00	57.50	56.00	73.00
XL	59.00	59.00	59.00	73.00

ตารางที่ 3.5 ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Trek

ไซส์	ขนาดเป็นตัวเลข (Size) (cm)	ขนาดความยาวท่อบน (Top tube length) (cm)	ขนาดความยาวท่อนั่ง (Seat tube length) (cm)	องศาท่อนั่ง (Seat tube angle) (cm)
XS	47.00	51.30	44.40	74.60

S	50.00	52.10	47.60	74.60
M	52.00	53.40	49.30	74.20
ML	54.00	54.30	50.60	73.70
L	56.00	56.00	53.30	73.30
XL	58.00	57.30	55.30	73.00
XXL	60.00	58.60	57.30	72.80
XXXL	62.00	59.80	59.30	72.50
XXXXL	64.00	61.00	61.30	72.30

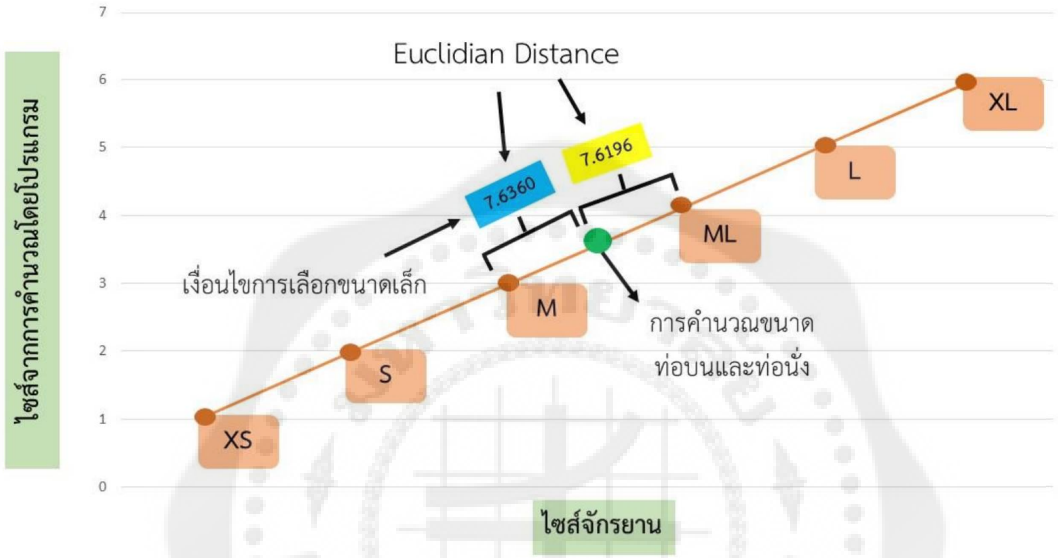
ตารางที่ 3.6 ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Merida

ไซส์	ขนาดเป็นตัวเลข (Size) (cm)	ขนาดความยาวท่อบน (Top tube length) (cm)	ขนาดความยาวท่อนั่ง (Seat tube length) (cm)	องศาท่อนั่ง (Seat tube angle) (cm)
XS	47.00	51.80	47.00	74.00
S	50.00	53.00	50.00	74.00
M	52.00	54.50	52.00	74.00
ML	54.00	56.00	54.00	73.50
L	56.00	57.50	56.00	73.00
XL	59.00	59.00	59.00	73.00

ตารางที่ 3.7 ตารางขนาดจักรยานของจักรยานเสือหมอบแบรนด์ Scott

ไซส์	ขนาดเป็นตัวเลข (Size) (cm)	ขนาดความยาวท่อบน (Top tube length) (cm)	ขนาดความยาวท่อนั่ง (Seat tube length) (cm)	องศาท่อนั่ง (Seat tube angle) (cm)
XS	47.00	51.00	41.00	74.50
S	50.00	52.00	53.00	74.50
M	52.00	53.50	56.00	74.00

ML	54.00	55.00	48.00	73.60
L	56.00	56.50	50.00	83.80
XL	58.00	58.00	52.00	83.00
XXL	61.00	59.5	55.00	72.50



ภาพที่ 3.28 ภาพการเลือกขนาดจักรยานเสือหมอบและการใช้ Euclidian Distance

การเลือกไซส์ของจักรยานโดยการใช้ Euclidian Diatance และการใช้เงื่อนไขเลือกไซส์ขนาดเล็ก สมารถแสดงเป็นขั้นตอนวิธีดังนี้

ตารางที่ 3.8 ตารางขั้นตอนวิธีสำหรับการคำนวณไซส์จักรยานโดยใช้เงื่อนไขการเลือกขนาดเล็ก

ขั้นตอนวิธีสำหรับการคำนวณไซส์จักรยานโดยใช้เงื่อนไขการเลือกขนาดเล็ก
1. ให้ค่าของท่อบนและท่อล่างของแต่ละไซส์จักรยานเป็นตัว Training (เพื่อสอน model) 2. ให้แต่ละไซส์ของจักรยนมาทำเป็นตัวเทรนแบ่งกลุ่ม (Clusters) ของข้อมูลทั้งหมด 3. คำนวณค่า Euclidian distance ระหว่างค่าที่คำนวณจากโปรแกรมและค่าที่กำหนดไว้ใน 4. คำนวณหาสองค่าในกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน 5. ให้การแบ่งกลุ่มเป็นการเลือกไซส์จักรยานที่เล็กสุดจากการคำนวณ จากค่าในกลุ่มข้อที่ 4 ดังภาพที่ 3.23

จากภาพที่ 3.23 ไซส์เฟรมขนาดเล็กจะถูกเลือก โดยไซส์ของจักรยานจากเล็กสุดไปใหญ่สุดจะเริ่มจาก XS,S,M,ML,L,XL ไซส์ของจักรยานจะอยู่ในแกนตั้งที่เป็นตัวเลข และในแกนแนวนอนจะเป็นไซส์ของจักรยานของแบรนด์ โดยในการทดลองนี้มีทั้งหมด 7 แบรนด์ อ้างอิงจากตารางที่ 3.1-3.7 โดยตัวเลขที่คำนวณจาก Euclidian Distance เป็นค่าที่ใกล้กับขนาดเฟรมของจักรยานแต่ละไซส์ ในตัวอย่างค่าที่ใกล้กับขนาดของเฟรมจักรยานมากที่สุดสองค่าคือ 7.63 และ 7.61 และในการทดลองนี้จะเลือกไซส์ที่มีขนาดเล็กซึ่งก็คือไซส์ M

3.8 กระบวนการหาขนาดอุปกรณ์สำหรับฟิตติ้ง (Fitting)

เมื่อคำนวณหาขนาดท่อและขนาดเฟรมของจักรยานเสือหมอบได้แล้ว จะนำมาคำนวณเพื่อฟิตติ้ง (Fitting) ความพอดีระหว่างผู้ขับขี่กับจักรยานเสือหมอบ ประกอบไปด้วย ความยาวของอานนั่ง (Saddle height) ดังสมการที่ 3.11-3.12 ความยาวแขนจานปั่น (Crank arm) ดังสมการที่ 3.13-3.14 และความยาวของคอแฮนด์จักรยาน (Stem) ดังสมการที่ 3.15-3.16 โดยคำนวณจากการแตกแรงจากมุมองศาที่เหมาะสมในการนั่งของผู้ขับขี่เทียบกับสูตรการหาความยาวของอุปกรณ์จาก Velodynamics [19] ดังสมการที่ 3.5-3.7 และเปรียบเทียบอ้างอิงจากตารางที่ 3.8-3.14

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2abcos152 \quad (3.11)$$

$$d = c - Top\ tube\ length \quad (3.12)$$

เมื่อ a คือ Thigh ,b คือ Lower leg ,c คือ ความยาวบริเวณอานนั่ง และ d คือ ความยาวของอานนั่งที่เปรียบเทียบระหว่างค่าคำนวณจากสมการที่ 3.11-3.12 กับขนาดอ้างอิงจักรยานจากตารางที่ 3.1-3.7

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2abcos152 \quad (3.13)$$

$$d = All\ Saddle\ height - Length \quad (3.14)$$

เมื่อ a คือ Thigh ,b คือ Lower leg ,c คือ ความยาวบริเวณอานนั่ง และ d คือ ความยาวของแขนจานปั่นที่เปรียบเทียบกับค่าคำนวณจากสมการ 3.13-3.14 และขนาดอ้างอิงจากตารางที่ 3.8

$$c = b/sin45 \quad (3.15)$$

$$d = c - Top\ tube\ length \quad (3.16)$$

เมื่อ a คือ Tunk ,b คือ Arm length ,c คือ ความยาวบริเวณท่อบน และ d คือความยาวคอแฮนด์ที่เปรียบเทียบกับค่าคำนวณจากสมการที่ 3.15-3.16 และขนาดอ้างอิงจากตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ตารางข้อมูลอ้างอิงความยาวแขนจานปั่นของ 7 แบรนด์จักรยานเสือหมอบ

ขนาดความยาวแขนจานปั่น (Crankarm) (cm)						
Cannondal	Giant	Jamis	Merida	Ritchey	Scott	Trek
17	17	17	16.5	17	17	16.5
17.25	17.25	17.25	17	17.25	17.25	17
17.5	17.5	17.5	17.25	17.5	17.5	17.25

			17.5			17.5

ตารางที่ 3.10 ตารางข้อมูลอ้างอิงความยาวคอแฮนด์ของ 7 แบรนด์จักรยานเสือหมอบ

ขนาดความยาวแขนจานปั่น (Crankarm) (cm)						
Cannondal	Giant	Jamis	Merida	Ritchey	Scott	Trek
6	9	6	8	8	8	6
7	10	7	9	9	9	7
8	11	8	10	10	10	8
9		9	11	11	11	9
10		10		12	12	10
11		11		13		11
12		12				12

ภาพที่ 3.29 ส่วนประกอบสำหรับการฟิตติ้ง (fitting) จักรยานเสือหมอบ

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

สำหรับการทดลอสอบประสิทธิภาพของระบบ การทดลองนี้ได้แสดงผลความถูกต้องของ 4 การทดลอง ได้แก่ 1.การทดลองการหาขนาดส่วนต่างๆ ของร่างกายจากภาพถ่าย 2.การทดลองการหาขนาดท่อเฟรมจักรยานส่วนต่างๆ 3.การทดลองการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม และ 4. การทดลองหาขนาดอุปกรณ์ในการฟิตติ้ง (Fitting) โดยทั้ง 4 การทดลองนี้ เกิดจากกระบวนการหาขนาดร่างกายจากภาพถ่าย แล้วนำมาคำนวณเป็นขนาดท่อของเฟรมจักรยาน เพื่อใช้สำหรับนำไปเทียบตัวขนาดท่อและขนาดอุปกรณ์ในตารางมาตรฐานตามแต่ละแบรนด์ของจักรยานเสือหมอบ

การทดลองโปรแกรมการหาขนาดของร่างกายเพื่อหาขนาดของเฟรมจักรยานที่เหมาะสมและการหาขนาดของอุปกรณ์ในการฟิตติ้ง (Fitting) โดยให้ผู้เข้าการทดลองยืนการแขนหันหลังให้กล้อง และท่านั่งเป็นการนั่งบนเก้าอี้ หัวเข่า และข้อศอกตั้งฉากกัน ผู้เข้าร่วมทดลองแต่ละคนจะใส่ชุดสำหรับขับขี่จักรยานที่มีความรัดรูป เน้นสัดส่วนและเปลี่ยนคนละ 3 สี ได้แก่ สีดำแดง สีดำเขียว และสีดำเหลือง จำนวน 29 คน มีภาพที่นำมาใช้ในกระบวนการทั้งหมด 232 รูป แบ่งออกเป็นท่ายืนต่อหนึ่งคน 3 ภาพ ท่านั่ง 3 ภาพ ภาพวัตถุอ้างอิง 1 ภาพและภาพพื้นหลังวัตถุอ้างอิง 1 ภาพ จากนั้นนำภาพมาผ่านกระบวนการหาค่าฮิตโตแกรมและเก็บค่าพิกเซล แล้วนำมาคำนวณกับรูปภาพขนาดอ้างอิง ที่นำมาหาขนาดตำแหน่งพิกเซล จะได้เป็นค่าระยะของขนาดร่างกาย และนำค่าไปในในกระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้จากสูตรการหาขนาดท่อและขนาดส่วน ของเฟรมจักรยาน โดยในการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมจะใช้ทั้งหมด 10 ตำแหน่ง คือ 1.Inseam 2.Trunk 3.Forearm 4.Arm 5.Thigh 6.Shoulder 7.Torso 8.Lower leg 9.Sternal notch และ 10.Total height และนำค่าที่ได้มาคิดความถูกต้องจากกการเปรียบเทียบการวัดจากค่าจริง และคำนวณการฟิตติ้ง (fitting) จากขนาดของเฟรมที่ได้เลือกมาก่อนหน้านี้เพื่อให้ขนาดจักรยานเหมาะสมกับขนาดร่างกายของผู้เข้าการทดสอบ

4.1 การทดลองที่ 1 การหาขนาดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพถ่าย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความแม่นยำของระบบในการหาขนาดส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยวิธีการทดลอง คือ การนำสัดส่วนที่คำนวณได้จากโปรแกรมมาเปรียบเทียบกับสัดส่วนของร่ายกายที่วัดด้วยผู้เชี่ยวชาญ ดังสมการที่ 4.1 และ 4.2 โดยใช้สัดส่วนในการคำนวณดังภาพที่ 4.1 โดยการทดลองแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 ขั้นตอน คือ 1.ขั้นตอนการหาส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพถ่าย 2.ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดร่างกายส่วนต่าง ๆ

4.1.1 ขั้นตอนการหาขนาดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพถ่าย

ในขั้นตอนการหาขนาดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย สำหรับการทดลองจะให้บุคคลตัวอย่างทั้ง 29 คน ถ่ายรูปไรสถานที่ ๆ จัดเตรียม มีพื้นหลังสีขาวที่ตัดกับสีเสื้อที่ใส่ได้ชัดเจน โดยแต่ละคน จะใส่ชุดจักรยานที่มีความรัดรูปและเห็นสัดส่วนชัดเจน 3 ชุด 3 สีต่อ 1 คน ประกอบไปด้วยสีดำแดง สีดำเหลืองและสีดำเขียว โดยจะให้ผู้ทดลองยืนตามที่กำหนดไว้ ในการยืนจะให้ยืนกางแขนและกางขาให้เท่าหรือประมาณไหล่ หันหลังให้กับกล้อง โดยจะถ่ายเพียง 1 มุม เท่านั้น และในท่านั่ง จะนั่งหันข้างให้กล้องและตั้งขาและแขนหนึ่งข้างขึ้น 90 องศาขนานกับพื้น

เพื่อเป็นจุดอ้างอิง จะถ่ายเพียง 1 มุมเท่านั้น และจะนำตัวบุคคลออกไปเพื่อถ่ายพื้นหลังของทั้งสองท่า โดยในท่ายืนจะใช้วัดความสูง (Heigh) ความยาวแขน (Arm) ความยาวจากอกถึงขา (Sternal notch) และความยาวจากเป้าถึงขา (Inseam) และในท่านั่ง จะใช้สำหรับวัดความยาวปลายแขน (Forarm) ความยาวต้นคา (Thigh) ความยาวลำตัว (Trunl) และความยาวขาล่าง (Lower leg) และอีกหนึ่งส่วนของร่างกาย คือ Torso ที่จะใช้ค่า Inseam ที่วัดได้ลบกับ Sternal notch เพื่อหาค่าจากอกถึงเป้า หลังจากนั้น จะนำผลตำแหน่งทั้ง 10 ตำแหน่งของร่างกายที่วัดโดยโปรแกรมเปรียบเทียบผลจากการวัดจริงโดยผู้เชี่ยวชาญ

4.1.2 ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดร่างกายส่วนต่าง ๆ

ในการวัดความถูกต้องของภาพ จะทำการนำขนาดที่ได้จากการวัดจริง และขนาดที่วัดจากภาพถ่าย ทั้งท่ายืน ท่านั่ง และวัดผลการทดลองเป็นค่าความคลาดเคลื่อนและค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องได้จาก (4.1) และ (4.2)

$$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{X_{measure} - X_{true}}{X_{true}}\right| \times 100 \quad (4.1)$$

$$\%\text{ความถูกต้อง} = |100 - \%\text{ความคลาดเคลื่อน}| \quad (4.2)$$

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน}^2 = \frac{(X-\bar{x})^2}{N-1} \quad (4.3)$$

โดยที่ X คือค่าความยาวสัดส่วนนั้นๆ, $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย และ N คือจำนวนทั้งหมด

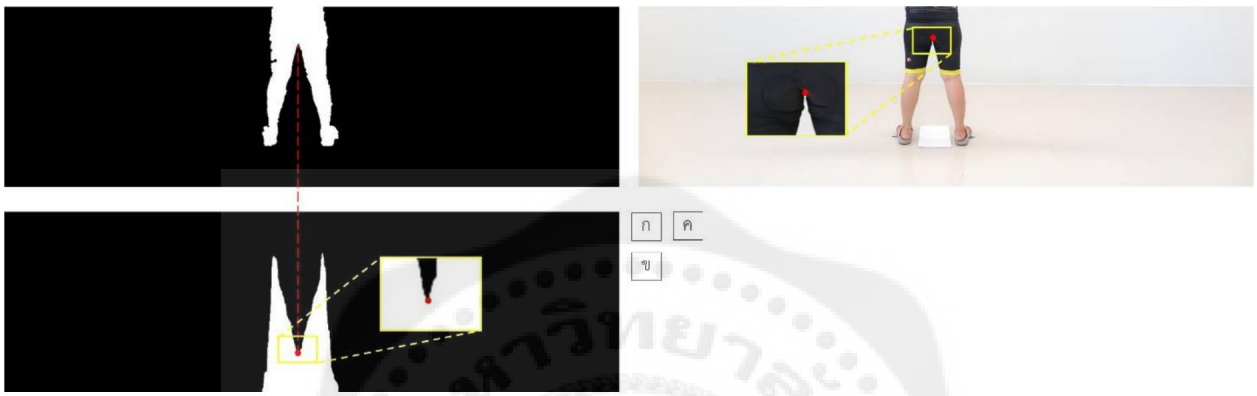
ผลที่ได้การขั้นตอนการหาขนาดร่างกายส่วนต่าง ๆ แสดงในรูปแบบค่าความคลาดเคลื่อนและค่าความถูกต้องของแต่ตำแหน่งของร่างกาย ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลเฉลี่ยของการหาขนาดร่างกายตำแหน่งต่าง ๆ จาก จำนวน 29 คน

ตำแหน่ง	ค่าเฉลี่ยที่โปรแกรมวัดได้	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานค่าที่โปรแกรมวัดได้	ค่าเฉลี่ยที่วัดจริง	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานค่าที่วัดจริง	ค่าความถูกต้อง (%)
Inseam	71.73	3.89	69.68	3.54	97.48
Trunk	66.55	3.71	66.13	3.66	99.36
Forearm	33.08	3.14	32.51	3.24	98.24
Arm	58.37	3.91	57.89	3.95	99.17
Thigh	60.90	3.20	61.31	2.81	99.33
Shoulder	31.63	2.38	31.48	2.46	99.52
Torso	57.41	3.88	59.13	3.78	97.09
Lower leg	50.89	2.43	50.93	3.12	99.92
Sternal notch	129.42	2.71	128.96	3.04	99.64
Total height	162.92	2.73	162.75	2.87	99.89

รวม	98.96

จากผลการทดลองการหาขนาดร่างกายจากภาพถ่าย มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 98.96 ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการ หาค่าฮิตโตแกรมและการเก็บพิกเซลเทียบขนาดอ้างอิงมีประสิทธิภาพในการหาขนาดร่างกาย ซึ่งจะนำไปสู่ขั้นตอนต่อไปในการหาขนาดท่อส่วนต่าง ๆ ของจักรยาน โดยค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.04 เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวัดของแต่ละร่างกาย โดยเฉพาะในส่วนของ Torso ที่ใช้การนำค่าการวัดสัดส่วนมาคำนวณ โดยการนำค่า Sternal notch และค่า Inseam มาลบกันเพื่อได้สัดส่วนความยาวของ



ตำแหน่ง ซึ่งความคลาดเคลื่อนอาจเกิดมาจากบริเวณการวัดจากรูปและจากผู้เชี่ยวชาญ ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ภาพตำแหน่ง Inseam ก) คือภาพช่วงล่างที่พลอตได้จากโปรแกรม ข) คือภาพฮิตโตแกรมสำหรับช่วงล่างเพื่อหาจุดต่ำสุด ค) คือบริเวณที่วัดสัดส่วนโดยภาพจริง

4.2 การทดลองที่ 2 การหาขนาดท่อส่วนต่าง ๆ ของเฟรมจักรยาน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความแม่นยำของการหาขนาดท่อส่วนต่าง ๆ ของท่ออันเป็นองค์ประกอบของจักรยานเสือหมอบ โดยวิธีการทดลอง คือการนำสัดส่วนที่คำนวณได้จากโปรแกรมมาคำนวณโดยสูตรการหาท่อจักรยานเสือหมอบดังสมการที่ 3.2-3.9 จากที่กล่าวในบทที่ 3 และนำไปเปรียบเทียบกับการคำนวณหาท่อโดยค่าสัดส่วนที่ได้จากการวัดจริง โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน 1. ขั้นตอนการหาขนาดท่อเฟรมจักรยานจากสมการอ้างอิง 2.ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดท่อเฟรมจักรยานส่วนต่าง ๆ

4.2.1 ขั้นตอนการหาขนาดท่อเฟรมจักรยานจากสมการอ้างอิง

โดยในขั้นตอนนี้จะทำการนำค่าที่ได้จากตำแหน่งต่างของขนาดร่างกาย จากท่ายืน และท่านั่งมาใช้เป็นค่าอินพุตในการคำนวณโดยจะใช้สูตรคำนวณท่อทั้งหมด 2 สมการและท่อส่วนอื่นดังสมการที่ 3.5-3.9 ที่กล่าวไปในบทที่ 3 กระบวนการที่ 3.2.4 และใช้สำหรับการหาขนาดเฟรมจักรยาน 2 สมการ จากภาพบุคคลทั้งหมด 29 คน

4.2.2 ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดท่อเฟรมจักรยานส่วนต่าง ๆ

ในการวัดความถูกต้องของภาพ จะทำการนำขนาดที่ได้จากการวัดจริง และขนาดที่วัดจากภาพถ่าย เข้าสู่การคำนวณสูตรการหาขนาดท่อและขนาดส่วนต่าง ๆ ของเฟรมจักรยาน และวัดผลการทดลองเป็นค่าความคลาดเคลื่อนและค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องได้จาก (4.7) และ (4.8)

$$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{X_{measure}-X_{true}}{X_{true}}\right| \times 100 \quad (4.4)$$

$$\%\text{ความถูกต้อง} = |100 - \%\text{ความคลาดเคลื่อน}| \quad (4.5)$$

ผลที่ได้การขั้นตอนการหาขนาดเฟรมส่วนต่าง ๆ แสดงในรูปแบบค่าความคลาดเคลื่อนและค่าความถูกต้องของแต่ส่วนของขนาดเฟรมที่คำนวณจากสูตร ดังตารางที่ 4.2

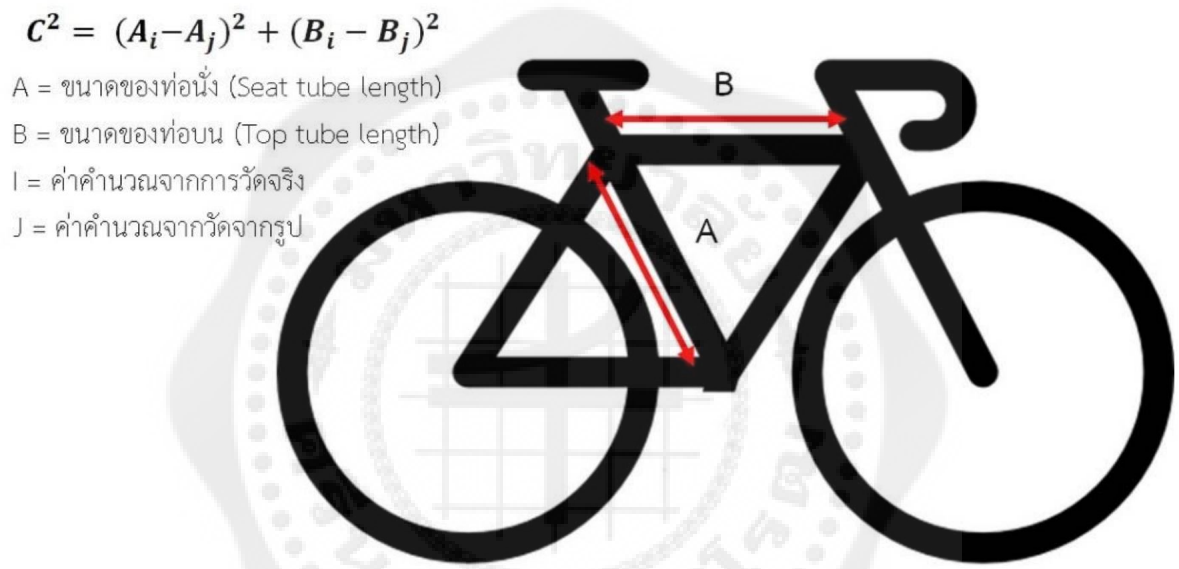
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการหาขนาดเฟรมจักรยานส่วนต่าง ๆ

ขนาดท่อและขนาดเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ยที่โปรแกรมวัดได้	ค่าเฉลี่ยที่วัดจริง	ค่าความถูกต้อง(%)
Seat tube length	46.86	45.29	96.53
Top tube length	55.96	57.12	97.96
Stem extension	13.18	13.10	99.38
Crankarm length	14.14	14.11	99.78
Saddle height	60.65	60.63	99.96
Saddle set-back	11.77	11.58	98.35
Saddle-handlebar difference	7.30	7.19	98.47
Handlebar	32.67	32.48	99.41
รวม			98.73

จากผลการทดลองการหาขนาดท่อเฟรมจักรยาน ในละส่วนคิดคำนวณมากจากสูตรจากสมการ (3.2-3.9) และสัดส่วนร่างกายที่นำมาคิดคำนวณ ดังที่กล่าวไปในกระบวนการ 3.2.4 กระบวนการคำนวณขนาดเฟรมจักรยานในบทที่ 3 ด้านบน โดยการทดลองมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 98.73 โดยร้อยละ 1.67 ของความคลาดเคลื่อน เกิดจากความคลาดเคลื่อนรวมของส่วนประกอบแต่ละอย่างของจักรยานเสือหมอบ โดยส่วนที่มีค่าคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ Handlebar และ Seat tube length ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการหาขนาดท่อเฟรมจักรยานจากการใช้สูตรการคำนวณท่อ มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่ขั้นตอนต่อไปในการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมต่อไป

4.3 การทดลองที่ 3 การหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม

ในการทดลองที่ 3 เป็นการทดลองเพื่อหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมกับขนาดร่างกายของบุคคล โดยการนำค่า Top tube length และ Seat tube length มาคิดคำนวณโดย Euclidian distance ดังภาพที่ 4.2 และเทียบค่าที่ได้จากข้อมูลขนาดของเฟรมจักรยานทั้ง 7 แบรนด์



ภาพที่ 4.2 ภาพสัดส่วนสำหรับนำมาคำนวณขนาดเฟรมของจักรยานเสือหมอบ

4.3.1 ขั้นตอนการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม

ในขั้นตอนนี้จะนำน่าเอาต์พุตที่ได้จากการคำนวณจากสมการมาหาขนาดเฟรมจักรยาน โดยใช้สมการหาขนาดท่อบน และสมการหาขนาดท่อนั่ง นำไปเปรียบเทียบค่าความต่างจากท่อบนและท่อนั่งจากเฟรมอ้างอิงทั้งหมด 7 แบรนด์ เมื่อได้ค่าเปรียบเทียบของทุกไซส์ของเฟรมอ้างอิง จึงนำมาคิดโดยวิธี Euclidian distance กับทุกไซส์เฟรมจักรยานของแบรนด์นั้น แล้วนำค่าขนาดที่ได้เปรียบเทียบกับ ตารางขนาดเฟรมอ้างอิงทั้งหมด 7 แบรนด์ โดยเปรียบเทียบระหว่างขนาดท่อบน ท่อนั่งจากการวัดจริง และการวัดจากรูป โดยจะเลือก Euclidian distance ที่น้อยที่สุดจากการเปรียบเทียบ เพราะยิ่งค่าน้อย หมายความว่าขนาดท่อนั่งและท่อบนที่ได้หามา มีค่าใกล้เคียงกับขนาดของเฟรมจักรยานไซส์นั้นมากที่สุด

4.3.2 ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม

ในการวัดความถูกต้องของขนาดเฟรม จะทำการนำขนาดที่ได้จากการวัดจริง และขนาดที่วัดจากภาพถ่าย เข้าสู่การคำนวณหาความห่าง และวัดผลการทดลองเป็นค่าความคลาดเคลื่อนและค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องได้จาก (4.9) และ (4.10)

$$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{X_{measure} - X_{true}}{X_{true}}\right| \times 100 \quad (4.6)$$

$$\%\text{ความถูกต้อง} = |100 - \%\text{ความคลาดเคลื่อน}| \quad (4.7)$$

ผลที่ได้การขั้นตอนการหาขนาดเฟรมที่จักรยาน แสดงในรูปแบบค่าความคลาดเคลื่อนและค่าความถูกต้องของแต่ส่วนของขนาดเฟรมที่คำนวณจากสูตร ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมจากตัวอย่างทั้งหมด 29 คน และจากแบรนด์อ้างอิงขนาดเฟรมจักรยาน 7 แบรนด์

แบรนด์จักยานเสือหมอบ	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	จำนวนข้อมูลที่ถูกต้อง (คน)	ค่าความถูกต้อง (%)	จำนวนข้อมูลที่ผิดพลาด (คน)
Giant	44.82	16	55.17	13
Merida	55.17	13	44.82	16
Scott	44.82	16	55.17	13
Jamis	55.17	13	44.82	16
Trek	48.27	15	51.72	14
Cannondale	48.27	15	51.72	14
Ritchey	44.82	16	55.17	13
รวม	48.76	15	51.22	14

จากผลการทดลองการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากการวัดจากค่าวัดจริงและค่าที่วัดโดยโปรแกรม มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 51.22 ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยานจากการนำค่าการคำนวณขนาดท่อมาวิเคราะห์ มีประสิทธิภาพปานกลางในการหาขนาดของเฟรมจักรยาน ซึ่งในร้อยละ 48.78 ที่คลาดเคลื่อน เกิดมาจากการคำนวณค่าจาก Euclidian distance ที่ต่างกันเพียงเล็กน้อย

4.4 การทดลองที่ 4 การหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกขนาดไซส์จักรยานที่เล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ

ในการทดลองที่ 4 ทดลองเพื่อหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขการเลือกไซส์เฟรมจักรยานที่ขนาดเล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณได้และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากการคำนวณจริง ต่างจากการทดลองที่ 3 ตรงที่จะเลือกไซส์ของจักรยานเล็กกว่าจากการคำนวณในการทดลองที่ 3 1 ไซส์

4.4.1 ขั้นตอนการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม

ในขั้นตอนนี้ เนื่องจากได้ขนาดของเฟรมจักรยานมาจากการทดลองที่ 3 ดังที่กล่าวไปข้างต้น ในการเลือกเฟรมจักรยาน ค่าจากการคำนวณ Euclidian distance ระหว่าง seat tube length และ top tube length มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังเช่น ไซส์ S มีค่า 7.12 และไซส์ M มีค่า 7.10 จะเห็นได้ว่าไซส์ M มีค่า Euclidian distance น้อยกว่าไซส์ S ซึ่งหมายความว่าความยาวของท่อนั่งและท่อบนจากการคำนวณมีค่าเข้าใกล้กับเฟรมไซส์ M ของแบรนด์จักรยานนั้น ทว่าเนื่องจากค่าที่ต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่การเลือกของโปรแกรมจะเลือกค่าที่น้อยที่สุด ซึ่งในกรณีดังกล่าวทำให้เกิดการเลือกขนาดเฟรมที่มีขนาดใหญ่กว่าถึง 1 ไซส์ ซึ่งการเลือกแบบนี้อาจทำให้ขั้นตอนการฟิตติ้งจักรยานให้เหมาะสมกับร่างกายมีความยากขึ้น เนื่องจากเฟรมจักรยานไม่สามารถย่อขนาดได้ สามารถเพิ่มความยาวให้เหมาะสมกับร่างกายได้อย่างเดียว ผู้จัดทำจึงให้โปรแกรมเลือกไซส์ที่เล็กกว่า ถึงแม้ว่าค่า Euclidian distance จะมากกว่าเพียงเล็กน้อยก็ตาม

4.4.2 ผลการทดลองการวัดความถูกต้องของการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม

ในการวัดความถูกต้องของขนาดเฟรมโดยการใช้เงื่อนไขการเลือกเฟรมขนาดเล็ก จะทำการนำขนาดที่ได้จากการวัดจริง และขนาดที่วัดจากภาพถ่าย เข้าสู่การคำนวณหาความห่าง และวัดผลการทดลองเป็นค่าความคลาดเคลื่อนและค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องได้จาก (4.12) และ (4.13)

$$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{X_{measure} - X_{true}}{X_{true}}\right| \times 100 \qquad (4.8)$$

$$\%\text{ความถูกต้อง} = |100 - \%\text{ความคลาดเคลื่อน}| \qquad (4.9)$$

ผลที่ได้การขั้นตอนการหาขนาดเฟรมที่จักรยาน แสดงในรูปแบบค่าความคลาดเคลื่อนและค่าความถูกต้องของแต่ส่วนของขนาดเฟรมที่คำนวณจากสูตร ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมโดยใช้เงื่อนไขการเลือกเฟรมจักรยานไซส์เล็กจากภาพตัวอย่างทั้งหมด 29 คน

แบรนด์จักยานเสือหมอบ	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)	จำนวนข้อมูลที่ถูกต้อง (คน)	ค่าความถูกต้อง (%)	จำนวนข้อมูลที่ผิดพลาด (คน)
Giant	44.82	16	55.17	13
Merida	44.82	16	55.17	13
Scott	44.82	16	55.17	13
Jamis	55.17	13	44.82	16
Trek	37.93	18	62.06	11
Cannondale	48.27	15	51.72	14
Ritchey	55.17	13	44.82	16
รวม	47.28	15	52.70	14

จากผลการทดลองการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 51.22 ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการหาขนาดเฟรมจักรยานจากการนำค่าการคำนวณขนาดท่อมาวิเคราะห์ มีประสิทธิภาพปานกลางในการหาขนาดของเฟรมจักรยานแต่มีความถูกต้องมากกว่าการหาขนาดเฟรมของจักรยานโดยไม่ใช้เงื่อนไขการเลือกเฟรมขนาดเล็ก

4.5 การทดลองที่ 5 การฟิตติ้ง (Fitting) จักรยานให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่

ในการทดลองที่ 5 จะเป็นการทดลองฟิตติ้งอุปกรณ์เสริมของจักรยานเสือหมอบให้เหมาะสมกับความยาวร่างกายและขนาดตัวของผู้ขับขี่โดยการใช้ขนาดเฟรมของจักรยานที่ได้เลือกเอาไว้ โดยขะมีอุปกรณ์ทั้งหมดสามอย่าง คือ ความสูงของอานนั่ง (Saddle height) ความยาวของจานปั่น (Crank arm) และ ความยาวของคอแฮนด์ (Stem) ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3 ภาพอุปกรณ์เสริมสำหรับการฟิตติ้งจักรยานเสือหมอบ

ก) ความสูงของอานนั่น (Saddle height)

ข) ความยาวของจานปั่น (Crank arm)

ค) ความยาวคอแฮนด์ (Stem)

4.5.1 ขั้นตอนการฟิตติ้ง (Fitting) ความสูงของอานนั่ง (Saddle height)

สามารถหาได้จากคำนวณด้วยการแตกแรงตามความยาวของร่างกายบนจักรยานที่กำหนดมุมที่เหมาะสมในช่วงล่างของร่างกาย [12,13,16] ซึ่งเป็นมุมที่เท้าของผู้ขับขี่อยู่ที่ 3 นาฬิกาซึ่งเป็นท่าทางการขับขี่ที่มีความยาวขามากที่สุด หาความสูงของอานนั่งจากการแตกแรงเปรียบเทียบกับขนาดความยาวท่อของเฟรมที่เลือกจะได้ความสูงของอานนั่งที่จะต้องเพิ่ม

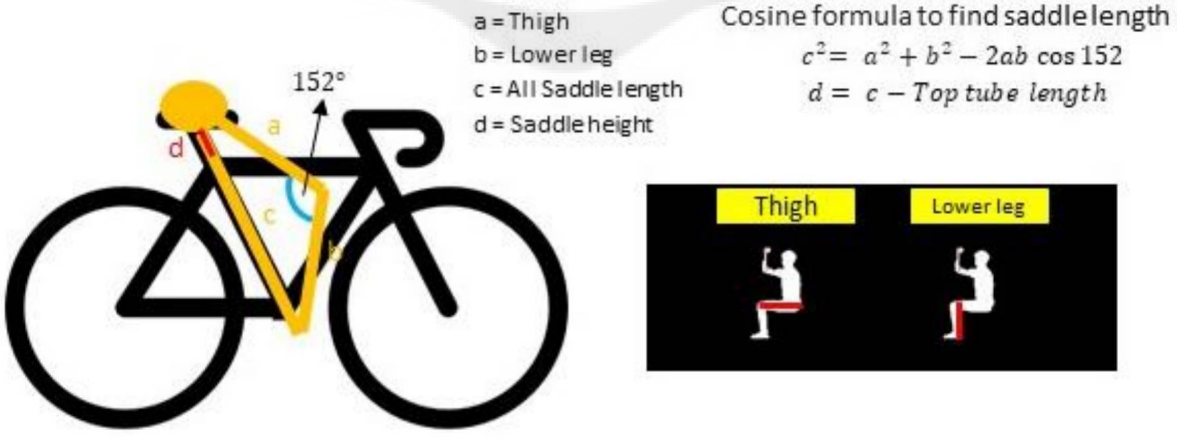
4.5.2 ขั้นตอนการฟิตติ้ง (Fitting) ความยาวของแขนจานปั่น (Crank arm)

สามารถหาได้จากคำนวณด้วยการแตกแรงตามความยาวของร่างกายบนจักรยานที่กำหนดมุมที่เหมาะสมในช่วงล่างของร่างกาย [12,13,16] ซึ่งเป็นมุมที่เท้าของผู้ขับขี่อยู่ที่ 12 นาฬิกาซึ่งเป็นท่าที่ขาของผู้ขับขี่หดสั้นมากที่สุด หาความยาวจากการคำนวณโดยการแตกแรงเปรียบเทียบกับความยาวของท่อรวมกับความสูงของอานนั่ง เพื่อหาความยาวของแขนจานปั่น (Crank arm)

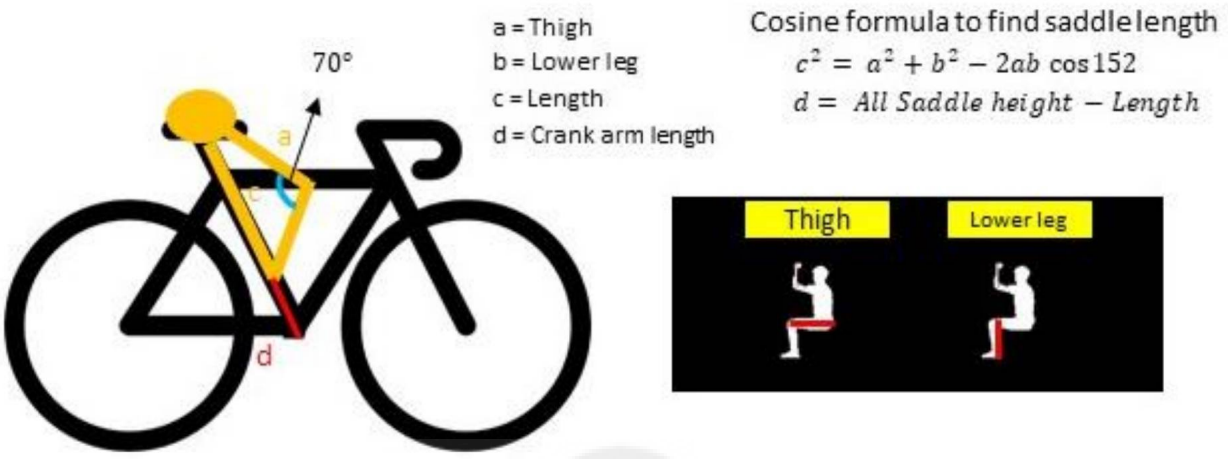
4.5.3 ขั้นตอนการฟิตติ้ง (Fitting) ความยาวคอแฮนด์ (Stem)

สามารถหาได้จากคำนวณด้วยการแตกแรงตามความยาวของร่างกายบนจักรยานที่กำหนดมุมที่เหมาะสมในช่วงบนของร่างกาย [14,15,16] เพื่อหาความยาวในการเพิ่มความยาวคอแฮนด์ (stem) เพื่อให้ความยาวของจักรยานสอดคล้องกับความยาวช่วงบนของผู้ขับขี่

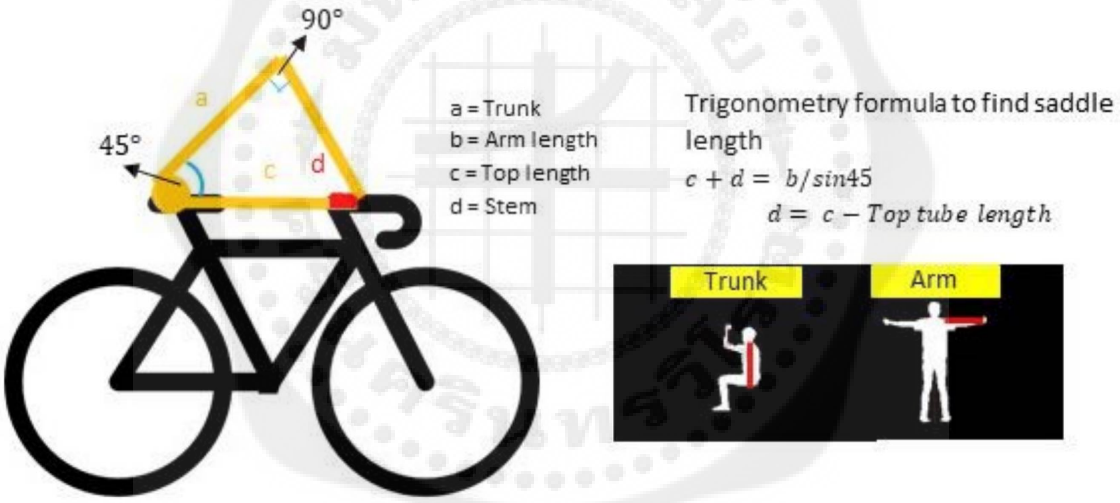
4.5.4 วิธีการวัดความยาวและวิธีคำนวณในตารางที่ 4.5



ภาพที่ 4.4 กระบวนการหาความยาวของอานนั่ง (Saddle height)



ภาพที่ 4.5 กระบวนการหาความยาวของแขนจานปั่น (Crank arm)



ภาพที่ 4.6 กระบวนการหาความยาวของคอแฮนด์จักรยาน (Stem)

โดยการทดลอง จะใช้ความยาวของสัดส่วนร่างกายบุคคลจาก 2 วิธี คือ 1.ค่าวัดจากรูป หรือค่าที่วัดได้จากโปรแกรม 2.วิธีที่วัดโดยผู้เชี่ยวชาญ วัดโดยใช้อุปกรณ์ และนำไปคำนวณในวิธีเพื่อหาความยาวอุปกรณ์ 2 วิธี คือ 1.การแตกแรงดังภาพที่ 4.4-4.6 และ 2. สูตรการคำนวณจาก Velodynamics [19] เพื่อหาความยาวของคอแฮนด์อานนั่งและความยาวจานปั่น โดยในการคำนวณ จะคำนวณสูตรการหาความยาวอุปกรณ์ทั้ง 2 วิธีทั้งในการวัดสัดส่วนจากรูปและวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ และนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความถูกต้องเฉลี่ย

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการฟิตติ้ง (Fitting) จากภาพตัวอย่างทั้งหมด 29 คนและอ้างอิงจากขนาดอุปกรณ์ของจักรยานเสือหมอบทั้งหมด 7 แบรนด์

ขนาดท่อและขนาดเปรียบเทียบ	ค่าเฉลี่ยโดยวิธีแตกแรง ค่าสัดส่วนวัดจากรูป	ค่าเฉลี่ยจากค่าวัดรูปและคำนวณโดย Velodynamics [19]	ค่าความถูกต้อง(%)	ค่าเฉลี่ยโดยวิธีแตกแรง ค่าสัดส่วนจากการวัดจริง	ค่าเฉลี่ยจากค่าวัดจริงและคำนวณโดย Velodynamics [19]	ค่าความถูกต้อง(%)	ค่าความถูกต้องรวม (%)
Stem extension	16.85	13.18	72.15	16.85	13.10	73.37	97.57%
Crankarm length	11.85	14.03	84.46	11.72	14.09	83.17	98.44%
Saddle height	11.92	12.54	95.05	11.73	11.96	98.07	96.92%
รวม			83.88			84.87	

โดยที่

ค่าเฉลี่ยโดยวิธีแตกแรง ค่าสัดส่วนวัดจากรูป คือ ค่าเฉลี่ยความยาวของอุปกรณ์ที่โปรแกรมคำนวณจากสัดส่วนร่างกายที่วัดจากรูป ร่วมกับวิธีการแตกแรง

ค่าเฉลี่ยจากค่าวัดรูปและคำนวณโดย Velodynamics [19] คือ ค่าเฉลี่ยความยาวของอุปกรณ์ที่โ)รแกรมคำนวณจากสัดส่วนร่างจากค่าวัดจากรูป ร่วมกับวิธี Velodynamics

ค่าเฉลี่ยโดยวิธีแตกแรง ค่าสัดส่วนจากการวัดจริง คือ ค่าเฉลี่ยความยาวของอุปกรณ์ที่โปรแกรมคำนวณจากสัดส่วนร่างกายที่วัดจริง ร่วมกับวิธีการแตกแรง

ค่าเฉลี่ยจากค่าวัดจริงและคำนวณโดย Velodynamics [19] คือ ค่าเฉลี่ยความยาวของอุปกรณ์ที่โ)รแกรมคำนวณจากสัดส่วนร่างจากค่าวัดจริง ร่วมกับวิธี Velodynamics

จากผลการทดลองจากการฟิตติ้งโดยการบวนการแตกแรงเปรียบเทียบกับกระบวนการผ่านสูตร Velodynamics และหาขนาดของอุปกรณ์ฟิตติ้ง ได้ค่าความถูกต้องสำหรับการใช้ค่าที่วัดจากรูปเฉลี่ย 83.88 โดยมีร้อยละ 16.12 เป็นค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งเกิดมาจากค่าของ Stem และ Crankarm เป็นส่วนมาก และได้ค่าความถูกต้องสำหรับการใช้ค่าที่วัดจริงเฉลี่ย 84.87 โดยมีร้อยละ 15.13 เป็นค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งเกิดมากจาก Stem และ Crankarm เป็นส่วนมาก

4.6 ผลการทดลองในแต่ละขั้นตอน

จากตารางที่ 4.6 เป็นผลการทดลองสำหรับการอินพุทภาพตัวอย่างทั้ง 29 คน ในชุดจักรยานที่รัดรูปและเห็นสัดส่วนชัดเจน โดยจะมีทั้งหมด 3 ท่า คือท่ายืนและท่านั่งตามรูปในตารางที่ 4.7 เพื่อความง่ายในการแยกสัดส่วนร่างกาย และมีภาพวัตถุอ้างอิง โดยจะมีชุดทั้งหมดสามสี คือสีแดง สีเขียว และสีเหลือง

จากตารางที่ 4.7 เป็นผลการทดลองจากการใช้ Graph cut ในการแยกรูปบุคคลกับพื้นหลัง

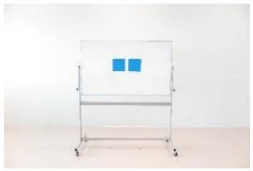
จากตารางที่ 4.8 เป็นผลการทดลองสำหรับการแบ่งกึ่งกลางของรูปภาพ เพื่อหาสัดส่วนสำหรับท่อนบนและท่อนล่างของร่างกาย

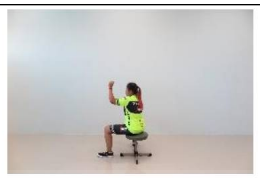
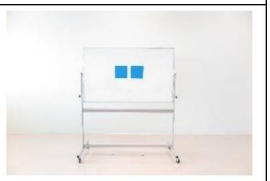
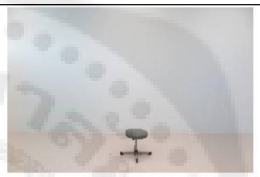
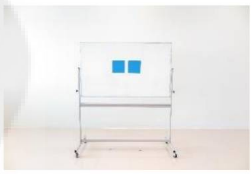
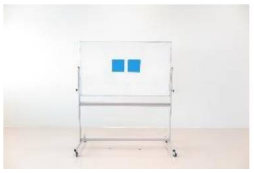
จากตารางที่ 4.9 เป็นภาพผลลัพธ์จากการหาค่าฮิตโกตแกรมตามแกน แนวตั้งและแนวนอน จากภาพที่แบ่งครึ่งบนและครึ่งล่าง เพื่อทำการหาพื้นที่สีขาวที่อยู่ห่างออกไปมากที่สุดในแต่ละแกน

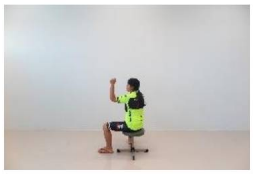
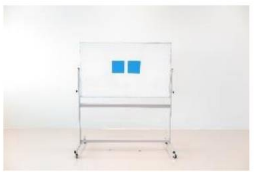
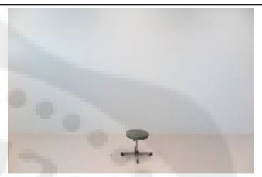
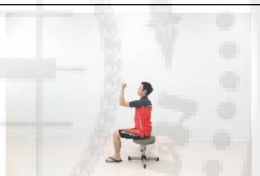
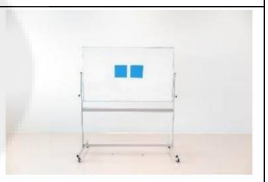
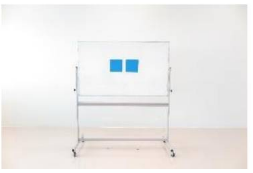
จากตารางที่ 4.10 เป็นผลลัพธ์จากการหาค่าระยะพิกเซลจากการหาฮิตโตแกรมมาและการพลอตตำแหน่ง ตำแหน่งที่พลอตจะเป็นตำแหน่งสำหรับจุดต้นและจุดปลายในการวัดความยาวของแต่ละสัดส่วน

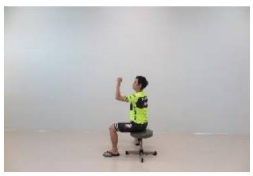
จากตารางที่ 4.11 เป็นภาพผลลัพธ์ที่โปรแกรมหาขนาดความยาวและความกว้างส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

ตารางที่ 4.6 ภาพอินพุทของโปรแกรม ตัวอย่าง 3 คน จากทั้งหมด 29 คน โดยหนึ่งคนจะมีชุด 3 สีที่ต่างกัน

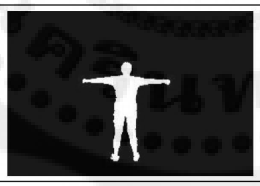
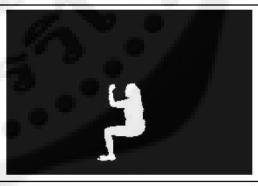
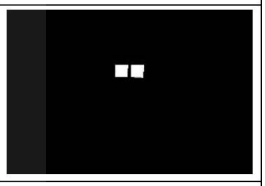
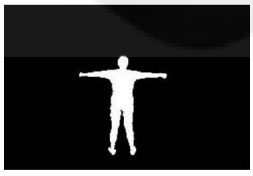
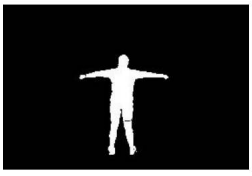
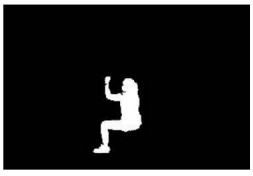
คนที่	สีชุด	ภาพอินพุท		
ก	สีแดง	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
				
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง
	สีเหลือง	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง

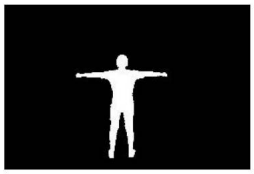
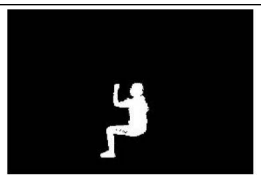
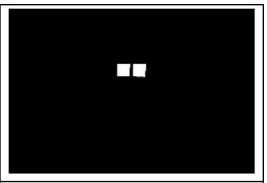
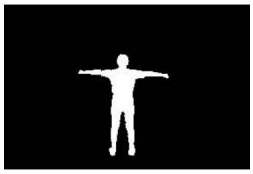
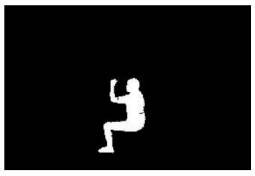
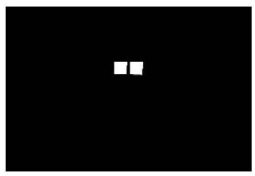
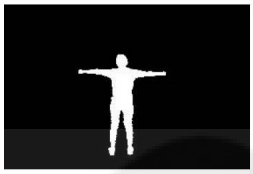
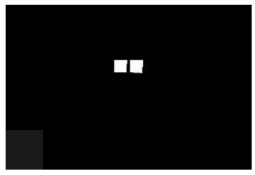
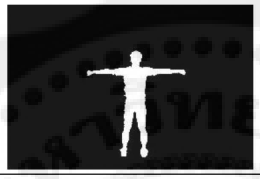
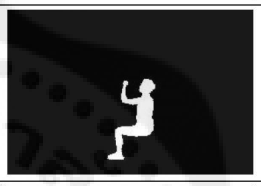
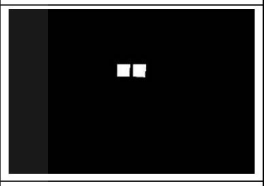
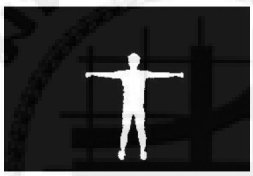
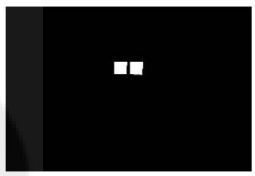
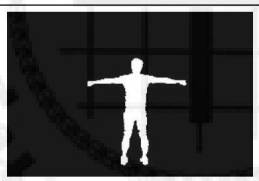
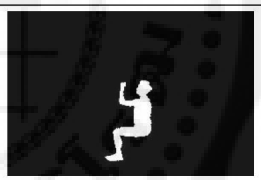
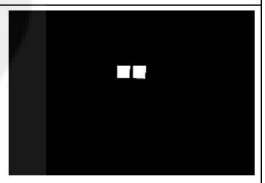
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง
	สีเขียว	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
				
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง
				
ข	สีแดง	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
				
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง
	สีเหลือง	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
				
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง

	สีเขียว	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
				
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง
				
คนที่	สีชุด	ภาพอินพุท		
ค	สีแดง	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
				
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง
	สีเหลือง	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
				
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง

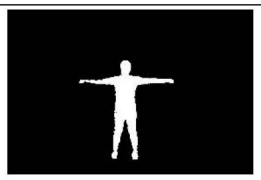
	สีเขียว	ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
				
		พื้นหลังท่ายืน	พื้นหลังท่านั่ง	พื้นหลังจัตุรัสอ้างอิง

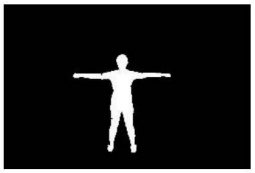
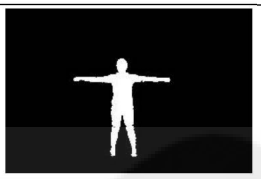
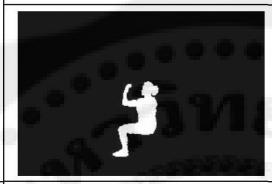
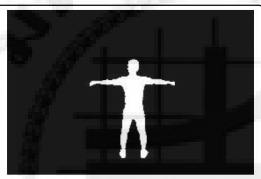
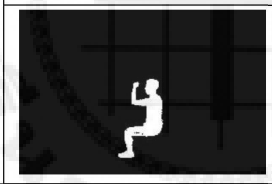
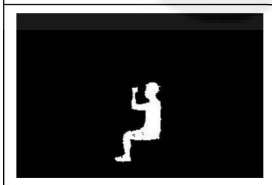
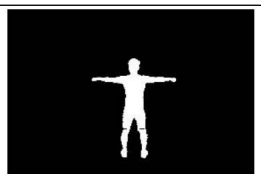
ตารางที่ 4.7 ภาพผลลัพธ์ Graph cut

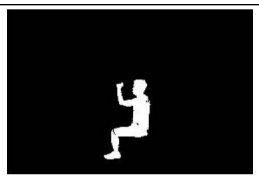
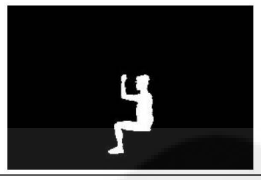
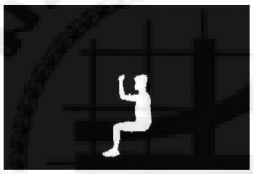
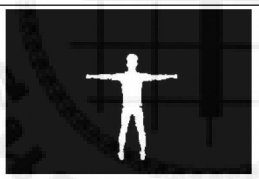
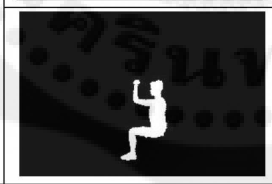
คนที่	สีชุด	ผลลัพธ์จาก Otsu's threshold		
		ท่ายืน	ท่านั่ง	จัตุรัสอ้างอิง
ก	สีแดง			
	สีเหลือง			
	สีเขียว			

ข	สีแดง			
	สีเหลือง			
	สีเขียว			
ค	สีแดง			
	สีเหลือง			
	สีเขียว			

ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์จากการแบ่งจุดกึ่งกลางพื้นที่

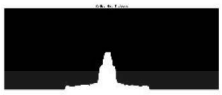
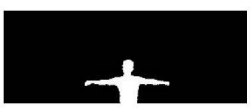
คนที่	สีชุด	ผลลัพธ์จากการแบ่งจุดกึ่งกลางพื้นที่		
		ภาพขาวดำ	ตัวท่อนบน	ตัวท่อนล่าง
ก	สีแดง			

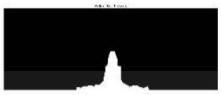
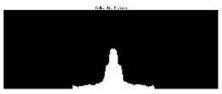
	สีเหลือง			
	สีเขียว			
				
ข	สีแดง			
				
	สีเหลือง			
				
	สีเขียว			

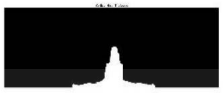
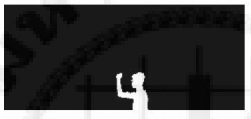
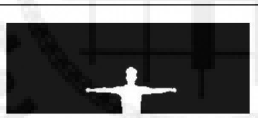
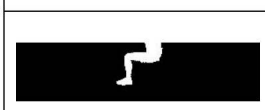
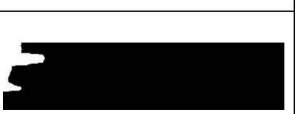
				
ค	สีแดง			
				
	สีเหลือง			
				
	สีเขียว			
				

ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์จากหาค่าฮิตโตแกรมตามแกน

คนที่	สีชุด	ผลลัพธ์จากหาค่าฮิสโตแกรมตามแกน		
		ภาพท่อนบน-ล่าง	Vertical histogram	Horizontal histogram
ก	สีแดง			

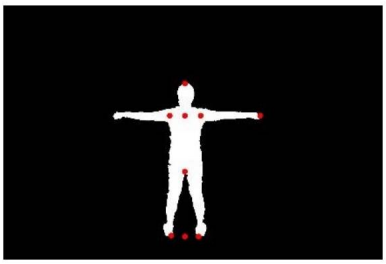
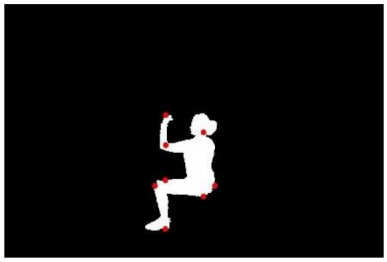
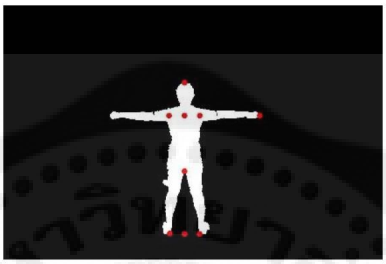
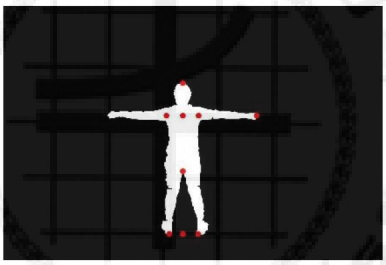
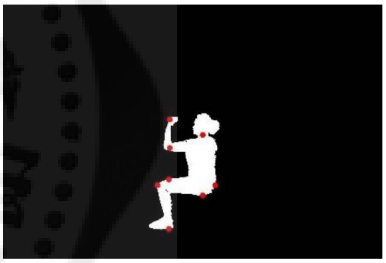
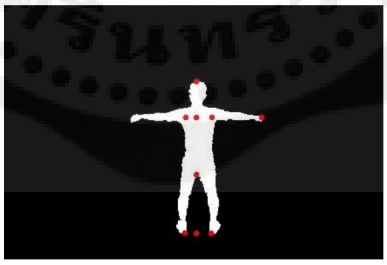
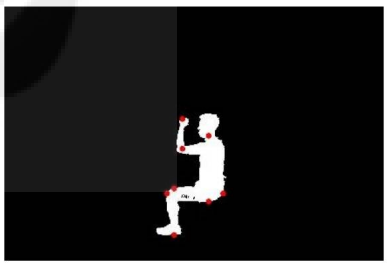
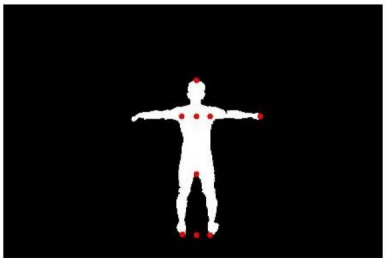
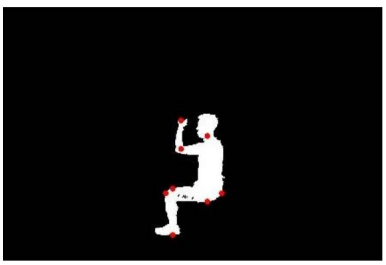
	สีเหลือง			
	สีเขียว			
ข	สีแดง			

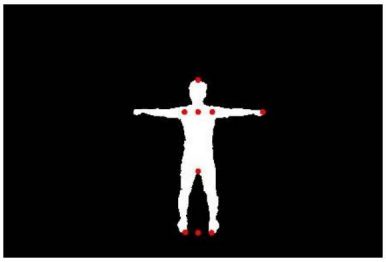
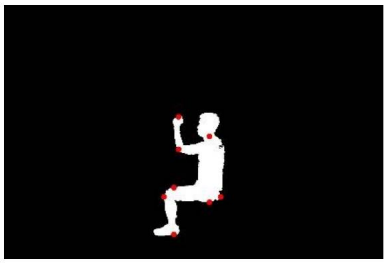
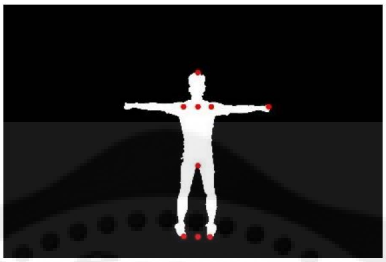
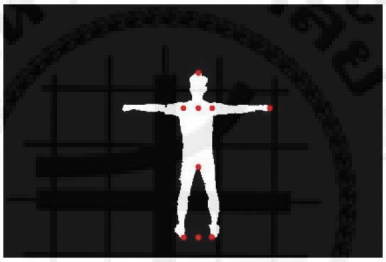
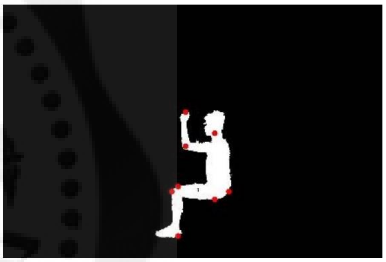
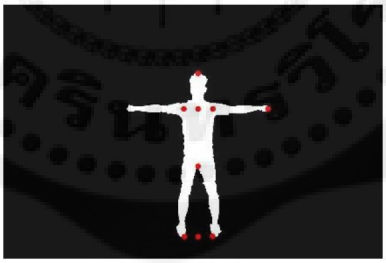
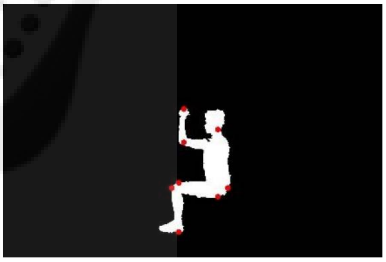
	สีเหลือง			
	สีเขียว			
ค	สีแดง			

	สีเหลือง			
				
				
	สีเขียว			
				

ตารางที่ 4.10 ผลลัพธ์จากหาค่าระยะพิกเซลและพลอตตำแหน่ง

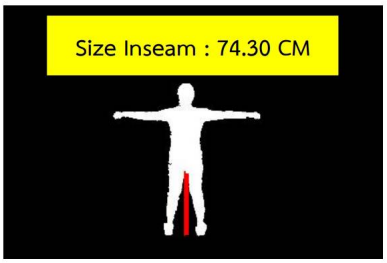
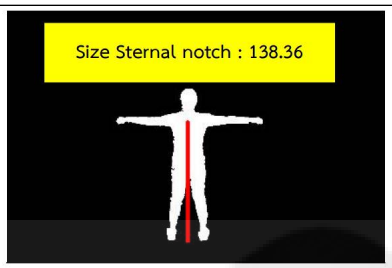
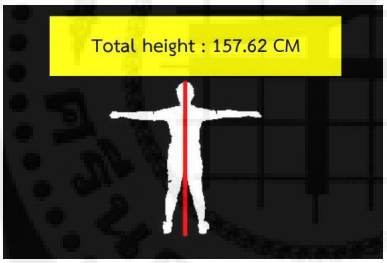
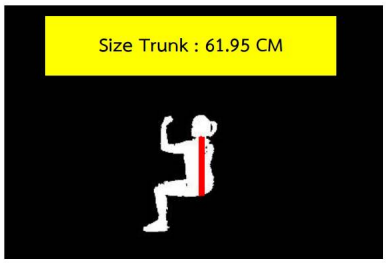
คนที่	สีชุด	ผลลัพธ์จากหาค่าระพิกเซลและพลอตตำแหน่ง

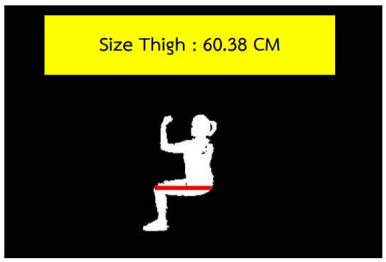
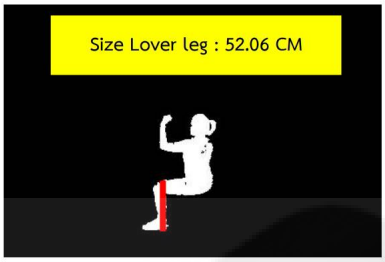
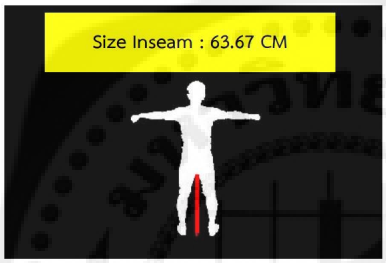
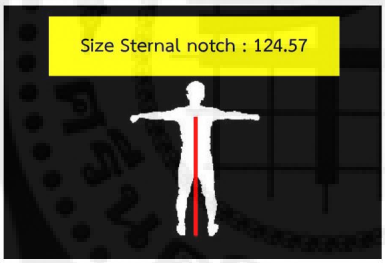
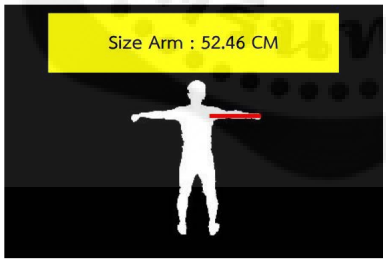
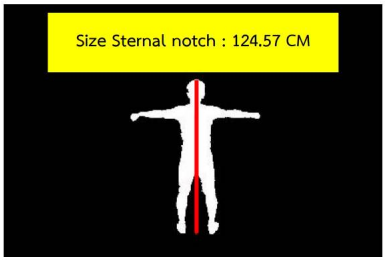
		ท่ายืน	ท่านั่ง
ก	สีแดง		
	สีเหลือง		
	สีเขียว		
ข	สีแดง		
	สีเหลือง		

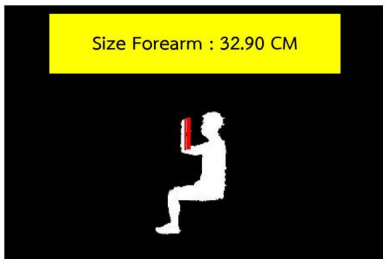
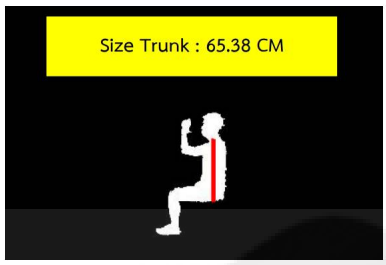
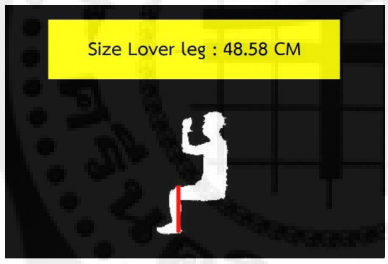
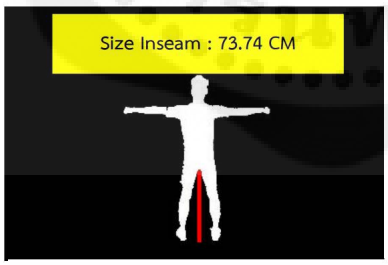
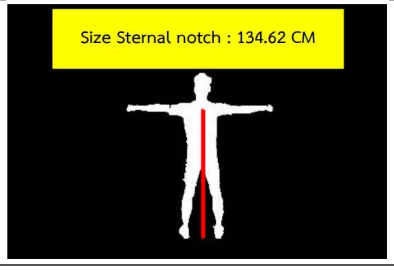
	สีเขียว		
ค	สีแดง		
	สีเหลือง		
	สีเขียว		

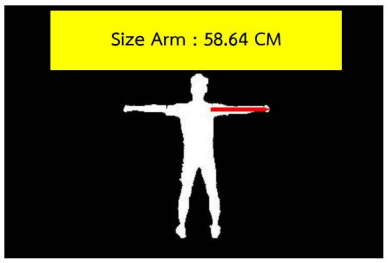
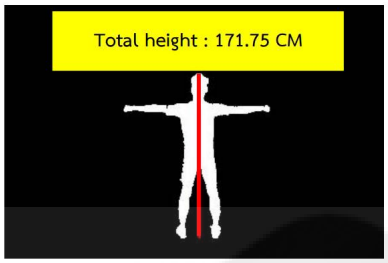
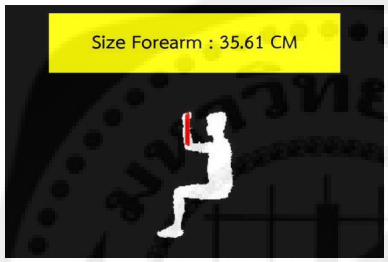
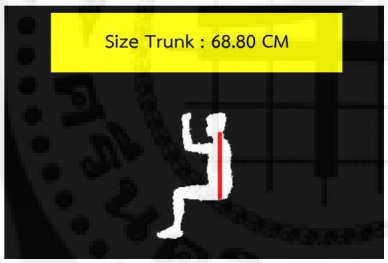
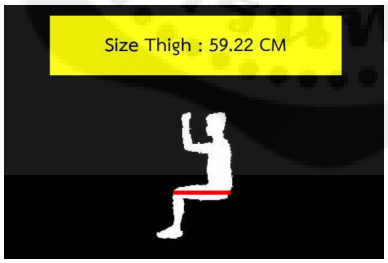
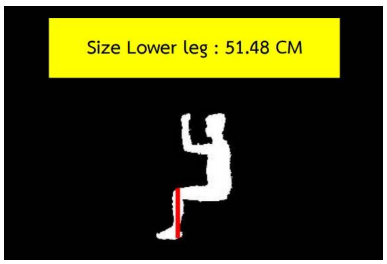
ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์การหาขนาดของร่างกายส่วนต่าง ๆ

ผลการทดลองรูปการณ์วัดขนาดร่างกาย		
คนที่	รูปผลการทดลอง	ตำแหน่ง

ก		Inseam
ก		Sternal notch
ก		Arm
ก		Total height
ก		Forearm
ก		Trunk

ก		Thigh
ก		Lower leg
ข		Inseam
ข		Sternal notch
ข		Arm
ข		Total height

ข		Forearm
ข		Trunk
ข		Thigh
ข		Lower leg
ค		Inseam
ค		Sternal notch

ค		Arm
ค		Total height
ค		Forearm
ค		Trunk
ค		Thigh
ค		Lower leg

4.1.7 ตารางผลการทดลองการขนาดร่างกาย ขนาดท่อ ขนาดจักรยาน และขนาดอุปกรณ์

เป็นตารางผลการทดลองการวัดขาดร่างกายตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อนำไปเข้าสูตรหาขนาดท่ออันเป็นองค์ประกอบของขนาดเฟรมของจักรยานเสือหมอบ เพื่อให้ได้จักรยานเสือหมอบที่เหมาะสมมาและเลือกขนาดอุปกรณ์ในการฟิตติ้งให้จักรยานพอดีกับร่างกายผู้ขับขี่

จากตารางที่ 4.12 เป็นผลลัพธ์ขนาดสัดส่วนร่างกายต่าง ๆ ทั้งหมด 9 ตำแหน่ง และตำแหน่งที่คิดคำนวณจากข้อมูล (Torso) 1 ตำแหน่ง รวมเป็น 10 ตำแหน่ง โดยจะมีผลลัพธ์ที่วัดจากรูปและวัดจากค่าวัดจริงเปรียบเทียบกัน

จากตารางที่ 4.13 เป็นตารางผลลัพธ์การคำนวณขนาดท่อจักรยานจากสูตรดังที่กล่าวในบทที่ 3 สมการที่ 3.2-3.9 โดยคำนวณจากค่าสัดส่วนที่วัดจากรูปและจากค่าวัดจริง

จากตารางที่ 4.14 เป็นตารางแสดงผลลัพธ์ขนาดเฟรมจักรยานตามแบรนด์ทั้ง 7 แบรนด์ ที่เกิดจากโปรแกรมเลือก โดยจะแสดงเป็นไซส์ตั้งแต่ XXS,XS,S,M,ML,L,XL,XXL และ XXXL เรียงจากไซส์เล็กไปไซส์ใหญ่ โดยจะเปรียบเทียบระหว่างสีชุดทั้งสามชุด และเปรียบเทียบระหว่างคำนวณจากค่าวัดจากรูปและค่าวัดจริง

จากตารางที่ 4.15 เป็นตารางแสดงผลลัพธ์ขนาดเฟรมของจักรยานตามแบรนด์ทั้ง 7 แบรนด์ ที่เกิดจากโปรแกรมเลือกและใช้เงื่อนไขการเลือกเฟรมจักรยานขนาดเล็ก โดยจะแสดงเป็นไซส์ตั้งแต่ XXS,XS,S,M,ML,L,XL,XXL และ XXXL เรียงจากไซส์เล็กไปไซส์ใหญ่ โดยจะเปรียบเทียบระหว่างสีชุดทั้งสามชุด และเปรียบเทียบระหว่างคำนวณจากค่าวัดจากรูปและค่าวัดจริง

จากตารางที่ 4.17 เป็นตารางแสดงผลลัพธ์การคำนวณอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบในการฟิตติ้งจักรยานเสือหมอบ โดยมี 3 ส่วนคือความยาวอานนั่ง แขนจานปั่นและคอแฮนด์ โดยจะแยกตามแบรนด์ทั้ง 7 แบรนด์และเปรียบเทียบระหว่างวิธีการแตกแรงและวิธีที่ใช้สูตร Velodynamics และเปรียบเทียบระหว่างค่าวัดจากรูปและค่าวัดจริงว่ามีความตรงกับมากน้อยเท่าใด

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์การหาขนาดของร่างกายส่วนต่าง ๆ

คนที่	สีชุด		ตำแหน่งที่วัด (cm)				
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh

1	สีแดง	ค่าจริง	69.00	75.00	34.00	58.00	66.00
		ค่าโปรแกรม	70.48	74.12	35.25	59.25	67.62
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	56.00	52.00	130.00	177.00
		ค่าโปรแกรม	31.20	54.00	53.12	124.28	175.06
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	69.00	75.00	34.00	58.00	66.00
		ค่าโปรแกรม	73.27	78.99	37.50	59.22	70.58
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	66.00	52.00	130.00	177.00
		ค่าโปรแกรม	30.55	63.00	57.58	135.78	174.16
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	69.00	75.00	34.00	58.00	66.00
		ค่าโปรแกรม	66.18	75.89	32.90	59.22	66.76
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	61.00	52.00	130.00	177.00
		ค่าโปรแกรม	29.02	60.80	51.47	126.26	181.00
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
2	สีแดง	ค่าจริง	74.00	69.00	36.00	61.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	72.71	67.84	37.50	62.28	62.02
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	55.00	54.00	129.00	168.00
		ค่าโปรแกรม	28.27	57.30	52.25	130.00	168.25

	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	74.00	69.00	36.00	61.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	72.41	70.09	37.56	58.82	61.72
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	55.00	54.00	129.00	168.00
		ค่าโปรแกรม	32.59	56.06	56.34	128.47	166.81
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	74.00	69.00	36.00	61.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	74.25	70.10	34.70	59.00	59.36
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	55.00	54.00	129.00	168.00
		ค่าโปรแกรม	29.86	56.25	53.46	130.50	168.74
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
3	สีแดง	ค่าจริง	75.00	67.00	36.00	60.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	74.00	68.27	35.43	61.12	60.23
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	54.00	51.00	129.00	168.00
		ค่าโปรแกรม	31.86	56.13	50.53	130.13	169.20
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	75.00	67.00	36.00	60.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	73.85	67.09	34.26	58.40	60.99
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	54.00	51.00	129.00	168.00

		ค่าโปรแกรม	32.42	55.35	51.78	131.20	167.81
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	75.00	67.00	36.00	60.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	74.00	68.27	35.43	61.12	60.23
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	54.00	51.00	129.00	168.00
		ค่าโปรแกรม	31.86	56.13	50.53	130.13	169.20
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
4	สีแดง	ค่าจริง	69.00	65.00	35.00	56.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	67.55	64.00	34.73	58.27	61.44
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	37.00	59.00	51.00	124.00	158.00
		ค่าโปรแกรม	36.64	58.69	53.66	126.24	161.13
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	69.00	65.00	35.00	56.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	67.00	67.32	35.77	57.60	61.00
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	37.00	55.00	51.00	124.00	158.00
		ค่าโปรแกรม	36.42	58.26	51.73	125.26	159.61
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	69.00	65.00	35.00	56.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	68.19	62.67	37.60	58.27	62.40
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height

		ค่าจริง	37.00	55.00	51.00	124.00	158.00
		ค่าโปรแกรม	36.42	57.5	52.12	125.71	160.11
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
5	สีแดง	ค่าจริง	68.00	66.00	33.00	60.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	69.47	69.73	30.57	59.99	63.47
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	59.00	51.00	127.00	161.00
		ค่าโปรแกรม	29.80	58.14	50.00	127.61	161.09
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	68.00	66.00	33.00	60.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	67.93	68.00	32.70	61.73	60.96
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	59.00	51.00	127.00	161.00
		ค่าโปรแกรม	30.77	58.66	49.00	126.59	160.07
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	68.00	66.00	33.00	60.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	66.38	64.36	34.62	61.15	62.31
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	59.00	51.00	127.00	161.00
		ค่าโปรแกรม	32.70	58.62	49.00	125.00	159.62
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
6	สีแดง	ค่าจริง	67.00	62.00	30.00	52.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	68.89	63.07	28.64	54.18	60.57

			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	59.00	52.00	126.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	34.06	56.62	57.80	125.52	160.74
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	67.00	62.00	30.00	52.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	65.02	63.56	30.77	51.60	62.12
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	59.00	52.00	126.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	33.28	59.55	48.38	124.58	157.48
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	67.00	62.00	30.00	52.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	71.41	63.90	30.38	50.00	63.09
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	59.00	52.00	126.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	30.77	59.14	51.67	130.56	163.07
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
7	สีแดง	ค่าจริง	72.00	65.00	31.00	59.00	63.00
		ค่าโปรแกรม	70.83	66.55	30.57	59.60	63.86
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	58.00	52.00	130.00	163.00
		ค่าโปรแกรม	31.35	59.71	50.12	130.54	161.90
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	72.00	65.00	31.00	59.00	63.00

		ค่าโปรแกรม	72.38	68.84	30.19	56.89	62.51
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	58.00	52.00	130.00	163.00
		ค่าโปรแกรม	31.70	59.72	50.51	132.10	162.67
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	72.00	65.00	31.00	59.00	63.00
		ค่าโปรแกรม	74.31	67.15	28.64	60.18	64.83
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	58.00	52.00	130.00	163.00
		ค่าโปรแกรม	33.09	58.06	50.00	132.37	164.11
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
8	สีแดง	ค่าจริง	71.00	72.00	32.00	60.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	72.18	73.44	30.90	59.60	65.80
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	64.00	53.00	135.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	31.35	65.11	51.86	137.29	171.16
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	71.00	72.00	32.00	60.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	69.09	74.23	30.57	59.02	66.00
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	61.75	53.00	135.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	32.00	60.66	52.25	132.75	168.46
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh

		ค่าจริง	71.00	72.00	32.00	60.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	71.02	72.55	33.67	60.18	67.54
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	64.00	53.00	135.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	33.86	63.69	53.02	134.71	169.74
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
9	สีแดง	ค่าจริง	68.00	62.00	30.00	58.00	58.00
		ค่าโปรแกรม	67.73	62.62	30.90	59.00	58.05
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	56.00	49.00	124.00	156.00
		ค่าโปรแกรม	30.77	57.13	49.73	124.86	157.38
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	68.00	62.00	30.00	58.00	58.00
		ค่าโปรแกรม	69.86	64.81	29.61	57.09	59.41
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	56.00	49.00	124.00	156.00
		ค่าโปรแกรม	30.57	55.75	49.35	125.61	156.00
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	68.00	62.00	30.00	58.00	58.00
		ค่าโปรแกรม	69.28	61.57	29.80	56.31	59.60
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	56.00	49.00	124.00	156.00
		ค่าโปรแกรม	31.15	55.91	48.77	125.20	157.50

			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
10	สีแดง	ค่าจริง	65.00	65.00	33.00	59.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	63.67	64.12	30.38	62.12	62.51
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	35.00	60.00	51.00	125.00	158.00
		ค่าโปรแกรม	32.32	62.18	50.89	125.85	159.00
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	65.00	65.00	33.00	59.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	65.22	64.32	32.51	61.93	60.38
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	35.00	59.78	51.00	125.00	158.00
		ค่าโปรแกรม	32.90	58.34	52.06	123.56	157.62
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	65.00	65.00	33.00	59.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	65.41	62.87	29.80	60.57	60.00
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	35.00	60.00	51.00	125.00	158.00
		ค่าโปรแกรม	33.28	58.24	51.28	123.66	157.14
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
11	สีแดง	ค่าจริง	65.00	67.00	32.00	54.00	55.00
		ค่าโปรแกรม	61.90	68.40	30.90	51.60	58.64
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	59.00	49.00	124.00	160.00

		ค่าโปรแกรม	27.48	58.90	48.38	120.83	158.18
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	65.00	67.00	32.00	54.00	55.00
		ค่าโปรแกรม	63.67	65.40	31.73	52.25	58.25
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	59.00	49.00	124.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	29.61	61.17	48.50	124.80	161.62
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	65.00	67.00	32.00	54.00	55.00
		ค่าโปรแกรม	64.25	68.63	30.77	52.64	59.00
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	59.00	49.00	124.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	29.41	61.48	48.77	125.00	159.60
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
12	สีแดง	ค่าจริง	75.00	68.00	36.00	58.00	59.00
		ค่าโปรแกรม	74.31	68.48	36.77	59.99	60.96
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	60.00	52.00	135.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	28.83	61.63	51.67	135.94	171.75
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	75.00	68.00	36.00	58.00	59.00
		ค่าโปรแกรม	73.73	68.87	33.28	58.64	59.22
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height

		ค่าจริง	31.00	60.00	52.00	135.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	29.99	61.02	51.49	134.75	171.90
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	75.00	68.00	36.00	58.00	59.00
		ค่าโปรแกรม	73.34	70.41	34.64	57.47	58.64
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	60.00	52.00	135.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	30.38	59.73	51.47	133.08	170.00
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
13	สีแดง	ค่าจริง	72.00	65.00	33.00	57.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	74.31	60.06	32.12	59.41	62.89
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	60.00	50.00	132.00	168.00
		ค่าโปรแกรม	33.09	64.42	50.31	138.73	167.90
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	72.00	65.00	33.00	57.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	72.38	67.45	31.35	57.09	67.34
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	60.00	50.00	132.00	168.00
		ค่าโปรแกรม	32.12	59.97	50.12	132.35	168.35
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	72.00	65.00	33.00	57.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	71.80	62.45	33.60	56.89	64.80

			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	60.00	50.00	132.00	168.00
		ค่าโปรแกรม	33.09	63.85	50.20	135.60	168.16
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
14	สีแดง	ค่าจริง	65.00	66.00	28.00	52.00	57.00
		ค่าโปรแกรม	66.38	65.38	27.86	52.25	57.67
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	26.00	60.00	47.00	125.00	152.00
		ค่าโปรแกรม	25.73	58.70	46.06	125.08	152.56
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	65.00	66.00	28.00	52.00	57.00
		ค่าโปรแกรม	65.99	67.27	29.22	52.83	58.05
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	26.00	60.00	47.00	125.00	152.00
		ค่าโปรแกรม	26.90	58.23	47.02	124.22	152.67
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	65.00	66.00	28.00	52.00	57.00
		ค่าโปรแกรม	63.28	66.26	27.67	51.09	55.15
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	26.00	60.00	47.00	125.00	152.00
		ค่าโปรแกรม	27.48	61.55	49.93	124.84	152.51
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
15	สีแดง	ค่าจริง	68.00	66.00	30.00	62.00	60.00

		ค่าโปรแกรม	69.80	65.94	29.99	62.44	62.31
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	51.00	130.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	33.09	59.45	51.28	129.32	157.19
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	68.00	66.00	30.00	62.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	67.54	66.54	31.54	61.60	61.15
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	51.00	130.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	33.28	63.50	52.06	131.04	157.36
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	68.00	66.00	30.00	62.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	67.23	65.46	32.66	61.51	58.26
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	51.00	130.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	32.09	63.93	50.24	127.16	157.53
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
16	สีแดง	ค่าจริง	70.00	69.00	30.00	56.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	72.38	68.45	28.26	54.38	64.45
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	35.00	60.00	52.00	130.00	161.00
		ค่าโปรแกรม	35.61	56.42	52.06	128.43	159.00
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh

		ค่าจริง	70.00	69.00	30.00	56.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	69.09	73.54	30.58	56.31	64.83
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	35.00	60.00	52.00	130.00	161.00
		ค่าโปรแกรม	36.00	57.92	51.29	127.00	160.69
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	70.00	69.00	30.00	56.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	68.57	68.49	33.00	54.96	65.06
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	35.00	60.00	52.00	130.00	161.00
		ค่าโปรแกรม	36.38	57.38	51.47	128.00	158.00
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
17	สีแดง	ค่าจริง	73.00	64.00	34.00	54.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	73.54	64.70	33.09	55.54	63.47
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	58.00	52.00	131.00	162.00
		ค่าโปรแกรม	32.70	60.08	50.31	133.63	162.78
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	73.00	65.00	34.00	54.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	71.22	63.41	33.48	53.60	65.41
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	58.00	50.00	131.00	162.00
		ค่าโปรแกรม	33.09	61.09	48.96	132.31	162.89

	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	73.00	65.00	34.00	54.00	65.00
		ค่าโปรแกรม	72.38	67.65	34.35	53.60	65.41
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	58.00	50.00	131.00	162.00
		ค่าโปรแกรม	34.06	60.52	49.54	132.90	162.71
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
18	สีแดง	ค่าจริง	63.00	65.00	34.00	58.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	64.64	67.37	33.86	59.60	64.05
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	65.00	50.00	128.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	31.54	61.78	48.96	126.42	161.26
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	63.00	65.00	34.00	58.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	64.83	65.30	30.38	61.93	63.86
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	65.00	50.00	128.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	33.28	64.45	50.70	129.29	160.00
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	63.00	65.00	34.00	58.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	63.47	65.28	33.67	56.31	65.02
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	65.00	50.00	128.00	160.00

		ค่าโปรแกรม	33.28	64.65	49.73	128.13	159.48
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
19	สีแดง	ค่าจริง	72.00	68.00	34.00	63.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	73.34	69.58	32.90	64.83	64.15
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	63.00	53.00	135.00	169.00
		ค่าโปรแกรม	31.73	62.28	52.64	136.63	170.00
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	72.00	68.00	34.00	63.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	72.57	65.97	34.25	63.28	60.18
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	63.00	53.00	135.00	169.00
		ค่าโปรแกรม	31.35	64.14	52.44	136.71	170.00
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	72.00	68.00	34.00	63.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	72.00	66.88	33.28	64.83	60.38
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	67.00	53.00	135.00	169.00
		ค่าโปรแกรม	32.32	61.09	52.25	133.08	170.00
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
20	สีแดง	ค่าจริง	73.00	67.00	33.00	56.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	75.09	67.53	30.19	57.86	62.70
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height

		ค่าจริง	30.00	59.00	50.00	132.00	164
		ค่าโปรแกรม	31.93	60.32	51.09	135.41	165.99
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	73.00	67.00	33.00	56.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	73.15	66.13	34.06	58.83	64.44
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	59.00	50.00	132.00	164
		ค่าโปรแกรม	32.32	59.42	50.13	132.58	165.09
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	73.00	67.00	33.00	56.00	64.00
		ค่าโปรแกรม	72.57	63.99	30.57	54.00	63.09
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	30.00	59.00	50.00	132.00	164
		ค่าโปรแกรม	30.77	57.97	51.67	130.55	163.06
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
21	สีแดง	ค่าจริง	70.00	67.00	32.00	61.00	66.00
		ค่าโปรแกรม	72.18	68.53	34.25	64.63	65.99
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	52.00	132.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	32.51	60.19	53.22	132.38	170.70
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	70.00	67.00	32.00	61.00	66.00
		ค่าโปรแกรม	70.83	69.39	31.54	60.70	64.83

			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	52.00	132.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	33.09	62.69	51.67	133.52	169.52
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	70.00	67.00	32.00	61.00	66.00
		ค่าโปรแกรม	70.83	66.70	31.50	63.60	66.30
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	52.00	132.00	170.00
		ค่าโปรแกรม	33.80	64.10	52.20	134.00	169.97
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
22	สีแดง	ค่าจริง	71.00	75.00	37.00	61.00	66.00
		ค่าโปรแกรม	71.80	75.07	35.02	61.73	67.15
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	63.00	54.00	134.00	174.00
		ค่าโปรแกรม	31.15	64.53	52.64	136.33	171.36
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	71.00	75.00	37.00	61.00	66.00
		ค่าโปรแกรม	73.73	75.46	37.35	61.73	66.50
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	63.00	54.00	134.00	174.00
		ค่าโปรแกรม	31.90	59.10	54.38	132.84	175.54
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	71.00	75.00	37.00	61.00	66.00

		ค่าโปรแกรม	70.25	75.50	35.80	60.57	66.70
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	63.00	54.00	134.00	174.00
		ค่าโปรแกรม	32.90	66.50	54.90	136.82	172.60
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
23	สีแดง	ค่าจริง	70.00	62.00	30.00	56.00	62.00
		ค่าโปรแกรม	71.31	61.39	29.09	56.69	62.56
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	61.00	52.00	131.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	31.56	58.79	50.58	130.11	162.05
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	70.00	62.00	30.00	56.00	62.00
		ค่าโปรแกรม	70.74	60.97	29.47	58.76	62.94
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	61.00	52.00	131.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	30.90	57.49	50.96	128.23	160.56
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	70.00	62.00	30.00	56.00	62.00
		ค่าโปรแกรม	72.07	63.05	28.14	55.14	63.32
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	61.00	52.00	131.00	160.00
		ค่าโปรแกรม	33.00	60.04	50.20	132.11	160.82
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh

24	สีแดง	ค่าจริง	73.00	65.00	31.00	54.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	71.69	63.08	30.23	55.90	59.71
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	28.00	52.00	50.00	125.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	27.95	52.36	48.30	124.05	156.00
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	73.00	65.00	31.00	54.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	73.21	64.14	31.56	53.62	59.14
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	28.00	52.00	50.00	125.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	28.14	53.98	48.68	127.20	159.15
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	73.00	65.00	31.00	54.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	72.26	63.22	28.71	55.90	60.09
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	28.00	52.00	50.00	125.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	29.09	52.78	48.49	125.04	157.56
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
25	สีแดง	ค่าจริง	65.00	67.00	31.00	60.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	63.23	65.51	32.66	61.51	58.26
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	64.00	50.00	129.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	32.09	64.05	50.24	127.28	157.66

	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	65.00	67.00	31.00	60.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	67.24	62.44	33.43	59.79	58.26
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	64.00	50.00	129.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	31.09	59.33	50.81	126.58	156.44
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	65.00	67.00	31.00	60.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	65.52	68.00	33.62	58.64	57.88
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	31.00	64.00	50.00	129.00	157.00
		ค่าโปรแกรม	32.28	61.49	49.09	127.01	157.00
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
26	สีแดง	ค่าจริง	68.00	60.00	33.00	56.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	68.58	61.50	31.71	55.97	61.32
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	29.00	56.00	46.00	124.00	154.00
		ค่าโปรแกรม	29.41	55.59	46.80	124.17	154.55
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	68.00	60.00	33.00	56.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	69.72	61.07	32.28	57.69	59.79
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	29.00	56.00	46.00	124.00	154.00

		ค่าโปรแกรม	27.70	57.09	43.37	126.82	155.66
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	68.00	60.00	33.00	56.00	60.00
		ค่าโปรแกรม	68.77	60.04	33.24	56.90	59.22
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	29.00	56.00	46.00	124.00	154.00
		ค่าโปรแกรม	29.22	55.36	48.33	124.13	153.90
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
27	สีแดง	ค่าจริง	64.00	59.00	25.00	48.00	52.00
		ค่าโปรแกรม	62.31	62.68	25.45	48.44	53.76
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	28.00	54.00	46.00	118.00	147.00
		ค่าโปรแกรม	28.87	57.74	45.21	120.09	146.84
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	64.00	59.00	25.00	48.00	52.00
		ค่าโปรแกรม	64.40	59.35	25.26	49.35	52.24
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	28.00	54.00	46.00	118.00	147.00
		ค่าโปรแกรม	30.20	54.73	45.97	119.14	146.49
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	64.00	59.00	25.00	48.00	52.00
		ค่าโปรแกรม	63.07	56.79	25.64	46.16	51.86
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height

		ค่าจริง	28.00	54.00	46.00	118.00	147.00
		ค่าโปรแกรม	30.58	51.18	47.30	114.18	143.06
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
28	สีแดง	ค่าจริง	70.00	66.00	32.00	67.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	69.15	70.23	32.67	70.23	61.93
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	58.00	52.00	128.00	163.00
		ค่าโปรแกรม	30.96	60.07	51.86	129.22	162.08
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	70.00	66.00	32.00	67.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	69.15	65.55	32.86	65.55	61.74
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	58.00	52.00	128.00	163.00
		ค่าโปรแกรม	31.91	58.71	51.67	127.86	162.24
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	70.00	66.00	32.00	67.00	61.00
		ค่าโปรแกรม	65.92	66.87	32.48	66.87	62.12
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	32.00	58.00	52.00	128.00	163.00
		ค่าโปรแกรม	32.29	62.89	49.77	128.81	161.68
			Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
29	สีแดง	ค่าจริง	76.00	64.00	35.00	63.00	63.00
		ค่าโปรแกรม	76.78	64.72	33.00	65.92	63.59

			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	53.00	138.00	175.00
		ค่าโปรแกรม	33.54	66.55	51.18	141.38	176.32
	สีเหลือง		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	76.00	64.00	35.00	63.00	63.00
		ค่าโปรแกรม	73.67	66.24	32.76	65.53	64.17
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	53.00	138.00	175.00
		ค่าโปรแกรม	33.73	66.43	51.18	140.00	174.24
	สีเขียว		Inseam	Trunk	Forearm	Arm	Thigh
		ค่าจริง	76.00	64.00	35.00	63.00	63.00
		ค่าโปรแกรม	74.60	64.82	34.12	60.80	60.30
			Shoulder	Torso	Lower leg	Sternal notch	Total height
		ค่าจริง	33.00	62.00	53.00	138.00	175.00
		ค่าโปรแกรม	33.73	63.82	53.32	138.46	176.00

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์การคำนวณขนาดท่อจักรยาน

ขนาดท่อจากการคำควณในโปรแกรม หน่วยเซนติเมตร									
คนที่		STL	TTL	SE	CL	SH	SSB	SHD	HD
1	ค่าจริง	44.85	57.46	13.96	14.00	60.03	12.54	7.25	31.00
	ค่าโปรแกรม	45.48	55.29	14.23	14.20	60.87	12.98	7.40	30.25
2	ค่าจริง	48.10	56.53	13.65	15.02	64.38	11.40	7.62	31.00
	ค่าโปรแกรม	47.52	56.26	13.58	14.84	63.61	11.59	7.50	30.24
3	ค่าจริง	48.75	56.29	13.33	15.22	65.25	11.59	7.50	33.00

	ค่าโปรแกรม	48.06	55.77	13.44	15.01	64.33	11.49	7.52	32.04
4	ค่าจริง	44.85	56.35	12.60	14.00	60.03	11.40	7.00	37.00
	ค่าโปรแกรม	43.93	53.83	12.89	13.71	58.79	11.70	7.25	36.49
5	ค่าจริง	44.20	57.91	13.23	13.80	59.16	11.40	6.37	31.00
	ค่าโปรแกรม	44.14	57.71	13.47	13.78	59.09	11.82	7.61	31.09
6	ค่าจริง	43.55	54.29	12.70	13.60	58.29	11.59	6.50	33.00
	ค่าโปรแกรม	44.50	58.68	12.97	13.89	59.56	11.76	6.49	32.70
7	ค่าจริง	46.80	57.25	13.02	14.61	62.64	11.97	7.37	31.00
	ค่าโปรแกรม	47.12	56.74	13.27	14.71	63.07	12.23	7.36	32.04
8	ค่าจริง	46.15	60.14	13.96	14.41	61.77	12.35	7.50	32.00
	ค่าโปรแกรม	46.00	59.53	13.96	14.36	61.56	12.62	7.45	32.40
9	ค่าจริง	44.20	55.15	12.60	13.80	59.16	11.02	7.25	30.00
	ค่าโปรแกรม	44.81	55.29	12.64	13.99	59.98	11.21	7.18	30.83
10	ค่าจริง	42.25	58.74	13.02	12.18	56.55	11.59	7.37	35.00
	ค่าโปรแกรม	42.09	57.71	12.95	13.14	56.34	11.58	7.69	32.83
11	ค่าจริง	42.25	54.64	12.70	13.19	56.55	10.45	6.75	31.00
	ค่าโปรแกรม	41.12	56.26	12.56	12.84	55.04	11.13	6.52	28.83
12	ค่าจริง	48.75	57.95	13.23	15.22	65.25	11.21	7.25	31.00
	ค่าโปรแกรม	47.96	57.23	13.43	14.97	64.19	11.32	7.33	29.73
13	ค่าจริง	46.80	58.45	13.15	14.61	62.64	12.35	7.12	32.00
	ค่าโปรแกรม	47.33	56.74	13.23	14.78	63.36	12.35	7.21	32.76
14	ค่าจริง	42.25	50.21	13.23	13.19	56.55	10.83	6.50	26.00
	ค่าโปรแกรม	42.38	54.32	12.68	13.23	56.73	10.82	6.50	26.70
15	ค่าจริง	44.20	60.19	13.44	13.80	59.16	11.40	7.75	33.00
	ค่าโปรแกรม	44.32	60.41	13.46	13.84	59.32	11.50	7.73	32.82

16	ค่าจริง	45.50	54.53	13.12	14.21	60.90	12.16	7.00	35.00
	ค่าโปรแกรม	45.50	56.26	13.16	14.21	60.96	12.30	6.90	35.99
17	ค่าจริง	47.45	55.67	12.39	14.81	63.51	12.35	6.75	32.00
	ค่าโปรแกรม	47.04	54.32	12.53	14.69	62.97	12.30	6.78	33.28
18	ค่าจริง	40.95	59.60	12.81	12.78	54.81	12.16	7.25	31.00
	ค่าโปรแกรม	41.80	59.65	13.07	13.05	55.94	12.16	7.40	32.69
19	ค่าจริง	46.80	61.50	13.75	14.61	62.64	11.40	7.87	32.00
	ค่าโปรแกรม	47.21	61.11	13.85	14.74	63.19	11.69	8.03	31.80
20	ค่าจริง	47.45	56.31	12.91	14.81	63.51	10.24	7.00	30.00
	ค่าโปรแกรม	47.84	55.77	12.89	14.94	64.03	12.48	7.11	31.67
21	ค่าจริง	45.50	60.76	13.44	14.21	60.90	12.54	7.62	33.00
	ค่าโปรแกรม	46.33	59.65	13.77	14.46	62.01	12.48	7.87	33.19
22	ค่าจริง	46.15	60.48	14.49	14.41	61.77	12.54	7.62	31.00
	ค่าโปรแกรม	46.74	60.14	14.56	14.59	62.57	12.68	7.66	31.98
23	ค่าจริง	45.50	56.07	12.91	14.21	60.90	11.78	7.00	31.00
	ค่าโปรแกรม	46.39	56.74	12.65	14.47	62.09	11.95	7.10	31.82
24	ค่าจริง	47.45	52.47	12.49	14.81	63.51	11.40	6.75	28.00
	ค่าโปรแกรม	47.04	51.41	12.45	14.69	62.97	11.33	6.89	28.39
25	ค่าจริง	42.25	58.97	13.33	13.19	56.55	11.40	7.50	31.00
	ค่าโปรแกรม	42.46	60.41	13.15	13.26	56.83	11.04	7.49	31.82
26	ค่าจริง	44.20	54.60	12.18	13.80	59.16	11.40	7.00	29.00
	ค่าโปรแกรม	44.86	54.32	12.33	14.01	60.04	11.42	7.44	28.77
27	ค่าจริง	41.60	49.72	11.23	12.99	55.68	9.88	6.00	28.00
	ค่าโปรแกรม	41.12	49.47	11.37	12.84	55.03	9.99	5.99	29.00
28	ค่าจริง	45.50	57.12	13.96	14.41	60.90	11.59	8.37	32.00

	ค่าโปรแกรม	44.24	56.62	14.18	13.81	59.22	11.76	8.44	31.72
29	ค่าจริง	49.40	62.89	13.33	15.42	66.12	11.97	7.87	33.00
	ค่าโปรแกรม	48.75	60.62	13.58	15.22	65.25	11.90	8.01	33.66

คำย่อ STL : Seat tube length

TTL : Top tube length

STA : Seat tube angle

SE : Stem extension

CL : Crankarm length

SH : Saddle height

SSB : Saddle set-back

SHD : Saddle-handbar difference

HD : Handlebar

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์การหาขนาดของเฟรมจักรยานตามแบรนด์ โดยอ้างอิงขนาดเฟรมของแต่ละแบรนด์จากการทดลองที่ 3

คนที่	สีชุด		ไซส์จักรยาน Road Bike (XXS,XS,S,M,ML,L,XL,XXL,XXXL)						
			Giant	Merida	Scott	Jamis	Trek	Cannondale	Ritchey
1	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	ML	M	L	XL	L	M	L
		ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	M	M	L	M	ML	M	L
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	L	L	L	ML	L	ML	ML
2	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	ML	M	M	M
		ค่าโปรแกรม	L	ML	XL	L	L	ML	ML
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	M	ML	M	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	L	XL	L	XL	XL	XL
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	ML	M	M	M
		ค่าโปรแกรม	XL	M	M	L	XL	XL	XL
3	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	M	M	M	M
		ค่าโปรแกรม	L	XL	XL	L	XL	L	XL
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	M	M	M	M	M
		ค่าโปรแกรม	XL	L	XL	L	XL	XL	XL
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	M	M	M	M
		ค่าโปรแกรม	L	L	XL	L	XL	XL	XL
4	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	XS	XS	XS
		ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	ML	S	S	S
5	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	M	S	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	M	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	XS	S	S	S
6	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	XS	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
7	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	XS	L	M	ML	M	M
		ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	S	M	M	L	M	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	S	S
8	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	M	M
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	M	M
9	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
10	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	M	S	S	S
		ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	M	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
11	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	S	S	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	XS	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	S	S	S	S
12	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	M	L	ML	L	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	M	M
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	M	M	L	ML	L	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	S	L	ML	ML	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	M	L	ML	L	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	S	L	ML	ML	M	M
13	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	M	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	S	S
		ค่าวัดจริง	S	S	M	M	M	S	S

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	M	XS	L	M	ML	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	M	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	M	ML	S	S
14	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
15	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	XS	M	ML	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	XS	M	ML	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	XS	M	ML	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
16	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	S	S	S
		ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	S	S	S

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	XS	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	XS	XS	XS	XS
17	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	XS	M	M	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	M	M	M	M
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	XS	M	M	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	M	M	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	XS	M	M	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	M	M	M	M
18	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	M	S	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	ML	M	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
19	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	M	L	L	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	XL	L	ML	M	M
		ค่าวัดจริง	M	M	L	L	ML	M	M

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	M	M	XL	L	ML	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	M	L	L	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	XL	L	ML	M	M
20	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	M	L	L	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	M	M
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	M	M	L	L	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	M	L	L	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	M	M
21	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	XS	M	ML	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	XS	M	ML	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	M	M	L	M	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	XS	M	ML	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	XL	ML	M	S	S
22	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	S	S
		ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	ML	ML	S	S
23	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	S	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	S	S	S
24	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	XS	S	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	XS	S	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	M	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	XS	S	XS	XS
25	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
26	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
27	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	XS	XS	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	XS	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	XS	XS	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	XS	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	XS	XS	XS	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	XS	XS	XS	XS
28	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	S	XS	XS
		ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	S	S

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	S	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	S	L	ML	ML	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	S	XS	XS
29	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	ML	XL	L	L	ML	ML
		ค่าโปรแกรม	ML	XL	XL	XL	XL	XL	XL
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	M	ML	XL	L	L	ML	ML
		ค่าโปรแกรม	ML	XL	XL	XL	XL	XL	XL
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	ML	XL	L	L	ML	ML
		ค่าโปรแกรม	ML	XL	XL	XL	XL	XL	XL

ตารางที่ 4.15 ผลลัพธ์การหาขนาดของเฟรมจักรยานตามแบรนด์โดยเพิ่มเงื่อนไขการเลือกไซส์ขนาดเล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ

คนที่	สีชุด		ไซส์จักรยาน Road Bike (XXS,XS,S,M,ML,L,XL,XXL,XXXL)						
			Giant	Merida	Scott	Jamis	Trek	Cannondale	Ritchey
1	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	L	M	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	ML	ML	XL	XL	L	ML	ML
		ค่าวัดจริง	S	S	L	M	S	S	S

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	S	XS	M	ML	M	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	L	M	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	M	M	XL	L	ML	M	ML
2	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	M	L	M	ML	S	S
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	L	ML	M	M
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	M	M	L	M	ML	S	S
		ค่าโปรแกรม	M	L	XL	L	XL	XL	XL
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	M	L	M	ML	S	S
		ค่าโปรแกรม	L	M	L	L	XL	XL	XL
3	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	M	L	ML	ML	S	S
		ค่าโปรแกรม	L	L	L	L	XL	L	XL
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	M	M	L	ML	ML	S	S
		ค่าโปรแกรม	L	L	L	L	XL	L	XL
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	M	L	ML	ML	S	S
		ค่าโปรแกรม	L	L	XL	L	XL	XL	XL
4	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	S	S	S
		ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
5	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	ML	S	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	XS	L	M	M	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	XS	S	S	S
6	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
7	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	ML	M	S	S
		ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	M	S	L	ML	ML	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	S	L	ML	ML	M	M
8	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	M	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	S	M
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	M	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	S	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	M	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	S	M
9	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	S	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	S	S	S
10	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
		ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
11	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	XS	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	XS	XS	XS	XS
12	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	L	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	XL	L	M	ML	ML
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	M	L	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	M	M	L	M	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	L	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	M	ML	S	M
13	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	M	M
		ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	M	XS	L	M	ML	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	M	ML	S	S
14	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	XS	S	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	XS	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	XS	S	S	XS
15	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	S	L	M	ML	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	S	L	M	ML	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	S	L	M	ML	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
16	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	M	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	S	M	XS	XS
		ค่าวัดจริง	S	S	L	S	M	XS	XS

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	M	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	S	S	S	S
17	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	S	L	ML	S	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	XS	L	ML	ML	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	S	L	ML	S	M	M
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	XS	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	S	L	ML	S	M	M
		ค่าโปรแกรม	XS	S	L	ML	S	M	M
18	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	M	S	XS	XS	XS
19	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	XL	ML	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	ML	ML	L	XL	ML	ML	ML
		ค่าวัดจริง	S	S	XL	ML	M	S	S

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	ML	ML	XL	ML	L	ML	ML
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	XL	ML	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	XL	ML	M	S	S
20	สีแดง	ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	M	L	M	M	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	XS	XS	L	ML	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	S	M	XS	XS
21	สีแดง	ค่าวัดจริง	M	S	L	L	ML	M	ML
		ค่าโปรแกรม	M	XS	L	ML	ML	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	M	S	L	L	ML	M	ML
		ค่าโปรแกรม	M	XS	L	ML	ML	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	M	S	L	L	ML	M	ML
		ค่าโปรแกรม	M	XS	L	ML	ML	S	S
22	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	M	M	L	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	M	M
		ค่าวัดจริง	S	M	M	L	M	S	S

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	ML	M	L	XL	ML	M	M
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	M	M	L	M	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	M	L	M	S	S
23	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	S	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	M	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	S	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	ML	S	XS	ML
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	S	XS	XS
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	S	M	XS	XS
24	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	XS	S	M	XS	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	S	M	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	XS	S	M	XS	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	S	M	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	XS	S	M	XS	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	S	M	XS	XS
25	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	S	S	ML
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	ML	S	S	S
		ค่าวัดจริง	S	S	L	S	S	S	ML

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	M	S	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	L	S	S	S	ML
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	ML	S	S	S
26	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	S	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	XXS	XS	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
27	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	S	M	S	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	XS	XS	XS	XS
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	S	S	M	S	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	XS	XS	XS	XS
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	S	M	S	S	S	S
		ค่าโปรแกรม	XS	XS	XXS	XS	XS	XS	XS
28	สีแดง	ค่าวัดจริง	S	M	M	L	M	M	M
		ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	XS	S	S
		ค่าวัดจริง	S	M	M	L	M	M	M

	สีเหลือง	ค่าโปรแกรม	S	S	L	M	XS	S	S
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	S	M	M	L	M	M	M
		ค่าโปรแกรม	S	S	XXS	XS	S	S	S
29	สีแดง	ค่าวัดจริง	ML	M	L	XL	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	ML	XXL	L	L	L	L
	สีเหลือง	ค่าวัดจริง	ML	M	L	XL	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	ML	XXL	L	L	L	L
	สีเขียว	ค่าวัดจริง	ML	M	L	XL	ML	M	M
		ค่าโปรแกรม	M	ML	XXL	L	L	L	L

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงผลลัพธ์การคำนวณหาความยาวอานนั่ง (Saddle length) แขนจานปั่น (Crank arm) และ คอแฮนด์ (Stem)

โดยที่

ค่าคำนวณคือการใช้ค่าวัดสัดส่วนจากโปรแกรมและสูตรที่ได้มาจากการแตกแรง

ค่าจริงคือการใช้ค่าวัดสัดส่วนจริงและสูตรที่ได้มาจากการแตกแรง

ค่าคำนวณจากสูตรคือการใช้ค่าวัดสัดส่วนจากโปรแกรมและสูตรจาก Velodynamics [19]

ค่าจริงจากสูตรคือการใช้ค่าวัดสัดส่วนจริงและสูตรจาก Velodynamics [19]

DATA		BAND	CRANK ARM (cm)	STEM SIZE (cm)	SADDLE HEIGHT (cm)
1	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	13.30
		Giant	17.00	11.00	12.50
		Jamis	17.00	12.00	13.40
		Merida	16.50	11.00	12.50
		Ritchey	17.00	13.00	13.00
		Scott	17.00	12.00	14.50
		Trek	16.50	12.00	13.90
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	9.03
		Giant	17.00	11.00	8.23
		Jamis	17.00	12.00	9.13
		Merida	16.50	11.00	8.23
		Ritchey	17.00	13.00	8.73
		Scott	17.00	12.00	10.23
		Trek	16.50	12.00	9.63
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	16.54	13.54	11.37
		Giant	16.54	13.54	10.57
		Jamis	16.54	13.54	13.07
		Merida	16.54	13.54	10.57
		Ritchey	16.54	13.54	10.07
		Scott	16.54	13.54	12.57
		Trek	16.54	13.54	11.97
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	17.00	12.00	13.30
		Giant	17.00	11.00	12.50
		Jamis	17.00	12.00	13.40
		Merida	16.50	11.00	12.50
		Ritchey	17.00	13.00	13.00
		Scott	17.00	12.00	14.50

		Trek	16.50	12.00	13.90
2	ค่าโปรแกรม				
		Cannondale	17.00	12.00	12.38
		Giant	17.00	11.00	14.18
		Jamis	17.00	12.00	15.08
		Merida	16.50	11.00	12.18
		Ritchey	17.00	13.00	13.68
		Scott	17.00	12.00	14.18
		Trek	16.50	12.00	12.88
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	10.16
		Giant	17.00	11.00	11.96
		Jamis	17.00	12.00	12.86
		Merida	16.50	11.00	9.96
		Ritchey	17.00	13.00	11.46
		Scott	17.00	12.00	11.96
		Trek	16.50	12.00	10.66
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	14.98	15.72	10.43
		Giant	14.98	15.72	12.23
		Jamis	14.98	15.72	14.73
		Merida	14.98	15.72	10.23
		Ritchey	14.98	15.72	11.73
		Scott	14.98	15.72	12.23
		Trek	14.98	15.72	10.93
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	15.02	13.65	10.58
		Giant	15.02	13.65	12.38
		Jamis	15.02	13.65	14.88
		Merida	15.02	13.65	10.38
		Ritchey	15.02	13.65	11.88
		Scott	15.02	13.65	12.38

		Trek	15.02	13.65	11.08
3	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	15.79
		Giant	17.00	11.00	14.99
		Jamis	17.00	12.00	17.49
		Merida	16.50	11.00	14.99
		Ritchey	17.00	13.00	15.46
		Scott	17.00	12.00	16.99
		Trek	16.50	12.00	16.39
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	11.17
		Giant	17.00	11.00	10.37
		Jamis	17.00	12.00	12.87
		Merida	16.50	11.00	10.37
		Ritchey	17.00	13.00	10.87
		Scott	17.00	12.00	12.37
		Trek	16.50	12.00	11.77
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	15.11	14.09	13.58
		Giant	15.11	14.09	12.78
		Jamis	15.11	14.09	16.68
		Merida	15.11	14.09	12.78
		Ritchey	15.11	14.09	13.28
		Scott	15.11	14.09	14.78
		Trek	15.11	14.09	14.18
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.81	13.33	12.31
		Giant	14.81	13.33	11.51
		Jamis	14.81	13.33	15.41
		Merida	14.81	13.33	11.51
		Ritchey	14.81	13.33	12.01
		Scott	14.81	13.33	13.51

		Trek	14.81	13.33	12.91
4	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	14.23
		Giant	17.00	11.00	16.43
		Jamis	17.00	12.00	14.83
		Merida	16.50	11.00	15.93
		Ritchey	17.00	13.00	14.43
		Scott	17.00	12.00	14.93
		Trek	16.50	12.00	15.33
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	11.16
		Giant	17.00	11.00	13.36
		Jamis	17.00	12.00	11.76
		Merida	16.50	11.00	12.86
		Ritchey	17.00	13.00	11.36
		Scott	17.00	12.00	11.86
		Trek	16.50	12.00	12.26
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.93	13.32	11.05
		Giant	13.93	13.32	13.20
		Jamis	13.93	13.32	15.20
		Merida	13.93	13.32	12.70
		Ritchey	13.93	13.32	11.20
		Scott	13.93	13.32	11.70
		Trek	13.93	13.32	12.10
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.00	12.70	11.33
		Giant	14.00	12.70	13.53
		Jamis	14.00	12.70	15.53
		Merida	14.00	12.70	13.03
		Ritchey	14.00	12.70	11.53
		Scott	14.00	12.70	12.03

		Trek	14.00	12.70	12.43
5	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	11.10
		Giant	17.00	11.00	13.30
		Jamis	17.00	12.00	11.70
		Merida	16.50	11.00	12.80
		Ritchey	17.00	13.00	11.30
		Scott	17.00	12.00	11.80
		Trek	16.50	12.00	12.20
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	10.56
		Giant	17.00	11.00	12.76
		Jamis	17.00	12.00	11.16
		Merida	16.50	11.00	12.26
		Ritchey	17.00	13.00	10.76
		Scott	17.00	12.00	11.26
		Trek	16.50	12.00	11.66
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	14.10	13.37	11.17
		Giant	14.10	13.37	13.94
		Jamis	14.10	13.37	15.94
		Merida	14.10	13.37	13.44
		Ritchey	14.10	13.37	11.94
		Scott	14.10	13.37	12.44
		Trek	14.10	13.37	12.84
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.80	13.23	10.46
		Giant	13.80	13.23	12.66
		Jamis	13.80	13.23	14.66
		Merida	13.80	13.23	12.16
		Ritchey	13.80	13.23	10.66
		Scott	13.80	13.23	11.16

		Trek	13.80	13.23	11.56
6	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	12.27
		Giant	17.00	11.00	12.27
		Jamis	17.00	12.00	14.27
		Merida	16.50	11.00	11.77
		Ritchey	17.00	11.00	12.27
		Scott	17.00	12.00	10.77
		Trek	16.50	12.00	14.37
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	11.00	12.56
		Giant	17.00	10.00	12.56
		Jamis	17.00	10.00	14.56
		Merida	16.50	9.00	12.06
		Ritchey	17.00	9.00	12.56
		Scott	17.00	10.00	11.06
		Trek	16.50	10.00	14.66
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.98	12.25	13.44
		Giant	13.98	12.25	13.44
		Jamis	13.98	12.25	16.14
		Merida	13.98	12.25	12.94
		Ritchey	13.98	12.25	13.44
		Scott	13.98	12.25	11.94
		Trek	13.98	12.25	15.54
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.60	11.97	11.79
		Giant	13.60	11.97	11.79
		Jamis	13.60	11.97	14.49
		Merida	13.60	11.97	11.29
		Ritchey	13.60	11.97	11.73
		Scott	13.60	11.97	10.29

		Trek	13.60	11.97	13.89
7	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	12.76
		Giant	17.00	11.00	14.46
		Jamis	17.00	12.00	11.96
		Merida	16.50	11.00	11.46
		Ritchey	17.00	13.00	12.96
		Scott	17.00	12.00	13.46
		Trek	16.50	12.00	12.16
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	13.35
		Giant	17.00	11.00	12.05
		Jamis	17.00	12.00	12.55
		Merida	16.50	11.00	12.05
		Ritchey	17.00	13.00	13.55
		Scott	17.00	12.00	14.05
		Trek	16.50	12.00	12.75
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	14.61	13.25	13.93
		Giant	14.61	13.25	12.63
		Jamis	14.61	13.25	18.13
		Merida	14.61	13.25	12.63
		Ritchey	14.61	13.25	14.13
		Scott	14.61	13.25	14.63
		Trek	14.61	13.25	13.33
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.61	13.02	13.94
		Giant	14.61	13.02	12.64
		Jamis	14.61	13.02	18.14
		Merida	14.61	13.02	12.64
		Ritchey	14.61	13.02	14.14
		Scott	14.61	13.02	14.64

		Trek	14.61	13.02	13.34
8	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	11.18
		Giant	17.00	11.00	10.38
		Jamis	17.00	12.00	12.88
		Merida	16.50	11.00	10.38
		Ritchey	17.00	13.00	10.88
		Scott	17.00	12.00	12.38
		Trek	16.50	12.00	11.78
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	13.09
		Giant	17.00	11.00	11.79
		Jamis	17.00	12.00	10.69
		Merida	16.50	11.00	11.79
		Ritchey	17.00	13.00	13.29
		Scott	17.00	12.00	13.79
		Trek	16.50	12.00	12.49
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	14.65	13.95	11.60
		Giant	14.65	13.95	10.80
		Jamis	14.65	13.95	13.30
		Merida	14.65	13.95	10.80
		Ritchey	14.65	13.95	10.30
		Scott	14.65	13.95	12.80
		Trek	14.65	13.95	12.20
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.41	13.86	10.57
		Giant	14.41	13.86	9.77
		Jamis	14.41	13.86	12.27
		Merida	14.41	13.86	9.77
		Ritchey	14.41	13.86	9.27
		Scott	14.41	13.86	11.77

		Trek	14.41	13.86	11.17
9	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	12.07
		Giant	17.00	11.00	12.07
		Jamis	17.00	12.00	14.07
		Merida	16.50	11.00	11.57
		Ritchey	17.00	13.00	12.07
		Scott	17.00	12.00	10.57
		Trek	16.50	12.00	14.17
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	19.37
		Giant	17.00	11.00	17.87
		Jamis	17.00	12.00	17.87
		Merida	16.50	11.00	17.57
		Ritchey	17.00	13.00	17.57
		Scott	17.00	12.00	18.37
		Trek	16.50	12.00	18.07
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.86	12.78	12.93
		Giant	13.86	12.78	12.93
		Jamis	13.86	12.78	15.63
		Merida	13.86	12.78	12.43
		Ritchey	13.86	12.78	12.93
		Scott	13.86	12.78	11.43
		Trek	13.86	12.78	15.03
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.80	12.60	12.66
		Giant	13.80	12.60	12.66
		Jamis	13.80	12.60	15.36
		Merida	13.80	12.60	12.16
		Ritchey	13.80	12.60	12.66
		Scott	13.80	12.60	11.16

		Trek	13.80	12.60	14.76
10	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	8.05
		Giant	17.00	11.00	6.75
		Jamis	17.00	12.00	8.65
		Merida	16.50	11.00	6.75
		Ritchey	17.00	13.00	8.25
		Scott	17.00	12.00	15.75
		Trek	16.50	12.00	9.15
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	8.83
		Giant	17.00	11.00	7.53
		Jamis	17.00	12.00	9.43
		Merida	16.50	11.00	7.53
		Ritchey	17.00	13.00	9.03
		Scott	17.00	12.00	16.53
		Trek	16.50	12.00	9.93
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	12.92	13.25	6.69
		Giant	12.92	13.25	5.39
		Jamis	12.92	13.25	10.89
		Merida	12.92	13.25	5.39
		Ritchey	12.92	13.25	6.89
		Scott	12.92	13.25	14.39
		Trek	12.92	13.25	7.79
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.19	13.02	7.85
		Giant	13.19	13.02	6.55
		Jamis	13.19	13.02	12.05
		Merida	13.19	13.02	6.55
		Ritchey	13.19	13.02	8.05
		Scott	13.19	13.02	15.55

		Trek	13.19	13.02	8.95
11	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	11.00	7.79
		Giant	17.00	9.00	7.79
		Jamis	17.00	9.00	10.49
		Merida	16.50	9.00	7.29
		Ritchey	17.00	9.00	7.79
		Scott	17.00	10.00	13.29
		Trek	16.50	10.00	9.89
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	10.24
		Giant	17.00	11.00	10.24
		Jamis	17.00	12.00	12.94
		Merida	16.50	11.00	9.74
		Ritchey	17.00	12.00	10.24
		Scott	17.00	12.00	15.74
		Trek	16.50	12.00	12.34
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	12.41	12.72	6.70
		Giant	12.41	12.72	6.70
		Jamis	12.41	12.72	9.40
		Merida	12.41	12.72	6.20
		Ritchey	12.41	12.72	6.70
		Scott	12.41	12.72	12.20
		Trek	12.41	12.72	8.80
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.19	12.70	10.05
		Giant	13.19	12.70	10.05
		Jamis	13.19	12.70	12.75
		Merida	13.19	12.70	9.55
		Ritchey	13.19	12.70	10.05
		Scott	13.19	12.70	15.55

		Trek	13.19	12.70	12.15
12	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	9.62
		Giant	17.00	11.00	13.42
		Jamis	17.00	12.00	12.34
		Merida	16.50	11.00	13.42
		Ritchey	17.00	13.00	10.92
		Scott	17.00	12.00	11.42
		Trek	16.50	12.00	14.12
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	10.16
		Giant	17.00	11.00	13.96
		Jamis	17.00	12.00	12.86
		Merida	16.50	11.00	13.96
		Ritchey	17.00	13.00	11.46
		Scott	17.00	12.00	11.96
		Trek	16.50	12.00	14.66
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	15.08	13.46	10.85
		Giant	15.08	13.46	14.65
		Jamis	15.08	13.46	16.55
		Merida	15.08	13.46	14.65
		Ritchey	15.08	13.46	13.15
		Scott	15.08	13.46	12.65
		Trek	15.08	13.46	15.35
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	15.22	13.23	11.45
		Giant	15.22	13.23	15.25
		Jamis	15.22	13.23	17.15
		Merida	15.22	13.23	15.25
		Ritchey	15.22	13.23	13.75
		Scott	15.22	13.23	13.25

		Trek	15.22	13.23	15.95
13	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	12.22
		Giant	17.00	11.00	11.42
		Jamis	17.00	12.00	13.92
		Merida	16.50	11.00	11.42
		Ritchey	17.00	13.00	11.92
		Scott	17.00	12.00	13.45
		Trek	16.50	12.00	12.82
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	10.23
		Giant	17.00	11.00	9.43
		Jamis	17.00	12.00	11.93
		Merida	16.50	11.00	9.43
		Ritchey	17.00	12.00	9.93
		Scott	17.00	12.00	11.43
		Trek	16.50	12.00	10.83
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	15.08	13.49	13.45
		Giant	15.08	13.49	12.65
		Jamis	15.08	13.49	15.15
		Merida	15.08	13.49	12.65
		Ritchey	15.08	13.49	12.15
		Scott	15.08	13.49	14.65
		Trek	15.08	13.49	14.05
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.61	12.81	11.44
		Giant	14.61	12.81	10.64
		Jamis	14.61	12.81	13.14
		Merida	14.61	12.81	10.64
		Ritchey	14.61	12.81	10.14
		Scott	14.61	12.81	12.64

		Trek	14.61	12.81	12.04
14	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	10.00	7.92
		Giant	17.00	9.00	6.62
		Jamis	17.00	8.00	12.82
		Merida	16.50	8.00	6.62
		Ritchey	17.00	8.00	8.12
		Scott	17.00	9.00	8.62
		Trek	16.50	9.00	9.02
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	10.56
		Giant	17.00	11.00	9.26
		Jamis	17.00	12.00	15.46
		Merida	16.50	11.00	9.26
		Ritchey	17.00	13.00	10.76
		Scott	17.00	12.00	11.26
		Trek	16.50	12.00	11.66
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.47	12.36	11.25
		Giant	13.47	12.36	11.25
		Jamis	13.47	12.36	13.95
		Merida	13.47	12.36	10.75
		Ritchey	13.47	12.36	11.25
		Scott	13.47	12.36	16.75
		Trek	13.47	12.36	13.35
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.19	12.39	10.05
		Giant	13.19	12.39	10.05
		Jamis	13.19	12.39	12.75
		Merida	13.19	12.39	9.55
		Ritchey	13.19	12.39	10.05
		Scott	13.19	12.39	15.55

		Trek	13.19	12.39	12.15
15	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	13.40
		Giant	17.00	11.00	13.40
		Jamis	17.00	11.00	15.40
		Merida	16.50	10.00	12.90
		Ritchey	17.00	10.00	13.40
		Scott	17.00	11.00	11.90
		Trek	16.50	11.00	15.50
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	12.76
		Giant	17.00	11.00	12.76
		Jamis	17.00	12.00	14.76
		Merida	16.50	11.00	12.26
		Ritchey	17.00	13.00	12.76
		Scott	17.00	12.00	11.26
		Trek	16.50	12.00	14.86
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.75	12.67	12.43
		Giant	13.75	12.67	12.43
		Jamis	13.75	12.67	15.13
		Merida	13.75	12.67	11.93
		Ritchey	13.75	12.67	12.43
		Scott	13.75	12.67	10.96
		Trek	13.75	12.67	14.53
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.80	13.44	12.66
		Giant	13.80	13.44	12.66
		Jamis	13.80	13.44	15.36
		Merida	13.80	13.44	12.16
		Ritchey	13.80	13.44	12.66
		Scott	13.80	13.44	11.16

		Trek	13.80	13.44	14.76
16	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	11.49
		Giant	17.00	10.00	10.19
		Jamis	17.00	11.00	12.09
		Merida	16.50	11.00	10.19
		Ritchey	17.00	11.00	11.69
		Scott	17.00	12.00	10.19
		Trek	16.50	12.00	12.59
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	12.12
		Giant	17.00	11.00	10.82
		Jamis	17.00	12.00	12.72
		Merida	16.50	11.00	10.82
		Ritchey	17.00	13.00	12.32
		Scott	17.00	12.00	10.82
		Trek	16.50	12.00	13.22
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.98	13.06	11.24
		Giant	13.98	13.06	9.94
		Jamis	13.98	13.06	15.44
		Merida	13.98	13.06	9.94
		Ritchey	13.98	13.06	11.44
		Scott	13.98	13.06	9.94
		Trek	13.98	13.06	12.34
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.21	13.12	12.20
		Giant	14.21	13.12	10.90
		Jamis	14.21	13.12	16.40
		Merida	14.21	13.12	10.90
		Ritchey	14.21	13.12	12.40
		Scott	14.21	13.12	10.90

		Trek	14.21	13.12	13.30
17	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	11.33
		Giant	17.00	11.00	12.53
		Jamis	17.00	12.00	14.43
		Merida	16.50	11.00	12.53
		Ritchey	17.00	12.00	11.03
		Scott	17.00	12.00	14.53
		Trek	16.50	12.00	13.23
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	11.48
		Giant	17.00	10.00	12.68
		Jamis	17.00	11.00	14.58
		Merida	16.50	10.00	12.68
		Ritchey	17.00	10.00	11.18
		Scott	17.00	11.00	14.68
		Trek	16.50	11.00	13.38
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	14.92	12.60	12.78
		Giant	14.92	12.60	13.98
		Jamis	14.92	12.60	19.48
		Merida	14.92	12.60	13.98
		Ritchey	14.92	12.60	15.48
		Scott	14.92	12.60	15.98
		Trek	14.92	12.60	14.68
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.81	12.39	9.70
		Giant	14.81	12.39	10.90
		Jamis	14.81	12.39	16.40
		Merida	14.81	12.39	19.90
		Ritchey	14.81	12.39	12.40
		Scott	14.81	12.39	12.90

		Trek	14.81	12.39	11.60
18	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	10.01
		Giant	17.00	11.00	10.01
		Jamis	17.00	12.00	12.01
		Merida	16.50	11.00	9.51
		Ritchey	17.00	13.00	10.01
		Scott	17.00	12.00	8.51
		Trek	16.50	12.00	12.11
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	16.18
		Giant	17.00	11.00	16.18
		Jamis	17.00	12.00	18.18
		Merida	16.50	11.00	15.68
		Ritchey	17.00	12.00	16.18
		Scott	17.00	12.00	14.68
		Trek	16.50	12.00	18.28
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	11.12	13.32	9.73
		Giant	11.12	13.32	9.73
		Jamis	11.12	13.32	12.43
		Merida	11.12	13.32	9.23
		Ritchey	11.12	13.32	9.73
		Scott	11.12	13.32	8.23
		Trek	11.12	13.32	11.83
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.81	12.39	17.00
		Giant	14.81	12.39	17.01
		Jamis	14.81	12.39	19.71
		Merida	14.81	12.39	16.51
		Ritchey	14.81	12.39	17.01
		Scott	14.81	12.39	15.51

		Trek	14.81	12.39	19.11
19	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	11.90
		Giant	17.00	11.00	11.10
		Jamis	17.00	12.00	12.00
		Merida	16.50	11.00	11.10
		Ritchey	17.00	13.00	11.60
		Scott	17.00	12.00	11.10
		Trek	16.50	12.00	12.50
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	11.19
		Giant	17.00	11.00	10.39
		Jamis	17.00	12.00	11.29
		Merida	16.50	11.00	10.39
		Ritchey	17.00	13.00	10.89
		Scott	17.00	12.00	10.39
		Trek	16.50	12.00	11.79
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	14.88	14.26	12.61
		Giant	14.88	14.26	11.81
		Jamis	14.88	14.26	14.31
		Merida	14.88	14.26	11.81
		Ritchey	14.88	14.26	11.31
		Scott	14.88	14.26	11.81
		Trek	14.88	14.26	13.21
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.61	13.75	11.44
		Giant	14.61	13.75	10.64
		Jamis	14.61	13.75	13.14
		Merida	14.61	13.75	10.64
		Ritchey	14.61	13.75	10.14
		Scott	14.61	13.75	10.64

		Trek	14.61	13.75	12.04
20	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	12.82
		Giant	17.00	10.00	12.02
		Jamis	17.00	11.00	14.52
		Merida	16.50	11.00	12.02
		Ritchey	17.00	11.00	12.52
		Scott	17.00	12.00	14.02
		Trek	16.50	12.00	13.42
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	10.88
		Giant	17.00	11.00	10.08
		Jamis	17.00	12.00	12.58
		Merida	16.50	11.00	10.08
		Ritchey	17.00	13.00	10.58
		Scott	17.00	12.00	12.08
		Trek	16.50	12.00	11.48
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	15.32	13.16	14.46
		Giant	15.32	13.16	13.66
		Jamis	15.32	13.16	17.56
		Merida	15.32	13.16	13.66
		Ritchey	15.32	13.16	14.16
		Scott	15.32	13.16	15.66
		Trek	15.32	13.16	15.06
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.81	12.91	12.31
		Giant	14.81	12.91	11.51
		Jamis	14.81	12.91	15.41
		Merida	14.81	12.91	11.51
		Ritchey	14.81	12.91	12.01
		Scott	14.81	12.91	13.51

		Trek	14.81	12.91	12.91
21	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	12.12
		Giant	17.00	11.00	8.82
		Jamis	17.00	12.00	11.32
		Merida	16.50	11.00	13.82
		Ritchey	17.00	13.00	12.32
		Scott	17.00	12.00	10.82
		Trek	16.50	12.00	10.22
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	12.12
		Giant	17.00	11.00	8.82
		Jamis	17.00	12.00	11.32
		Merida	16.50	11.00	13.82
		Ritchey	17.00	13.00	12.32
		Scott	17.00	12.00	10.82
		Trek	16.50	12.00	10.22
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.86	13.79	10.73
		Giant	13.86	13.79	7.43
		Jamis	13.86	13.79	14.93
		Merida	13.86	13.79	12.43
		Ritchey	13.86	13.79	10.93
		Scott	13.86	13.79	9.43
		Trek	13.86	13.79	8.83
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.21	13.44	12.20
		Giant	14.21	13.44	8.90
		Jamis	14.21	13.44	16.40
		Merida	14.21	13.44	13.90
		Ritchey	14.21	13.44	12.40
		Scott	14.21	13.44	10.90

		Trek	14.21	13.44	10.30
22	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	11.37
		Giant	17.00	11.00	8.07
		Jamis	17.00	12.00	10.57
		Merida	16.50	11.00	8.07
		Ritchey	17.00	13.00	11.57
		Scott	17.00	12.00	10.07
		Trek	16.50	12.00	9.47
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	13.46
		Giant	17.00	10.00	10.16
		Jamis	17.00	11.00	12.66
		Merida	16.50	11.00	10.16
		Ritchey	17.00	11.00	13.66
		Scott	17.00	12.00	12.16
		Trek	16.50	12.00	11.56
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.86	14.15	10.73
		Giant	13.86	14.15	7.43
		Jamis	13.86	14.15	14.93
		Merida	13.86	14.15	7.43
		Ritchey	13.86	14.15	10.93
		Scott	13.86	14.15	9.43
		Trek	13.86	14.15	8.83
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.41	13.75	13.07
		Giant	14.41	13.75	9.77
		Jamis	14.41	13.75	17.27
		Merida	14.41	13.75	9.77
		Ritchey	14.41	13.75	13.27
		Scott	14.41	13.75	11.77

		Trek	14.41	13.75	11.17
23	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	10.92
		Giant	17.00	11.00	13.12
		Jamis	17.00	12.00	15.12
		Merida	16.50	11.00	12.62
		Ritchey	17.00	13.00	11.12
		Scott	17.00	12.00	11.62
		Trek	16.50	12.00	12.02
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	14.62
		Giant	17.00	11.00	16.85
		Jamis	17.00	12.00	18.85
		Merida	16.50	11.00	16.35
		Ritchey	17.00	13.00	14.85
		Scott	17.00	12.00	15.35
		Trek	16.50	12.00	15.75
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.97	12.48	11.19
		Giant	13.97	12.48	13.39
		Jamis	13.97	12.48	15.39
		Merida	13.97	12.48	12.89
		Ritchey	13.97	12.48	11.39
		Scott	13.97	12.48	11.89
		Trek	13.97	12.48	12.29
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.81	13.75	14.81
		Giant	14.81	13.75	17.07
		Jamis	14.81	13.75	19.01
		Merida	14.81	13.75	16.51
		Ritchey	14.81	13.75	15.01
		Scott	14.81	13.75	15.51

		Trek	14.81	13.75	15.91
24	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	14.25
		Giant	17.00	11.00	14.25
		Jamis	17.00	12.00	16.25
		Merida	16.50	11.00	13.75
		Ritchey	17.00	13.00	14.25
		Scott	17.00	12.00	12.75
		Trek	16.50	12.00	13.15
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	15.58
		Giant	17.00	11.00	15.58
		Jamis	17.00	12.00	17.58
		Merida	16.50	11.00	15.08
		Ritchey	17.00	12.00	15.58
		Scott	17.00	12.00	14.08
		Trek	16.50	12.00	14.48
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	14.55	12.23	15.87
		Giant	14.55	12.23	15.87
		Jamis	14.55	12.23	18.57
		Merida	14.55	12.23	15.37
		Ritchey	14.55	12.23	15.87
		Scott	14.55	12.23	14.37
		Trek	14.55	12.23	14.77
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.81	12.49	17.01
		Giant	14.81	12.49	17.01
		Jamis	14.81	12.49	19.71
		Merida	14.81	12.49	16.51
		Ritchey	14.81	12.49	17.01
		Scott	14.81	12.49	15.51

		Trek	14.81	12.49	15.91
25	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	9.72
		Giant	17.00	11.00	9.72
		Jamis	17.00	12.00	11.72
		Merida	16.50	11.00	9.22
		Ritchey	17.00	13.00	9.72
		Scott	17.00	12.00	8.22
		Trek	16.50	12.00	11.82
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	10.62
		Giant	17.00	11.00	10.62
		Jamis	17.00	12.00	12.62
		Merida	16.50	11.00	10.12
		Ritchey	17.00	13.00	10.62
		Scott	17.00	12.00	9.12
		Trek	16.50	12.00	12.72
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	12.83	13.34	8.51
		Giant	12.83	13.34	8.51
		Jamis	12.83	13.34	11.21
		Merida	12.83	13.34	8.01
		Ritchey	12.83	13.34	8.51
		Scott	12.83	13.34	7.01
		Trek	12.83	13.34	10.61
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.19	13.33	10.05
		Giant	13.19	13.33	10.05
		Jamis	13.19	13.33	12.75
		Merida	13.19	13.33	9.55
		Ritchey	13.19	13.33	10.05

		Scott	13.19	13.33	8.55
		Trek	13.19	13.33	12.15
26	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	11.78
		Giant	17.00	11.00	11.78
		Jamis	17.00	12.00	13.78
		Merida	16.50	11.00	11.28
		Ritchey	17.00	13.00	11.78
		Scott	17.00	12.00	10.28
		Trek	16.50	12.00	13.88
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	11.17
		Giant	17.00	11.00	11.17
		Jamis	17.00	12.00	13.17
		Merida	16.50	11.00	10.67
		Ritchey	17.00	13.00	11.17
		Scott	17.00	12.00	9.67
		Trek	16.50	12.00	13.27
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	13.92	12.33	13.16
		Giant	13.92	12.33	13.16
		Jamis	13.92	12.33	15.86
		Merida	13.92	12.33	12.66
		Ritchey	13.92	12.33	13.16
		Scott	13.92	12.33	11.66
		Trek	13.92	12.33	15.26
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	13.80	12.18	12.66
		Giant	13.80	12.18	12.66
		Jamis	13.80	12.18	15.36
		Merida	13.80	12.18	12.16
		Ritchey	13.80	12.18	12.66

		Scott	13.80	12.18	11.16
		Trek	13.80	12.18	14.76
27	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	7.00	7.27
		Giant	17.00	9.00	7.27
		Jamis	17.00	6.00	9.97
		Merida	16.50	8.00	6.77
		Ritchey	17.00	8.00	7.27
		Scott	17.00	6.00	12.77
		Trek	16.50	6.00	9.37
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	6.00	8.58
		Giant	17.00	9.00	8.58
		Jamis	17.00	6.00	11.28
		Merida	16.50	8.00	8.08
		Ritchey	17.00	8.00	8.58
		Scott	17.00	5.00	14.08
		Trek	16.50	6.00	10.68
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	12.64	11.68	7.71
		Giant	12.64	11.68	7.71
		Jamis	12.64	11.68	10.41
		Merida	12.64	11.68	7.21
		Ritchey	12.64	11.68	7.71
		Scott	12.64	11.68	13.21
		Trek	12.64	11.68	9.81
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	12.99	11.23	9.18
		Giant	12.99	11.23	9.18
		Jamis	12.99	11.23	11.88
		Merida	12.99	11.23	8.68
		Ritchey	12.99	11.23	9.18

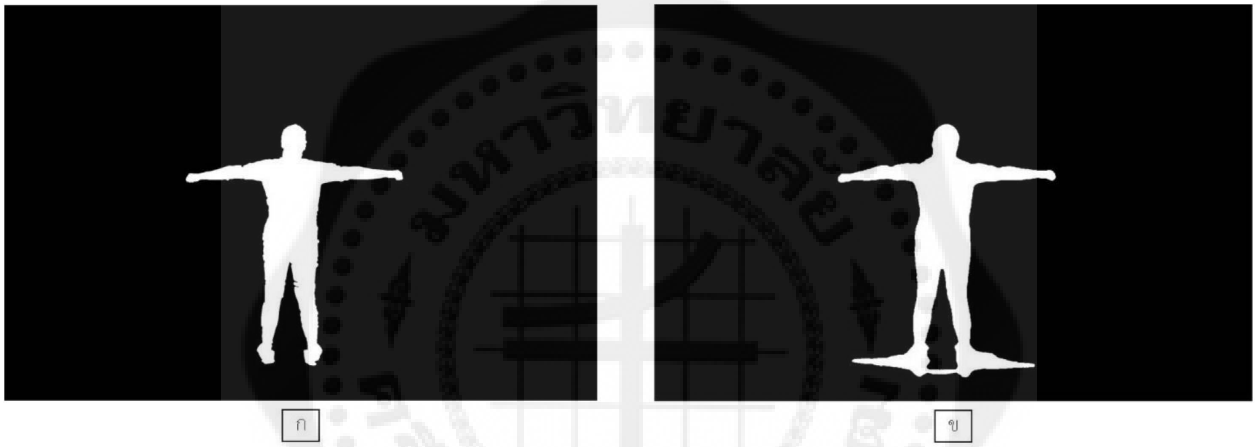
		Scott	12.99	11.23	14.68
		Trek	12.99	11.23	11.28
28	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	10.56
		Giant	17.00	11.00	10.26
		Jamis	17.00	12.00	12.16
		Merida	16.50	11.00	10.26
		Ritchey	17.00	12.00	11.76
		Scott	17.00	12.00	10.26
		Trek	16.50	12.00	15.86
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	12.12
		Giant	17.00	11.00	10.82
		Jamis	17.00	12.00	12.72
		Merida	16.50	11.00	10.82
		Ritchey	17.00	13.00	12.32
		Scott	17.00	12.00	10.82
		Trek	16.50	12.00	16.42
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	14.03	13.00	13.66
		Giant	14.03	13.00	13.66
		Jamis	14.03	13.00	16.36
		Merida	14.03	13.00	13.16
		Ritchey	14.03	13.00	13.66
		Scott	14.03	13.00	12.16
		Trek	14.03	13.00	12.56
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	14.21	13.96	14.40
		Giant	14.21	13.96	14.40
		Jamis	14.21	13.96	17.10
		Merida	14.21	13.96	13.90
		Ritchey	14.21	13.96	14.40

		Scott	14.21	13.96	12.90
		Trek	14.21	13.96	13.30
29	ค่าโปรแกรม	Cannondale	17.00	12.00	9.03
		Giant	17.00	11.00	12.93
		Jamis	17.00	12.00	13.83
		Merida	16.50	11.00	10.96
		Ritchey	17.00	13.00	10.43
		Scott	17.00	12.00	9.93
		Trek	16.50	12.00	11.63
	ค่าจริง	Cannondale	17.00	12.00	9.01
		Giant	17.00	11.00	12.91
		Jamis	17.00	12.00	13.81
		Merida	16.50	11.00	10.91
		Ritchey	17.00	13.00	10.41
		Scott	17.00	12.00	9.91
		Trek	16.50	12.00	11.61
	ค่าโปรแกรมโดยใช้สูตร	Cannondale	15.58	13.93	10.89
		Giant	15.58	13.93	14.79
		Jamis	15.58	13.93	14.09
		Merida	15.58	13.93	12.79
		Ritchey	15.58	13.93	10.29
		Scott	15.58	13.93	11.79
		Trek	15.58	13.93	13.49
	ค่าจริงโดยใช้สูตร	Cannondale	15.42	13.33	10.22
		Giant	15.42	13.33	14.12
		Jamis	15.42	13.33	13.42
		Merida	15.42	13.33	12.12
		Ritchey	15.42	13.33	9.62

		Scott	15.42	13.33	11.12
		Trek	15.42	13.33	12.82

4.7 อภิปรายผลการทดลอง

ในส่วนของข้อผิดพลาดของรูปภาพมี 3 ปัจจัยได้แก่ แสง เงา ตำแหน่งการยืน ทำให้เกิด Noise ในการแยกพื้นหลังกับภาพบุคคล จึงเปลี่ยนไปใช้เทคนิค Graph cut ใน Matlab เป็นเทคนิคที่ต้องซึ่งผลที่ได้ออกมา การแยกพื้นหลังและการหาค่าต่ำสุดสูงสุดของฮิตโตแกรมมีความผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยกว่าการแยกพื้นหลังและภาพบุคคลด้วยวิธี Subtraction



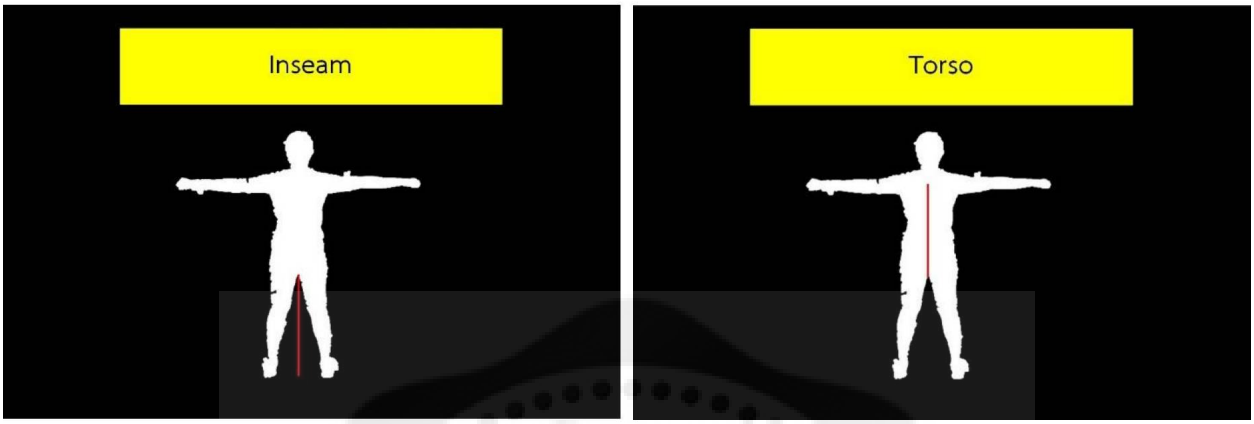
ภาพที่ 4.7 ภาพผลลัพธ์จากการจำแนกบุคคลจากพื้นหลัง

ก) ภาพที่เกิดจากการใช้เทคนิค Graph cut โดยเป็นภาพที่เหมาะสมสำหรับการหาขนาดสัดส่วนร่างกาย

ข) ภาพที่เกิดการจาก Subtraction ระหว่างภาพบุคคลและภาพพื้นหลัง เกิดข้อผิดพลาด ส่วนเกินและส่วนที่ขาดหายไป เป็นภาพที่ไม่สามารถนำไปใช้ในการวัดสัดส่วนและหาขนาดจักรยานได้

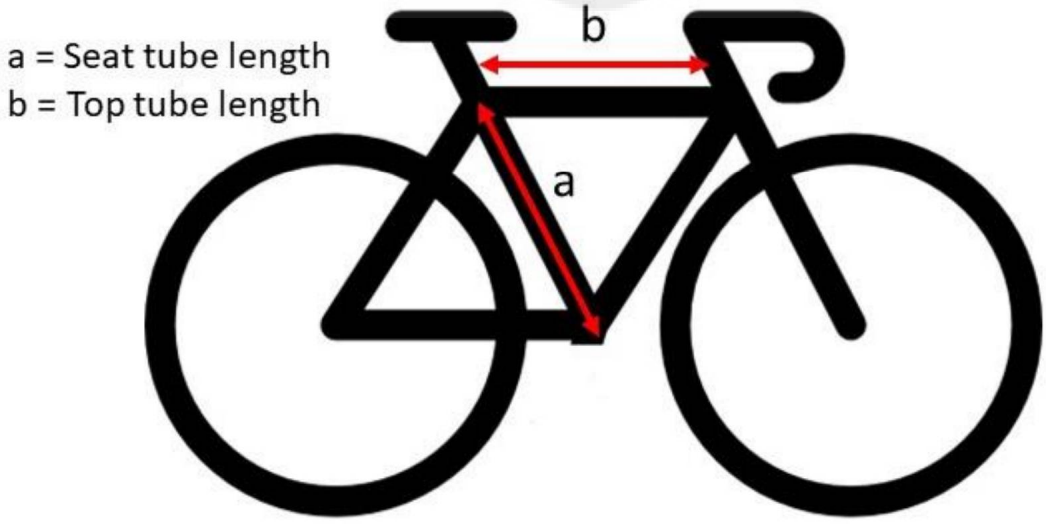
ในส่วนของการทดลองที่ 1 การหาขนาดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพถ่าย โดยมีตำแหน่งทั้งหมด 9 ตำแหน่ง คือ Inseam,Trunk,Forearm,Arm,Thigh,Shoulder,Torso,Lowe leg,Sternal notch และ Total height และดำทำการเปรียบเทียบกับค่าจริงที่วัดมา พบว่าเฉลี่ยทั้งหมด 9 ตำแหน่งมีความถูกต้องร้อยละ 98.96 ซึ่งมีความถูกต้องสูง อันเนื่องมาจากชุดที่ใช้ในการถ่ายภาพค่อนข้างรัดและเน้นสัดส่วนชัดเจน ทำให้มีค่าใกล้เคียงกับการวัดจากตำแหน่งจริงบนตัวบุคคล ทั้งนี้ในส่วนที่มีร้อยละความคลาดเคลื่อนมากกว่าตำแหน่งอื่น อันได้แค่ ความถูกต้องร้อยละ 97.48 ของตำแหน่ง Inseam และความถูกต้องร้อยละ 97.09 ของตำแหน่ง Torso ในตำแหน่งของ Inseam มีปัญหาจากการวัดตำแหน่งของการวัดจริง มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเนื่องจากบริเวณนี้

เป็นบริเวณที่ผู้จัดทำให้ผู้เข้าทดลองทำการวัดเอง และในส่วนของ Torso เนื่องจากตำแหน่ง Torso มาจากการเอาตำแหน่งของ Sternal notch – Inseam ทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนมากขึ้น



ภาพที่ 4.8 ตำแหน่งสัดส่วนร่างกายที่เกิดค่าความคลาดเคลื่อน

ในส่วนของการทดลองที่ 2 การหาขนาดท่อส่วนต่าง ๆ ของเฟรมจักรยาน โดยจะหาส่วนประกอบจักรยานเสือหมอบทั้งหมด 8 ส่วน อันได้แก่ Seat tube length,Top tube length,Stem extension,Crankarm length,Saddle height,Saddle set-back,Saddle-habdlebar difference และ Handlebar โดยค่าเฉลี่ยความถูกต้องทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 98.73 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความถูกต้องที่ค่อนข้างสูง ในส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากมีอยู่ 2 ส่วน คือ ความถูกต้องร้อยละ 96.53 ของ Seat tube length ความถูกต้องร้อยละ 97.96 ของ Top tube length อันเนื่องจากมากในส่วนของ Seat tube length เป็นการนำสัดส่วนของ Inseam มาคำนวณ ซึ่งจากการทดลองที่ 1 Inseam มีค่าความคลาดเคลื่อนมาก ทำให้ตำแหน่งของ Seat tube length มีค่าคลาดเคลื่อนมากตาม และในส่วนของ Top tube length ได้นำสัดส่วนของ Torso ที่มีความคลาดเคลื่อนจากการทดลองที่ 1 มาคิดคำนวณ ทำให้ส่วนของ Top tube length มีความคลาดเคลื่อนตาม



ภาพที่ 4.9 ส่วนประกอบของจักรยานเสือหมอบที่มีค่าความคลาดเคลื่อน

ในการทดลองที่ 3 การหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม จากจักรยานทั้ง 7 แบรนด์ Cannondale,Faint,Merida,Jamis,Scott และ Ritchey ได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 51.22 ซึ่งการหาขนาดเฟรมจากการคำนวณเทียบกับตารางเฟรมอ้างอิงของแต่ละแบรนด์ มีความคลาดเคลื่อนในเรื่องการเลือกไซส์ อันเนื่องมาจากค่าคำนวณ Euclidian distance ที่ต่างกันไม่มากแต่โปรแกรมจะเลือกค่าที่น้อยที่สุด ซึ่งเป็นค่าที่เข้าใกล้ขนาดเฟรมแต่ละไซส์ของแบรนด์นั้นมากที่สุด จึงทำให้เกิดการเลือกไซส์ที่ใหญ่กว่า 1 ไซส์

ในการทดลองที่ 4 เป็นการหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมโดยใช้เงื่อนไขการเลือกเฟรมจักรยานที่เล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ อันเนื่องมาจากข้อผิดพลาดจากการทดลองที่ 3 และแนวคิดที่ว่า เฟรมจักรยานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถลดขนาดได้ เพราะฉะนั้นการที่เลือกขนาดเล็กแล้วค่อยใส่อุปกรณ์เสริมน่าจะเป็นหนทางที่ดีกว่าการเลือกขนาดใหญ่ จึงให้โปรแกรมเลือกไซส์เล็กกว่าค่าที่โปรแกรมคำนวณออกมา โดยค่าเฉลี่ยความถูกต้องรวมทั้ง 7 แบรนด์จักรยานยาน อยู่ที่ร้อยละ 52.70 ซึ่งมากกว่าการทดลองที่ 3 อยู่ร้อยละ 1.48 แต่เนื่องมาจากการปรับให้โปรแกรมเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับค่า Euclidiance distance ที่น้อยที่สุดในการทดลองที่ 3 ตอนแรก ซึ่งผลลัพธ์ที่โปรแกรมเลือกเป็นไซส์ที่มีขนาดเล็กกว่าประมาณ 1 ไซส์ ทำให้ความตรงกันระหว่างไซส์ที่เปรียบเทียบจากการวัดด้วยรูปภาพและการวัดจริงมีค่าความคลาดเคลื่อน

ในการทดลองที่ 3 การหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม และการทดลองที่ 4 การหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสมโดยใช้เงื่อนไขการเลือกเฟรมจักรยานที่เล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยในการหาสัดส่วนของร่างกาย เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณขนาดเฟรมของจักรยาน อันได้แค่ Inseam,Torso,Sternal notch และ Arm

ในการคำนวณหา Top tube length ไซส์ S-XXXL ความยาวแตกต่างกันแต่ละไซส์อยู่ที่ 1.4 เซนติเมตร ซึ่ง Inseam มีความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.89 เซนติเมตร จากจำนวน 29 คน จะสามารถหาความคลาดเคลื่อนของการคำนวณไซส์เฟรมจักรยานดังนี้

Top tube length	1.4	=	เพิ่มขนาด 1 ไซส์
ความยาว Inseam	3.89	=	$\frac{\mathbf{3.89x1}}{\mathbf{1.4}}$

ความยาว Inseam ค่าเบี่ยงเบนค่ากลาง 3.89 เซนติเมตร ทำให้การคำนวณหา Top tube length อาจคลาดเคลื่อนไปประมาณ 1.68 ไซส์

ในการคำนวณหา Seat tube length ไซส์ S-XXXL ความยาวแตกต่างกันแต่ละไซส์อยู่ที่ 2.4 เซนติเมตร ซึ่ง Torso มีความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.88 เซนติเมตร และ Arm มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.91 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งสองตำแหน่งอยู่ที่ 3.89 เซนติเมตร จะสามารถหาความคลาดเคลื่อนของการคำนวณไซส์เฟรมจักรยานดังนี้

Seat tube length	2.4	=	เพิ่มขนาด 1 ไซส์

ความยาวเฉลี่ย Torso และ Arm 3.91 = $\frac{\mathbf{3.89x1}}{\mathbf{2.4}}$

ความยาว Torso และ Arm มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 3.89 ทำให้การคำนวณหา Seat tube length อาจคลาดเคลื่อนไปประมาณ 2.06 ไซส์

ในการทดลองที่ 5 การฟิตติ้งจักรยานให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่ โดยค่าความถูกต้องระหว่างการคำนวณจากการแตกแรงและการใช้สูตร Velodynamics เฉลี่ยร้อยละ 83.88 ในการคำนวณจากค่าที่วัดจากรูป และร้อยละ 84.87 ในการคำนวณจากค่าที่วัดจริง ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่มากมีอยู่ 2 ส่วน คือ Stem และ Crankarm เนื่องจาก Stem ได้นำค่า Torso ที่มีความคลาดเคลื่อนมากมาคิดในการคำนวณ ส่วน Crankarm ได้นำสัดส่วน Inseam ที่มีความคลาดเคลื่อนมากมาคิดคำนวณ และเนื่องจากการแตกแรงจากมุมองศาที่เหมาะสมในการขับขี่จักรยาน ซึ่งมุมแต่ละมุม ในงานวิจัยบางงานก็บอกมุมองศาที่เหมาะสมไม่เหมือนกัน แต่มีค่าองศาที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสูตรจาก Velodynamics ก็คาดว่าจะนำมุมองศามาคิดเช่นกัน ทว่าไม่สามารถรู้ได้ว่านำองศาที่เท่าไหร่มาคิดคำนวณหรือคิดคำนวณจากการแตกแรงเหมือนในการทดลองหรือไม่

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวมในการทำงานของระบบ รายละเอียดการทำงานมีทั้งสอง 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการแยกภาพบุลคลจากพื้นหลัง ขั้นตอนการหาขนาดร่างกาย ขนาดของท่อส่วนต่าง ๆ ขนาดเฟรมของจักรยานและขนาดอุปกรณ์สำหรับการฟิตติ้ง (Fitting) ที่เหมาะสมกับผู้ใช้งาน โดยการจำแนกภาพบุลคลจะใช้กระบวนการดังนี้ 1.กระบวนการจำแนกบุลคลและจำแนกวัตถุอ้างอิงขนาดด้วย Graph cut 2.กระบวนการแบ่งครึ่งตัวบุคคลจากค่าจุดศูนย์กลางมวล 3.กระบวนการแยกอวัยวะร่างกายโดยฮิตโตแกรมแกนและในขั้นตอนการหาขนาดบุคคลจะใช้การเก็บค่าระยะพิกเซลที่ได้จากค่าฮิตโตแกรม และการหาขนาดท่อต่าง ๆ ของเฟรมจักรยานจากสมการคำนวณท่อ และการหาขนาดเฟรมที่เหมาะสมจากสมการเพื่อหาขนาดท่อบน และท่อนั่งมาเทียบกับตารางของจักรยานตามแบรนด์ และการเลือกขนาดเฟรมจักรยานให้ได้ขนาดที่เล็กกว่าประมาณ 1 ไซส์จากการคำนวณด้วยโปรแกรม และการฟิตติ้ง (Fitting) ขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ จากสมการและจากการแตกแรง โดยในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

การทดลองที่ 1 ขั้นตอนการหาขนาดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากภาพถ่าย โดยโปรแกรมสามารถคำนวณขนาดร่างกายแต่ละส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ย 10 ตำแหน่ง เท่ากับ 98.96%

การทดลองที่ 2 ขั้นตอนการหาขนาดท่อส่วนต่าง ๆ ของเฟรมจักรยาน โดยโปรแกรมสามารถคำนวณได้ค่าความถูกต้อง เฉลี่ยทั้งหมด 9 จุด เท่ากับ 98.73%

การทดลองที่ 3 การหาขนาดเฟรมจักรยานที่เหมาะสม โดยโปรแกรมสามารถคำนวณได้ค่าความเฉลี่ยทั้งหมด 7 แบรนด์จักรยานเสือหมอบความถูกต้อง 51.22%

การทดลองที่ 4 การหาขนาดเฟรมจักรยานโดยใช้เงื่อนไขเลือกขนาดไซส์จักรยานที่เล็กกว่าที่โปรแกรมคำนวณ โดยโปรแกรมสามารถคำนวณได้ค่าความเฉลี่ยทั้ง 8 แบรนด์จักรยานเสือหมอบความถูกต้อง 52.70%

การทดลองที่ 5 การฟิตติ้ง (Fitting) จักรยานให้เหมาะสมกับผู้ขับขี่ โปรแกรมที่คำนวณจากการแตกแรงโดยใช้มุมองศาที่เหมาะสมในการขับขี่จักรยานเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่คำนวณจากสูตร Velodynamics [19] ได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยของความสูงของอานนั่ง (Saddle height) เท่ากับ 97.57% ค่าความถูกต้องเฉลี่ยของความยาวแขนจานปั่น (Crank arm) เท่ากับ 98.44% และค่าความถูกต้องเฉลี่ยของความยาวแฮนด์ (Stem) เท่ากับ 96.92% และ

5.2 ข้อเสนอแนะ

แนวทางในการพัฒนาเพื่อนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด กระบวนการทุกอย่างควรเป็นแบบออโต้ ในการบวนการจำแนกบุคคลจากพื้นหลังควรเพิ่มความจำเพาะโดยการเพิ่มแสงภาพถ่ายหรือการพัฒนาโค้ดให้มีความเหมาะสมในการใช้งานเพื่อ และเพิ่มข้อมูลของเฟรมจักรยานที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความครอบคลุมจักรยานประเภทเดียวกับจักรยานเสือหมอบ จะช่วยในการประเมินขนาดของเฟรมให้ดียิ่งขึ้น

ในการหาขนาดของจักรยานเสือหมอบ เนื่องจากค่าวัดสัดส่วนมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งเกิดมาจากตำแหน่ง Inseam,Torso และ Arm ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องนำไปคำนวณ Top tube length และ Seat tube length ที่เป็นส่วนประกอบของเฟรมจักรยาน เกิดความเคลื่อนมาจากการวัดระหว่างโปรแกรมกับวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งใช้สิ่งที่วัดคือสายวัดตัว อาจเป็นอุปกรณ์ที่ไม่คงที่และมีความคลาดเคลื่อนง่าย และตำแหน่งที่ไม่ตรงกันระหว่างการวัดโดยโปรแกรมและวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ ควรใช้อุปกรณ์ที่ลดความไม่คงที่ เช่น ที่วัดระดับน้ำในการระบุตำแหน่งที่แน่นอน และใช้สายวัดที่เป็นตลับเมตรในการวัด

เอกสารอ้างอิง

[1] Kispál, I. and E. Jeges (2008). Human height estimation using a calibrated camera. Proc. CVPR

[2] Michael J. Callaghan, Ph.D. M.Phil MCSP (2005) Lower body problems and injury in cycling, Journal of Bodywork and Movement Thertapies 9, 226-236

[3] Rodrigo Bini, Patria A,Hume and James L, Croft (2011) Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury Risk and Cycling Performance, Sports Med 41(6): 463-476

[4] Rodrigo Rico Bini, Patria Anne Hume, Fabio Junner Lanferdini, Marco Aurelio Vaz (2013) Effects of moving forward or backward on the saddle on knee joint forces during cycling, Physical Therapy in Sport 14,23-27

[5] Benjamin Clarsen, PT, MSc, Tron Krosshaug, PhD, and Roald Bahr, MD, PhD, Overuse Injuries in Professional Road Cyclist, Investigation performed at Oslo Sports Trauma Research Centre, Department of Sports Medicine, Norwegian School of Sports Sciences, Oslo, Norway

[6] Jose Ignacio Priego Quesada, Zachary Y. Kerr, William Michael Bertucci & Felipe P. Carpes (2018): The association of bike fitting with injury, comfort, and pain during cycling: An international retrospective survey, European Journal of Sport Science, DOI: 10.1080/17461391.2018.1556738

[7] F.S. Ayachi, J. Dorey, C. Guastavino (2015) Identifying factors of bicycle comfort: An online servey with enthusiast cyclist, Elsevier journal , Applied Ergonomics 46: 124-136

[8] Rodrigo R Bini (2016) The need for a link between bike fitting and injury risk, ResearchGate J Sci Cycling. Col. 5(1): 1-2

[9] Shih-Wen Hsiao, Rong-Qi Chen, Wan-Lee Leng (2015) Applying riding-posture optimization on bicycle frame design, Applied Ergonomics 51: 69-79

[10] Market Watch (2019) Road Bikes Market 2019, Retrieved August 28, 2019, https://www.marketwatch.com/press-release/road-bikes-market-2019---global-trends-statistics-size-share-regional-analysis-by-key-players-industry-forecast-by-categories-platform-end---user-2019-05-10

[11] We are cycling UK (2019) Retrieved August 28, 2019, https://www.cyclinguk.org/statistics

[12] Rodrigo Bini, Patria A. Hume and Jame L, Croft. Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury Risk and Cycling Performance. Sports Med 2011; 41 (6): 463-476

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[13] Will W. Peveler, Josh D. Pounders and Phillip A. Bishop. Effects of Saddle Height on Anaerobic Power Production in Cycling. Journal of Strength and Conditioning Research, 2007,21(4), 1023-1027

[14] Danny Too. The Effect of Trunk Angle on Power Production in Cycling. Research quarterly for exercise and sport, January 1994 by the America Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, Vol. 4, pp. 308-315

[15] 2016 BIKEDYNAMICS LTD. Time Trial and Triathlon Bike Fitting. Retrieved from https://bikedynamics.co.uk/FitGuideTT.htm

[16] Rodrigo R Bini, Andrew Kilding and Patria Hume (2014) Optimizing Bicycle Configuration and Cyclist's Body Position to Prevent Overuse Injury Using Biomechanical Approaches. ResearchGate, Chapter February 2014S

[17] 2015 BIKEFIT, How to Fit a Triatjlon or TT Bike Part3: Upper Body Positioning. Retrieved from https://blog.bikefit.com/tag/shoulder-angle.

[18] Michael Veal B.Tech M.Sc BikeDynamics Ltd (2016) Handlebar Reach. Retrieved from https://bikedynamics.co.uk/fit03.htm#1

[19] Velodynamics – Technical services for road bicycle. Retrieved May 15, 2017, from http://velodynamics2.webs.com/fit.pdf

ภาคผนวก ก

(Source Code)

ภาคผนวก ก

Source code

แสดง Source code ในส่วนของโปรแกรม โดยประกอบไปด้วย โค้ดหลักสำหรับการดำเนินขั้นตอนของโปรแกรม โดยเรียงลำดับการทำงานของฟังก์ชั่นดังนี้

Square.m

HumanGraphcut.m

UpPlot.m

LowPlot.m

SitPlot.m

FindPeak.m

FrameCalculate.m

FittingCalculate.m

ตัวแปรเก็บค่าวัดขนาดของ Top tube length และ Seat tube length และส่วนอื่น ๆ ของจักรยาน

STL (Seat tube length)

TTL (Top tube length)

STA (Seat tube length)

SE (Stem extension)

CL (Crankarm length)

SH (Saddle height)

SHD (Saddle handlebar difference)

ตัวแปรเก็บค่ามาตรฐานของจักรยานทั้ง 7 แบรนด์

RCanandale.mat

RGiant.mat

RJamis.mat

RMerida.mat

RRichey.mat

RScott.mat

RTrek.mat

Source code

(Square.m) - แยกภาพพื้นหลังและกำหนดขนาดวัตถุอ้างอิง

```
clc;
close all;
clear;
for  iii = 10:10
A0 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\square\Red\DATA1 (10).jpg');%%%PIC SQUARE
A1 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\square background\Red\DATA2 (10).jpg'); %%%Bac
SQUARE
A2 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\stand background\Red\DATA3 (10).jpg');
%%%Background Stan1d
A3 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\stand position\Red\DATA4 (10).jpg'); %%%People
Stand*/987
A4 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\sit background\Red\DATA5 (10).jpg'); %%%Background
Sit
A5 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\sit position\Red\DATA6 (10).jpg'); %%%People Sit
A0 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\square\Black\DATA1 (10).jpg'); %%%PIC SQUARE
A1 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\square background\Black\DATA2 (10).jpg'); %%%Bac
SQUARE
A2 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\stand background\Black\DATA3 (10).jpg');
%%%Background Stan1d
A3 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\stand position\Black\DATA4 (10).jpg'); %%%People
Stand
A4 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\sit background\Black\DATA5 (10).jpg'); %%%Background
Sit
A5 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\sit position\Black\DATA6 (10).jpg'); %%%People Sit

A0 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\square\Green\DATA1 (10).jpg'); %%%PIC SQUARE
A1 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\square background\Green\DATA2 (10).jpg'); %%%Bac
SQUARE
A2 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\stand background\Green\DATA3 (10).jpg');
%%%Background Stan1d
```

```
A3 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\stand position\Green\DATA4 (10).jpg'); %%%People
Stand
A4 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\sit background\Green\DATA5 (10).jpg');
%%%Background Sit
A5 = imread('G:\Kunyada Kongtanee\NewData\sit position\Green\DATA6 (10).jpg'); %%%People Sit

SUB0= imsubtract(A1,A0);
figure(1), imshow(SUB0) %%1

ImgBW0 = im2bw(SUB0,0.1);
figure(2), imshow(ImgBW0) %%2

Stat0 = regionprops(ImgBW0,'Area', 'PixelIdxList');
toRemove0 = ([Stat0.Area] < max([Stat0.Area])-500);
ImgBW0( vertcat( Stat0(toRemove0).PixelIdxList ) ) = 0; %remove
figure(3), imshow(ImgBW0); %7

Stat1 = regionprops(ImgBW0,'Area','PixelIdxList','BoundingBox');
ImgCON = im2single(ImgBW0);
Imginsert  insertShape(ImgCON,'Rectangle',Stat1(1).BoundingBox,'Color','green','LineWidth',2);
Imginsert = insertShape(Imginsert,'Rectangle',Stat1(2).BoundingBox,'Color','green','LineWidth',2);

ImgSq = cat(1,Stat1.Area);

%%% Size Square Equal %%%
Size01 = ImgSq(1,1) + ImgSq(2,1);
Size02 = Size01/2;
Size03 = sqrt(Size02);
Size04 = Size03/20; %%% 1 pixel = size %%%

imwrite(SUB0,['G:/Kunyada Kongtanee/Result/Red/Subtraction/User',num2str(iii),'/Square.jpg'])
imwrite(ImgBW0,['G:/Kunyada Kongtanee/Result/Red/Subtraction/User',num2str(iii),'/Square1.jpg'])

imwrite(SUB0,['G:/Kunyada Kongtanee/Result/Yellow/Subtraction/User',num2str(iii),'/Square.jpg'])
```

```
imwrite(ImgBW0,['G:/Kunyada Kongtanee/Result/Yellow/Subtraction/User',num2str(iii),'/Square1.jpg'])

imwrite(SUB0,['G:/Kunyada Kongtanee/Result/Green/Subtraction/User',num2str(iii),'/Square.jpg'])
imwrite(ImgBW0,['G:/Kunyada Kongtanee/Result/Green/Subtraction/User',num2str(iii),'/Square1.jpg'])
end
close all;
```

(HumanGraphcut.m) - แยกภาพพื้นหลังกับบุคคลโดยการใช้ Graph cut

```
imageSegmenter(A3)
imageSegmenter(A5)

Stat2 = regionprops(P1,'Area','PixelIdxList');
idx = find([Stat2.Area] == max([Stat2.Area]));
toRemove1 = [Stat2.Area] < max([Stat2.Area]);
P2 = P1;
P2( vertcat( Stat2(toRemove1).PixelIdxList ) ) = 0; %remove
figure(8), imshow(P1) %%3

SE0 =strel('disk',5);
ImgBW1 = imerode(P2,SE0);
figure(9), imshow(ImgBW1) %%4

SE1 =strel('disk',5);
ImgBW2 = imdilate(ImgBW1,SE1);
figure(10), imshow(ImgBW2) %%5

FILL0 = imfill(ImgBW2,'holes');
figure(11), imshow(FILL0); %%6

Stat3 = regionprops(FILL0,'centroid');
X0 = Stat3(1).Centroid(1);
Y0 = Stat3(1).Centroid(2);
hold on;
plot(X0,Y0,'*r');
hold off;
```

```
[X1 Y1]=size(FILL0);
Img00 = imcrop(FILL0,[1 1 Y1 Y0]);
Img01 = imcrop(FILL0,[1 Y0 Y1 X1]);
figure(12), imshow(Img00);%7
title('Upper half of the body.')
figure(13), imshow(Img01);%8
title('Lower half of the body.')

Stat4 = regionprops(ImgBW6,'all');
idx = find([Stat4.Area] == max([Stat4.Area]));
toRemove2 = [Stat4.Area] < max([Stat4.Area]);
P4 = ImgBW6;
P4( vertcat( Stat4(toRemove2).PixelIdxList ) ) = 0; %remove
figure(36), imshow(P4); %7

Stat5 = regionprops(P4,'centroid');
X4 = Stat5(1).Centroid(1);
Y4 = Stat5(1).Centroid(2);
hold on;
plot(X4,Y4,'*r');
hold off;
[X5 Y5]=size(P4);
Img02 = imcrop(P4,[1 1 Y5 Y4]);
Img03 = imcrop(P4,[1 Y4 Y5 X5]);
figure(37), imshow(Img02);%8
title('Upper half of the body.')

figure(38), imshow(Img03);%9
title('Lower half of the body.')
close all;
```

(UpPlot.m) – การทำฮิตโตแกรมเพื่อหาพื้นที่สีขาวในท่ายืนของตัวช่วงบน

```
[X2 Y2]=size(Img00);
HisValue0 = zeros(1,Y2);
```

```
 for Col0 = 1:Y2
     Ct0 = 0;
 for Row0 = 1:X2
     if Img00(Row0,Col0)>0.5
         Ct0 = Ct0+1;
 end
 end
    HisValue0(1,Col0) = Ct0;
 end
HisImg0 = uint8(zeros(X2,Y2,0));
HisImg0(:,:,:) = 0;
for Row0 = 1:Y2
 PlotValue0 = HisValue0(1,Row0);
 HisImg0(X2+1-PlotValue0:X2,Row0,1)=255;
end
% [X2 Y2]=size(FILL);
HisValue1 = zeros(1,X2);
 for Row1 = 1:X2
     Ct1 = 0;
 for Col1 = 1:Y2
     if Img00(Row1,Col1)>0.5
         Ct1 = Ct1+1;
 end
 end
    HisValue1(1,Row1) = Ct1;
 end
HisImg1 = uint8(zeros(Y2,X2,0));
HisImg1(:,:,:) = 0;
for Row1 = 1:X2
 PlotValue1 = HisValue1(1,Row1);
 HisImg1(Y2+1-PlotValue1:Y2,Row1,1)=255;
end
HisImgbw0 = im2bw(HisImg0);
HisImgbw1 = im2bw(HisImg1);
```

```
figure(12),imshow(HisImgbw1);%%9
title('Horizontal Hist : The body.')
figure(13),imshow(HisImgbw0);%%10
title('Vertical Hist : The body.')

GVer0 = sum(HisImgbw1,1);
GHor0 = sum(HisImgbw0,1);
Plot0 = smooth(GVer0,10);
Plot1 = smooth(GHor0,10);
Close all;
```

(LowPlot.m) – ฮิตโตแกรมเพื่อหาพื้นที่สีขาวในท่ายืนช่วงล่างของลำตัว

```
[X3 Y3]=size(Img01);
HisValue2 = zeros(1,Y3);
 for Col2 = 1:Y3
    Ct2 = 0;
    for Row2 = 1:X3
       if Img01(Row2,Col2)>0.5
          Ct2 = Ct2+1;
       end
    end
    HisValue2(1,Col2) = Ct2;
 end
 HisImg2 = uint8(zeros(X3,Y3,0));
HisImg2(:,:,:) = 0;
for Row2 = 1:Y3
 PlotValue2 = HisValue2(1,Row2);
 HisImg2(X3+1-PlotValue2:X3,Row2,1)=255;
end
%  [X3 Y3]=size(Img01);
HisValue3 = zeros(1,X3);
 for Row3 = 1:X3
    Ct3 = 0;
 for Co3 = 1:Y3
```

```
    if Img01(Row3,Co3)>0.5
        Ct3 = Ct3+1;
 end
 end
   HisValue3(1,Row3) = Ct3;
 end
HisImg3 = uint8(zeros(Y3,X3,0));
HisImg3(:,:,:) = 0;
for Row3 = 1:X3
 PlotValue3 = HisValue3(1,Row3);
 HisImg3(Y3+1-PlotValue3:Y3,Row3,1)=255;
end
HisImgbw2 = im2bw(HisImg2);
HisImgbw3 = im2bw(HisImg3);
figure(16),imshow(HisImgbw3);%%14
title('Horizontal Hist : Lower half of the body.')
figure(17),imshow(HisImgbw2);%%15
title('Vertical Hist  : Lower half of the body.')
GVer1 = sum(HisImgbw3,1);
GHor1 = sum(HisImgbw2,1);
Plot2 = smooth(GVer1,10);
Plot3 = smooth(GHor1,10);
```

(SitPlot.m) – ฮิตโตแกรมเพื่อหาพื้นที่สีขาวในท่านั่ง

```
[X6 Y6]=size(Img02);
HisValue4 = zeros(1,Y6);
 for Col4 = 1:Y6
    Ct4 = 0;
 for Row4 = 1:X6
    if Img02(Row4,Col4)>0.5
        Ct4 = Ct4+1;
 end
 end
   HisValue4(1,Col4) = Ct4;
```

```
 end
HisImg4 = uint8(zeros(X6,Y6,0));
HisImg4(:,:,:) = 0;

for Row4 = 1:Y6
 PlotValue4 = HisValue4(1,Row4);
 HisImg4(X6+1-PlotValue4:X6,Row4,1)=255;
end
% [X6 Y6]=size(Img02);
HisValue5 = zeros(1,X6);
 for Row5 = 1:X6
     Ct5 = 0;
 for Col5 = 1:Y6
     if Img02(Row5,Col5)>0.5
         Ct5 = Ct5+1;
 end
 end
    HisValue5(1,Row5) = Ct5;
 end
HisImg5 = uint8(zeros(Y6,X6,0));
HisImg5(:,:,:) = 0;
for Row5 = 1:X6
 PlotValue5 = HisValue5(1,Row5);
 HisImg5(Y6+1-PlotValue5:Y6,Row5,1)=255;
end
HisImgbw4 = im2bw(HisImg5);
HisImgbw5 = im2bw(HisImg4);
figure(39),imshow(HisImgbw4);%%10
title('Horizontal Hist : Upper half of the body.')

figure(40),imshow(HisImgbw5);%%11
title('Vertical Hist : Upper half of the body.')
GVer2 = sum(HisImgbw4,1);
GHor2 = sum(HisImgbw5,1);
```

```
Plot4 = smooth(GVer2,10);
Plot5 = smooth(GHor2,10);
[X7 Y7]=size(Img03);
HisValue6 = zeros(1,Y7);
 for Col6 = 1:Y7
     Ct6 = 0;
 for Row6 = 1:X7
     if Img03(Row6,Col6)>0.5
         Ct6 = Ct6+1;
 end
 end
    HisValue6(1,Col6) = Ct6;
 end
HisImg6 = uint8(zeros(X7,Y7,0));
HisImg6(:,:,:) = 0;
for Row6 = 1:Y7
 PlotValue6 = HisValue6(1,Row6);
 HisImg6(X7+1-PlotValue6:X7,Row6,1)=255;
end
% [X7 Y7]=size(Img03);
HisValue7 = zeros(1,X7);
 for Row7 = 1:X7
     Ct7 = 0;
 for Col7 = 1:Y7
     if Img03(Row7,Col7)>0.5
         Ct7 = Ct7+1;
 end
 end
    HisValue7(1,Row7) = Ct7;
 end
HisImg7 = uint8(zeros(Y7,X7,0));
HisImg7(:,:,:) = 0;
for Row7 = 1:X7
 PlotValue7 = HisValue7(1,Row7);
```

```
 HisImg7(Y7+1-PlotValue7:Y7,Row7,1)=255;
end
HisImgbw6 = im2bw(HisImg7);
HisImgbw7 = im2bw(HisImg6);
figure(43),imshow(HisImgbw6);%%14
title('Horizontal Hist : Lower half of the body.')
figure(44),imshow(HisImgbw7);%%15
title('Vertical Hist  : Lower half of the body.')
GVer3 = sum(HisImgbw6,1);
GHor3 = sum(HisImgbw7,1);
Plot6 = smooth(GVer3,10);
Plot7 = smooth(GHor3,10);
```

(FindPeak.m) – พลอตตำแหน่งและหาความยาวสัดส่วน

```
%%% peak arm %%%
[pkt1,loct1] = findpeaks(Plot0,'MinPeakDistance',100,'SortStr','descend','NPeaks',1);
figure(20),plot(Plot0,'k'); %11
title('Vertical Hist :Mark point HIGH Upper.')
hold on
plot(loct1,pkt1,'r*');
hold off
figure(20)
%%% peak leg %%%
[pkt2,loct2] = findpeaks(Plot3,'MinPeakDistance',100,'SortStr','descend','NPeaks',2);
figure(21),plot(Plot3,'k'); %11
title('Vertical Hist :Mark point HIGH Lower.')
hold on
plot(loct2,pkt2,'r*');
hold off
figure(21)
%%% peak inseam %%%
InPlot3 = -Plot3;
[pkt3,loct3] = findpeaks(InPlot3,'MinPeakHeight',-600,'SortStr','descend','NPeaks',1);
Inpkt3 = -pkt3;
```

```
figure(22),plot(Plot3,'k'); %11
title('Vertical Hist :Mark point HIGH Lower.')
hold on
plot(loct3,Inpkt3,'r*');
hold off
figure(22)
ImgCON0 = im2single(Img00);
ImgCON1 = im2single(Img01);
ImgCON2 = im2single(FILL0);
[SIZEY0 SIZEX0] = size(Img00);
[SIZEY1 SIZEX1] = size(Img01);
MAXY0 = max(SIZEY0);
[row, column] = find(Img00(MAXY0,:), 1, 'first');
[row0, column0] = find(Img00(MAXY0,:), 1, 'last');
[row1, column1] = find(Img00(loct1,:), 1, 'last');
[row2, column2] = find(Img01(:,loct2(1)), 1, 'last');
[row3, column3] = find(Img01(:,loct2(2)), 1, 'last');
[row4, column4] = find(Img01(:,loct3), 1, 'last');
[row5, column5] = find(FILL0(:,loct3), 1, 'first');
Imginsert0 = insertShape(ImgCON0,'FilledCircle',[column0 loct1 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert0 = insertShape(Imginsert0,'FilledCircle',[column1 loct1 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert0 = insertShape(Imginsert0,'FilledCircle',[loct3 loct1 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert0 = insertShape(Imginsert0,'FilledCircle',[loct3 row5 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert0 = insertShape(Imginsert0,'FilledCircle',[column loct1 15],'Color','red','Opacity',1);
figure(23),imshow(Imginsert0);%%
title('Vertical Hist :Mark point HIGH Upper.')
AverRow0 = max(row3,row2);
Imginsert1 = insertShape(ImgCON1,'FilledCircle',[loct2(2) row3 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert1 = insertShape(Imginsert1,'FilledCircle',[loct2(1) row2 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert1 = insertShape(Imginsert1,'FilledCircle',[loct3 row4 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert1 = insertShape(Imginsert1,'FilledCircle',[loct3 AverRow0 15],'Color','red','Opacity',1);
figure(24),imshow(Imginsert1);%%
title('Vertical Hist :Mark point HIGH Lower.')
```

```
row2N = row2+Y0;
row3N = row3+Y0;
row4N = row4+Y0;
row5N = AverRow0+Y0;
Imginsert2 = insertShape(ImgCON2,'FilledCircle',[column1 loct1 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert2 = insertShape(Imginsert2,'FilledCircle',[column0 loct1 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert2 = insertShape(Imginsert2,'FilledCircle',[column loct1 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert2 = insertShape(Imginsert2,'FilledCircle',[loct3 loct1 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert2 = insertShape(Imginsert2,'FilledCircle',[loct3 row5 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert2 = insertShape(Imginsert2,'FilledCircle',[loct2(2) row3N 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert2 = insertShape(Imginsert2,'FilledCircle',[loct2(1) row2N 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert2 = insertShape(Imginsert2,'FilledCircle',[loct3 row4N 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert2 = insertShape(Imginsert2,'FilledCircle',[loct3 row5N 15],'Color','red','Opacity',1);
figure(25),imshow(Imginsert2);%%
title('Mark all point : Stand.')

PIXEL0 = abs(column-column0);          %%%Handbar
SIZE0 = ((PIXEL0/Size04));
PIXEL1 = abs(AverRow0-row4);           %%%Inseam
SIZE1 = ((PIXEL1/Size04));
PIXEL2 = abs(loct1-row5N);             %%%Sternal notch
SIZE2 = ((PIXEL2/Size04));
PIXEL3 = abs(column0-column1);         %%%Arm
SIZE3 = ((PIXEL3/Size04));
PIXEL4 = abs(row5N-row5);              %%%Total Height
SIZE4 = ((PIXEL4/Size04));
%%% Inseam
Imginsert3 = insertShape(ImgCON2,'Line',[loct3 row5N loct3 row4N],'Color','red','LineWidth',10);
Text0 = ['Size Inseam : ' num2str(SIZE1,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext0 = insertText(Imginsert3,[1000 148],Text0,'FontSize',40,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(26),imshow(Imgtext0);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Inseam'])
```

```
%%% Sternal notch
Imginsert4 = insertShape(ImgCON2,'Line',[loct3 row5N loct3 loct1],'Color','red','LineWidth',10);
Text1 = ['Size Sternal notch : ' num2str(SIZE2,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext1 = insertText(Imginsert4,[1000 148],Text1,'FontSize',72,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(27),imshow(Imgtext1);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Sternal notch'])
%%% Arm
Imginsert5 = insertShape(ImgCON2,'Line',[column0 loct1 column1 loct1],'Color','red','LineWidth',10);
Text2 = ['Size Arm : ' num2str(SIZE3,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext2 = insertText(Imginsert5,[1000 148],Text2,'FontSize',72,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(28),imshow(Imgtext2);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Arm'])
%%% Handbar
Imginsert14 = insertShape(ImgCON2,'Line',[column loct1 column0 loct1],'Color','red','LineWidth',10);
Text14 = ['Size Handbar : ' num2str(SIZE0,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext14 = insertText(Imginsert14,[1000 148],Text14,'FontSize',72,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(28),imshow(Imgtext14);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Handbar'])
%%% Total Height
Imginsert6 = insertShape(ImgCON2,'Line',[loct3 row5N loct3 row5],'Color','red','LineWidth',10);
Text3 = ['Size Total Height : ' num2str(SIZE4,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext3 = insertText(Imginsert6,[1000 148],Text3,'FontSize',72,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(29),imshow(Imgtext3);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Total Height'])
% close all;
[pkt4,loct4] = findpeaks(Plot5,'MinPeakDistance',100,'SortStr','descend','NPeaks',2);
figure(47),plot(Plot5,'k'); %%18
title('Vertical Hist Upper :Mark point HIGH.')
hold on
plot(loct4,pkt4,'r*');
hold off
figure(30)

 [pkt5,loct5] = findpeaks(Plot4,'SortStr','descend','NPeaks',1);
```

```
figure(48),plot(Plot4,'k'); %%19
title('Horizontal Hist Upper :Mark point HIGH.')
hold on
plot(loct5,pkt5,'r*','MarkerSize',10);
hold off
figure(32)

% peak
[pkt7,loct7] = findpeaks(Plot7,'SortStr','descend','NPeaks',1);
figure(49),plot(Plot7,'k'); %%
title('Vertical Hist Lower :Mark point HIGH.')
hold on
plot(loct7,pkt7,'r*','MarkerSize',10);
hold off
figure(33)

% peak horizontal
[pkt8,loct8] = findpeaks(Plot6,'MinPeakDistance',100,'SortStr','descend','NPeaks',1);
%%'MinPeakDistance',200
figure(50),plot(Plot6,'k'); %%22
title('Horizontal Hist Lower :Mark point HIGH.')
hold on
plot(loct8,pkt8,'r*')
hold off
figure(34)


ImgCON3 = im2single(Img02);
ImgCON4 = im2single(Img03);
ImgCON5 = im2single(P4);

[row6, column6] = find(Img02(:,loct4(2)), 1, 'first');
[row7, column7] = find(Img03(:,loct7), 1, 'first');
[row8, column8] = find(Img03(:,loct7), 1, 'last');
```

```
[row9, column9] = find(Img03(loct8,:), 1, 'first');
[row10, column10] = find(Img03(loct8,:), 1, 'last');
[row11, column11] = find(Img03(:,loct4(1)), 1, 'last');

loctC10 = (loct5 - 70);
Imginsert7 = insertShape(ImgCON3,'FilledCircle',[loct4(2) row6 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert7 = insertShape(Imginsert7,'FilledCircle',[loct4(2) loct5 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert7 = insertShape(Imginsert7,'FilledCircle',[loct4(1) loctC10 15],'Color','red','Opacity',1);
figure(35),imshow(Imginsert7);%%
title('Vertical Hist :Mark point HIGH Upper.')

Imginsert8 = insertShape(ImgCON4,'FilledCircle',[loct7 row7 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert8 = insertShape(Imginsert8,'FilledCircle',[loct7 row8 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert8 = insertShape(Imginsert8,'FilledCircle',[column9 loct8 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert8 = insertShape(Imginsert8,'FilledCircle',[column10 loct8 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert8 = insertShape(Imginsert8,'FilledCircle',[loct4(1) row11 15],'Color','red','Opacity',1);
figure(36),imshow(Imginsert8);%%

row6N = row7+Y4;
row7N = row8+Y4;
row8N = loct8+Y4;
row9N = row11+Y4;
Imginsert9 = insertShape(ImgCON5,'FilledCircle',[loct4(2) row6 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert9 = insertShape(Imginsert9,'FilledCircle',[loct4(2) loct5 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert9 = insertShape(Imginsert9,'FilledCircle',[loct4(1) loctC10 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert9 = insertShape(Imginsert9,'FilledCircle',[loct7 row6N 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert9 = insertShape(Imginsert9,'FilledCircle',[loct7 row7N 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert9 = insertShape(Imginsert9,'FilledCircle',[column9 row8N 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert9 = insertShape(Imginsert9,'FilledCircle',[column10 row8N 15],'Color','red','Opacity',1);
Imginsert9 = insertShape(Imginsert9,'FilledCircle',[loct4(1) row9N 15],'Color','red','Opacity',1);
figure(37),imshow(Imginsert9);%%
title('Mark all point : Stand.')

PIXEL5 = abs(row6-loct5);                %%%Forearm
```

```
SIZE5 = ((PIXEL5/Size04));
PIXEL6 = abs(loctC10-row9N);              %%%Trunk
SIZE6 = ((PIXEL6/Size04));
PIXEL7 = abs(column9-column10);           %%%Thigh
SIZE7 = ((PIXEL7/Size04));
PIXEL8 = abs(row7-row8) ;                 %%%lower leg
SIZE8= ((PIXEL8/Size04));

Imginsert10 = insertShape(ImgCON5,'Line',[loct4(2) row6 loct4(2) loct5],'Color','red','LineWidth',10);
Text4 = ['Size Forearm : ' num2str(SIZE5,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext4 = insertText(Imginsert10,[1000 148],Text4,'FontSize',62,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(38),imshow(Imgtext4);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Forearm'])

Imginsert11 = insertShape(ImgCON5,'Line',[loct4(1) loctC10 loct4(1) row9N],'Color','red','LineWidth',10);
Text5 = ['Size Trunk : ' num2str(SIZE6,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext5 = insertText(Imginsert11,[1000 148],Text5,'FontSize',40,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(39),imshow(Imgtext5);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Trunk'])

Imginsert12 = insertShape(ImgCON5,'Line',[column9 row8N column10
row8N],'Color','red','LineWidth',10);
Text6 = ['Size Thigh : ' num2str(SIZE7,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext6 = insertText(Imginsert12,[1000 148],Text6,'FontSize',62,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(40),imshow(Imgtext6);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Thigh'])

Imginsert13 = insertShape(ImgCON5,'Line',[loct7 row6N loct7 row7N],'Color','red','LineWidth',10);
Text7 = ['Size Lower leg : ' num2str(SIZE8,'%0.2f') ' CM'];
Imgtext7 = insertText(Imginsert13,[1000 148],Text7,'FontSize',62,'AnchorPoint','CenterTop');
figure(41),imshow(Imgtext7);%%
title(['\fontsize{15}Mark point : Lower leg'])
close all;
```

(FrameCalculate.m) – หาขนาดเฟรมจักรยานโดยมีเงื่อนไขการเลือกไซส์ขนาดเล็ก

```
load('RGiant.mat');
load('RMerida.mat');
load('RScott.mat');
load('RJamis.mat');
load('RTrek.mat');
load('RCanandale.mat');
load('RRichey.mat');

Torso = (Sternalnotch-Inseam);
STL = (Inseam*0.65); %%% seat tube length
STL1 = (Inseam*0.66); %%% seat tube length
TTL = (Torso+Arm)*0.485;  %%%top tube length
TTL1 = (Inseam+Arm)*0.49;
STA = 1.135*(90-(asind(Thigh/Inseam))); %%%seat tube angle
SE = (Trunk+Arm)*0.105; %%%stem extension
SE1 = (Trunk+Arm)*0.11;
CL = (Inseam*0.203);%%%crankarm length
SH = (Inseam*0.87);%%%saddle height
SH1 = (Inseam*0.88);
SSB = (Thigh*0.190);%%%saddle set-back
SHD = (Arm*0.125);  %%%saddle-handlebar difference
for I0=1:6
    Sub0(I0,1)=abs(RGiant(I0).TopTubeLength-TTL);
    SubSeat0(I0,1)=abs(RGiant(I0).SeatTubeLength-STL);
end
[PosiX0,PosiY0]=min(Sub0);
TopSizeCal0 = RGiant(PosiY0).Size;
[PosiX1,PosiY1]=min(SubSeat0);
SeatSizeCal0 = RGiant(PosiY1).Size;
Totalsize0 = (Sub0.^2+SubSeat0.^2);
Totalsize0 = sqrt(Totalsize0);
Min0 = min(Totalsize0);
for i = 1:6
```

```
if Totalsize0(i,1) ==  Min0
    Totalsize0(i,1) = 999;
     end
end
Min00 = min(Totalsize0);
for i = 1:6
    if Totalsize0(i,1) == Min00
        Totalsize0(i,1) = Min00
       end
end
[Posix0,Posiy0]=min(Totalsize0);
SizeGiant = RGiant(Posiy0).Size;

for I1=1:6
    Sub1(I1,1)=abs(RMerida(I1).TopTubeLength-TTL);
    SubSeat1(I1,1)=abs(RMerida(I1).SeatTubeLength-STL);
end
[PosiX2,PosiY2]=min(Sub1);
TopsizeCal1 = RMerida(PosiY2).Size;
[PosiX3,PosiY3]=min(SubSeat1);
SeatSizeCal1 = RMerida(PosiY3).Size;
Totalsize1 = (Sub1.^2+SubSeat1.^2);
Totalsize1 = sqrt(Totalsize1);
Min1 = min(Totalsize1);
for i = 1:6
if Totalsize1(i,1) ==  Min1
    Totalsize1(i,1) = 999;
     end
end
Min11 = min(Totalsize1);
for i = 1:6
    if Totalsize1(i,1) == Min11
        Totalsize1(i,1) = Min11
       end
```

```
end
[Posix1,Posiy1]=min(Totalsize1);
SizeMerida = RMerida(Posiy1).Size;
%[Posix1,Posiy1]=min(Totalsize1);

for I2=1:7
    Sub2(I2,1)=abs(RScott(I2).TopTubeLength-TTL);
    SubSeat2(I2,1)=abs(RScott(I2).SeatTubeLength-STL);
end
[PosiX4,PosiY4]=min(Sub2);
TopSizeCal2 = RScott(PosiY4).Size;
[PosiX5,PosiY5]=min(SubSeat2);
SeatSizeCal2 = RScott(PosiY5).Size;
Totalsize2 = (Sub2.^2+SubSeat2.^2);
Totalsize2 = sqrt(Totalsize2);
Min2 = min(Totalsize2);

for i = 1:6
    if Totalsize2(i,1) == Min2
        Totalsize2(i,1) = 999;
    end
end%
Min22 = min(Totalsize2);
for i = 1:6
    if Totalsize2(i,1) == Min22
        Totalsize2(i,1) = Min22;
    end
end

[Posix2,Posiy2]=min(Totalsize2);
SizeScott = RScott(Posiy2).Size;
for I3=1:6
    Sub3(I3,1)=abs(RJamis(I3).TopTubeLength-TTL);
    SubSeat3(I3,1)=abs(RJamis(I3).SeatTubeLength-STL);
```

```
end
[PosiX6,PosiY6]=min(Sub3);
TopSizeCal3 = RJamis(PosiY6).Size;
[PosiX7,PosiY7]=min(SubSeat3);
SeatSizeCal3 = RJamis(PosiY7).Size;
Totalsize3 = (Sub3.^2+SubSeat3.^2);
Totalsize3 = sqrt(Totalsize3);
Min3 = min(Totalsize3);
for i = 1:6
if Totalsize3(i,1) ==  Min3
    Totalsize3(i,1) = 999;
     end
end
Min33 = min(Totalsize3);
for i = 1:6
    if Totalsize3(i,1) == Min33
        Totalsize3(i,1) = Min33
       end
end

[Posix3,Posiy3]=min(Totalsize3);
SizeJamis = RJamis(Posiy3).Size;
for I4=1:9
    Sub4(I4,1)=abs(RTrek(I4).TopTubeLength-TTL);
    SubSeat4(I4,1)=abs(RTrek(I4).SeatTubeLength-STL);
end
[PosiX8,PosiY8]=min(Sub4);
TopSizeCal4 = RTrek(PosiY8).Size;
[PosiX9,PosiY9]=min(SubSeat4);
SeatSizeCal4 = RTrek(PosiY9).Size;
Totalsize4 = (Sub4.^2+SubSeat4.^2);
Totalsize4 = sqrt(Totalsize4);
Min4 = min(Totalsize4);
for i = 1:6
```

```
    if Totalsize4(i,1) == Min4
        Totalsize4(i,1) = 999;
    end
end%
Min44 = min(Totalsize4);
for i = 1:6
    if Totalsize4(i,1) == Min44
        Totalsize4(i,1) = Min44;
    end
end
[Posix4,Posiy4]=min(Totalsize4);
SizeTrek = RTrek(Posiy4).Size;



for I5=1:9
    Sub5(I5,1)=abs(RCanondale(I5).TopTubeLength-TTL);
    SubSeat5(I5,1)=abs(RCanondale(I5).SeatTubeLength-STL);
end
[PosiX10,PosiY10]=min(Sub5);
TopSizeCal5 = RCanondale(PosiY10).Size;
[PosiX11,PosiY11]=min(SubSeat5);
SeatSizeCal5 = RCanondale(PosiY11).Size;
Totalsize5 = (Sub5.^2+SubSeat5.^2);
Totalsize5 = sqrt(Totalsize5);
Min5 = min(Totalsize5);
for i = 1:6
if Totalsize5(i,1) ==  Min5
    Totalsize5(i,1) = 999;
     end
end
Min55 = min(Totalsize5);
for i = 1:6
    if Totalsize5(i,1) == Min55
        Totalsize5(i,1) = Min55
```

```
        end
end

[Posix5,Posiy5]=min(Totalsize5);
SizeCanondale = RCanondale(Posiy5).Size;
for I6=1:6
    Sub6(I6,1)=abs(RRichey(I6).TopTubeLength-TTL);
    SubSeat6(I6,1)=abs(RRichey(I6).SeatTubeLength-STL);
end
[PosiX12,PosiY12]=min(Sub6);
TopSizeCal6 = RRichey(PosiY12).Size;
[PosiX13,PosiY13]=min(SubSeat6);
SeatSizeCal6 = RRichey(PosiY13).Size;
Totalsize6 = (Sub6.^2+SubSeat6.^2);
Totalsize6 = sqrt(Totalsize6);
Min6 = min(Totalsize6);
for i = 1:6
if Totalsize6(i,1) ==  Min6
    Totalsize6(i,1) = 999;
     end
end
Min66 = min(Totalsize6);
for i = 1:6
    if Totalsize6(i,1) == Min66
        Totalsize6(i,1) = Min66;
       end
end
[Posix6,Posiy6]=min(Totalsize6);
SizeRichey = RRichey(Posiy5).Size;
```

(FittingCalculate.m) – ฟิตติ้งอุปกรณ์เสริม

```
load('STEMGiant.mat');
load('STEMMerida.mat');
load('STEMScot.mat');
```

```
load('STEMCannondale.mat');
load('STEMRitchey.mat');
load('STEMTTrek.mat');
load('STEMJamis.mat');

load('CRANKCannondale.mat');
load('CRANKGiant.mat');
load('CRANKMerida.mat');
load('CRANKScott.mat');
load('CRANKRitchey.mat');
load('CRANKTrek.mat');
load('CRANKJamis.mat');
clc;

Inseam0 = 65.00;
Torso0 = 60.00;
Arm0 = 52.00;
Lowerleg0 = 47.00;
Trunk0 = 66.00;
load('STEMGiant.mat');
load('STEMMerida.mat');
load('STEMScot.mat');
load('STEMCannondale.mat');
load('STEMRitchey.mat');
load('STEMTTrek.mat');
load('STEMJamis.mat');

load('CRANKCannondale.mat');
load('CRANKGiant.mat');
load('CRANKMerida.mat');
load('CRANKScott.mat');
load('CRANKRitchey.mat');
load('CRANKTrek.mat');
load('CRANKJamis.mat');
```

```
clc;
Inseam0 = 65.00;
Torso0 = 60.00;
Arm0 = 52.00;
Lowerleg0 = 47.00;
Trunk0 = 66.00;
% %Real on me
% AAFitSaddle1 = sqrt(((Inseam0-Lowerleg0)^2+(Lowerleg0)^2)+(2*(Inseam0-
Lowerleg0)*Lowerleg0*cos(152)));
% AAFitCrank11 = sqrt(((Inseam0-Lowerleg0)^2+(Lowerleg0)^2)-(2*(Inseam0-
Lowerleg0)*Lowerleg0*cos(70.5)));
% AALengthSStem1 = (Arm0/sin(45));
%Real with equation velodynamics
AACrankarmLength = Inseam0*0.203;
AASaddleHeigth = Inseam0*0.87;
AAStemLength = (Trunk0+Arm0)*0.105;
A0SaddleHeigthGiant = AASaddleHeigth-RGiant(Posiy0).SeatTubeLength;
A0SaddleHeigthMerida = AASaddleHeigth-RMerida(Posiy1).SeatTubeLength;
A0SaddleHeigthScott = AASaddleHeigth-RScott(Posiy2).SeatTubeLength;
A0SaddleHeigthTrek = AASaddleHeigth-RTrek(Posiy4).SeatTubeLength;
A0SaddleHeigthCanondal = AASaddleHeigth-RCanondale(Posiy5).SeatTubeLength;
A0SaddleHeigthRichey = AASaddleHeigth-RRichey(Posiy6).SeatTubeLength;
A0SaddleHeigthJamis = AASaddleHeigth-RJamis(Posiy6).SeatTubeLength;

%Auto with equation velodynamics
AAACrankarmLength = Inseam*0.203;
AAASaddleHeigth = Inseam*0.87;
AAAStemLength = (Trunk+Arm)*0.105;
A00SaddleHeigthGiant = AAASaddleHeigth-RGiant(Posiy0).SeatTubeLength;
A00SaddleHeigthMerida = AAASaddleHeigth-RMerida(Posiy1).SeatTubeLength;
A00SaddleHeigthScott = AAASaddleHeigth-RScott(Posiy2).SeatTubeLength;
A00SaddleHeigthTrek = AAASaddleHeigth-RTrek(Posiy4).SeatTubeLength;
A00SaddleHeigthCanondal = AAASaddleHeigth-RCanondale(Posiy5).SeatTubeLength;
A00SaddleHeigthRichey = AAASaddleHeigth-RRichey(Posiy6).SeatTubeLength;
```

```
A00SaddleHeigthJamis = AAASaddleHeigth-RJamis(Posiy6).SeatTubeLength;
%Real
Fit1 = sqrt(((Inseam0-Lowerleg0)^2+(Lowerleg0)^2)+(2*(Inseam0-Lowerleg0)*Lowerleg0*cos(152)));
%%Auto
Fit1 = sqrt(((Inseam-Lowerleg)^2+(Lowerleg)^2)+(2*(Inseam-Lowerleg)*Lowerleg*cos(152)));
FitGiantSaddle = Fit1-RGiant(Posiy0).SeatTubeLength;
FitMeridaSaddle = Fit1-RMerida(Posiy1).SeatTubeLength;
FitScottSaddle = Fit1-RScott(Posiy2).SeatTubeLength;
FitJamisSaddle = Fit1-RJamis(Posiy3).SeatTubeLength;
FitTrekSaddle = Fit1-RTrek(Posiy4).SeatTubeLength;
FitCanondaleSaddle = Fit1-RCanondale(Posiy5).SeatTubeLength;
FitRicheySaddle = Fit1-RRichey(Posiy5).SeatTubeLength;

%FitCrankArm
%Real
Fit22 = sqrt(((Inseam0-Lowerleg0)^2+(Lowerleg0)^2)-(2*(Inseam0-Lowerleg0)*Lowerleg0*cos(70.5)));
%%Auto
Fit22 = sqrt(((Inseam-Lowerleg)^2+(Lowerleg)^2)-(2*(Inseam-Lowerleg)*Lowerleg*cos(70.5)));
BtwSadandCrank = Fit1-Fit22;
%Giant
for D0=1:3
    CalCrank1(D0,1) = abs(CRANKGiant(D0).SizeNum-BtwSadandCrank);
end
MinCarnkGiant = min(CalCrank1);
[Postxx1,Postyy1] = min(CalCrank1);
CrankGiantSize = CRANKGiant(Postyy1).SizeNum;
%Cannondale
for D0=1:3
    CalCrank2(D0,1) = abs(CRANKCannondale(D0).SizeNum-BtwSadandCrank);
end
MinCarnkCannondale = min(CalCrank2);
[Postxx2,Postyy2] = min(CalCrank2);
CrankCannondaleSize = CRANKCannondale(Postyy2).SizeNum;
%Merida
```

```
for D0=1:4
    CalCrank3(D0,1) = abs(CRANKMerida(D0).SizeNum-BtwSadandCrank);
end
MinCarnkMerida = min(CalCrank3);
[Postxx3,Postyy3] = min(CalCrank3);
CrankMeridaSize = CRANKMerida(Postyy3).SizeNum;
%Ritchey
for D0=1:3
    CalCrank4(D0,1) = abs(CRANKRitchey(D0).SizeNum-BtwSadandCrank);
end
MinCarnkRitchey = min(CalCrank4);
[Postxx4,Postyy4] = min(CalCrank4);
CrankRitcheySize = CRANKRitchey(Postyy4).SizeNum;
%Scott
for D0=1:3
    CalCrank5(D0,1) = abs(CRANKScott(D0).SizeNum-BtwSadandCrank);
end
MinCarnkScott = min(CalCrank5);
[Postxx5,Postyy5] = min(CalCrank5);
CrankScottSize = CRANKScott(Postyy5).SizeNum;
%Trek
for D0=1:4
    CalCrank6(D0,1) = abs(CRANKTrek(D0).SizeNum-BtwSadandCrank);
end
MinCarnkTrek = min(CalCrank6);
[Postxx6,Postyy6] = min(CalCrank6);
CrankTrekSize = CRANKTrek(Postyy6).SizeNum;
for D0=1:3
    CalCrank7(D0,1) = abs(CRANKJamis(D0).SizeNum-BtwSadandCrank);
end
MinCarnkJamis = min(CalCrank7);
[Postxx7,Postyy7] = min(CalCrank7);
CrankJamisSize = CRANKScott(Postyy7).SizeNum;
```

```
%%Auto
LengthS = (Arm/sin(45));
StemandHandleBarGiant = abs(RGiant(Posiy0).TopTubeLength-LengthS);
for E0=1:3
    Dub01(E0,1)=abs(StemandHandleBarGiant-STEMGiant(E0).SizeNum);
end
MinGiant = min(Dub01);
[Postx1,Posty1] = min(Dub01);
StemSizeGiant = STEMGiant(Posty1).SizeNum;
StemandHandleBarCannondale = abs(RCanondale(Posiy0).TopTubeLength-LengthS);
for E0=1:7
    Dub02(E0,1)=abs(StemandHandleBarCannondale-STEMCannondale(E0).SizeNum);
end
MinCannondale = min(Dub02);
[Postx2,Posty2] = min(Dub02);
StemSizeCannondale = STEMCannondale(Posty2).SizeNum;
StemandHandleBarMerida = abs(RMerida(Posiy0).TopTubeLength-LengthS);
for E0=1:4
    Dub03(E0,1)=abs(StemandHandleBarMerida-STEMMerida(E0).SizeNum);
end
MinMerida = min(Dub03);
[Postx3,Posty3] = min(Dub03);
StemSizeMerida = STEMMerida(Posty3).SizeNum;
StemandHandleBarRitchey = abs(RRichey(Posiy0).TopTubeLength-LengthS);
for E0=1:6
    Dub04(E0,1)=abs(StemandHandleBarRitchey-STEMRitchey(E0).SizeNum);
end
MinRitchey = min(Dub04);
[Postx4,Posty4] = min(Dub04);
StemSizeRitchey = STEMRitchey(Posty4).SizeNum;

StemandHandleBarScott = abs(RScott(Posiy0).TopTubeLength-LengthS);
for E0=1:8
    Dub05(E0,1)=abs(StemandHandleBarScott-STEMScott(E0).SizeNum);
```

```
end
MinScott= min(Dub05);
[Postx5,Posty5] = min(Dub05);
StemSizeScott = STEMScott(Posty5).SizeNum;
StemandHandleBarTrek = abs(RTrek(Posiy0).TopTubeLength-LengthS);
for E0=1:7
    Dub06(E0,1)=abs(StemandHandleBarTrek-STEMTTrek(E0).SizeNum);
end
MinTrek = min(Dub06);
[Postx6,Posty6] = min(Dub06);
StemSizeTrek = STEMTTrek(Posty6).SizeNum;
StemandHandleBarJamis = abs(RJamis(Posiy0).TopTubeLength-LengthS);
for E0=1:7
    Dub07(E0,1)=abs(StemandHandleBarJamis-STEMTJamis(E0).SizeNum);
end
MinJamis= min(Dub07);
[Postx7,Posty7] = min(Dub07);
StemSizeJamis = STEMTJamis(Posty7).SizeNum;
```

รายละเอียดของผู้เข้าร่วมการทดลองในตารางที่ 4.12 และ 4.16
มีทั้งหมด 29 คน เป็นผู้หญิงจำนวน 19 คนและผู้ชายจำนวน 10 คน โดยผู้เข้าร่วมจะถ่ายรูปทั้งหมด 6 รูปในท่าที่กำหนด คือ ท่ายืนและท่านั่ง และผู้เข้าร่วมทดลองทุกคนจะต้องใส่ชุดจักรยานทั้งหมด 3 สี คือ สีดำแดง สีดำเหลือง และสีดำเขียว

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวกุญช์ญาดา กองธานี
วันเดือนปีเกิด	19 กันยายน 2540
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	63/85 หมู่ 2 ต.เชิงเนิน อ.เมือง จ.ระยอง 21000
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	062-645-1552

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2559	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนอัสสัมชัญระยอง จังหวัดระยอง
พ.ศ. 2562	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ หมาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ