

การวัดสัดส่วนศีรษะเพื่อการออกแบบหมวกนिरภัยในเด็กก่อนวัยเรียน



นางสาวมาลินี ลีลัคณาวิระ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

HEAD ANTHROPOMETRY FOR PRESCHOOL PROTECTIVE HELMET DESIGN



Miss Malinee Leelukkanaweera

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

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

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวัดสัดส่วนศีรษะเพื่อการออกแบบหมวกนิรภัยในเด็ก
ก่อนวัยเรียน

โดย

นางสาวมาลินี ลีลคนาวีระ

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รุ่งกิจการพานิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์)

มาลินี ลีลัคนาวิระ : การวัดสัดส่วนศีรษะเพื่อการออกแบบหมวกนิรภัยในเด็กก่อนวัยเรียน. (HEAD ANTHROPOMETRY FOR PRESCHOOL PROTECTIVE HELMET DESIGN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 142 หน้า.

ปัญหาเรื่องความปลอดภัยในเด็กเล็กในการเดินทางโดยรถจักรยานยนต์ในประเทศไทยส่วนหนึ่งเกิดจากการไม่สวมหมวกนิรภัย ซึ่งสาเหตุเกิดจากหมวกนิรภัยในท้องตลาดนั้นขนาดและรูปทรงไม่เหมาะสมกับเด็กเล็ก งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลขนาดสัดส่วนของศีรษะเด็กที่จำเป็นต่อการออกแบบหมวกนิรภัยการวัดสัดส่วนใดที่จำเป็นต่อการออกแบบ และได้เก็บตัวอย่างรูปถ่ายเด็กนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 1 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นตัวแทนเด็กอายุ 3 ถึง 6 ปี จำนวนทั้งสิ้น 278 คน ซึ่งได้ข้อมูลขนาดสัดส่วนศีรษะจากภาพถ่ายทั้งหมด 15 สัดส่วน เมื่อพิจารณารูปทรงศีรษะเด็กเล็กกับหมวกนิรภัยในท้องตลาดพบว่า มีเด็กเพียง 9% เท่านั้นที่สามารถสวมใส่หมวกนิรภัยได้พอดี 44% เกิดความไม่กระชับทางด้านขมับซ้ายและขวา และ อีก 47% ไม่สามารถสวมใส่หมวกนิรภัยได้เนื่องจากศีรษะมีขนาดเล็กเกินไป ผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่ารูปทรงศีรษะเด็กเปลี่ยนแปลงความกว้างขึ้นตามอายุมากกว่าความยาว ดังนั้นการออกแบบหมวกนิรภัยให้ปลอดภัยสำหรับเด็กเล็กนั้นจะต้องทำการปรับปรุงทั้งขนาดซึ่งใหญ่เกินไปและรูปทรงกว้างเกินไปสำหรับศีรษะเด็กเล็ก ซึ่งข้อมูลสัดส่วนศีรษะซึ่งใช้สำหรับออกแบบหมวกนิรภัยนั้นสามารถพยากรณ์ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานคือน้ำหนัก, ส่วนสูง, อายุ และเส้นรอบศีรษะ ทำนายร่วมกับสัดส่วนหลักของศีรษะคือ ความยาวศีรษะ และ ความกว้างศีรษะเป็นตัวแปรต้น เปรียบเทียบกับการใช้เพียงข้อมูลพื้นฐานเป็นตัวแปรต้นในการทำนาย ผลปรากฏว่าการใช้ข้อมูลพื้นฐานในการทำนายมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ น้อยกว่าการทำนายด้วยข้อมูลพื้นฐานร่วมกับสัดส่วนหลักของศีรษะเพียงเล็กน้อย ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งานข้อมูลการใช้เพียงข้อมูลพื้นฐานในการทำนายสามารถทำได้โดยผู้ใช้งานควรจะพิจารณาสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายข้อมูลที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2556

5471069821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: HELMET / HEAD ANTHROPOMETRY / PRESCHOOL CHILDREN /
ERGONOMIC

MALINEE LEELUKKANAWEERA: HEAD ANTHROPOMETRY FOR PRESCHOOL
PROTECTIVE HELMET DESIGN. ADVISOR: DR.PHAIROAT LADAVICHITKUL,
142 pp.

One of the accidents that children often experience on the road is due to riding motorcycles in an unsafe manner. Children who do not wear a protective helmet when riding a motorcycle are in one of the highest risk groups. One reason for this happening is that there is no suitable protective helmet designed specifically for children. Images of the heads of 278 young children from 3-6 years of age were studied. There were 15 dimensions of children's head were measured to identify the head shape and to find out the relationship of dimension with basic data of children such as weight and height. The results showed that the head shape of only 9 percent of young children who would fit the current protective helmet design in the market. 44 percent of young children would not fit the protective helmet at the left and the right side. In addition 50 percent of them would not be able wear the protective helmet since their head is too small. It was found from this research that young children's heads become wider as they grow up. As a result, this research demonstrates that young children require a uniquely designed protective helmet to provide them with adequate protection when traveling on motorcycles. To create the suitable and safety protective helmet for young children, the design should be improved both of shape and size according to the result of this research. The study data can be used for helmet design by considering the R square, residual errors from linear regression.

Department: Industrial Engineering

Student's Signature

Field of Study: Industrial Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้แนวทาง , คำแนะนำ,เสียสละเวลา และ แนวให้ทางการแก้ไขปัญหาต่างๆอย่างดีมาโดยตลอด ให้สามารถผ่านสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช ประธานกรรมการ ผศ.ดร.วิภาวี ธรรมมาภรณ์พิลาศ และ รศ.นพ.อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่ทำให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับเด็กนักเรียนโรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีระหว่างการทำวิจัย และผู้ปกครองเด็กนักเรียนที่ให้ความไว้วางใจอนุญาตให้บุตรหลานเข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้

ขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัย เก็บข้อมูล รวมถึงคุณครูประจำชั้นซึ่งช่วยเหลือจัดระเบียบ ควบคุมดูแล เด็กเล็กปกครอง ในขณะที่เก็บข้อมูล คุณครูซึ่งช่วงประสานงานในการทำกิจกรรมการเก็บข้อมูลได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายนี้ขอบพระคุณทุกท่านกำลังใจ และการสนับสนุนช่วยเหลือ จากครอบครัว และ เพื่อนๆทุกคน ผู้ทำให้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ผ่านพ้นไป และ เป็นแรงผลักดันในการก้าวเดินหน้าอย่างไม่ท้อถอย แนะนำโอกาสสำหรับความสำเร็จอยู่เสมอมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญตาราง.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	12
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	20
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	20
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	20
1.5 ขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	20
บทที่ 2.....	22
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
2.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย(ธวัชชานนท์ สิปปาภากุล, 2548).....	22
2.2 การวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายในเชิงวิศวกรรมตามวัตถุประสงค์ของการวัด	23
2.3 ปรัชญาในการออกแบบเชิงการยศาสตร์.....	25
2.4 การนำเสนอข้อมูลขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ไปใช้ในงานวิศวกรรม.....	26
2.5 การใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติร่างกายในการออกแบบ.....	26
2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
2.7 มาตรฐานการออกแบบหมวกนิรภัย.....	32
2.8 สถิติเพื่อการวิจัย.....	35
บทที่ 3	41
ขั้นตอนการดำเนินงาน	41
3.1 กำหนดขอบเขตการวิจัย.....	41
3.2 กำหนดตำแหน่งอ้างอิงสำหรับการวัดขนาดเพื่อออกแบบหมวกนิรภัย.....	41
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	44

3.4	ขั้นตอนการวัดสัดส่วน	46
3.5	การติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์.....	48
3.6	ขั้นตอนการดำเนินการถ่ายรูป.....	49
3.7	วิธีการคำนวณสัดส่วนจากโปรแกรม Photoshop	50
3.8	การทดสอบวิธีการวัด.....	51
3.9	ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผล	52
บทที่ 4	.....	53
ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล		53
4.1	ผลการสุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับอนุบาล1 ถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 1	53
4.2	วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของวิธีการวัด.....	54
4.3	ตรวจสอบค่าผิดปกติ Outlier.....	55
4.4	ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95.....	56
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิง กับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะที่เปลี่ยนแปลงไป	58
4.6	การทดสอบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนศีรษะแต่ละช่วงอายุ	63
4.7	ทดสอบขนาดสัดส่วนศีรษะของนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง.....	67
4.9	การพยากรณ์ขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น.....	71
4.11	ข้อมูลสัดส่วนศีรษะเด็กอายุ 3-6 ปีเพื่อการออกแบบ	77
บทที่ 5	.....	79
วิจารณ์ผลการวิจัย.....		79
5.1	การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนชายของงานวิจัยนี้กับผลงานของ Emanuele Sanna (2011)	79
5.2	เปรียบเทียบขนาดของหมวกนิรภัยในท้องตลาด เทียบกับขนาดสัดส่วนศีรษะจากงานวิจัยนี้.....	80
5.3	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นรอบศีรษะกับข้อมูลจาก สมอ.....	81
5.4	ข้อมูลสัดส่วนศีรษะสำหรับการออกแบบหมวกนิรภัย	82
บทที่ 6	.....	83
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....		83

6.1 การวิจัยขนาดสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง.....	83
6.2 สมการที่ใช้พยากรณ์ขนาดสัดส่วนศีรษะ	83
6.3 ผลการเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น.....	84
6.4 การเปรียบเทียบขนาดศีรษะของเด็กชายและหญิงของงานวิจัยนี้กับขนาดหมวกนิรภัยใน ท้องตลาด.....	84
6.5 ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในงานวิจัย.....	84
6.6 ข้อเสนอแนะ.....	84
รายการอ้างอิง	86
ภาคผนวก.....	88
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	142

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 จำนวนประชากรไทย ณ วันที่ 1 กรกฎาคม 2555.....	12
1.2 อัตราการตายต่อประชากร 100,000 คน ด้วยอุบัติเหตุจราจร จำแนกตามอายุ ปีพ.ศ. 2540 – 2549.....	13
1.3 ส่วนต่างๆของกะโหลกศีรษะมนุษย์.....	15
1.4 หมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ เต็มใบ และ ปิดเต็มหน้า.....	16
1.5 เปอร์เซ็นต์ผู้ใช้รถจักรยานยนต์ที่ระบุถึงเหตุผลของการไม่สวมหมวกนิรภัย.....	16
1.6 ขนาดความกว้าง ยาวเฉลี่ยศีรษะมนุษย์เพศชายและหญิงอายุ 3-18 ปี ประเทศแคนาดา.....	18
1.7 ตำแหน่งในการคำนวณ Cephalic index.....	19
1.8 หัว Dolicocephalic (ซ้าย), หัว Mesocephalic (กลาง) หัว Brachycephalic (ขวา).....	19
2.1 ตัวอย่างสัดส่วนต่างๆของร่างกายคนอเมริกัน Halander(1995).....	23
2.2 ตัวอย่างสัดส่วนร่างกายมนุษย์เมื่อมีการเคลื่อนที่ Halander(1995).....	24
2.3 ส่วนประกอบหลักของหมวกนิรภัยเพื่อความปลอดภัย.....	27
2.4 ส่วนโค้งหลักและพารามิเตอร์ควบคุมของเปลือกหมวกนิรภัย.....	28
2.5 การเจริญเติบโตของความยาวของศีรษะเพศชายช่วงอายุ 3-22 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์25%, 50%, 75%, 97%.....	29
2.6 การเจริญเติบโตของความยาวของศีรษะเพศหญิงช่วงอายุ 3-22 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์25%, 50%, 75%, 97%.....	30
2.7 การเจริญเติบโตของความกว้างของศีรษะเพศชายช่วงอายุ 3-22 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์25%, 50%, 75%, 97%.....	30
2.8 การเจริญเติบโตของความกว้างของศีรษะเพศชายช่วงอายุ 3-22 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์25%, 50%, 75%, 97%	31
2.9 ดัชนีศีรษะในแต่ละช่วงอายุของเพศชายและเพศหญิงในชาร์ดิเนีย (อิตาลี).....	32
3.1 ส่วนประกอบของหมวกนิรภัย.....	41
3.2 ตำแหน่งอ้างอิงระยะในในการวัดเพื่อการออกแบบรองรับการสวมใส่และครอบคลุมส่วนที่รับ แรงกระแทก.....	42

3.3 ตำแหน่งอ้างอิงระยะการวัดเพื่อออกแบบส่วนการมองเห็น.....	43
3.4 ตำแหน่งอ้างอิงระยะการออกแบบส่วนการได้ยิน.....	43
3.5 ตำแหน่งอ้างอิงระยะการออกแบบสายรัดคาง.....	44
3.6 ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน.....	45
3.7 เทปวัด.....	45
3.8 กล้องถ่ายรูปดิจิตอล.....	45
3.9 อุปกรณ์อ้างอิงระยะ.....	46
3.10 ขั้นตอนการวัดสัดส่วนในงานวิจัย.....	47
3.11 การติดตั้งอุปกรณ์.....	48
3.12 แผนผังการทำงาน.....	48
3.13 ขั้นตอนการดำเนินการถ่ายภาพ.....	49
3.14 รูปถ่ายขณะเก็บข้อมูล.....	50
3.15 ภาพโปรแกรม Photoshop CS5.....	50
4.1 ภาพประกอบการทดสอบวิธีการวัดจากโปรแกรม Minitab จากกล้องหน้า.....	54
4.2 ภาพประกอบการทดสอบวิธีการวัดจากโปรแกรม Minitab จากกล้องด้านข้าง.....	55
4.3 ตัวอย่าง Boxplot สัดส่วน BH.....	55
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยน้ำหนัก.....	58
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยส่วนสูง.....	59
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นรอบศีรษะกับอายุ.....	59
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะ BC, AE, EG และ AD.....	60
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะ FG และ BH.....	61
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะ DI, AJ และ GJ.....	62
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะ NJ, KL, GM, JH และ KJ.....	63
4.11 การวิเคราะห์ค่าคงเหลือ (Residual Plots).....	64

4.12 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อน.....	73
5.1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ CI จากงานวิจัยนี้กับผลงานของ Emanuele Sanna (2011).....	79
5.2 การเด็กนักเรียนอายุ 3- 6 ปีที่สามารถใส่หมวกนิรภัยในท้องตลาดได้.....	80
5.3 เปรียบเทียบขนาดเส้นรอบศีรษะเด็กหญิงเฉลี่ยจากงานวิจัยนี้กับข้อมูลของ สมอ. และ จาก Growth chart	81
5.4 เปรียบเทียบขนาดเส้นรอบศีรษะเด็กชายเฉลี่ยจากงานวิจัยนี้กับข้อมูลของ สมอ. และ จาก Growth chart.....	81



สารบัญตาราง

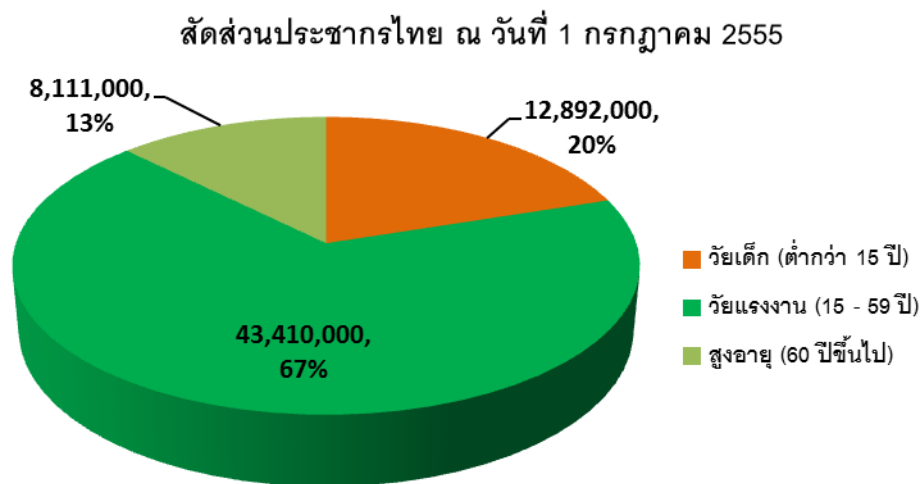
ตารางที่	หน้า
1.1 การเปรียบเทียบขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาดที่ได้รับมาตรฐาน มอก. กับขนาดศีรษะ จากงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011).....	18
3.1 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนบนใบหน้าเพื่อการออกแบบรองรับการสวมใส่และครอบคลุมส่วน รับแรงกระแทก.....	42
3.2 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนบนใบหน้าเพื่อการออกแบบส่วนการมองเห็น.....	43
3.3 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนบนใบหน้าเพื่อการออกแบบส่วนการได้ยิน.....	44
3.4 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนบนใบหน้าเพื่อการออกแบบส่วนสายรัดคาง.....	44
3.5 ตัวอย่างการคำนวณขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยโปรแกรม Photoshop.....	51
4.1 จำนวนนักเรียนเข้าร่วมวิจัยจำแนกตามอายุ.....	53
4.2 จำนวนกลุ่มตัวอย่างหลังตัดค่าผิดปกติ.....	56
4.3 ขนาดสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 3 – 6 ปี จำนวน 2 ขนาดร่างกาย และ 2 สัดส่วนศีรษะ.....	57
4.4 ค่า P-Value จากการทดสอบแบบ One-Way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha=0.05$) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ.....	66
4.5 ค่า P-Value จากการทดสอบแบบ 2 Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha=0.05$) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ.....	68
4.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละสัดส่วน.....	69
4.7 สมการความถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรพื้นฐานและสัดส่วนศีรษะ.....	71
4.8 สมการความถดถอยเชิงเส้นจากตัวแปรพื้นฐาน W, H, AGE และ CC.....	74
4.9 สมการถดถอยเชิงเส้นจากตัวแปรพื้นฐานสำหรับสัดส่วน BC และ DI	75
4.10 การเปรียบเทียบ R^2 Adjust จากสมการถดถอย 2 ทั้ง 2 วิธีการ.....	75
4.10 ค่าเฉลี่ยค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 95 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสัดส่วนศีรษะเด็กอายุ 3-6 ปี	78
5.1 แสดงข้อมูลเพื่อออกแบบหมวกนิรภัยสำหรับเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี	82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาคุณภาพชีวิตของเด็กซึ่งเป็นกำลังของชาติในอนาคตถือเป็นสิ่งสำคัญ ในประเทศไทยพบว่ามีจำนวนประชากรเด็ก (อายุต่ำกว่า 15 ปี) ถึง 13,229,000 คน ประชากรวัยแรงงาน (15-59 ปี) จำนวน 43,010,000 คน และจำนวนประชากรสูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) จำนวน 7,537,000 คน จากสารประชากร สถาบันวิจัยประชากรและสังคมมหาวิทยาลัยมหิดล(2555) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าสัดส่วนประชากรเด็กคิดเป็นร้อยละ 20.01 ของประชากรไทย ดังภาพที่ 1.1



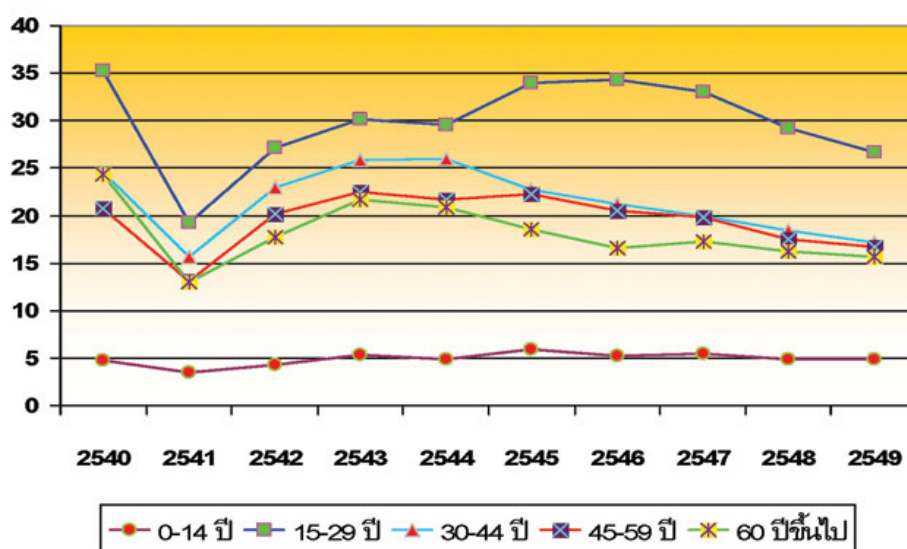
ภาพที่ 1.1 จำนวนประชากรไทย ณ วันที่ 1 กรกฎาคม 2555

(สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2555)

รถจักรยานยนต์เป็นที่ได้รับความนิยมอย่างมากในสภาวะการสัญจรบนท้องถนนในเมืองที่แออัด ไม่ว่าจะเป็นการชอกแซกตามพื้นที่แคบระหว่างรถ, ขึ้นขี่บนทางเท้าหรือวิ่งสวนเลน แม้กระทั่งในต่างจังหวัดรถจักรยานยนต์ก็นับได้ว่าเป็นพาหนะหลักที่ทุกบ้านต้องมีโดยเฉพาะครอบครัวชนชั้นกลางด้วยราคาที่ไม่แพง น้ำหนักเบาประหยัดน้ำมันกว่ารถยนต์ในแต่ละปีรถจักรยานยนต์จึงเป็นพาหนะที่มียอดนำเข้าและจำหน่ายสูงกว่ารถยนต์อื่นๆ ทำให้รถจักรยานยนต์กลายเป็นพาหนะหลักที่ใช้กันทุกเพศทุกวัย อย่างไรก็ตามการขับขี่รถจักรยานยนต์นั้นก็เปรียบได้กับ“เนื้อหุ้มเหล็ก” เพราะเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นผู้ขับขี่และโดยสารมักจะได้รับบาดเจ็บรุนแรงกว่าการนั่งรถยนต์

การบาดเจ็บและเสียชีวิตจากการใช้รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะเป็นความทุกข์จากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับตัวเลขอุบัติเหตุที่ทำให้เด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี เสียชีวิตมากที่สุดเป็นอันดับที่ 2 รองจากการจมน้ำและมีอัตราการสูญเสียเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอัตราจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว คือ อุบัติเหตุจากการจราจรซึ่งขณะนี้มียอดตายอยู่ที่ 650 คนต่อปี ซึ่งสาเหตุสูงสุดคือการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางจราจรได้แก่รถจักรยานยนต์ ที่มีอัตราการเสียชีวิตเฉลี่ย 450 คนต่อปี คิดเป็น 70-80% จากการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางจราจรทั้งหมด หรือใน 1 วันต้องมีเด็กเสียชีวิตจากรถจักรยานยนต์ 1 คนโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการได้รับการกระทบกระเทือนบริเวณศีรษะและสมอง

ความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตของเด็กประกอบด้วยในเด็กเล็กจะเกิดจากการโดยสารที่ไม่สวมหมวกนิรภัยด้วยความเต็มใจของพ่อแม่ผู้ปกครองหรือผู้ขับขี่เอง ในส่วนของเด็กโตเกิดจากการที่เด็กกลายมาเป็นผู้ขับขี่ก่อนถึงวัยอันสมควร ในกลุ่มนี้อันตรายจะเกิดจากอุบัติเหตุจากรถจักรยานยนต์ ความเร็วสูง แข่งขัน ชับโลดโผนหรือไม่ใส่หมวกนิรภัย



ภาพที่ 1.2 อัตราการเสียชีวิตต่อประชากร 100,000 คน ด้วยอุบัติเหตุจราจร จำแนกตามอายุ ปีพ.ศ. 2540 - 2549

(ข้อมูลมรณะบัตรสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข)

จากภาพที่ 1.2 แสดงอัตราการเสียชีวิตต่อประชากร 100,000 คน ด้วยอุบัติเหตุจราจร จำแนกตามอายุ ปี พ.ศ. 2540 - 2549 พบว่า กลุ่มอายุ 15 - 29 ปี มีอัตราการเสียชีวิตสูงที่สุด รองลงมาคือ 30 - 44 ปี อัตราการเสียชีวิตต่อประชากรเฉลี่ยเท่ากับ 30 และ 22 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มอายุ 0 - 14 ปี มีอัตราการเสียชีวิตต่ำที่สุด แต่เมื่อดูแนวโน้มการเสียชีวิตในช่วง 10 ปี ทุกกลุ่มช่วงอายุพบว่าอัตราการเสียชีวิตมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนตั้งแต่ปี พ.ศ.2546 เป็นต้นมา ยกเว้นในกลุ่ม

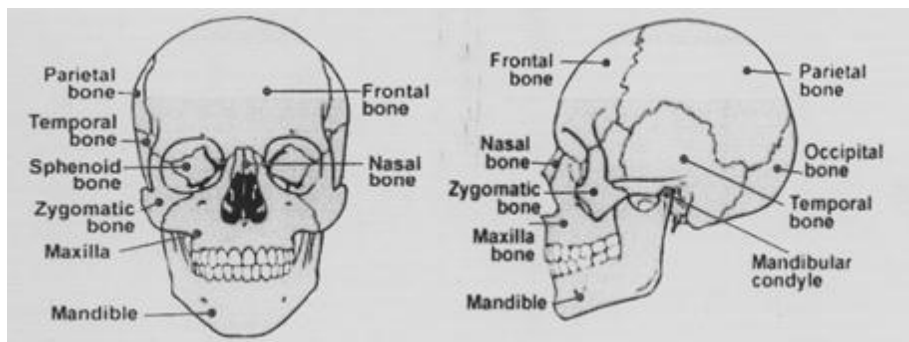
เด็กอายุ 0 – 14 ปี ที่แนวโน้มอัตราการเสียชีวิตไม่ลดลง ไม่สอดคล้องผลลัพธ์ของมาตรการป้องกันในช่วงอายุผู้ใหญ่

ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จัดอยู่ในกลุ่มผู้ใช้ถนนไร้สิ่งป้องกัน มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและการเสียชีวิตสูงกว่าผู้ใช้รถยนต์ 10-50 เท่า กลุ่มวัยรุ่นมีความเสี่ยงสูงที่สุด ผู้ใช้ในชนบทมีความเสี่ยงสูงกว่าผู้ใช้ในเมือง 6-7 เท่า ในปี 2538 มีอุบัติเหตุเกิดบนทางหลวง 19,482 ราย มีผู้เสียชีวิต 7,064 คน และผู้บาดเจ็บ 20,448 คน ในจำนวนนี้เป็นผู้ใช้รถจักรยานยนต์เสียชีวิต 2,390 คน หรือร้อยละ 33.8 ในการศึกษาจากห้องฉุกเฉิน 4 แห่งในโรงพยาบาลในกรุงเทพมหานครในปี 2543 พบว่าการบาดเจ็บจากรถจักรยานยนต์คิดเป็น ร้อยละ 74 ของอุบัติเหตุจราจร

ดังนั้นหมวกนิรภัยจึงถูกออกแบบมาเพื่อใช้ป้องกันการบาดเจ็บศีรษะเมื่อมีการกระแทก การศึกษาของ National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าหมวกนิรภัยสามารถลดการเสียชีวิตจากการชนของรถจักรยานยนต์ลงได้ร้อยละ 29 และลดการเสียชีวิตจากการบาดเจ็บที่ศีรษะลงได้ร้อยละ 40 นอกจากนี้หมวกนิรภัยยังช่วยลดความพิการจากการบาดเจ็บที่ศีรษะได้อีกด้วย ผู้ขับขี่ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยมีความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บที่ศีรษะมากกว่าผู้ใช้ประมาณ 3 เท่า ผู้ขับขี่ที่สวมหมวกนิรภัยจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาการบาดเจ็บทางสมองคิดเป็นเงิน 15,000 ดอลลาร์ต่อคน

อย่างไรก็ตามมีข้อถกเถียงว่าหมวกนิรภัยทำให้เกิดการบาดเจ็บที่กระดูกต้นคอเพิ่มขึ้นหรือไม่ J.P. Goldstein (1989) พบว่าการใช้หมวกนิรภัยเพิ่มการบาดเจ็บต่อกระดูกต้นคอเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักศีรษะจุดวิกฤตของความเร็วซึ่งทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บกระดูกต้นคอเพิ่มขึ้นจากหมวกนิรภัยคือ 21 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่คัดค้านเช่น การศึกษาซึ่งตีพิมพ์ใน Annals of Emergency Medicine ปี 1994 ที่ได้วิเคราะห์การชนของรถจักรยานยนต์ 1,153 รายพบว่าหมวกนิรภัยลดการบาดเจ็บที่ศีรษะโดยไม่เพิ่มการบาดเจ็บของกระดูกต้นคอเป็นต้น หมวกนิรภัยถูกออกแบบสำหรับทุกกลุ่มอายุมีขนาดที่แตกต่างกันออกไปในเด็กซึ่งศีรษะใหญ่น้ำหนักตัวน้อยกล้ามเนื้อต้นคอไม่แข็งแรงเท่ากับผู้ใหญ่มีโอกาสเกิดการหักของกระดูกต้นคอได้ง่ายการใช้หมวกนิรภัยอาจมีความเสี่ยงมากกว่าผู้ใหญ่อย่างไรก็ตามไม่มีข้อมูลจากฐานข้อมูลใดหรือการศึกษาใดที่บ่งบอกถึงอันตรายจากหมวกนิรภัยในเด็กดังนั้นจึงควรสนับสนุนให้เด็กที่มีความจำเป็นต้องเดินทางบนรถจักรยานยนต์ใช้หมวกนิรภัย

กะโหลกศีรษะมนุษย์นั้นมีความแตกต่างกันไปตามเพศ อายุ และ เชื้อชาติ ลักษณะของมนุษย์ต่างกลุ่มต่างเชื้อชาติ สังเกตได้ง่ายจากลักษณะของใบหน้าและศีรษะ ซึ่งกะโหลกมีลักษณะเฉพาะ และมีจุดอ้างอิงจำนวนมากดังภาพที่ 1.3 แสดงชื่อเรียกส่วนต่างๆของกะโหลกศีรษะ โดยผู้ที่ได้รับบาดเจ็บทางกะโหลกศีรษะมักได้รับบาดเจ็บตรงส่วนที่สำคัญๆ คือ Temporal, Frontal และ Occipital Bone



ภาพที่ 1.3 ส่วนต่างๆของกะโหลกศีรษะมนุษย์

หมวกนิรภัยมีการทำงานโดยป้องกันการสัมผัสโดยตรงระหว่างกะโหลกศีรษะกับสิ่งที่มากระทบ ทำหน้าที่ป้องกันศีรษะจากวัตถุที่มาจากสำคัญหมวกนิรภัยมีจุดประสงค์ลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บที่สมองและศีรษะอย่างรุนแรง โดยการลดแรงกระแทกหรือการชนเข้ากับศีรษะ วัสดุอ่อนนุ่มที่เป็นส่วนหนึ่งของหมวกนิรภัยจะดูดซับแรงสะท้อน ทำให้ศีรษะหยุดหรือเคลื่อนที่ช้าลง สมองจะได้ไม่ชนกับกะโหลกอย่างรุนแรง หมวกนิรภัยจะกระจายแรงกระแทกไปยังพื้นที่ที่กว้างขึ้น แรงกระแทกไม่ไปรวมอยู่ ณ พื้นที่เล็กๆ ส่วนใดส่วนหนึ่งของกะโหลกเท่านั้น

หมวกนิรภัยมี 3 รูปแบบคือ

แบบครึ่งใบ หมวกนิรภัยที่มีเปลือกหมวกป้องกันส่วนบนของศีรษะของผู้สวมใส่ มีลักษณะคล้ายหมวกเจ้าหน้าที่ตำรวจ มีน้ำหนักเบาปกป้องได้แต่ครึ่งบนของศีรษะข้อดีคือเหมาะสำหรับใช้โดยสารในระยะเวลานสั้น พื้นผิวการจราจรที่ใช้ความเร็วไม่เกิน 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ราคาถูกสำหรับหมวกนิรภัยที่ผลิตในประเทศอยู่ในช่วงราคา 120-150 บาท ข้อเสียไม่เหมาะกับการใช้สวมใส่ขับขี่ด้วยความเร็วสูง ป้องกันอันตรายได้เฉพาะส่วนหัวด้านบน ไม่สามารถป้องกันบริเวณหน้า และบริเวณหูได้

แบบเต็มใบ หมวกนิรภัยที่มีเปลือกหมวกป้องกันส่วนบนของศีรษะ ส่วนท้ายทอยและบริเวณขากรรไกรของผู้สวมใส่ หมวกนิรภัยชนิดนี้จะปกป้องศีรษะทั้งส่วนบน ส่วนล่าง และ บริเวณส่วนหลังตลอดจนบริเวณกอกหู มีน้ำหนักประมาณ 700 – 1000 กรัม ข้อเสียคือผู้สวมใส่ร้อน ราคาสูงกว่าแบบครึ่งใบ ราคาขายผลิตภัณฑ์ที่ทำในประเทศอยู่ระหว่าง 200-1000 บาท

แบบปิดเต็มหน้า หมวกนิรภัยที่มีส่วนเปลือกหมวกป้องกันส่วนบนของศีรษะ ส่วนท้ายทอย และบริเวณคางของผู้สวมใส่ หมวกนิรภัยนี้สามารถปกป้องศีรษะทั้งด้านหน้า ด้านหลัง บริเวณคางโดยทั่วไปมีน้ำหนักประมาณ 1200 – 1500 กรัม เหมาะกับทางไกล ความเร็วสูง ข้อเสียคือผู้สวมใส่ร้อนและราคาแพง ผลิตภัณฑ์ในประเทศอยู่ในช่วงราคา 500-2000 บาท ไม่เหมาะกับการใช้ในระยะเวลาทางไกล



หมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ

หมวกนิรภัยแบบเต็มใบ

หมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า

ภาพที่ 1.4 หมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ เต็มใบ และ ปิดเต็มหน้า

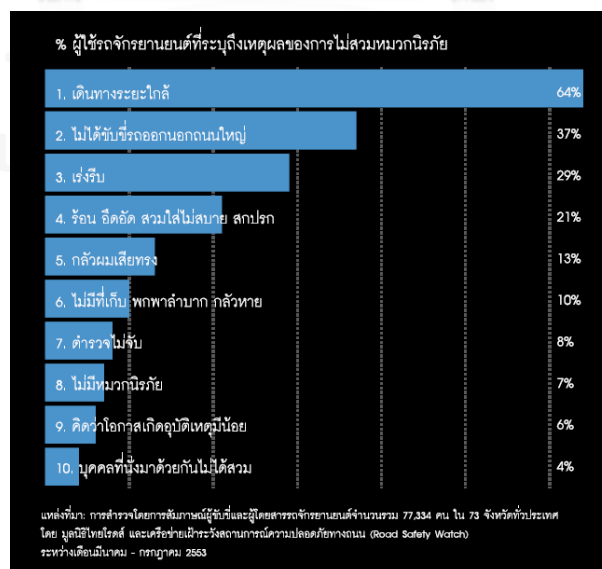
ขั้นตอนการเลือกหมวกนิรภัย

ขั้นตอนที่ 1 วัดขนาดรอบศีรษะตรงกับขนาดของหมวกนิรภัยขนาดใดดังนี้ XS = 53-54 S = 55-56 M = 57-58 L = 59-60 XL = 61-62 XXL = 63-64 XXXL = 65-66 หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร

ขั้นตอนที่ 2 ใช้มือข้างใดข้างหนึ่งที่ถนัดจับที่ด้านหลังของหมวกแล้วออกแรงดันหมวกเล็กน้อยไปข้างหน้าโดยให้เกร็งคอเอาไว้ แล้วใช้นิ้วก้อยของมือที่เหลืออีกข้างหนึ่งลองแห่เข้าไปตรงบริเวณส่วนของหน้าผากดู ถ้าเกิดว่ามีช่องว่างขึ้นมาแสดงว่าหมวกใบนั้นไม่พอดี

ขั้นตอนที่ 3 ใช้มือข้างหนึ่งจับที่บริเวณด้านหลังหมวกแล้วใช้มืออีกข้างหนึ่งจับที่ส่วนคางของหมวกแล้วผลักหมวกขึ้น-ลงอย่างต่อเนื่อง ถ้าศีรษะเงยขึ้นและก้มลง ตามจังหวะที่ผลักแสดงว่าขนาดหมวกนั้นพอดีกับศีรษะ แต่ถ้าลองทำแล้วศีรษะไม่ไปตามหมวกแสดงถึงอาการหลวม แสดงว่าหมวกใบนั้นใหญ่เกินไป

10 เหตุผลสำคัญของการไม่สวมหมวกนิรภัยแสดงดังภาพ 1.5



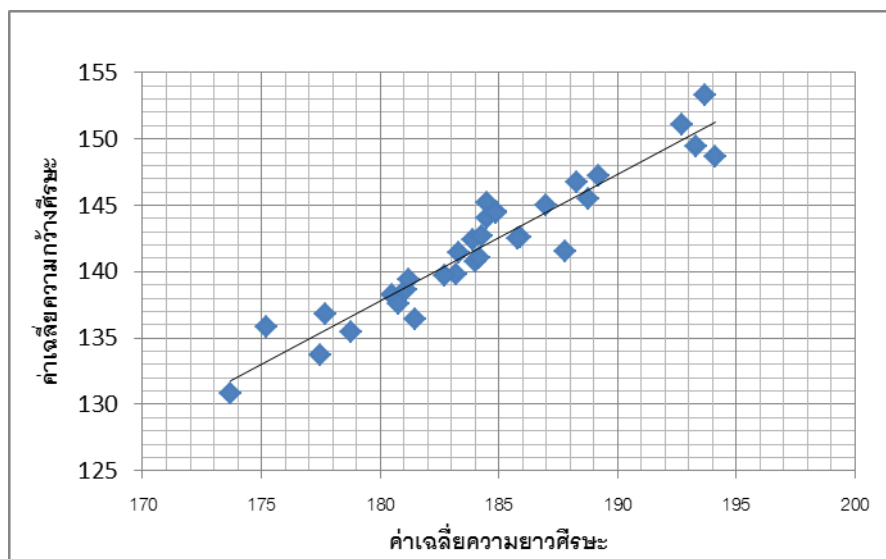
ภาพที่ 1.5 เปอร์เซนต์ผู้ใช้รถจักรยานยนต์ที่ระบุถึงเหตุผลของการไม่สวมหมวกนิรภัย

การไม่สวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่และผู้ซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์กลายเป็นปัญหาสังคมที่ภาครัฐให้ความสำคัญและได้กำหนดเป็นแนวนโยบายที่ต้องเร่งแก้ไขในอันดับต้นๆ โดยมีการผลักดันและส่งเสริมให้ทุกหน่วยงานเร่งรัดหามาตรการลดจนดำเนินการและรณรงค์ให้ผู้ขับขี่และผู้ซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์ทุกคนหันมาสวมหมวกนิรภัยทุกครั้งอย่างจริงจังและมีแนวโน้มว่าจะเห็นความตื่นตัวในเรื่องนี้ตั้งแต่ต้นปีพ.ศ.2554 ซึ่งรัฐบาลกำหนดให้เป็นปีเริ่มต้นทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนนโดยข้อเท็จจริง พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ.2522 ได้กำหนดไว้ในมาตรา 122 ว่าผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์และคนโดยสารรถจักรยานยนต์ต้องสวมหมวกนิรภัยที่จัดทำขึ้นโดยเฉพาะเพื่อป้องกันอันตรายขณะที่ขับขี่และโดยสารรถจักรยานยนต์แต่ในทางปฏิบัติแล้วกฎหมายดังกล่าวกลับไม่ครอบคลุมถึงผู้โดยสารที่เป็นเด็กจึงเป็นช่องโหว่ของสังคมที่กฎหมายไม่สามารถคุ้มครองความปลอดภัยให้เด็กได้ ทั้งๆที่หมวกนิรภัยเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเด็กที่โดยสารรถจักรยานยนต์เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่ศีรษะ ประกอบกับมุมมองความคิดของผู้ใหญ่ยังให้ความสำคัญกับการสวมหมวกนิรภัยเพียงเพื่อไม่ให้ตำรวจลงโทษตามกฎหมาย จึงละเลยเด็กๆ ที่นั่งซ้อนท้ายไปด้วยกันเพราะความประมาทไม่ได้เห็นความสำคัญของหมวกนิรภัยที่จะช่วยให้เกิดความปลอดภัยอย่างแท้จริง ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตหมวกนิรภัยสำหรับเด็กอายุ 2 ปีขึ้นไปแล้ว แต่ก็ยังหาซื้อได้ยาก และเป็นหมวกขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศในเมืองไทย ทำให้เด็กไม่นิยมสวมใส่

เกี่ยวกับการใช้หมวกนิรภัยในเด็กผู้เชี่ยวชาญศาสตราจารย์นายแพทย์อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์ หัวหน้าศูนย์วิจัยเพื่อสร้างเสริมความปลอดภัยและป้องกันการบาดเจ็บในเด็กคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดีได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเด็กและการใช้หมวกนิรภัยที่น่าสนใจโดยคำนึงถึงลักษณะกายภาพของเด็กที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บมากกว่าผู้ใหญ่คือสัดส่วนศีรษะของเด็กต่อลำตัวจะมีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ใหญ่ทำให้มีโอกาสที่ศีรษะจะได้รับบาดเจ็บง่ายเมื่อเด็กถูกรถชนหรือเมื่อเด็กเป็นผู้โดยสารในรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์แล้วถูกชน ขนาดศีรษะที่ใหญ่และหนักทำให้เมื่อมีการลှอยกระเด็นศีรษะเด็กจะเป็นส่วนนำคล้ายหัวลูกธนูหรือลูกแบดมินตันกระแทกชนกับสิ่งกีดขวางและตกกระแทกพื้นก่อนส่วนอื่นของร่างกาย กระดูกต้นคอและกล้ามเนื้อคอของเด็กเล็กยังมีความแข็งแรงไม่เต็มที่ เมื่อต้องมารับการแกว่งไกวหรือกระแทกของศีรษะซึ่งมีน้ำหนักมากจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือหักของกระดูกต้นคอได้ง่าย การใส่หมวกนิรภัยที่หนักเกินไปในเด็กเล็กจะยิ่งเพิ่มน้ำหนักศีรษะและเพิ่มการแกว่งไกวของศีรษะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการหักของกระดูกต้นคอได้การหักของกระดูกต้นคอจะนำไปสู่การเป็นอัมพาตของลำตัว แขนขา หรือบางครั้งนำไปสู่การหยุดทำงานของกล้ามเนื้อช่วยหายใจได้

จากอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับศีรษะขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ซึ่งสามารถป้องกันได้ด้วยหมวกนิรภัย ซึ่งหมวกนิรภัยที่ปลอดภัยสำหรับผู้สวมใส่คือหมวกที่พอดีกับศีรษะ จากขั้นตอนการเลือกหมวกนิรภัย การสวมใส่ไม่พอดีเกิดจากรูปร่างศีรษะและหมวกนิรภัยมีช่องว่างเมื่อศีรษะรูปทรงและขนาด

หมวกนิรภัยในท้องตลาดเปรียบเทียบกับขนาดศีรษะในงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) ดังตารางที่ 1.1 โดยขนาดศีรษะในงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยความกว้างและความยาวศีรษะแสดงดังภาพที่ 1.6



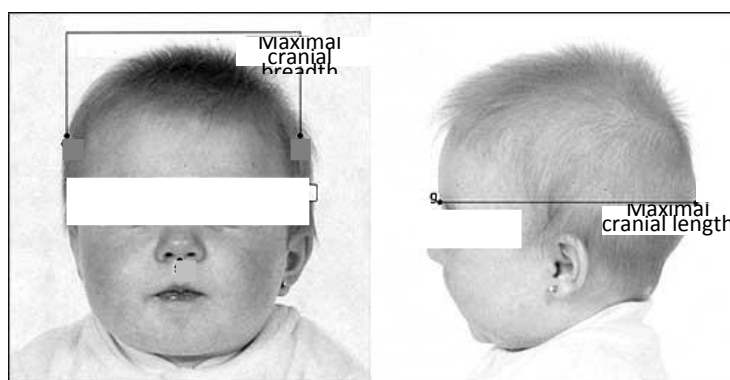
ภาพที่ 1.6 ขนาดความกว้าง ยาวเฉลี่ยศีรษะมนุษย์เพศชายและหญิงอายุ 3-18 ปี ประเทศแคนาดา ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาดที่ได้รับมาตรฐาน มอก. กับขนาดศีรษะจากงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011)

หมวกนิรภัยในท้องตลาด		ขนาดศีรษะจากงานวิจัย		ความแตกต่างด้านกว้าง		
ขนาดหมวกนิรภัย	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)	ความกว้าง (มม.)	ความยาว (มม.)	มิลลิเมตร	เปอร์เซ็นต์
520 มิลลิเมตร	160	180	137.82	180	22.18	16.09%
540 มิลลิเมตร	165	190	147.26	190	17.74	12.05%
580 มิลลิเมตร	170	200	156.65	200	13.35	8.52%
610 มิลลิเมตร	180	220	175.47	220	4.53	2.58%

จากตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาดที่ได้รับมาตรฐาน มอก. กับขนาดศีรษะจากงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) พบว่าขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาดนั้นไม่พอดีกับศีรษะ โดยจะเกิดช่องว่างด้านข้างศีรษะซ้ายและขวา เมื่อพิจารณาในแต่ละขนาดพบว่าหมวกนิรภัยขนาดเล็กเช่น 520 มิลลิเมตร เกิดช่องว่างถึง 22.18 มิลลิเมตร และเกิดช่องว่างที่น้อยลงในขนาดหมวกนิรภัยที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากเมื่อศีรษะมนุษย์มีพัฒนาการรูปร่างที่ด้านกว้างเพิ่มขึ้น

มากกว่าด้านยาว มีงานวิจัยที่บ่งบอกถึงรูปทรงของศีรษะไว้ว่าในแต่ละเชื้อชาติจะมีรูปทรงที่ต่างกันไปโดยใช้ดัชนีศีรษะคือ Cephalic index ซึ่งคำนวณจากสูตร

$$\text{Cephalic index} = \frac{\text{Maximal cranial breadth}}{\text{Maximal cranial length}} * 100$$



ภาพที่ 1.7 ตำแหน่งในการคำนวณ Cephalic index

(ภาพจาก <http://www.oandp.org/olc/>)

Maximal cranial breadth = ความกว้างมากที่สุดบนระนาบตั้งฉากกับแนวที่แบ่งร่างกายหรือโครงสร้างของร่างกาย ออกเป็นซีกซ้าย และซีกขวา(Sagittal plane)

Maximal cranial length = ระยะจากจุดที่นูนที่สุดบนระนาบมิตแซจิตอล (Midsagittal plane) ของหน้าผาก (glabella) ไปยังจุดที่ไกลที่สุดของท้ายทอย (occiput)

โดยธรรมชาติดัชนีศีรษะแตกต่างกันสำหรับคนที่แตกต่างกัน ผู้ที่มีดัชนีศีรษะน้อยกว่า 75 มีความยาวกะโหลกแคบเท่าที่เห็นจากด้านบนตั้งแต่ความกว้างของกะโหลกศีรษะมีค่าน้อยกว่าสามในสี่ของความยาวของมัน คนที่มีกะโหลกศีรษะของรูปทรงนี้จะเรียกว่า Dolichocephalic ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า "หัวยาว" หากดัชนีศีรษะมีค่ามากกว่า 80 หัวดูเหมือนจะสั้นและกว้างเท่าที่เห็นจากข้างบน คนที่มีกะโหลกศีรษะของรูปทรงนี้จะเรียกว่า Brachycephalic ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า "หัวสั้น" ดัชนีศีรษะระหว่าง 75 และ 80 เรียกว่า Mesocephalic ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า "หัวกลาง" ตั้ง

ภาพ 1.7



ภาพที่ 1.8 หัว Dolichocephalic (ซ้าย), หัว Mesocephalic (กลาง) หัว Brachycephalic (ขวา)

(ภาพจาก http://en.wikipedia.org/wiki/Cephalic_index)

ดัชนีศรัทธาคนไทยนั้นยังไม่มีงานวิจัยใดระบุไว้ชัดเจน ซึ่งขนาดและรูปทรงศรัทธาใช้ในการออกแบบหมวกนิรภัยเพื่อให้สวมใส่ได้อย่างพอดีไม่มีช่องว่าง ดังนั้นการออกแบบหมวกนิรภัยจึงต้องคำนึงถึงขนาดต่างๆของศรัทธา ดังเช่นงานวิจัยของ Zhizhong Li (2008) ซึ่งต้องใช้ขนาดอ้างอิงตามจุดต่างๆบนศรัทธาในการออกแบบเปลือกหมวกนิรภัยโดยตำแหน่งต่างๆที่จำเป็นในการออกแบบหมวกนิรภัยที่พอดีกับศรัทธาและประหยัดวัสดุ ยังไม่มีการวัดและเก็บเป็นฐานข้อมูลสัดส่วนโครงสร้างร่างกายจากสถาบันมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อวัดขนาดศรัทธาเด็กอายุระหว่าง 3 – 6 ปี ในจังหวัดชลบุรี
- 1.2.2 เพื่อหารูปทรงหมวกนิรภัยสำหรับจักรยานยนต์ที่เหมาะสมสำหรับเด็กเล็ก
- 1.2.3 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆของศรัทธาเพื่อใช้ในการออกแบบหมวกนิรภัยสำหรับเด็กเล็ก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 วัดขนาดสัดส่วนศรัทธาเด็กชายและหญิงอายุระหว่าง 3 – 6 ปี ในจังหวัดชลบุรี จำนวน 278 คน
- 1.3.2 วัดสัดส่วนต่างๆ จำนวน 15 มิติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้สัดส่วนศรัทธาเด็กอายุ 3 – 6 ปี เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบหมวกนิรภัยที่เหมาะสมกับเด็กเล็ก
- 1.4.2 รูปแบบความสัมพันธ์ของสัดส่วนศรัทธาในเด็กเล็ก
- 1.4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการออกแบบหมวกนิรภัยสำหรับเด็กเล็กให้มีความเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์
- 1.4.4 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทำวิจัยต่อไปในอนาคต

1.5 ขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

- 1.5.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.2 ศึกษาและกำหนดรายละเอียดการวัดขนาดสัดส่วนศรัทธา
- 1.5.3 ศึกษาการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.4 ประสานงานกับทางกลุ่มผู้เข้าร่วมทดลอง
- 1.5.5 ออกแบบเอกสารเก็บข้อมูลสัดส่วนประชากรเด็ก
- 1.5.6 วัดสัดส่วนศรัทธาเด็กชายและเด็กหญิงจำนวน 278 คน พร้อมทั้งบันทึกข้อมูล

- 1.5.7 นำข้อมูลมาประมวลผลทางสถิติ
- 1.5.8 หาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของศิระเด็ก
- 1.5.9 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล
- 1.5.10 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry) โดยได้กล่าวครอบคลุมในส่วนของ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการวัดสัดส่วนร่างกาย มนุษย์ การออกแบบเชิงการยศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย การหาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้าง ยาว ของศีรษะกับเส้นรอบวง โดยมีรายละเอียดดังนี้

แนวคิดและทฤษฎี

2.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย

ธวัชชานนท์ สิปปาภากุล (2548) การวัดขนาดร่างกายของมนุษย์แต่ละสัดส่วนเพื่อใช้ในการ ออกแบบสิ่งต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับสรีระร่างกายมนุษย์มากที่สุด การประยุกต์ใช้ร่วมกับ ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ ในการวัดขนาดและเก็บข้อมูลทางสถิติขนาดสัดส่วนร่างกาย มนุษย์ เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ แก๊ซ ปรับปรุง และ พัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจำเป็นที่จะต้อง ศึกษาให้ลึกซึ้งมากกว่าทางด้านกายวิภาคศาสตร์และเป็นเรื่องของวิชาสถิติ โดยมีขั้นตอนการศึกษา ตั้งแต่การวัดขนาดร่างกาย การเก็บข้อมูลดิบ การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งการ ประเมินผลข้อมูล

กิตติ อินทรานนท์ (2548) การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์หรือแอนโทรโปเมทรี (Anthropometry) เป็นการวัดขนาดรูปร่างและสัดส่วนร่างกายมนุษย์ เช่น ความกว้าง, ความสูง, ส่วนรอบของร่างกาย, ความหนา และการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของมนุษย์ เช่น น้ำหนัก, ปริมาตร, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, จุดศูนย์ถ่วง ฯลฯ การวัดขนาดสัดส่วนนี้มีความสำคัญมากใน การนำข้อมูลมาตรฐานไปใช้ในการเปรียบเทียบและนำไปออกแบบผลิตภัณฑ์, อุปกรณ์ตลอดจนการ ออกแบบสถานีงานซึ่งนักออกแบบมักคำนึงถึงความเหมาะสมในการออกแบบให้เข้ากับขนาดสัดส่วน ของผู้ใช้งาน โดยให้คนทำงานได้อย่างสะดวกสบายไม่เมื่อยล้าและต้องปลอดภัยโดยที่ระบบประสาท สัมผัสต่างๆ การตอบสนองได้อย่างรวดเร็วถูกต้อง นอกจากนี้ยังต้องออกแบบอย่างประหยัดเพื่อใช้ได้ กับคนกลุ่มมาก และยังคงคำนึงถึงความสวยงามด้วย ข้อมูลจากการวัดเหล่านี้ช่วยให้นักการยศาสตร์ สามารถออกแบบให้ผู้ใช้ได้โดยเฉพาะเจาะจง

การวัดสัดส่วนร่างกายโดยทั่วไปทำได้ 2 วิธี คือ วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรงและวิธีการทาง ภาพถ่ายซึ่งต้องนำภาพถ่ายมาเทียบจุดอ้างอิง และวิเคราะห์ตีความอีกครั้ง

- วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง

เป็นการใช้เครื่องมือวัดในแนวเส้นตรงและแนวเส้นโค้ง คำว่า มิติเส้นตรง (linear dimension) หมายถึง ระยะทางที่สั้นสุดระหว่างจุดสองจุดบนร่างกาย ซึ่งก่อนการวัดจะต้องมีการทำเครื่องหมายที่จุดบนร่างกายที่ต้องการวัดระยะทาง จุดเหล่านั้นเรียกว่า จุดกำหนด (land mark) โดยปกติเป็นความยาวของกระดูก หรือ ความกว้าง หรือความลึกของร่างกาย ถ้าเป็นความยาวของอวัยวะของร่างกาย (Body link) จะเป็นจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดของอวัยวะของร่างกายส่วนนั้น ส่วนมิติเส้นรอบ (circumferential dimensions) หมายถึง การวัดระยะทางตามพื้นผิวของร่างกายแล้วมาบรรจบที่จุดเริ่มต้นเดียวกัน

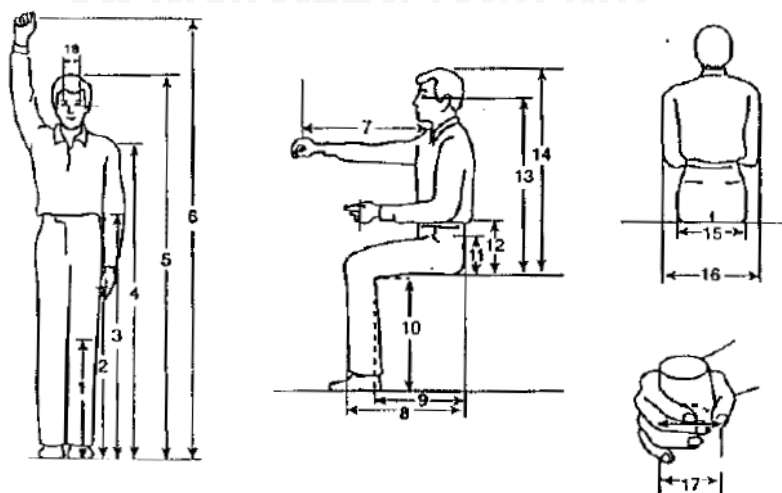
- วิธีภาพถ่าย

เป็นการใช้เทคนิคภาพถ่ายเพื่อได้มาซึ่งข้อมูลสัดส่วนร่างกายที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย จะเป็นแบบ non-stereo photogrammetric หรือ stereo photogrammetric method ทั้งในแนวตรงและในแนวเส้นโค้ง ตลอดจนแนวลึกเป็นความสูงต่ำ (contours)

2.2 การวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายในเชิงวิศวกรรมตามวัตถุประสงค์ของการวัด

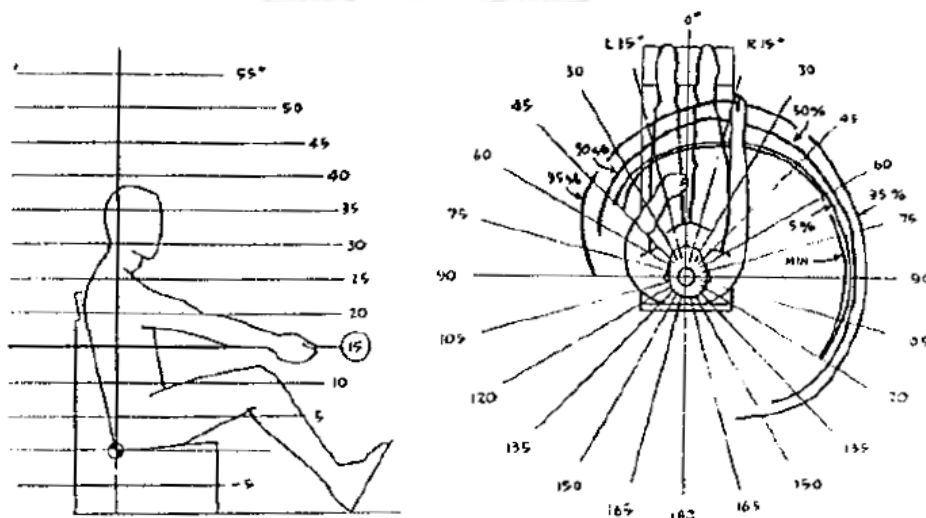
Tayyari และ smith (1997) ได้สรุปไว้ว่า ประเภทของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายที่ใช้ประกอบในการออกแบบผลิตภัณฑ์และอุปกรณ์ต่างๆ สามารถแบ่งประเภทของการวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายได้ 2 ประเภทดังนี้

การวัดเพื่อข้อมูลสถิต (Static Physical Anthropometry) เป็นวิธีการวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ในขณะที่ร่างกายอยู่ในสภาพสมดุล หรืออยู่นิ่งกับที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยจะทำการวัดจากจุดที่กำหนดไว้จุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในพื้นที่ เช่น ขนาดความยาวจากพื้นถึงระดับสายตาความสูงจากพื้นถึงระดับหัวเข่า ความสูงขณะนั่ง เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างท่าทางการวัดสัดส่วนต่างๆของร่างกาย Halander (1995)

การวัดสัดส่วนเพื่อข้อมูลพลวัต (Dynamic Body Dimension) เป็นการศึกษาวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายในขณะที่ร่างกายทำงานมีการเคลื่อนไหว เช่น ระยะเอื้อม ความสูงขณะคลาน มุมของข้อต่อต่างๆ ในการเคลื่อนไหว วิธีนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน ไม่ค่อยเป็นที่นิยมเพราะมีปัจจัยแทรกซ้อนมาก แม้ว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดแบบนี้จะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความจริงของการเคลื่อนไหวของร่างกายมากกว่าหนึ่งส่วนเกิดขึ้นร่วมกันเสมอ ทำให้การวัดขนาดร่างกายไม่มีตำแหน่งที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น ระยะของการเอื้อมมือหยิบสิ่งของนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของความยาวแขนเพียงอย่างเดียว แต่ยังประกอบด้วย เช่น การเคลื่อนไหวของหัวไหล่ การหมุนของลำตัว การก้มตัว เป็นต้น ตัวอย่างสัดส่วนร่างกายมนุษย์เมื่อมีการเคลื่อนที่แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างสัดส่วนร่างกายมนุษย์เมื่อมีการเคลื่อนที่ Halander (1995)

ทางการยศาสตร์จะต้องใช้ข้อมูลทั้ง 2 ประเภท ทั้งข้อมูลสถิตและพลวัต เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการออกแบบ ปรับปรุงสถานที่ทำงาน เครื่องมือและผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผู้ใช้) ผู้ใช้จะเป็นเป้าหมายในการออกแบบ (User-centered-design)

Tayari และ Smith (1997) กล่าวว่า พื้นฐานของการนำเอาข้อมูลสมบัติทางกายภาพและสัดส่วนร่างกายไปใช้ในการออกแบบ คือ การหามิติที่เหมาะสมสำหรับงานออกแบบ มีมิติ 2 ประเภทที่จะนำไปใช้ในการออกแบบได้ นั่นคือ

มิติเผื่อ (Clearance Dimension) หมายถึง การมีช่องว่างที่น้อยที่สุดระหว่างคนทำงานกับสถานงาน เช่น การควบคุม การใช้งาน และการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระยะเผื่อมีขึ้นได้โดยคนรูปร่างใหญ่จากกลุ่มประชากรที่เป็นผู้ใช้ เช่น ขนาดประตูน่าจะได้มาจากมิติของผู้ใช้ที่มีรูปร่างใหญ่ที่สุด

มิติเอื่อมถึง (Reach Dimensions) หมายถึง การมีช่องว่างที่มากที่สุดที่ย่อมได้สำหรับคนที่ จะควบคุมเครื่องจักร ได้มาจากมิติที่น้อยที่สุดในกลุ่มผู้ใช้ เช่น ความสูงของคันโยกได้มาจากคนที่เล็ก ที่สุด

2.3 ปรัชญาในการออกแบบเชิงการยศาสตร์

Tayari และ Smith (1997) สรุปว่าปรัชญาในการออกแบบเชิงการยศาสตร์มีอยู่ 3 ลักษณะ ที่นักการยศาสตร์จะได้นำข้อมูลสมบัติทางกายภาพและสัดส่วนร่างกายไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ เพื่อกลุ่มประชากรเฉพาะแห่ง

- การออกแบบเพื่อกลุ่มโดยเฉลี่ย (Design for Average)

คือการใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางหรือค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ของประชากรมาใช้ในการ ออกแบบ การออกแบบในลักษณะนี้เป็นหลักการที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสะดวกและง่าย แต่ ปัญหาของการออกแบบข้อนี้คืออาจไม่เหมาะสมกับผู้ใช้ใดเลย เพราะไม่มีใครที่จะมีมิติเฉลี่ยในทุก สัดส่วน อย่างไรก็ตามการออกแบบวิธีนี้อาจใช้กับอาคารสถานที่สาธารณะ เช่น ที่นั่งรถบัส , ความสูง เคาน์เตอร์สำหรับประชาชนที่มาติดต่อกับหน่วยงานราชการ เก้าอี้ที่นั่งในสวนสาธารณะ และที่อื่นๆต้อง ใช้กลุ่มประชากรหลากหลายจำนวนมาก เป็นต้น

- การออกแบบเพื่อค่าสูงสุดหรือต่ำสุด (Design for Extream Value)

เป็นการใช้ข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด คือค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 หรือ 95 หรือใช้ข้อมูลที่มีค่าต่ำ ที่สุด คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 หรือ 10 เพื่อใช้ในการออกแบบสิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ ในการออกแบบ เพื่อค่าสูงสุดหรือต่ำสุดนี้จำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีการเข้าใจกลุ่มประชากรที่จะใช้เป็นอย่างดีจึงจะ สามารถออกแบบให้ครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้ประชากรเกือบทั้งหมดได้ ปัญหาที่พบสำหรับวิธีนี้คือเรื่อง ต้นทุน เช่น ถ้าที่นั่งสำหรับคนขับรถยนต์ถูกออกแบบมาเพื่อให้คนที่มีร่างกายเล็กที่สุดนั่ง ดังนั้นเมื่อมี คนที่ตัวใหญ่ที่สุดมาใช้ก็จะเกิดปัญหาความไม่พอดีกลับผู้ใช้งานบางกลุ่ม

- การออกแบบที่ปรับขนาดได้ (Design for Adjustable Range)

หมายถึงการออกแบบเพื่อประชากรเป็นกลุ่ม โดยปกตินิยมใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ระหว่าง 5 ถึง 95 เป็นฐานในการออกแบบ หลักการตอบสนองและเข้ากันได้กับขนาดของร่างกายที่แตกต่างกัน ไปของตัวผู้ปฏิบัติงาน วิธีนี้จะเป็นการออกแบบให้ครอบคลุมกลุ่มประชากร 90 เปอร์เซ็นต์ การ ปรับเปลี่ยนช่วง (Range) นี้สามารถที่จะทำได้โดยอาจจะให้แคบลงหรือขยายให้ใหญ่ขึ้น แล้วแต่ ผลิตภัณฑ์ ลักษณะงาน หรือการใช้งานและต้นทุน

2.4 การนำเสนอข้อมูลขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ไปใช้ในงานวิศวกรรม

สุทธิ (2540) ได้สรุปว่า ปัญหาส่วนใหญ่ด้านการยศาสตร์ที่พบมากเกี่ยวข้องกับความไม่พอดีระหว่างสถานีงานและตัวของคนงาน เป็นผลให้เกิดสภาพการทำงานที่ไม่ถูกต้องด้วยหลักการยศาสตร์ ทำให้คนงานเกิดภาวะไม่สบายในการทำงาน ความเมื่อยล้า ความเครียดและอาจจะกระทบถึงความทนทานต่อการทำงานที่ลดลงอีกด้วย

ในการเลือกนำข้อมูลขนาดสัดส่วนของร่างกายไปใช้เพื่อการออกแบบสิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ใดๆ หรือเพื่อเหตุผลอื่นใดก็ตาม ข้อมูลตัวนั้นควรจะเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมดที่จะเป็นผู้ใช้สิ่งที่ได้รับการออกแบบนั้นๆ สำหรับหลักการออกแบบเพื่อให้รับกับสัดส่วนของร่างกายมนุษย์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- การออกแบบเพื่อประชากรทั่วไป (People at Large) คือประชากรทั่วไปไม่จำกัดเพศจำกัดวัย ฯลฯ
- การออกแบบเพื่อกลุ่มคนเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง (Specific Group of People) เช่น กลุ่มผู้หญิงทำงาน กลุ่มเด็กวัยรุ่น กลุ่มคนพิการ กลุ่มนักกีฬา ฯลฯ

2.5 การใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติร่างกายในการออกแบบ

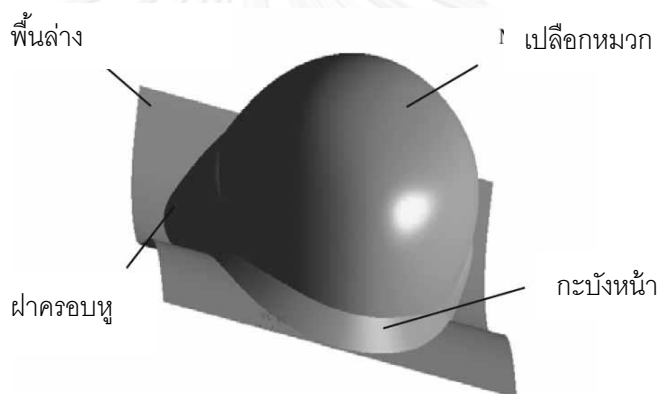
Tayyari และ Smith (1987) ได้สรุปว่า ขั้นตอนการใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติของร่างกายเพื่อการออกแบบให้เหมาะสมกับเครื่องมือ หรืออุปกรณ์สำนักงานต่างๆ ได้ดีมีดังนี้

- ต้องกำหนดกลุ่มประชากรที่จะเป็นผู้ใช้เครื่องมือชิ้นนั้น
- เลือกอัตราส่วนของกลุ่มประชากรที่เป็นกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้ (90 เพอร์เซ็นต์ หรือ 95 เพอร์เซ็นต์)
- ต้องกำหนดเลือกมิติที่สำคัญสำหรับออกแบบ เช่น ความสูงของตาจากพื้นขณะนั่ง ความสูงส้นมือ เป็นต้น ซึ่งต่อไปจะต้องพิจารณาว่าระยะเอื้อม หรือระยะเผื่อ
- เมื่อได้กลุ่มประชากรที่ต้องการ ช่วงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ต้องการ สามารถหามิติที่ลำดับเปอร์เซ็นต์ไทล์โดยใช้ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- พิจารณาความหนาของเสื้อผ้าที่คาดว่าผู้ใช้จะสวมใส่ในการทำงาน เช่น เสื้อผ้าฤดูร้อน เสื้อผ้าฤดูหนาว ถุงมือ เสื้อคลุม และกำหนดระยะเผื่อตามที่คาดคะเนไว้
- เมื่อเป็นการออกแบบสำหรับผู้ใช้ทั้งสองเพศ ถ้าไม่มีข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติสัดส่วนของร่างกายทั้งสองเพศ ให้ใช้ข้อมูลกลุ่มประชากรที่มีขนาดใหญ่กว่า (ชาย) กำหนดมิติเผื่อและใช้ข้อมูลกลุ่มประชากรที่มีขนาดเล็กกว่า (หญิง) กำหนดมิติเอื้อม

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

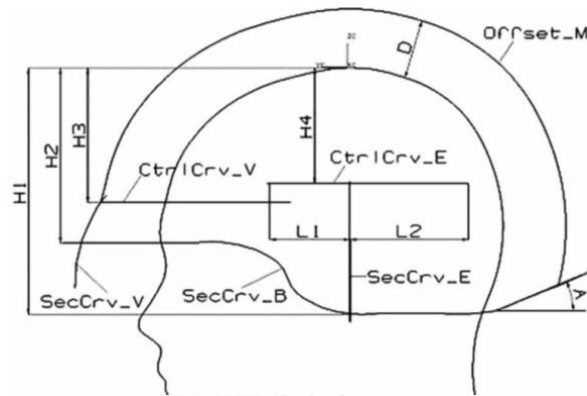
ณัฐพล พุฒยงกูร (2552) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนระหว่างการวัดสัดส่วนด้วยเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายกับโปรแกรมจากรูปถ่ายสรุปว่า ระยะวางกล้องและความละเอียดของภาพนั้นมีผลต่อความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ทราบว่า ในระยะวางกล้องที่ยาวขึ้นและความละเอียดสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดมีแนวโน้มที่ลดลง และระยะวางกล้องที่ระยะ 7 เมตร และความละเอียดของภาพคือ 3456*2304 พิกเซล เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

Zhizhong Li (2008) กล่าวว่ารูปทรงหลักของเปลือกหมวกนิรภัยเพื่อความปลอดภัยพื้นผิวของเปลือกหมวกนิรภัยเพื่อความปลอดภัยสามารถแบ่งออกเป็นสี่ส่วนหลัก ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบหลักของหมวกนิรภัยเพื่อความปลอดภัย

เปลือกหมวก, ผาครอบหูทั้งสองข้าง และกะบังหน้าหมวก เปลือกหมวกทำหน้าที่ปกป้องพื้นผิวของกะโหลกศีรษะมากที่สุดและต้องออกแบบให้มีระยะห่างที่น้อยที่สุดจากกะโหลกศีรษะเพื่อจุดประสงค์ในการป้องกัน ควรให้เปลือกหมวกเป็นไปตามรูปทรงพื้นฐานของพื้นผิวศีรษะ ผาครอบหูซึ่งป้องกันพื้นที่หูจึงควรมีพื้นที่เพื่อรองรับใบหู สำหรับกะบังหน้าซึ่งยื่นออกมาด้านหน้าเพื่อป้องกันผู้สวมใส่จากแสงแดดและฝน คุณสมบัติด้านความงามมีขอบเขตที่ชัดเจนระหว่างแต่ละส่วนสำคัญของหมวกนิรภัย



ภาพที่ 2.4 ส่วนโค้งหลักและพารามิเตอร์ควบคุมของเปลือกหมวกนิรภัย

ภาพที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงเส้นโค้งที่สำคัญและค่าพารามิเตอร์ของเปลือกหมวกนิรภัย พารามิเตอร์ชดเชย D หมายถึงระยะทางที่ป้องกัน และกำหนดช่องว่างระหว่างหมวกนิรภัยและศีรษะ สามพารามิเตอร์ควบคุมของเส้นโค้งที่สำคัญมีการกำหนดในเครื่องมือการออกแบบ ระยะ (H1) ระหว่างจุดต่ำสุดของ SecCrv-B และจุดด้านบนของศีรษะซึ่งจะกำหนดความสูงของเปลือก; ระยะทาง (H2) ระหว่างส่วนด้านหน้า (เกือบเป็นเส้นตรง) ของ SecCrv-B และจุดด้านบนของศีรษะ, ซึ่งจะกำหนดช่วงของวิสัยทัศน์และมุมเอียง (A) ของส่วนหลัง จาก SecCrv-B ถึงผิวแกนนอนซึ่งจะกำหนด ระยะเงย เส้นโค้งสำคัญ SecCrv-B ร่วมกับเส้นโค้งส่วน SecCrv-V และเส้นโค้ง CtrlCrv-V เป็น พารามิเตอร์ซึ่งกำหนดเปลือกหมวกนิรภัย โดยลากเส้นตรงมายัง Main Body ระยะทาง (H3) ระหว่าง CtrlCrv-V และด้านบนของศีรษะคือพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ปรับตำแหน่งแนวตั้งของหมวก ตำแหน่งแนวนอนของหมวกนิรภัยขึ้นอยู่กับ H3 เช่นเดียวกัน เพราะตำแหน่งของเส้นโค้งส่วน SecCrv-V จะถูกกำหนดโดยจุดตัดของพื้นผิว Main Body และระนาบเส้นโค้ง CtrlCrv-V

วิธีการสร้างแบบจำลองสำหรับฝาครอบหู คล้ายกับส่วนกะบังลม ที่สำคัญคือเส้นโค้ง SecCrv-E และโค้ง CtrlCrv-E เส้นโค้งสามารถจะได้อมาโดยการลากเส้นตรงไปที่ Main Body ระยะทาง (H4) ระหว่าง CtrlCrv-E และด้านบนของศีรษะบ่งชี้ตามตำแหน่งของฝาครอบหู ในแนวตั้ง ตั้งแต่ฝาครอบหูไปถึงขอบล่างของเปลือกหมวกนิรภัย, H1-H4 กำหนดขนาดของฝาครอบหูในทิศทาง ตามแนวตั้ง CtrlCrv-E จะแบ่งออกเป็นสองระยะโดย SecCrv-E ความยาวของ L1 และ L2 เป็น พารามิเตอร์ที่ควบคุมขนาดของฝาครอบหูในแนวนอน

เมื่อออกแบบหมวกนิรภัย

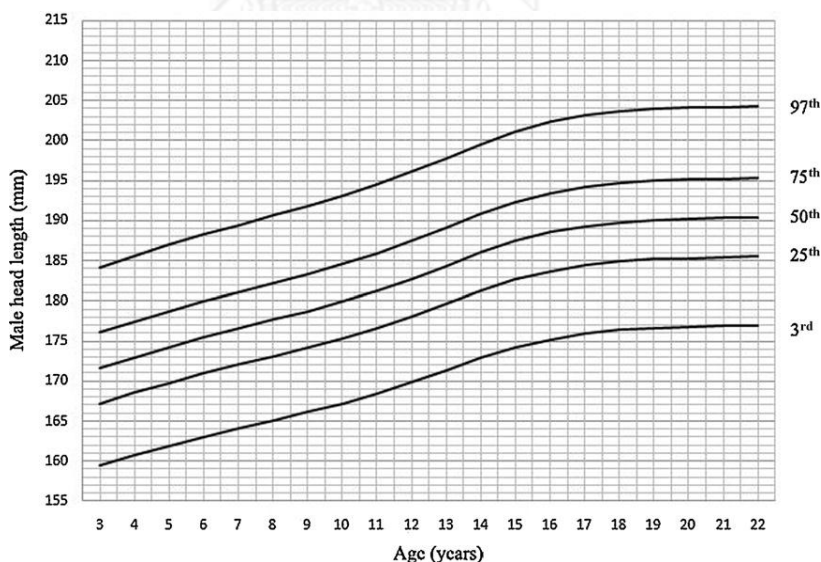
- พารามิเตอร์ H1, H4, L1, L2 และควรพิจารณาด้วยของตำแหน่งและขนาดใบหู
- H1 ควรที่จะมีค่าครอบคลุมจุดที่ต้องการการการคุ้มครอง
- H2 ควรจะมีค่าตำแหน่งของตาและช่วงที่ต้องการของวิสัยทัศน์

- H3 ส่วนใหญ่มีค่าจากมุมมองที่สวยงาม

Koizumi T. (2009) ผลการศึกษาดัชนีศีรษะของเด็กญี่ปุ่นกับการพัฒนาสมองปกติ ค่าเฉลี่ย (SD) โดยรวมดัชนีศีรษะคือ 86.5 (7.3) ค่าเฉลี่ย (SD) ดัชนีศีรษะสำหรับผู้ชายคือ 87.0 (7.5) และสำหรับผู้หญิงคือ 86.3 (6.5) ไม่มีความแตกต่างที่สำคัญระหว่างดัชนีศีรษะชายและหญิงคือ จากผลเหล่านี้เราจัดหมวดหมู่ดัชนีศีรษะปัจจุบันในประเทศญี่ปุ่นดังนี้ Dolichocephaly (n = 18), 79.1 หรือน้อยกว่า (≤ 1 SD); Mesocephaly (n = 66), 79.2-93.8 (± 1 SD); Brachycephaly (n = 19), 93.9-101.1 (1-2 SD); และ Hyperbrachycephaly (n = 1), 101.2 หรือสูงกว่า (> 2 SD)

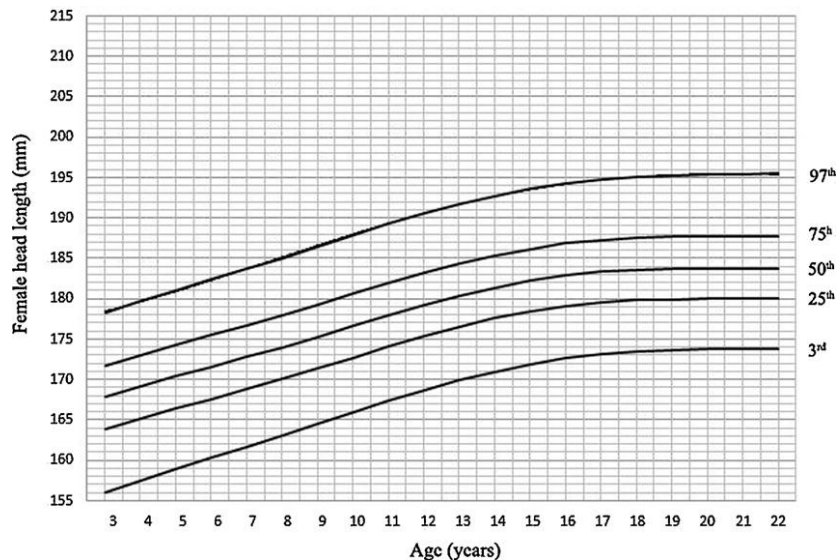
Puneet Mahajan (2008) การไหลของอากาศภายในหมวกนิรภัยและการเปลี่ยนแปลงผลกระทบของหมวกนิรภัยมีการศึกษา CFD จะใช้ในการตรวจสอบความเร็วอากาศภายในช่องว่างระหว่างศีรษะและหมวกนิรภัย ความเร็วอากาศที่อยู่ภายในหมวกนิรภัยต่ำมาก ความเร็วเหล่านี้สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยการให้ร่องที่แผ่นรองในจากด้านหน้าไปด้านหลัง การปรับปรุงการระบายอากาศภายในหมวกนิรภัยให้ดีขึ้น ขึ้นอยู่กับร่องบนแผ่นรองในร่วมกับช่องว่างอื่นๆภายในหมวกนิรภัย

Emanuele Sanna (2011) ศึกษาการเจริญเติบโตของความยาวและความกว้างศีรษะในชาร์ดิเนีย (อิตาลี) เพศชายและเพศหญิง 3-22 ปี สรุปลเป็นกราฟดังภาพที่ 2.5 –2.8



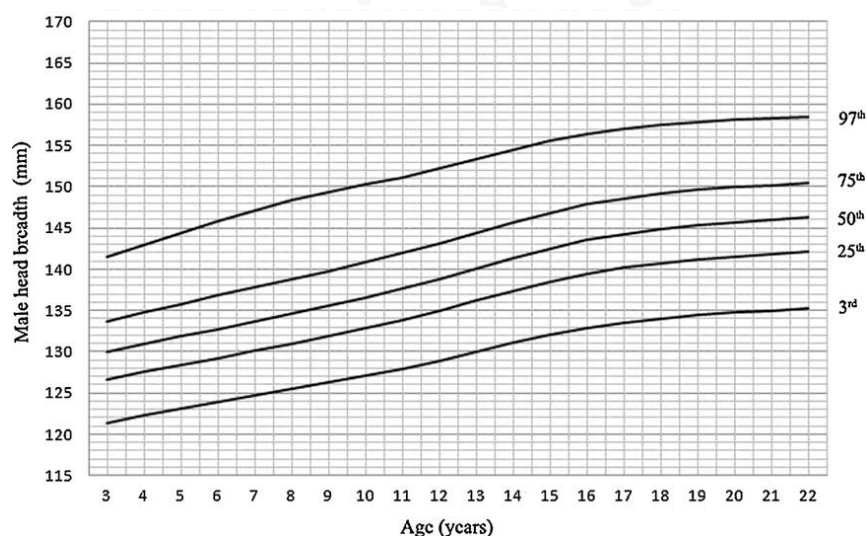
ภาพที่ 2.5 การเจริญเติบโตของความยาวของศีรษะเพศชายช่วงอายุ 3-22 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25%, 50%, 75%, 97%

จากภาพที่ 2.5 ศีรษะเด็กชายในชาติเนีย (อิตาลี) มีด้านยาวเพิ่มมากขึ้นตามอายุ ขวบปีละประมาณ 1 มิลลิเมตร เริ่มที่ 172 มิลลิเมตร โดยเฉลี่ยที่อายุ 3 ปี และหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออายุประมาณ 17 ปี พิสัยความยาวศีรษะประมาณ 25 มิลลิเมตร ในทุกๆช่วงอายุ



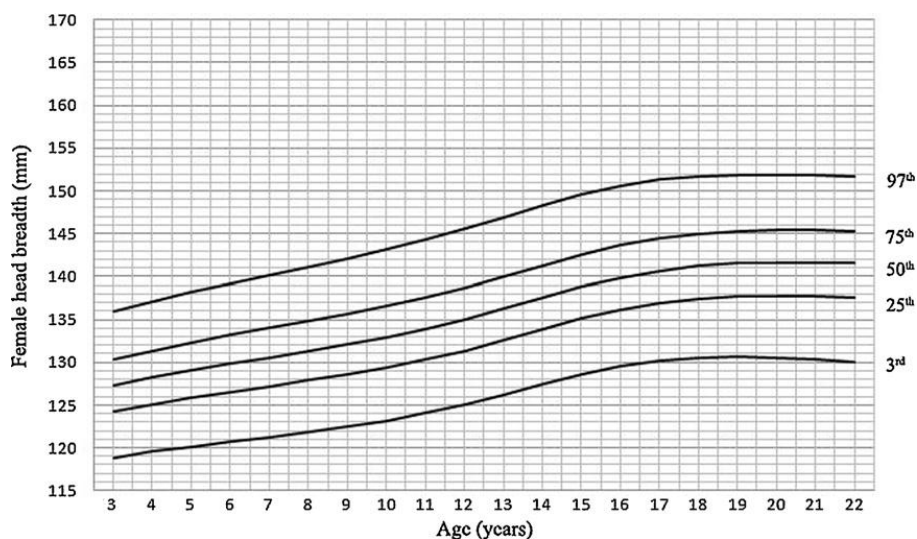
ภาพที่ 2.6 การเจริญเติบโตของความยาวของศีรษะเพศหญิงช่วงอายุ 3-22 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25%, 50%, 75%, 97%

จากภาพที่ 2.6 ศีรษะเด็กหญิงในชาติเนีย (อิตาลี) มีด้านยาวเพิ่มมากขึ้นตามอายุ ขวบปีละประมาณ 1.5 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับเด็กชาย แต่มีขนาดเล็กกว่าโดยเริ่มที่ 155 มิลลิเมตร โดยเฉลี่ยที่อายุ 3 ปี และหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออายุประมาณ 17 ปี เช่นเดียวกัน พิสัยความยาวศีรษะประมาณ 25 มิลลิเมตร ในทุกๆช่วงอายุเช่นเดียวกับเด็กชาย



ภาพที่ 2.7 การเจริญเติบโตของความกว้างของศีรษะเพศชายช่วงอายุ 3-22 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25%, 50%, 75%, 97%

จากภาพที่ 2.7 ศีรษะเด็กชายในชาติเนีย(อิตาลี) มีด้านกว้างเพิ่มมากขึ้นตามอายุขวบปีละประมาณ 1 มิลลิเมตร เริ่มที่ 130 มิลลิเมตร โดยเฉลี่ยที่อายุ 3 ปีและหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออายุประมาณ 17 ปี พิสัยความกว้างศีรษะประมาณ 20 มิลลิเมตร ในทุกๆช่วงอายุ

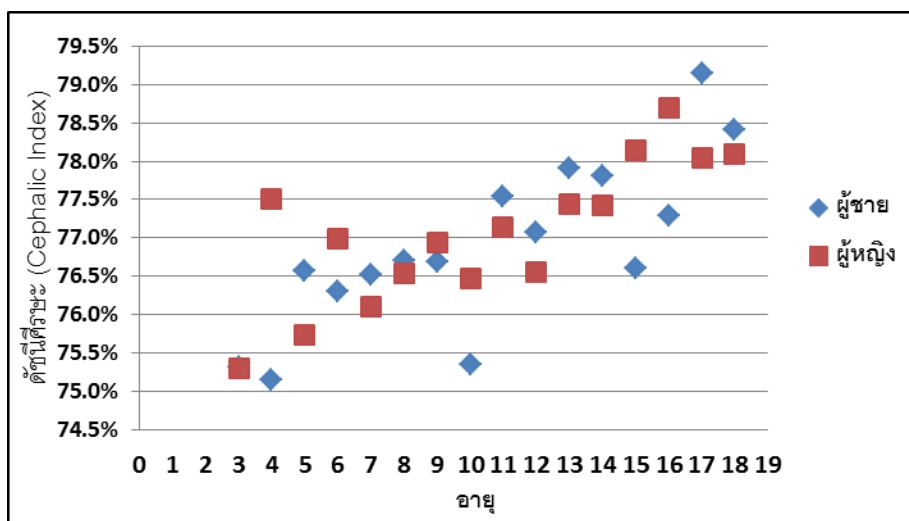


ภาพที่ 2.8 การเจริญเติบโตของความกว้างของศีรษะเพศหญิงช่วงอายุ 3-22 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25%, 50%, 75%, 97%

จากภาพ 2.8 ศีรษะเด็กหญิงในชาติเนีย(อิตาลี) มีด้านยาวเพิ่มมากขึ้นตามอายุขวบปีละประมาณ 0.5 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับเด็กชาย แต่มีขนาดเล็กกว่าโดยเริ่มที่ 120 มิลลิเมตร โดยเฉลี่ยที่อายุ 3 ปีและหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออายุประมาณ 17 ปีเช่นเดียวกัน พิสัยความยาวศีรษะประมาณ 15 มิลลิเมตร ในทุกๆช่วงอายุซึ่งน้อยกว่าเด็กชาย

ภาพที่ 2.5 และ 2.6 แสดงสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ (3, 25, 50, 75, 97) ความยาวตามอายุ ศีรษะสำหรับชาติเนียเพศชายและเพศหญิงตามลำดับ ภาพที่ 2.7 และ 2.8 แสดงสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เกี่ยวข้อง (3, 25, 50, 75, 97) จากความกว้างศีรษะสำหรับชายและหญิงตามลำดับ ระดับเปอร์เซ็นต์ที่มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นในเพศชายมากกว่าเพศหญิง; ความแตกต่างระหว่างการแจกแจงสำหรับทั้งสองเพศอยู่อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่อายุ (Kolmogorov-Smirnov test)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของศีรษะมาคำนวณค่าดัชนีศีรษะในแต่ละช่วงอายุเพื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโตของรูปทรงศีรษะสามารถแสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ดัชนีศีรษะในแต่ละช่วงอายุของเพศชายและเพศหญิงในชาร์ดิเนีย (อิตาลี)

จากภาพ 2.9 ดัชนีศีรษะซึ่งบอกรูปร่างศีรษะ เมื่อเด็กเติบโตขึ้นพบว่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีศีรษะมีค่าสูงขึ้น แสดงว่าเมื่อเด็กเติบโตขึ้นรูปร่างศีรษะจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่มีศีรษะอ้วนขึ้นเล็กน้อย เปรียบเทียบชายและหญิงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันที่เปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกันแม้ขนาดของหญิงจะเล็กกว่าชายตามที่ได้แสดงในผลวิเคราะห์ก่อนหน้านี้

William C. Boyd และ Isacc A.(1955) จากมุมมองของนักมานุษยวิทยา เพื่อการจำแนกเชื้อชาติโดยการวัดชิ้นส่วนกระดูกศีรษะ จากการศึกษาพบว่ารูปร่างรูปไข่ซึ่งเป็นแนวยาวไปในทิศทางเดียวจากด้านหน้าไปด้านหลังมากกว่าในแนวจากด้านข้าง หากความยาวด้านหน้าไปยังด้านหลังของศีรษะเท่ากับ 100 ส่วน ความกว้างของด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งจะมีความยาวน้อยกว่า หากมีความกว้างเท่ากับสามในสี่ของความยาวก็จะเป็น 75; ถ้าเป็นสี่ในห้าของความยาวก็จะเป็น 80 ความกว้างของศีรษะในความสัมพันธ์กับความยาวคือดัชนีศีรษะ โดยธรรมชาติของดัชนีศีรษะแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกัน ผู้ที่มีดัชนีศีรษะน้อยกว่า 75 ศีรษะจะมีลักษณะยาวหากมองจากด้านบน ความกว้างของกะโหลกศีรษะมีค่าน้อยกว่าสามในสี่ของความยาวของมัน คนที่มีกะโหลกศีรษะของรูปร่างนี้จะเรียกว่า dolichocephalic ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า "หัวยาว" หากดัชนีศีรษะมีค่ามากกว่า 80 ศีรษะจะมีลักษณะสั้นและกว้างหามองจากด้านบน คนที่มีกะโหลกศีรษะของรูปร่างนี้จะเรียกว่า brachycephalic ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า "หัวสั้น" ดัชนีศีรษะระหว่าง 75 และ 80 เรียกว่า mesocephalic ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า "หัวกลาง" ดังภาพที่ 1.7

2.7 มาตรฐานการออกแบบหมวกนิรภัย

2.7.1 มาตรฐาน SNELL 2000

เป็นมาตรฐานหมวกนิรภัยที่ถูกอ้างอิงและใช้เป็นต้นแบบมาตรฐานหมวกนิรภัยสำหรับซัพชี รถจักรยานยนต์ ในหลายประเทศมีการทดสอบหลายประการเพื่อการรับรองคุณภาพหมวกนิรภัยในแต่ละชุดที่ผลิตขึ้นมาจำหน่ายให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารรถจักรยานยนต์ Snell เป็นมาตรฐานที่ปรับปรุงความเข้มงวดในการทดสอบอยู่ตลอดเวลาทั้งขอบเขตทดสอบ การทดสอบการดูดกลืนแรงกระแทกบนหมวกนิรภัยและวิธีการทดสอบอื่นๆ เพื่อพัฒนาระดับการป้องกันให้สอดคล้องกับสภาพการเกิดอุบัติเหตุในปัจจุบัน

นอกเหนือจากเรื่องการตรวจสอบโครงสร้างภายนอก โลหะอุปกรณ์เสริมและรูปทรงแล้ว มาตรฐาน SNELL 2000 ยังมีการทดสอบเพื่อให้ผ่านเกณฑ์การทดสอบต่างๆ อาทิการทดสอบการมองเห็นของผู้สวมใส่ เช่น

- ระดับการมองเห็นในแนวระนาบจากจุดกึ่งกลางแนวตั้งด้านหน้าต้องเห็นอย่างน้อย 105 องศาทั้งด้านซ้ายและขวา
- ระดับการมองเห็นในมุมเงยต้องมองเห็นอย่างน้อย 7 องศา
- ระดับการมองเห็นในการก้มต้องมองเห็นอย่างน้อย 30 องศา
- ทดสอบการดูดกลืนแรงกระแทกจะต้องมีค่าความเร่งสูงสุดไม่เกิน 300 G
- ทดสอบประสิทธิภาพของสายรัดคางซึ่งไม่ควรยืดเกิน 300 มิลลิเมตร
- จะต้องไม่มีส่วนประกอบใดๆ ของระบบสายรัดคางหลุดหรือฉีกขาดรวมทั้งความกระชับแน่นของสายรัดคางเมื่อมีการทดสอบหมวกนิรภัยต้องไม่หลุดจากศีรษะจำลอง
- เกณฑ์การทดสอบแรงทะลุทะลวง หัวเจาะต้องไม่ทะลุจนสัมผัสกับศีรษะจำลอง
- ทดสอบบริเวณคางของหมวกนิรภัยแบบเต็มใบ-ปิดหน้าจะต้องมีการยุบตัวไม่เกิน 60 มิลลิเมตร และไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งแตกหักจนทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อผู้สวมใส่
- เกณฑ์การทดสอบหน้ากาก กระสุนจะไม่สามารถเจาะเข้าหน้ากากได้
- ความเร็วในการถอดหมวกนิรภัยออกจากศีรษะ (กรณีที่เกิดอุบัติเหตุ) จะต้องถอดหมวกนิรภัยออกจากศีรษะจำลองได้ทันที หรือไม่เกิน 30 วินาที

2.7.2 มาตรฐานDOT (FMVSS 218) Department Of Transportation

มาตรฐาน DOT เป็นมาตรฐานหมวกนิรภัยสำหรับผู้ขับขี่และผู้โดยสารรถจักรยานยนต์ที่กำหนดขึ้นโดยสำนักงานขนส่งของประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นที่รู้จักเช่นเดียวกับมาตรฐาน SNELL แต่มีเกณฑ์และวิธีการทดสอบที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากมาตรฐาน DOT พิจารณาว่าการทดสอบที่กำหนดขึ้นมาใหม่นั้นเพียงพอต่อการป้องกันผู้สวมใส่หมวกนิรภัยได้ระดับหนึ่งแล้วยังเพิ่มความ

เข้มงวดในการออกใบรับรองให้กับโรงงานผู้ผลิตหมวกนิรภัย เพื่อที่จะทำให้ผู้ผลิตนั้นสามารถผลิตหมวกนิรภัยได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยเลือกไม่พิจารณาเรื่องมาตรฐานที่เกินความจำเป็นนอกเหนือจากเรื่องของการตรวจสอบโครงสร้างภายนอก โลหะ อุปกรณ์เสริมแล้วมาตรฐาน DOT มีการทดสอบเพื่อให้ผ่านเกณฑ์การทดสอบดังนี้

- เกณฑ์การทดสอบการมองเห็นของผู้สวมใส่ โดยจะต้องมีระดับการมองเห็นในแนวระนาบจากจุดกึ่งกลางแนวตั้งด้านหน้าต้องเห็นได้มากกว่า 105 องศา ทั้งด้านซ้ายและขวา
- เกณฑ์การทดสอบการดูดกลืนแรงกระแทก จะต้องมีความเร่งไม่เกิน 400 G ช่วงเวลาในการกระแทกที่ความเร่งมีค่า 150 G ต้องไม่เกิน 4.0×10^{-3} วินาที และช่วงเวลาในการกระแทกที่ความเร่งมีค่า 200 G ต้องไม่เกิน 2.0×10^{-3} วินาที
- เกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพของสายรัดคาง โดยสายรัดคางควรยืดยาวได้ไม่เกิน 25 มิลลิเมตร และต้องไม่มีส่วนประกอบใดของระบบสายรัดคางหลุด หรือแยกออกจากกัน
- ทดสอบแรงทะลุทะลวง หัวเจาะต้องไม่ทะลุจนสัมผัสกับศีรษะจำลอง

2.7.3 มาตรฐาน E 2205

มาตรฐาน E 2205 เป็นมาตรฐานซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฮดรอลิกในทวีปยุโรป มีวิธีการทดสอบที่แตกต่างไปจาก SNELL และ DOT ที่สำคัญคือวิธีการทดสอบเป็นแบบสามแกน (Tri-axial) และตำแหน่งที่ทดสอบการดูดกลืนแรงกระแทกของหมวกนิรภัยมีการกำหนดจุดแน่นอนโดยการทดสอบกระแทกเพียง 1 ครั้งต่อ 1 จุด เท่านั้น โดยจะใช้แรงในการกระแทกที่รุนแรงกว่าแบบมาตรฐาน DOT มาตรฐาน E 2205 ส่วนใหญ่นิยมใช้ในการทดสอบหมวกนิรภัยที่ใช้ในการแข่งขันรถจักรยานยนต์ในทวีปยุโรป จึงเป็นที่รู้จักแพร่หลาย เป็นสากล และเมื่อหมวกนิรภัยผ่านการตรวจสอบโครงสร้าง โลหะ และอุปกรณ์เสริมต่างๆแล้วหมวกนิรภัยต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบอื่นๆ

- การมองเห็นของผู้สวมใส่
- การทดสอบการดูดกลืนแรงกระแทก
- การทดสอบประสิทธิภาพ และความกระชับของสายรัดคาง
- ความคงทนของส่วนหน้ากาก
- เกณฑ์การทดสอบพิเศษของสายรัดคางในเรื่องของขนาด และแรงต้านทาน

2.7.4 มาตรฐาน JIS T 8133:2000

มาตรฐาน JIS 2000 เป็นมาตรฐานหมวกนิรภัยในประเทศญี่ปุ่นที่มีผลบังคับใช้อยู่ในปัจจุบัน นอกจากจะเป็นการนำเอาส่วนที่ดีของมาตรฐาน DOT และมาตรฐาน E 2205 มารวมกันแล้ว มาตรฐานนี้ยังปรับปรุงพัฒนาขึ้นมาจากมาตรฐาน JIS 1997 โดยมีส่วนสำคัญในการปรับปรุงจากมาตรฐานเดิมคือ การรวมเอาวิธีการทดสอบแบบ Uni-axial และ Tri-axial เข้าไว้ด้วยกัน ถ้าหากเป็นหมวกนิรภัยแบบเต็มใบจะเพิ่มความรุนแรงของการกระแทกในครั้งแรกแต่ละความรุนแรงของการกระแทกในครั้งที่สองลงส่วนหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบทดสอบโดยการกระแทก 1 ครั้งต่อจุด สันนิษฐานว่าเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลสถิติในปัจจุบัน ทั้งนี้ นอกเหนือจากการตรวจโครงสร้างภายนอกแล้วหมวกนิรภัยต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบ

- การมองเห็นของผู้สวมใส่
- การดุดกิ้นแรงกระแทก
- ทดสอบประสิทธิภาพต่างๆ ของสายรัดคาง
- ทดสอบการทะลุทะลวง

2.7.5 มาตรฐาน มอก. TIS 369-2539

เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด แบบ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบ วัสดุและการทำ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบหมวกนิรภัยสำหรับผู้ใช้งานพาหนะ โดยควบคุมเฉพาะ หมวกนิรภัยสำหรับผู้ใช้งานยนต์ทั่วไปและผู้ใช้งานบางประเภท ไม่ครอบคลุมถึงหมวกนิรภัยสำหรับผู้ใช้งานพาหนะในการแข่งขัน

2.8 สถิติเพื่อการวิจัย

2.8.1 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของประชากรสำหรับการทำงานวิจัยเชิงสำรวจหรือเชิงบรรยายที่ใช้กันมากมี 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ใช้สูตร สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีดังนี้

- 1.) กรณีต้องการทดสอบหรือประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร (μ)
สูตรที่ 1 ถ้าทราบขนาดประชากร

$$\text{ใช้สูตร } n = \frac{NZ^2\sigma^2}{Ne^2 + Z^2\sigma^2}$$

เมื่อ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ ขนาดของประชากร

σ^2 คือ ความแปรปรวนของประชากร ซึ่งอาจหาได้จากการทำ

Pilot study

e คือ ขนาดของความคลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยกำหนดหรือความแตกต่างระหว่างค่าประชากรกับค่าสถิติ หรือค่าของกลุ่มประชากร

Z คือ ค่าคะแนนมาตรฐาน Z จากตารางที่ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

สูตรที่ 2 ถ้าไม่ทราบขนาดของประชากร

$$\text{ใช้สูตร } n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

2.) กรณีผู้วิจัยต้องการทดสอบ หรือประมาณค่าสัดส่วนของประชากร(π)

สูตรที่ 1 ถ้าทราบขนาดของประชากร

$$\text{ใช้สูตร } n = \frac{NZ^2 \pi(1-\pi)}{Ne^2 + Z^2 \pi(1-\pi)}$$

เมื่อ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ ขนาดของประชากร

π คือ สัดส่วนของประชากรมีค่าเท่ากับ 0.5

Z คือ ค่าคะแนนมาตรฐาน Z จากตารางที่ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

e คือ ขนาดของความคลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยกำหนดหรือความแตกต่างระหว่างค่าประชากรกับค่าสถิติ หรือค่าของกลุ่มประชากร

วิธีที่ 2 ใช้ตารางสำเร็จ ซึ่งเป็นตารางแสดงจำนวนตัวอย่างที่ได้คำนวณมาจากสูตรของ Yamane ดังแสดงในภาคผนวก ข.

2.8.2 ค่าผิดปกติ (Outlier)

ค่าผิดปกติ (Outlier) เป็นข้อมูลที่มีค่าแตกต่างจากส่วนใหญ่ของกลุ่ม มีค่าที่หมายถึงค่าผิดปกติ 2 คำคือ Outlier และ Extreme มีความแปลกแยกจากกลุ่มมากกว่า Outlier โดยทั่วไป ข้อมูลที่ถือว่าเป็น Outlier จะเป็นข้อมูลที่มีการกระจายจากกลุ่มมาก หรือมีค่ามากกว่า $+3SD$ หรือมากกว่า $Q3 + 1.5 IQR$ และน้อยกว่า $-3SD$ หรือน้อยกว่า $Q1 - 1.5 IQR$ ($Q1 = 1^{st}$ Quartile; $Q3$

= 3rd Quartile; IQR = Inter quartile rang) Extreme เป็นข้อมูลที่มีค่ามากกว่า $Q3 + 3 IQR$ และน้อยกว่า $-3SD$ หรือน้อยกว่า $Q1 - 3 IQR$

การทดสอบข้อมูลที่มีความผิดปกติ(Outlier) ทำได้ดังนี้

1. พิจารณาจากกราฟ Box-plot เป็นการใช้เกณฑ์การพิจารณา Outlier โดยใช้ Inter-quartile range (IQR) Outlier คือ Case ที่มีคะแนนน้อยกว่า $Q3-1.5 IQR$ และมากกว่า $Q3+1.5IQR$
2. พิจารณาจากคะแนนมาตรฐาน โดยการคำนวณคะแนนมาตรฐานจากทุก Case ในตัวแปรนั้นๆ ถ้าตัวแปรที่ศึกษามีการแจกแจงเป็นโค้งปกติแล้ว ค่าคะแนนมาตรฐาน (Z-score) จะมีค่าไม่เกิน |3|
3. กราฟการกระจาย(Scatter plot) พิจารณาค่าผิดปกติจากกราฟ ซึ่งมีค่าออกนอกกลุ่ม

2.8.3 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 ค่า

สถิติสำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน(Dependent t-test)

สถิติที่ใช้ทดสอบข้อมูลที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน คือ สถิติ Dependent หรือ Paired t-test ลักษณะของข้อมูลที่แสดงว่าไม่เป็นอิสระต่อกันมีหลายลักษณะ เช่น

1. การเก็บข้อมูลจากคนเดิมมากกว่า 1 ครั้ง
2. ลักษณะ Matching design คือกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีคุณลักษณะเหมือนกันมาจับคู่กัน
3. การเปรียบเทียบผลการวัดจากตัวอย่างเดียวกัน ด้วยเครื่องมือต่างชนิดกัน
4. การเปรียบเทียบผลการวัดตัวอย่างเดียวกัน โดยผู้วัดคนละคนกัน

สูตรการคำนวณสถิติที่แบบไม่อิสระ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะมีการคำนวณค่าความแตกต่างของข้อมูลระหว่างการวัดทั้ง 2 ครั้ง (ค่า Paired difference หรือ d), ค่าเฉลี่ยของ d และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างนั้น (S_d) และแทนค่าเหล่านั้นในสูตรต่อไปนี้

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}} \quad \text{โดยมี } df = n-1 \quad (\text{โดย } n = \text{จำนวนคู่})$$

2.8.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวหรือมีปัจจัยเดียว

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวหรือแบบมีปัจจัยเดียวเป็นการจำแนกข้อมูลด้วยตัวแปรตัวเดียวหรือปัจจัยเดียว โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลเพียงปัจจัยเดียวหรือเป็นการวิเคราะห์วิเคราะห์ความแตกต่างกันของระดับปัจจัยต่างๆ ตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป หรือ การทดสอบความ

แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป โดยถือว่าหน่วยการทดลองที่ได้รับปัจจัยระดับหนึ่งเป็นประชากรหนึ่ง และหน่วยทดลองที่ได้รับปัจจัยอีกระดับหนึ่งเป็นอีกประชากรหนึ่ง

ข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. ความคลาดเคลื่อนจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ
2. ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจะต้องเท่ากัน
3. ความคลาดเคลื่อนจะต้องเป็นอิสระกัน

สมมติฐานในการทดสอบคือ

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_i = \mu_j \text{ อย่างน้อย 1 คู่ ; } i \neq j$$

ถ้าผลการทดสอบคือ ปฏิเสธ $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ หรือยอมรับ $H_1: \mu_i = \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ ; $i \neq j$ แสดงว่ามี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ แต่จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพียงเท่านี้ ยังไม่ทราบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน จะต้องทำการทดสอบเพิ่มเติมว่ามีค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ไหนบ้างที่มีความแตกต่างกัน โดยใช้การเปรียบเทียบเชิงพหุ แต่ถ้าผลการทดสอบสมมติฐานคือ ยอมรับ $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ แสดงว่า $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

2.8.5 การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

สถิติ Pearson's correlation coefficient ($r =$ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของกลุ่มตัวอย่าง และ $\rho =$ สำหรับประชากร) ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวที่วัดที่ระดับ Interval หรือ Ratio ทั้งคู่ ลักษณะของความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นแบบเส้นตรง (linear relationship) โดยค่าของทั้งสองตัวแปรมาจากคนๆ เดียวกัน ซึ่งมักจะใช้สัญลักษณ์เป็นตัวแปร X และ ตัวแปร Y

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \text{ หรือ } r = \frac{\sum (x-\bar{X})(y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum (x-\bar{X})^2 \sum (y-\bar{Y})^2}}$$

โดย $X =$ คะแนนของตัวแปร X $\bar{X} =$ ค่าเฉลี่ยของ X

$Y =$ คะแนนของตัวแปร Y $\bar{Y} =$ ค่าเฉลี่ยของ Y

ค่า r และ ρ มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ซึ่งสามารถแปลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้ดังนี้

1. ทิศทางของความสัมพันธ์ (Direction)

ทิศทางของความสัมพันธ์แสดงได้ 3 แบบ คือ

$r > 0$ หมายถึงตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ทางบวก หรือมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน นั่นคือ เมื่อตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่ม อีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มตาม หรือถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าลดลง ค่าของอีกตัวแปรหนึ่งก็จะลดตามด้วย

$r < 0$ หมายถึงตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ทางลบ หรือมีความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกัน นั่นคือ เมื่อตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่ม อีกตัวแปรหนึ่งก็จะมีค่าลดลง หรือถ้าตัวแปรหนึ่งมีค่าลดลง ค่าของอีกตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น

$r = 0$ หมายถึงตัวแปรทั้ง 2 ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงต่อกัน

2. ระดับความสัมพันธ์ (Magnitude หรือ Strength)

ค่า r ที่ใกล้เคียง +1 หรือ -1 แสดงว่าตัวแปรทั้ง 2 ตัวมีความสัมพันธ์ต่อกันสูง

ค่า $r = +1$ หรือ -1 แสดงว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างสมบูรณ์

Burns และ Grove (1996) แบ่งระดับความสัมพันธ์ดังนี้

$r = .1$ ถึง $.3$ แสดงถึงการมีระดับความสัมพันธ์ต่ำ

$r = .3$ ถึง $.5$ แสดงถึงการมีระดับความสัมพันธ์ปานกลาง

r สูงกว่า $.5$ แสดงถึงการมีระดับความสัมพันธ์สูง

ประคอง กรรณสูต (2541) และ Cohen (1998) ให้ระดับความสัมพันธ์ ดังนี้

$r = .1$ ถึง $.3$ แสดงถึงการมีระดับความสัมพันธ์ต่ำ

$r = .3$ ถึง $.7$ แสดงถึงการมีระดับความสัมพันธ์ปานกลาง

r สูงกว่า $.7$ แสดงถึงการมีระดับความสัมพันธ์สูง

3. ค่า r square (r^2) หรือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

ค่า r square (r^2) เป็นค่าที่ได้จากการยกกำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แสดงถึงร้อยละของความแปรปรวนของตัวแปรหนึ่งที่อยู่ภายใต้ด้วยตัวแปรอีกตัวหนึ่ง (Percent of explained variance) หรือ กล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรหนึ่งสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงค่าของอีกตัวแปรหนึ่งได้ในสัดส่วนเท่าใด จากความแปรปรวนทั้งหมด (100%) ดังนั้น ค่า r^2 สูงถือว่ามีความสำคัญ

การทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การทดสอบการมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อาศัยการคำนวณค่า t จากสูตร $t = r\sqrt{(n-2)/(1-r^2)}$ ค่า t ที่สูง จะมีโอกาสพบการมีนัยสำคัญทางสถิติ จากสูตรจะเห็นได้ว่าการมีนัยสำคัญขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n)

2.8.6 การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ (Multiple regression)

การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) เป็นการวิเคราะห์เพื่อวัตถุประสงค์ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม หรือตัวแปรผล ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ (Dependent variable; นิยมใช้สัญลักษณ์เป็น X_1, X_2, \dots, X_n) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้เป็นความสัมพันธ์ อยู่ในรูปของสมการเส้นตรง และสามารถอธิบายเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของตัว

แปรต้นแต่ละตัว ว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตามมากที่สุด มีสมการที่ทดสอบ ดังนี้

$$\text{สมการในรูปคะแนนดิบ } \hat{y} = \alpha + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n$$

$$\text{สมการในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน } Z_Y = \beta_1(Z_{x1}) + \beta_2(Z_{x2}) + \dots + \beta_n(Z_{xn})$$

เมื่อ \hat{y} = ตัวแปรตามที่มีประมาณค่าได้

Z_Y = ค่าของตัวแปรตามที่มีประมาณได้ในรูปแบบของคะแนนมาตรฐาน

X_1, X_2, \dots, X_n คือ คะแนนของตัวแปรอิสระตัวที่ 1, 2, ..., n

$Z_{x1}, Z_{x2}, \dots, Z_{xn}$ คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรอิสระตัวที่ 1, 2, ..., n

α คือ Y intercept หรือจุดตัดบนแกน Y (Y intercept) เมื่อ X ทุกตัวมีค่าเป็น 0

B_1, B_2 คือ Regression coefficient; แสดงอิทธิพลของ X ที่มีต่อ Y หรือค่า Y ที่เปลี่ยนไปเมื่อค่า X เปลี่ยนไป 1 หน่วย

ในการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ เป็นการวิเคราะห์หาค่า Y Intercepy, Regression Coefficients และความสามารถของสมการในการทำนายตัวแปรตาม (R^2) รวมทั้งการทดสอบการมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณด้วย วิธี Stepwise method

เป็นการพิจารณาจาก Simple correlation (ค่า Pearson's correlation coefficient) ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามที่มีมากที่สุดเข้ามาในสมการ ทำการทดสอบ Model fit แล้วทำการคัดเลือก ตัวแปรอิสระใหม่เข้ามาในสมการอีก ในการวิเคราะห์ Model แต่ละครั้งถ้าพบว่าตัวแปรที่คัดเลือกมาในสมการไม่มีความสัมพันธ์ต่อ Y ตัวแปรอิสระนั้นจะถูกตัดออกจากสมการ

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

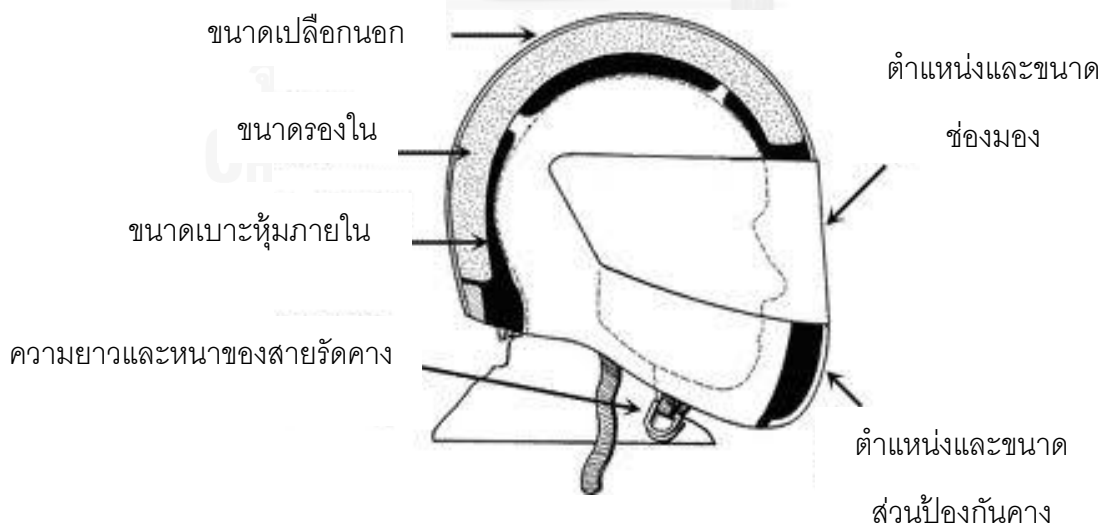
จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้พบว่า การวิจัยเกี่ยวกับการวัดขนาดสัดส่วนของเด็กเล็กมีการดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง แต่ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มี การนำสัดส่วนเหล่านี้มาใช้อ้างอิงในการออกแบบให้เกิดผลประโยชน์เท่าที่ควร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะสร้างความสัมพันธ์ของระยะต่างๆของศีรษะกับเส้นรอบวงศีรษะไว้ด้วย เพื่อง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ โดยลำดับขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

3.1 กำหนดขอบเขตการวิจัย

เนื่องจากการวัด Anthropometry สำหรับออกแบบหมวกนิรภัยในประเทศไทยยังมีข้อมูลไม่เพียงพอ ทำให้ต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลค่อนข้างนานหากจะใช้กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนของทั้งประเทศ ผู้วิจัยจึงจัดตั้งกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของตัวแทนของประชากรทั้งประเทศคือ จังหวัดชลบุรี ซึ่งมีประชากรเด็กอายุ 1- 6 ปี อยู่ที่ 45,109 คน ดังนั้นจำนวนเด็กอายุ 3 - 6 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างหลักของงานวิจัยชิ้นนี้จะมีจำนวน 30,000 คนโดยประมาณ ที่ความเชื่อมั่น 95% จากตารางยามาเน่ จะต้องทำการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 395 ตัวอย่าง แต่เนื่องจากการใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลมีค่อนข้างจำกัด จึงทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 278 ตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทน

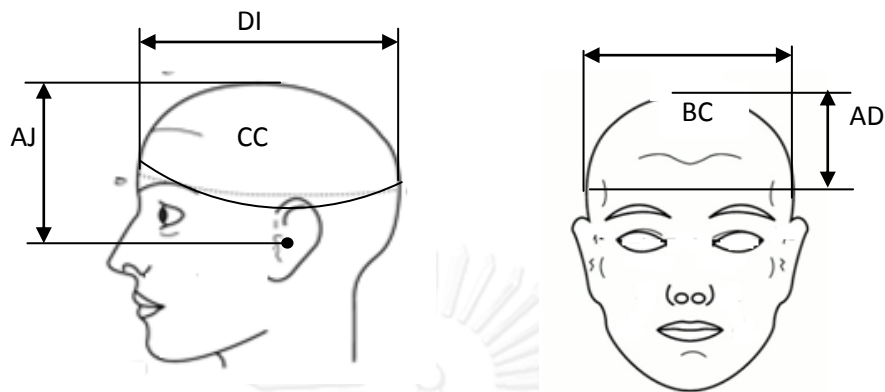
3.2 กำหนดตำแหน่งอ้างอิงสำหรับการวัดขนาดเพื่อออกแบบหมวกนิรภัย

กำหนดตำแหน่งในการออกแบบแต่ละส่วนประกอบของหมวกนิรภัยดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบของหมวกนิรภัย

3.2.1 ตำแหน่งอ้างอิงเพื่อออกแบบรองรับความกระชับในการสวมใส่และปกคลุมส่วนที่รับแรงกระแทก แสดงดังรูป

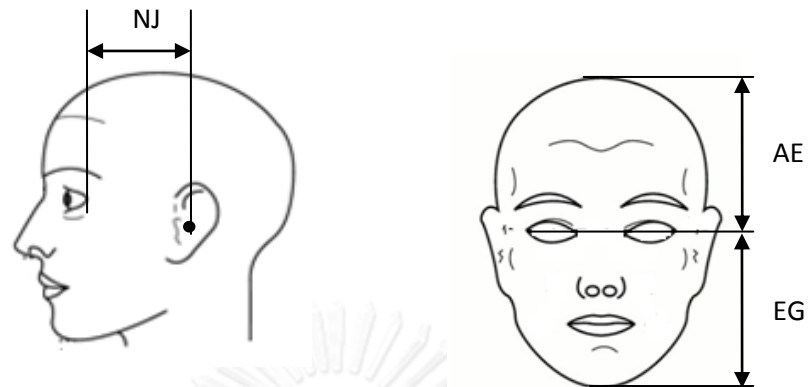


ภาพที่ 3.2 ตำแหน่งอ้างอิงระยะในในการวัดเพื่อการออกแบบรองรับการสวมใส่และครอบคลุมส่วนที่รับแรงกระแทก

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนบนใบหน้าเพื่อการออกแบบรองรับการสวมใส่และครอบคลุมส่วนรับแรงกระแทก

สัดส่วน	รายละเอียด	ท่าทางในการวัด	ตำแหน่งที่หมาย (Land mark)
CC	ระยะเส้นรอบศีรษะ	ไม่มี	B-C-D-I
BC	ระยะความกว้างศีรษะ	หน้าตรง	B - C
BI	ระยะความยาวศีรษะ	หันข้าง	D - I
AJ	ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู	หันข้าง	A - J
AD	ระยะจากจุดสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ	หน้าตรง	A - D

3.2.2 ตำแหน่งอ้างอิงเพื่อออกแบบส่วนการมองเห็น

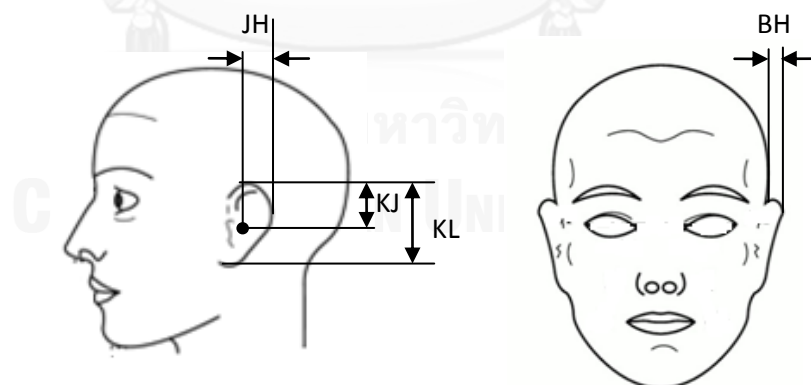


ภาพที่ 3.3 ตำแหน่งอ้างอิงระยะการวัดเพื่อออกแบบส่วนการมองเห็น

ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนบนใบหน้าเพื่อการออกแบบส่วนการมองเห็น

สัดส่วน	รายละเอียด	ท่าทางในการวัด	ตำแหน่งที่หมาย (Land mark)
NJ	ระยะจากแนวรูหูถึงหางตา	หันข้าง	N - J
AE	ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา	หน้าตรง	A - E
EG	ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา	หน้าตรง	E - G

3.2.3 ตำแหน่งอ้างอิงเพื่อออกแบบส่วนของการได้ยิน

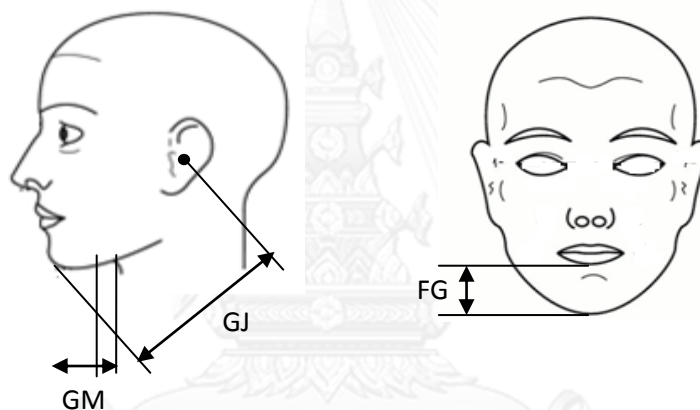


ภาพที่ 3.4 ตำแหน่งอ้างอิงระยะการออกแบบส่วนการได้ยิน

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนบนใบหน้าเพื่อการออกแบบส่วนการได้ยิน

สัดส่วน	รายละเอียด	ท่าทางในการวัด	ตำแหน่งที่หมาย (Land mark)
JH	ระยะความกว้างใบหู	หันข้าง	J - H
KL	ระยะความยาวใบหู	หันข้าง	L - K
KJ	ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู	หันข้าง	J - K
BH	ระยะการกางออกของใบหู	หน้าตรง	B - H

3.2.4 ตำแหน่งอ้างอิงเพื่อออกแบบสายรัดคาง



ภาพที่ 3.5 แสดงตำแหน่งอ้างอิงระยะการออกแบบสายรัดคาง

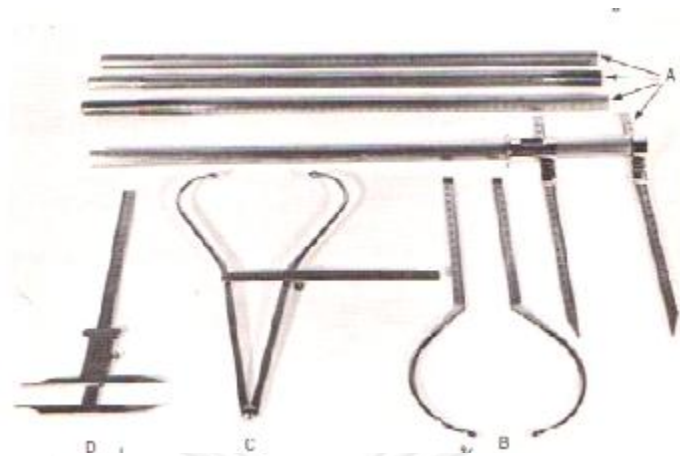
ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนบนใบหน้าเพื่อการออกแบบส่วนสายรัดคาง

สัดส่วน	รายละเอียด	ท่าทางในการวัด	ตำแหน่งที่หมาย (Land mark)
GM	ระยะปลายคางถึงคอ	หันข้าง	G - M
FG	ระยะริมฝีปากถึงปลายคาง	หน้าตรง	G - F
GJ	ระยะปลายคางถึงรูหู	หันข้าง	J - G

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยประกอบไปด้วย

3.3.1 ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน



ภาพที่ 3.6 ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน

3.3.2 เทปวัด



ภาพที่ 3.7 เทปวัด

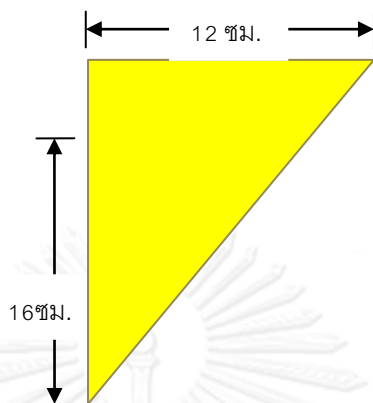
3.3.3 กล้องถ่ายรูปดิจิทัล DSLR Nikon D80 เลนส์ 18-200 พร้อมขาตั้งกล้อง โดยเลือกไฟล์ที่ใช้ในการจัดเก็บภาพถ่ายดิจิทัลเป็น JPEG



ภาพที่ 3.8 กล้องถ่ายรูปดิจิทัล

3.3.4 อุปกรณ์อ้างอิงขนาด แสดงดังรูปที่ 3.9 อุปกรณ์อ้างอิงขนาดที่ใช้ในงานวิจัยมีลักษณะเป็นกระดาษตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก โดยมีด้านประกอบมุมฉากยาว 12 และ 16 เซนติเมตรเพื่อ

ใช้ในการตรวจสอบระนาบกล้องถ่ายรูปให้ขนานกับวัตถุด้วยการเทียบสัดส่วนรูปถ่ายอุปกรณ์
อ้างอิงด้วยอัตราส่วน 3: 4: 5



ภาพที่ 3.9 อุปกรณ์อ้างอิงระยะ

3.3.5 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลเด็ก

3.3.6 เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในกระบวนการเก็บข้อมูลการ
ตรวจวัดสัดส่วนศีรษะ โดยการถ่ายภาพ ดังภาคผนวก จ.

3.4 ขั้นตอนการวัดสัดส่วน

3.4.1 กำหนดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ตกแต่งทรงผมด้วยอุปกรณ์อื่นใดนอกจากยางรัดผมในกรณีที่
ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเด็กหญิง เช่น กีบหนีบผม ที่คาดผม

3.4.2 ผู้วิจัยตรวจสอบความเรียบร้อยของผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนก่อนวัดสัดส่วน พร้อมลงบันทึก
ข้อมูล เช่น ชื่อ อายุ เพศ

3.4.3 อธิบายขั้นตอนการทดลองให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบอย่างละเอียด

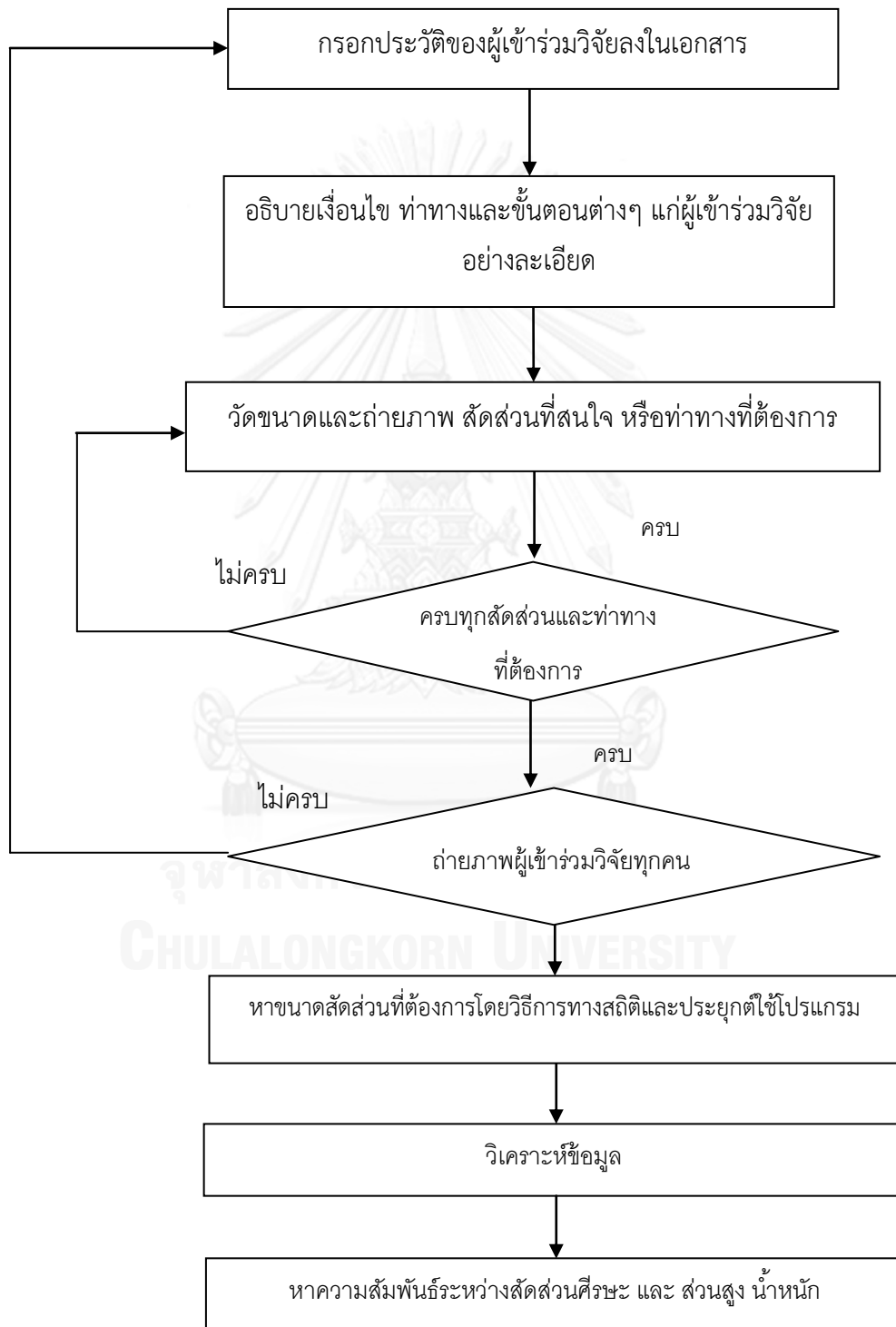
3.4.4 จัดท่าทางสำหรับการเก็บข้อมูล

3.4.5 วัดสัดส่วนร่างกายจากท่าหันข้าง หน้าตรง ตามลำดับ ในขณะที่วัดสัดส่วนจะต้องให้ส่วน
ที่ต้องการหาขนาดอยู่ในระนาบเดียวกันกับอุปกรณ์อ้างอิง หรือใกล้เคียงที่สุด

3.4.6 ภายหลังจากถ่ายภาพครบตามจำนวนกลุ่มประชากรที่ต้องการทดลอง จะนำข้อมูลมา
วิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป

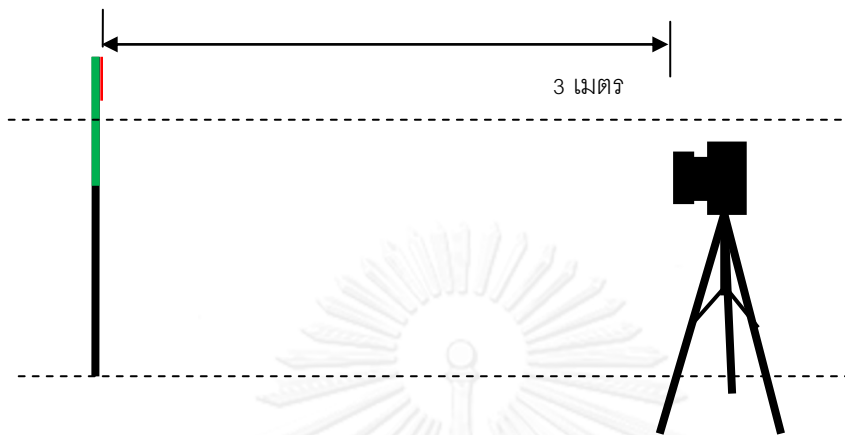
3.4.7 ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล จะใช้โปรแกรม Photoshop CS5 วัดปริมาณพิกเซล เทียบกับขนาดของอุปกรณ์อ้างอิง และนำมาคำนวณขนาดของสัดส่วนที่ต้องการ

ขั้นตอนการวัดสัดส่วนทั้งหมดแสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการวัดสัดส่วนในงานวิจัย

3.5 การติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์



ภาพที่ 3.11 การติดตั้งอุปกรณ์

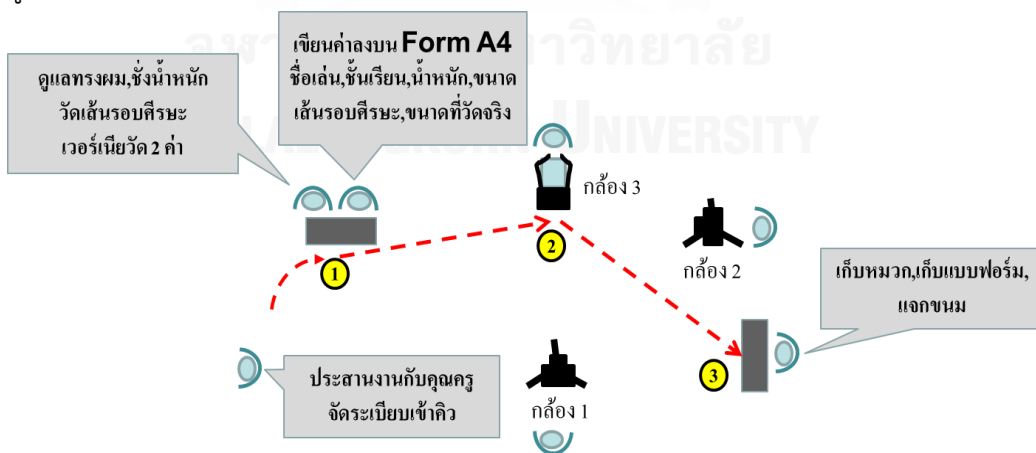
3.5.1 ตั้งกล้องห่างจากฉากแทนร่องสีระยะ 3 เมตร

3.5.2 หน้าเลนส์และกล้องจะต้องไม่ก้มหรือเงยโดยถ่ายภาพแล้วนำมาวัดขนาดของอุปกรณ์อ้างอิง จะต้องได้สัดส่วนคงเดิม คือ 3:4:5

3.5.3 ความสูงในการตั้งกล้องอยู่ระดับระดับ 110 เซนติเมตร

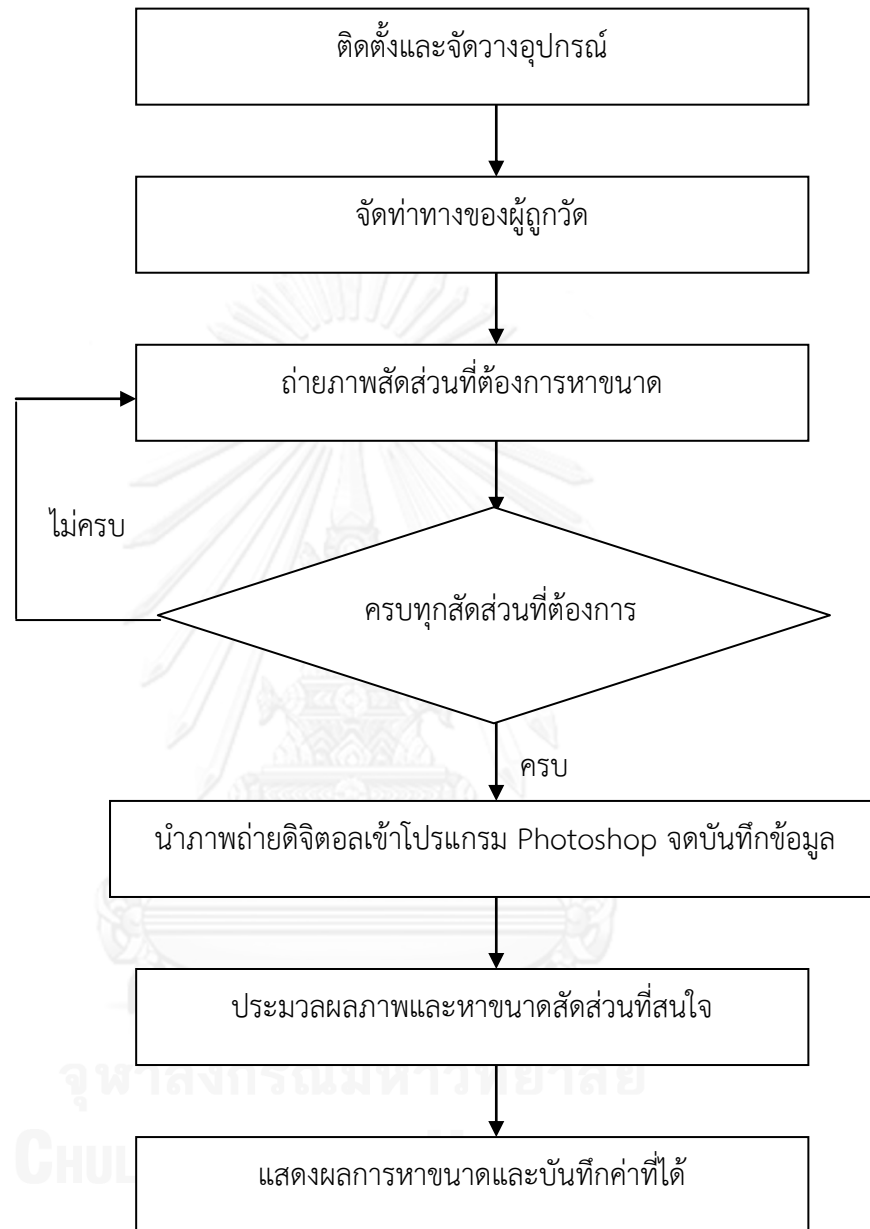
3.5.4 ตั้งค่ากล้องถ่ายรูปโดยใช้โหมด A,F-Number 5.6, ISO 400

เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการเก็บข้อมูล การออกแบบสถานที่แสดงการไหลของการเก็บข้อมูลดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 แผนผังการทำงาน

3.6 ขั้นตอนการดำเนินการถ่ายรูป

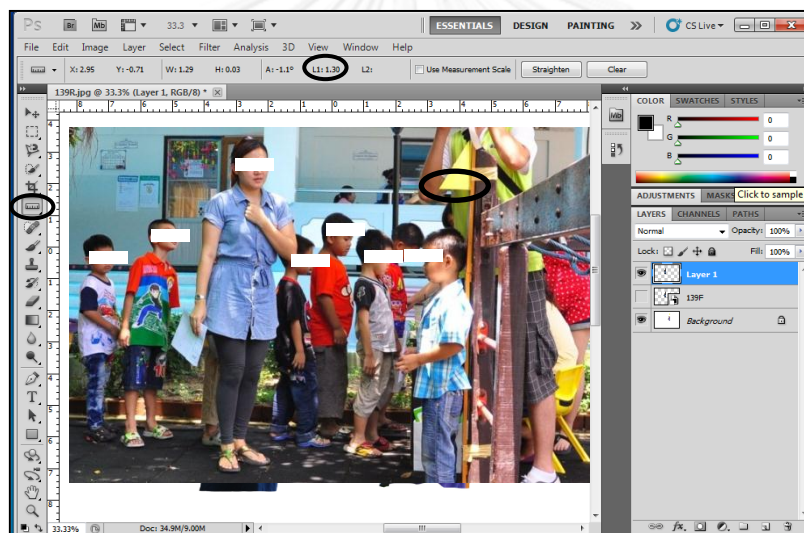


ภาพที่ 3.13 ขั้นตอนการดำเนินการถ่ายภาพ



ภาพที่ 3.14 รูปถ่ายขณะเก็บข้อมูล

3.7 วิธีการคำนวณสัดส่วนจากโปรแกรม Photoshop



ภาพที่ 3.15 ภาพโปรแกรม Photoshop CS5

3.7.1 ตรวจสอบระนาบหน้ากล้อง

- เปิดรูปถ่ายจากโปรแกรม Photoshop CS5
- คลิกที่ Ruler Tool
- ลากเส้นจากสองจุดที่อุปกรณ์อ้างอิง
- อ่านค่าพิกเซลของอุปกรณ์อ้างอิงทั้ง 3 ด้านได้ขนาด 115 : 170 : 204 ปรากฏว่าสัดส่วน 3 : 4.43 : 5.32 ซึ่งอุปกรณ์อ้างอิงมีสัดส่วน 3 : 4 : 5 ค่าจากภาพถ่ายมีสัดส่วนคลาดเคลื่อนเล็กน้อย อาจเป็นผลมาจากตำแหน่งอุปกรณ์อ้างอิงไม่อยู่กลางภาพ แต่ยิ่งถือว่าการตั้งกล้องยังอยู่ในระนาบไม่ได้เกิดมุก้ม หรือเียงในการถ่ายภาพ

3.7.2 วัดขนาดสัดส่วนศีรษะ

- อ่านค่าจำนวนพิกเซลที่วัตถุอ้างอิงด้านประกอบมุมฉากซึ่งมีขนาด 12 ซม. ดังภาพที่ 3.15 แล้วบันทึกค่า
- อ่านค่าพิกเซลที่สัดส่วนศีรษะ แล้วบันทึกค่า
- คำนวณขนาดจริงโดยการเทียบกับวัตถุอ้างอิงจากสูตร

$$\text{ขนาดสัดส่วน} = \frac{\text{ค่าพิกเซลจากสัดส่วนศีรษะ}}{\text{ค่าพิกเซลจากอุปกรณ์อ้างอิง}} * 12$$

3.7.3 บันทึกค่าจากการคำนวณผลจากการคำนวณตัวอย่างที่ 20 แสดงดังตาราง 3.5

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างการคำนวณขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยโปรแกรม Photoshop

ตำแหน่งตั้งกล้อง	สัดส่วน	พิกเซลจากโปรแกรมโฟโต้ชอป	ขนาดจากการคำนวณ
ด้านหน้า	วัตถุอ้างอิง	278.21	12
	BC	332.82	14.39
	AD	141.13	6.05
	AE	234.02	10.03
	EG	198.57	8.51
	FG	54	2.31
	BH	36.1	1.55
ด้านข้าง	วัตถุอ้างอิง	85.5	12
	DI	118.48	16.63
	AJ	89.76	12.60
	NJ	48.85	6.86
	JH	21.21	2.98
	KL	39.26	5.51
	KJ	18.25	2.56
	GJ	58.42	8.20
	GM	33.03	4.64

3.8 การทดสอบวิธีการวัด

3.8.1 ทำการวัดขนาดจริงด้วยเวอร์เนียร์ในตำแหน่ง BC ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จากด้านหน้าในภาพถ่าย จำนวน 100 ตัวอย่าง

3.8.2 นำภาพถ่ายเดียวกันจากด้านหน้าจำนวน 100 ตัวอย่างทำการวัดขนาดด้วยโปรแกรม Photoshop และคำนวณจากค่าพิกเซลที่อ่านได้

3.8.3 ค่าทั้งสองเปรียบเทียบโดยวิธี Pair t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

ผลการทดสอบ

Accept: ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยวิธีการวัดโดยตรงและคำนวณจากภาพถ่ายทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Reject: ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 เมื่อ P-Value มีค่าน้อยกว่า α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยวิธีการวัดโดยตรงและคำนวณจากภาพถ่ายทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

3.8.4 ทำซ้ำในขั้นตอน 3.8.1 ถึง 3.8.3 ในตำแหน่ง DI ซึ่งเป็นตัวแทนของสัดส่วนศีรษะซึ่งวัดขนาดจากด้านข้าง

3.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดสัดส่วนร่างกายโดยวิธีการทางสถิติแบ่งออกเป็นหัวข้อหลัก ดังนี้

3.9.1 ความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ความแม่นยำของข้อมูลและของระบบการวัด

3.9.2 วิเคราะห์สถิติพรรณนา

3.9.3 ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร

3.9.4 วิเคราะห์สมการถดถอยสัดส่วนศีรษะแต่ละสัดส่วนกับตัวแปรต้นส่วนสูง, น้ำหนัก, อายุ, ความยาวศีรษะ, ความกว้างศีรษะ และความยาวเส้นรอบศีรษะ

3.9.5 สรุปขนาดสัดส่วนในการออกแบบหมวกนิรภัยเด็กอายุ 3 – 6 ปี

3.9.6 สรุปสมการถดถอย

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนปฐมวัย ถึงประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 278 คน จากโรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่จำนวน 15 สัดส่วน ด้วยวิธีการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ 1. ใช้เครื่องมือวัดโดยตรงสำหรับสัดส่วนที่เป็นข้อมูลพื้นฐานของนักเรียนได้แก่ส่วนสูง น้ำหนัก และ ความยาวรอบศีรษะ 2. ใช้ภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอล ผลการเก็บข้อมูลที่ได้แบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

1. ผลการสุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับ อนุบาล 1 ถึง ประถมปีที่ 1
2. ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95
3. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัดส่วนศีรษะกับอายุ, ส่วนสูง และน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

4.1 ผลการสุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับอนุบาล1 ถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 1

นักเรียนที่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ต้องได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองเป็นลายลักษณ์อักษร หลังจากนั้นจึงเลือกนักเรียนมาวัดสัดส่วนร่างกายด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย โดยเก็บข้อมูลอายุ ละประมาณ 60 คน แบ่งออกเป็นนักเรียนชายและหญิงอย่างละเท่าๆกัน รวมทั้งสิ้น 268คน จำนวนนักเรียนที่เก็บข้อมูลในแต่ละช่วงอายุแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนนักเรียนเข้าร่วมวิจัยจำแนกตามอายุ

ระดับอายุ (ปี)	จำนวนเด็กนักเรียน (คน)		รวม (คน)
	ชาย	หญิง	
3	34	25	59
4	52	39	91
5	22	27	49
6	39	40	69
รวม	147	131	268

ผลการสุ่มนักเรียนโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ทำให้เชื่อได้ว่านักเรียนที่เก็บข้อมูลมานั้นสามารถเป็นตัวแทนของประชากรได้ เนื่องจากการเลือกตัวอย่างแต่ละครั้งเป็นการเลือกที่ให้แต่ละหน่วยในประชากรมีโอกาสถูกเลือกเท่าๆกัน

4.2 วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของวิธีการวัด

เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวัดด้วยวิธีการใช้เครื่องมือวัดโดยตรงกับวิธีการวัดจากภาพถ่ายจากกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ทั้งหญิงและชาย ทดสอบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างการวัดทั้งสองวิธีเพื่อวิเคราะห์ว่าทั้ง 2 วิธีให้ผลการทดลองทางสถิติที่แตกต่างกันหรือไม่โดยวิธี Pair t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) แสดงผลการทดสอบ paired t-test จากโปรแกรม Minitab ของข้อมูลจากกล้องหน้าดังภาพที่ 4.1

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$H_0: \mu_d = 0$$

$$H_1: \mu_d \neq 0$$

ผลการทดสอบ

Accept: ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยวิธีการวัดโดยตรงและคำนวณจากภาพถ่ายทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Reject: ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 เมื่อ P-Value มีค่าน้อยกว่า α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยวิธีการวัดโดยตรงและคำนวณจากภาพถ่ายทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Paired T-Test and CI: ABC, BC				
Paired T for ABC - BC				
	N	Mean	StDev	SE Mean
ABC	100	13.957	0.649	0.065
BC	100	13.955	1.053	0.105
Difference	100	0.0026	0.8639	0.0864
95% CI for mean difference: (-0.1688, 0.1741)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.03 P-Value = 0.976				

ภาพที่ 4.1 ผลการทดสอบ paired t-test จากโปรแกรม Minitab ของข้อมูลจากกล้องหน้า

จากภาพที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบ paired t-test จากโปรแกรม Minitab ของข้อมูลจากกล้องหน้า ผลการทดสอบพบว่า ค่า P-Value = 0.976 ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 ค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดสัดส่วนศีรษะ BC ด้วยวิธีการวัดโดยตรงและคำนวณจากภาพถ่ายทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้ง 2 วิธีการมีค่าขนาดที่แตกต่างเฉลี่ย 0.34 เซนติเมตร และค่าขนาดที่แตกต่างสัมบูรณ์ 0.67 เซนติเมตร

ด้วยวิธีการทดสอบเดียวกัน สัดส่วนความยาวคีระยะ(DI) ถูกใช้เข้ามาเป็นตัวแทนการทดสอบวิธีการวัดขนาดจากกล้องด้านข้างแสดงผลการทดสอบดังภาพที่ 4.2

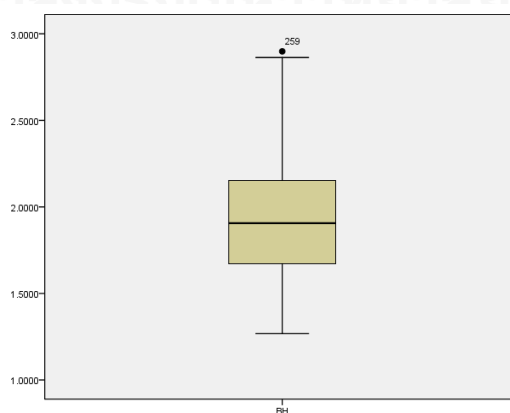
Paired T-Test and CI: ADI, DI				
Paired T for ADI - DI				
	N	Mean	StDev	SE Mean
ADI	97	17.0279	0.8118	0.0824
DI	97	17.0304	0.8556	0.0869
Difference	97	-0.0026	0.5306	0.0539
95% CI for mean difference: (-0.1095, 0.1044)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.05 P-Value = 0.962				

ภาพที่ 4.2 ผลการทดสอบ paired t-test จากโปรแกรม Minitab ของข้อมูลจากกล้องด้านข้าง

จากภาพที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบ paired t-test จากโปรแกรม Minitab ของข้อมูลจากกล้องหน้า ผลการทดสอบพบว่า ค่า P-Value = 0.962 ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 ค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดสัดส่วนคีระยะ DI ด้วยวิธีการวัดโดยตรงและคำนวณจากภาพถ่ายทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้ง 2 วิธีการมีค่าขนาดที่แตกต่างเฉลี่ย 0.22 เซนติเมตร และค่าขนาดที่แตกต่างสัมบูรณ์ 0.47 เซนติเมตร

4.3 ตรวจสอบค่าผิดปกติ Outlier

พิจารณาค่าผิดปกติจากกราฟ Box-plot โดยใช้ Inter-quartile range (IQR) Outlierทำการทดสอบโดยใช้คำสั่ง Explore ในโปรแกรม SPSS และ เลือกกราฟยกตัวอย่างดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่าง Boxplot ของสัดส่วน BH

จากภาพ 4.3 แสดงตัวอย่าง Boxplot ของสัดส่วน BH พบว่ามีค่าผิดปกติ 1 ค่า ที่ตัวอย่างที่ 259 ดังนั้นจึงทำการแก้ไขค่าผิดปกติด้วยการทวนสอบที่มาของข้อมูล วิธีการวัดในตำแหน่งนั้นๆ, วิธีการบันทึกข้อมูล, หรือ วิธีการคำนวณ หากมีข้อผิดพลาดต้องทำการแก้ไขก่อนแล้วนำข้อมูลมาทดสอบใหม่อีกครั้ง หากเป็นค่าผิดปกติจริงๆ ก็จะทำให้การตัดตัวอย่างที่ผิดปกติออกจากการวิเคราะห์

จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 278 ตัวอย่างพบว่า เกิดค่าผิดปกติทั้งหมด 19 ตัวอย่าง จากสาเหตุ เช่นการจดบันทึกค่าน้ำหนักและส่วนสูงลงบนกระดาษไม่ชัดเจน, ไฟล์ภาพเสียหาย, และค่าสัดส่วนผิดปกติจริงเช่นความกางของใบหู(BH) มากกว่าปกติ 1 ตัวอย่าง ดังภาพ 4.3 ทำให้คงเหลือจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 259 ตัวอย่างจำแนกดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จำนวนกลุ่มตัวอย่างหลังตัดค่าผิดปกติ

ระดับอายุ (ปี)	จำนวนเด็กนักเรียน (คน)		รวม (คน)
	ชาย	หญิง	
3	34	23	57
4	51	39	90
5	18	27	45
6	27	40	67
รวม	130	129	259

4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95

ผลวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงขนาดร่างกายและสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 3 ปี 2 ขนาดร่างกาย และ 15 สัดส่วนศีรษะ

ตารางที่ 4.3 ขนาดสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 3 – 6 ปี จำนวน 2 ขนาดร่างกาย และ 15 สัดส่วนศีรษะ

ลำดับที่	ขนาดสัดส่วน ร่างกาย สัดส่วนศีรษะ	ค่าทางสถิติ									
		Mean	Median	Mode	Std. Deviation	Variance	Minimum	Maximum	Percentiles		
									5	50	95
1	W	22.30	21.00	18.00	5.33	28.37	14.00	47.00	16.00	21.00	34.00
2	H	112.26	112.00	114.00	9.57	91.55	95.00	135.00	99.00	112.00	130.00
3	CC	50.66	50.50	51.00	1.65	2.71	46.00	55.00	48.00	50.50	53.50
4	BC	14.12	14.11	11.70	0.94	0.88	11.70	16.44	12.62	14.11	15.94
5	AD	8.34	8.28	7.95	0.98	0.96	5.80	10.90	6.75	8.28	10.06
6	AE	12.39	12.37	9.50	1.07	1.15	9.50	14.78	10.51	12.37	14.00
7	EG	9.14	9.12	8.81	0.62	0.39	7.59	10.70	8.19	9.12	10.25
8	FG	2.42	2.42	2.03	0.40	0.16	1.40	3.40	1.76	2.42	3.11
9	BH	1.93	1.91	1.61	0.32	0.10	1.27	2.80	1.48	1.91	2.51
10	DI	17.10	17.01	19.30	0.86	0.74	14.90	19.30	15.84	17.01	18.65
11	AJ	12.68	12.61	10.60	0.77	0.59	10.60	14.70	11.38	12.61	14.09
12	NJ	6.31	6.32	5.30	0.39	0.15	5.30	7.44	5.60	6.32	6.91
13	JH	2.79	2.79	2.70	0.32	0.10	1.87	3.67	2.23	2.79	3.26
14	KL	5.13	5.11	3.91	0.45	0.21	3.91	6.34	4.43	5.11	5.85
15	KJ	2.47	2.43	2.06	0.32	0.10	1.71	3.24	1.95	2.43	3.04
16	GJ	9.38	9.37	7.20	0.92	0.85	7.16	11.65	7.73	9.37	11.00
17	GM	4.19	4.14	4.10	0.55	0.30	2.78	5.60	3.27	4.14	5.14

หมายเหตุ ค่าขนาดสัดส่วนมีหน่วยเป็นเซนติเมตรยกเว้น W มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

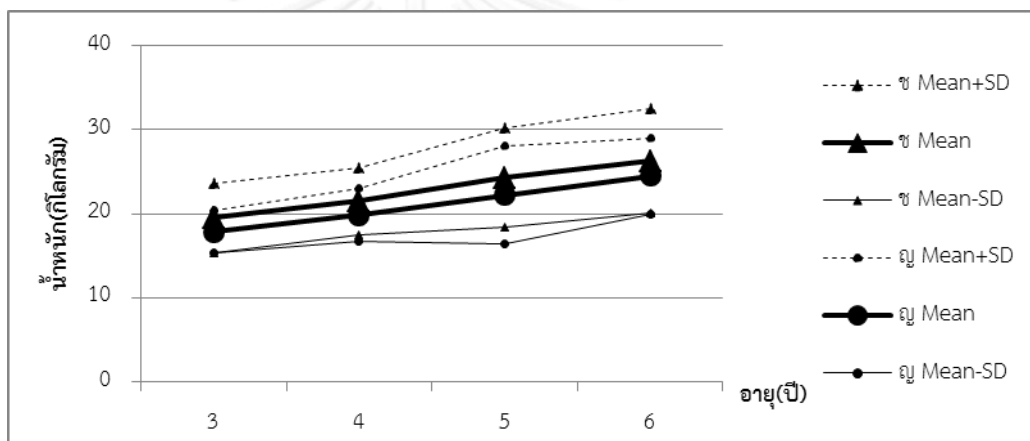
- โดยที่
1. W คือ น้ำหนักร่างกาย
 2. H คือ ความสูงขณะยืน
 3. CC คือ ความยาวเส้นรอบศีรษะ
 4. BC คือ ระยะความกว้างศีรษะ
 5. AD คือ ระยะจากแนวสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ
 6. AE คือ ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา
 7. EG คือ ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา
 8. FG คือระยะจากริมฝีปากถึงปลายคาง
 9. BH คือ ระยะการกางของใบหู
 10. DI คือ ความยาวศีรษะ
 11. AJ คือ ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู
 12. NJ คือ ระยะจากรูหูถึงหางตา
 13. JH คือ ระยะความกว้างใบหู
 14. KJ คือ ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู

15. KL คือ ความยาวใบหู
16. GJ คือ ระยะปลายคางถึงรูหู
17. GM คือ ระยะปลายคางถึงคอ

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิง กับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะที่เปลี่ยนแปลงไป

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของขนาดร่างกายและสัดส่วนศีรษะกับอายุ แยกชายและหญิงพบว่า

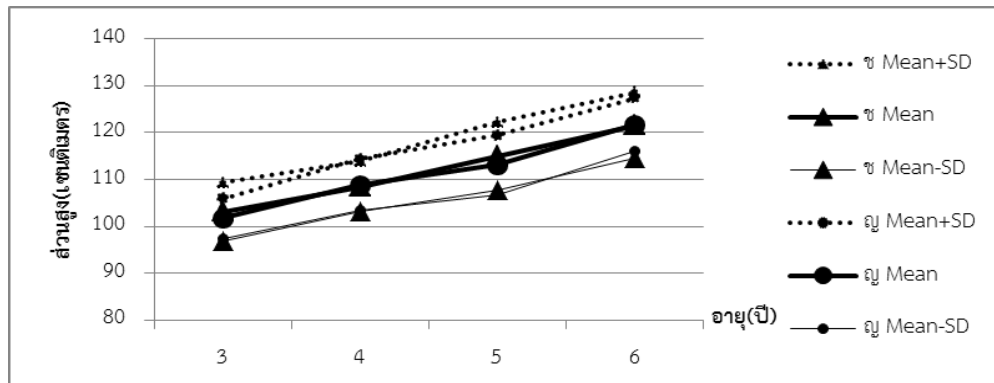
- น้ำหนัก ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเด็กหญิงและเด็กชายอายุ 3 – 6 ปีมีแนวโน้มดังภาพ 4.4



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยน้ำหนัก

จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี จากภาพที่ 4.4 พบว่ามีพัฒนาการเพิ่มขึ้นตามอายุอย่างชัดเจนสอดคล้องกับรายงานพัฒนาการเด็ก โดยเด็กชายมีน้ำหนักมากกว่าเด็กหญิงประมาณ 1 กิโลกรัมในทุกช่วงอายุ และมีการเติบโตขึ้นในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน เริ่มจาก 20 กิโลกรัม และ 18 กิโลกรัมในเด็กชายและเด็กหญิงตามลำดับ และเพิ่มขึ้นประมาณขวบปีละ 2 กิโลกรัม จนกระทั่งขวบปีที่ 6 เด็กชายมีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 26 กิโลกรัม และ 24 กิโลกรัมในเด็กหญิง

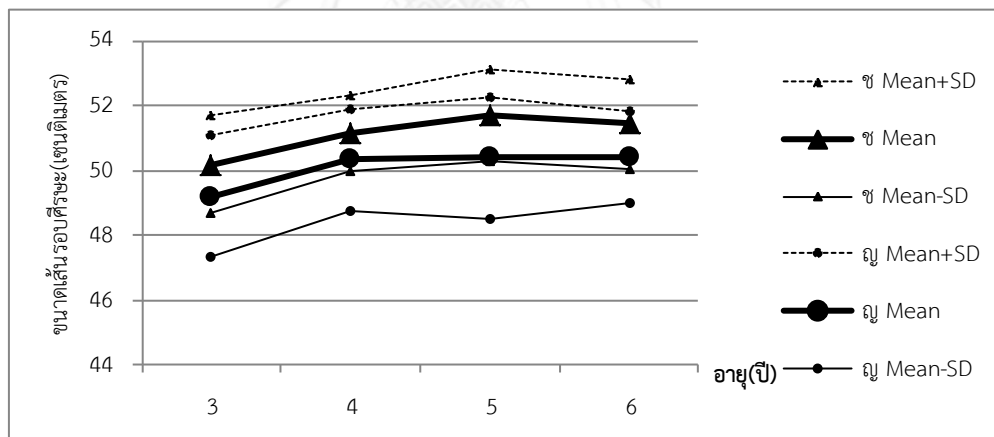
- ส่วนสูง ค่าเฉลี่ยส่วนสูงเด็กหญิงและเด็กชายอายุ 3 – 6 ปีมีแนวโน้มดังภาพ 4.5



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยส่วนสูง

จากการเก็บข้อมูลส่วนสูงเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี จากภาพที่ 4.5 ข้อมูลส่วนสูงเพิ่มขึ้นตามอายุอย่างชัดเจนสอดคล้องกับรายงานพัฒนาการเด็ก โดยเด็กชายและเด็กหญิงมีค่าเฉลี่ยส่วนสูงไม่ต่างกันมากทุกช่วงอายุ และมีการเติบโตขึ้นในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน เริ่มจาก 100 ซม. และเพิ่มขึ้นประมาณขวบปีละ 8 ซม. จนกระทั่งขวบปีที่ 6 เด็กชายและเด็กหญิงมีส่วนสูงโดยเฉลี่ย 120 ซม.

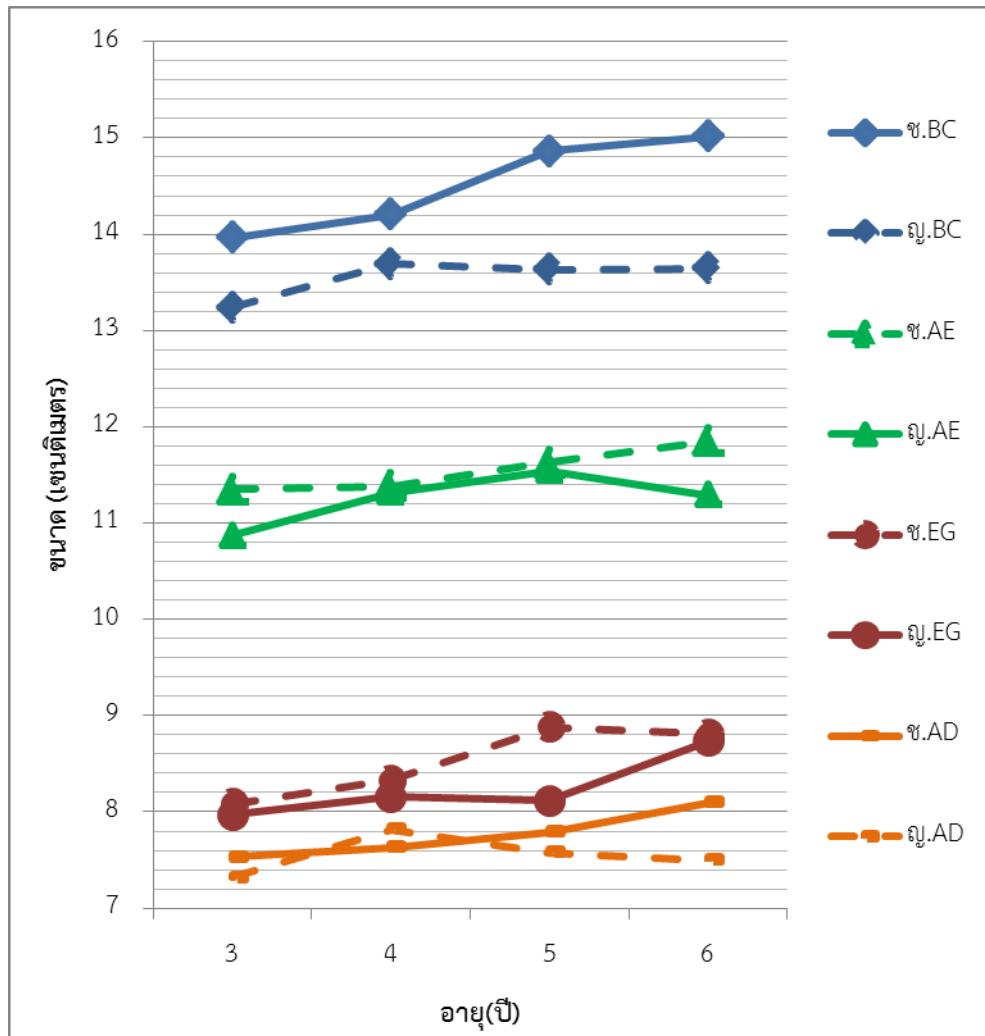
- เส้นรอบศีรษะค่าเฉลี่ยเส้นรอบศีรษะเด็กหญิงและเด็กชายอายุ 3 – 6 ปีมีแนวโน้มดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นรอบศีรษะกับอายุ

จากการเก็บข้อมูลเส้นรอบศีรษะเฉลี่ยเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี จากภาพที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า เส้นรอบศีรษะเฉลี่ยเด็กชายมีขนาดใหญ่กว่าเด็กหญิง 1 ซม. โดยประมาณในทุกช่วงอายุ ทั้งเด็กชายและเด็กหญิงมีขนาดเส้นรอบศีรษะเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามอายุปีละ 0.5 เซนติเมตร เริ่มจากขวบปีที่ 3 เด็กชายและเด็กหญิงมีขนาดเส้นรอบศีรษะเฉลี่ย 50 และ 49 ซม. ตามลำดับ จนกระทั่งขวบปีที่ 6 เด็กชายและเด็กหญิงมีขนาดเส้นรอบศีรษะเฉลี่ย 52 และ 51 ซม.

- สัดส่วนความกว้างศีรษะ(BC), ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา (AE),ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา(EG)และ ระยะจากแนวสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ(AD) มีค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนในเด็กหญิงและเด็กชาย อายุ 3 – 6 ปีดังภาพที่ 4.7



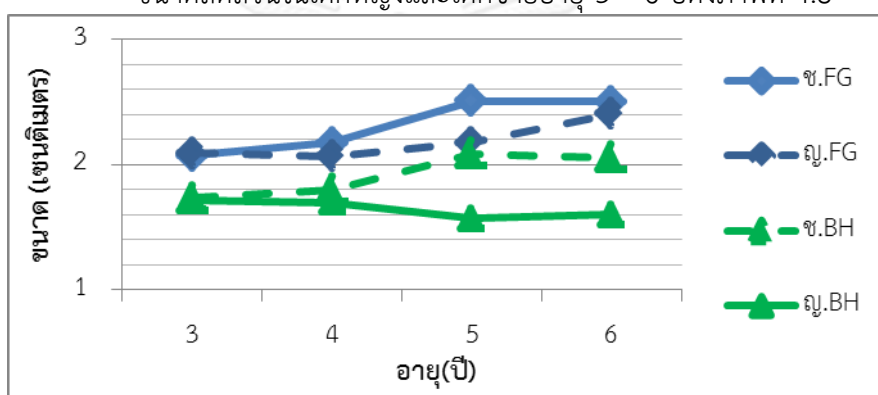
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะBC,AE,EG และ AD

จากการเก็บข้อมูลขนาดสัดส่วนศีรษะเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี ทั้งชายและหญิง ภาพที่4.7แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนความกว้างศีรษะ(BC), ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา(AE), ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา(EG)และ ระยะจากแนวสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ(AD) พบว่า

ขนาดสัดส่วนความกว้างศีรษะ(BC) มีความแตกต่างกันระหว่างข้อมูลของเด็กหญิงและเด็กชาย โดยเด็กชายมีขนาดใหญ่กว่าประมาณ 1 ซม. ในทุกช่วงอายุ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งชายและหญิงขวบปีละ 0.5 ซม. โดยประมาณ สัดส่วน

ระยะจากแนวสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ(AD),ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา(AE), ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา(EG), ขนาดสัดส่วนระหว่างเด็กชายกับเด็กหญิงมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และมีแนวโน้มขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุเพียงเล็กน้อย

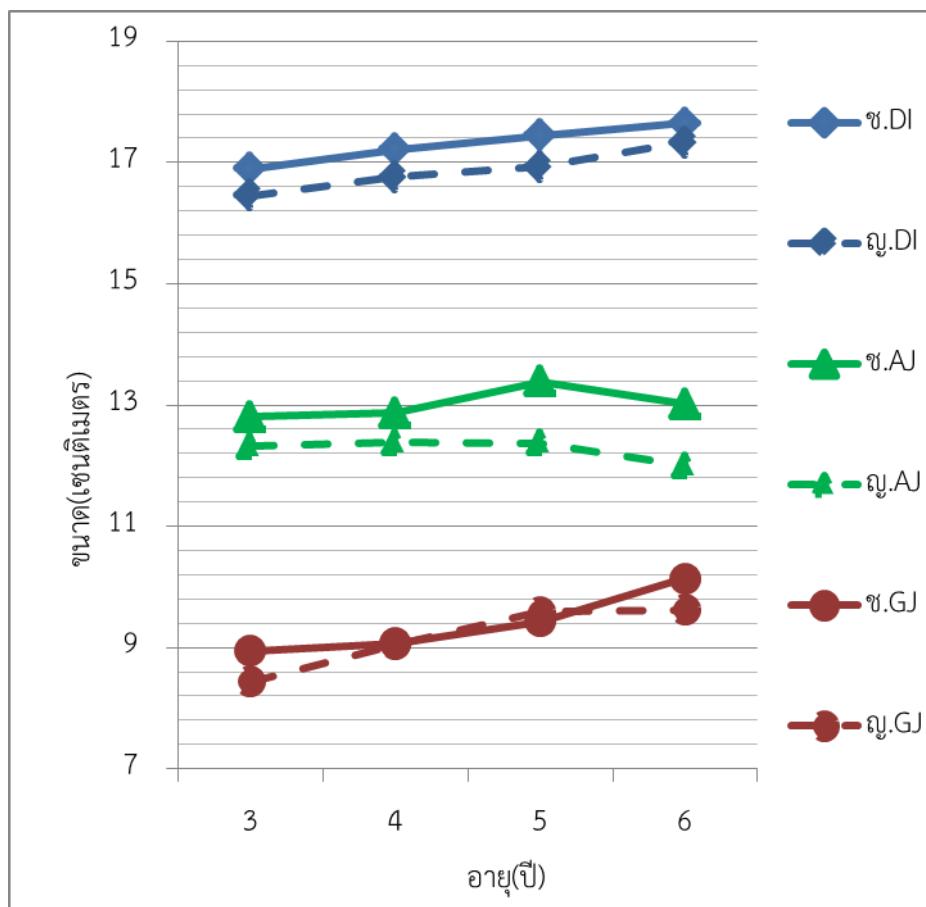
- ระยะจากริมฝีปากถึงปลายคาง(FG)และระยะการกางของใบหู(BH) มีค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนในเด็กหญิงและเด็กชายอายุ 3 – 6 ปีดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะFG และ BH

จากการเก็บข้อมูลขนาดสัดส่วนศีรษะเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี ทั้งชายและหญิง ภาพที่4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยระยะจากริมฝีปากถึงปลายคาง(FG) และระยะการกางของใบหู(BH) พบว่าทั้งสองสัดส่วนระหว่างเด็กชายกับเด็กหญิงมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและมีแนวโน้มขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุเพียงเล็กน้อย

- ความยาวศีรษะ(DI), ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูกู(AJ) และ ระยะปลายคางถึงรูกู(GJ) มีค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนในเด็กหญิงและเด็กชายอายุ 3 – 6 ปีดังภาพที่ 4.9

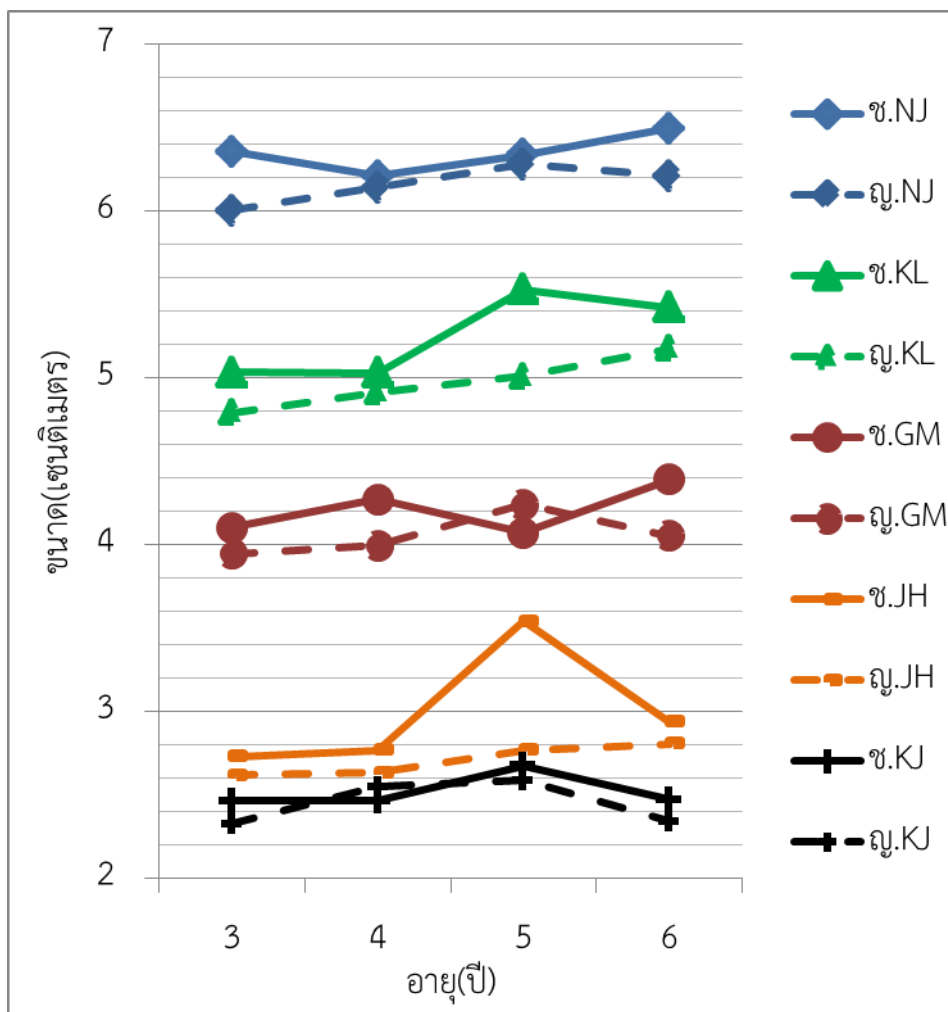


ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะ DI, AJ และ GJ

จากการเก็บข้อมูลสัดส่วนศีรษะเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี ทั้งหญิงและชาย จากภาพที่ 4.9 พบว่า ความยาวศีรษะ(DI) และ ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูกหู(AJ) เป็นสัดส่วนที่เด็กชายมีขนาดใหญ่กว่าเด็กหญิงประมาณ 0.5 ซม. ในทุกช่วงอายุ DI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นปีละ 0.5 ซม. ในแต่ละช่วงอายุ แต่ AJ มีแนวโน้มเติบโตตามอายุน้อยมาก

ระยะปลายคางถึงรูกหู(GJ) ขนาดในเด็กหญิงและเด็กชายไม่แตกต่างกันมากนักแต่มีแนวโน้มเติบโตขึ้นตามอายุประมาณปีละ 0.5 ซม. เช่นเดียวกับความยาวศีรษะ(DI)

- ระยะจากรูหูถึงหางตา(NJ), ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู(KJ), ระยะปลายคางถึงคอ(GM), ระยะความกว้างใบหู(JH) และ ความยาวใบหู(KL) มีค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนในเด็กหญิงและเด็กชายอายุ 3 – 6 ปี ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรุษะ NJ, KL, GM, JH และ KJ

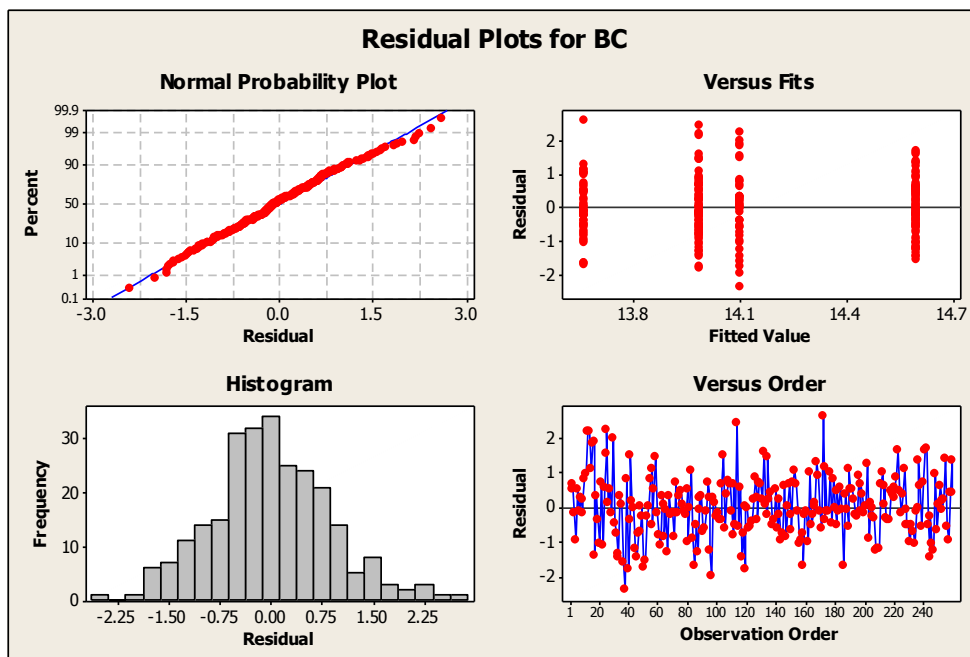
จากการเก็บข้อมูลสัดส่วนศีรุษะเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี ทั้งหญิงและชาย จากภาพที่ 4.10 พบว่า ระยะจากรูหูถึงหางตา(NJ),ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู(KJ),ระยะปลายคางถึงคอ(GM),ระยะความกว้างใบหู(JH)และ ความยาวใบหู(KL) ในเด็กหญิงและเด็กชายไม่แตกต่างกันมากนัก และ ยังมีแนวโน้มเติบโตตามอายุน้อยมาก

4.6 การทดสอบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนศีรุษะแต่ละช่วงอายุ

4.6.1 การทดสอบค่าคงเหลือ (Residual Analysis)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวมีข้อสมมติฐานว่าค่าสังเกตมีการแจกแจงต่อกัน อย่างเป็นอิสระต่อกันและเป็นปกติ ด้วยความแปรปรวนเท่ากันสำหรับแต่ละช่วงอายุ ข้อสมมติฐานเหล่านี้ควรตรวจสอบโดยใช้การวิเคราะห์ค่าคงเหลือ โดยการทดสอบข้อสมมติฐานความเป็นปกติของ

ค่าคงเหลือด้วยการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ (Normal Probability Plot) ในการตรวจสอบข้อสมมติฐานความแปรปรวนเท่ากันในแต่ละช่วงอายุโดยการพล็อตค่าคงเหลือกับระดับปัจจัยและเปรียบเทียบการกระจายของค่าคงเหลือ (Versus Fits) ข้อสมมติความเป็นอิสระกันสามารถตรวจสอบโดยพล็อตค่าคงเหลือกับเวลา (Versus Order) แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 4.11 และทุกสัดส่วนในภาคผนวก จ.



ภาพที่ 4.11 การวิเคราะห์ค่าคงเหลือ (Residual Plots)

จากภาพที่ 4.11 ยกตัวอย่างการทดสอบค่าคงเหลือของสัดส่วน BC ข้อสมมติฐานความเป็นปกติของค่าคงเหลือ (Normal Probability Plot) พบว่าข้อมูลมีการเรียงตัวของค่าคงเหลือเป็นเส้นตรงและไม่พบว่ามีค่าคงเหลือบางค่าที่มากกว่าค่าอื่นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลสัดส่วน BC มีการแจกแจงแบบปกติ การทดสอบข้อสมมติฐานความแปรปรวนเท่ากันแต่ละช่วงอายุจากการพล็อตค่าคงเหลือกับระดับปัจจัยและเปรียบเทียบการกระจายของค่าคงเหลือ (Versus Fits) พบว่าการกระจายตัวของส่วนคงเหลือไม่มีรูปแบบที่แน่นอนจึงสรุปได้ว่าข้อมูลสัดส่วน BC มีความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน การทดสอบข้อสมมติฐานความเป็นอิสระกันจากการพล็อตค่าคงเหลือกับเวลา (Versus Order) พบว่าค่าคงเหลือมีการกระจายตัวอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่าง มีลักษณะเป็นอิสระต่อกันและไม่มีรูปแบบที่แน่นอน จึงสรุปได้ว่าข้อมูลสัดส่วน BC มีการกระจายตัวอิสระ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากการวิเคราะห์สัดส่วนที่อื่น ๆ ดังภาพผนวก จ. พบว่าทุกสัดส่วนสามารถนำสมการถดถอยเชิงเส้นไปใช้ในการทำนายได้

จากการวิเคราะห์ค่าคงเหลือของสัดส่วน BC พบว่ามีความสอดคล้องกับสมมติฐาน กล่าวคือ ส่วนคงเหลือมีการกระจายตัวแบบปกติ มีการกระจายตัวเป็นอิสระและมีความแปรปรวนเท่ากันข้อมูลดังกล่าวจึงมีความถูกต้องน่าเชื่อถือ สามารถนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อได้

4.6.2 ทดสอบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนสี่ระยะแต่ละช่วงอายุ

ทดสอบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนสี่ระยะแต่ละช่วงอายุด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha=0.05$) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.4

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H_1 : μ อย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนสี่ระยะเด็กนักเรียนอายุ 3 ปี

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนสี่ระยะเด็กนักเรียนอายุ 4 ปี

μ_3 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนสี่ระยะเด็กนักเรียนอายุ 5 ปี

μ_4 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนสี่ระยะเด็กนักเรียนอายุ 6 ปี

ผลการทดสอบ

Accept: ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนสี่ระยะเด็กอายุนักเรียน 3, 4, 5 และ 6 ปี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Reject: ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 เมื่อ P-Value มีค่าน้อยกว่า α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนสี่ระยะเด็กนักเรียนอายุ 3, 4, 5 และ 6 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.4 ค่า P-Value จากการทดสอบแบบ One-Way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha=0.05$) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ

ลำดับที่	สัดส่วนร่างกาย	ตัวอักษรแทน	P-Value	ผลการทดสอบ
1	น้ำหนักร่างกาย	W	.000	ปฏิเสธ H_0
2	ความสูงขณะยืน	H	.000	ปฏิเสธ H_0
3	ความยาวเส้นรอบศีรษะ	CC	.000	ปฏิเสธ H_0
4	ระยะความกว้างศีรษะ	BC	.000	ปฏิเสธ H_0
5	ระยะจากแนวสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ	AD	.109	ยอมรับ H_0
6	ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา	AE	.021	ปฏิเสธ H_0
7	ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา	EG	.000	ปฏิเสธ H_0
8	ระยะจากริมฝีปากถึงปลายคาง	FG	.000	ปฏิเสธ H_0
9	ระยะการกางของใบหู	BH	.067	ยอมรับ H_0
10	ความยาวศีรษะ	DI	.000	ปฏิเสธ H_0
11	ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู	AJ	.662	ยอมรับ H_0
12	ระยะจากรูหูถึงหางตา	NJ	.000	ปฏิเสธ H_0
13	ระยะความกว้างใบหู	JH	.000	ปฏิเสธ H_0
14	ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู	KL	.000	ปฏิเสธ H_0
15	ความยาวใบหู	KJ	.002	ปฏิเสธ H_0
16	ระยะปลายคางถึงรูหู	GJ	.000	ปฏิเสธ H_0
17	ระยะปลายคางถึงคอ	GM	.216	ยอมรับ H_0

จากตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาสัดส่วนร่างกายคือ น้ำหนักร่างกาย (W) และ ส่วนสูงขณะยืน (H) ผลการทดสอบค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักและส่วนสูงเด็กนักเรียนอายุ 3, 4, 5 และ 6 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสอดคล้องกับพัฒนาการเจริญเติบโตของร่างกาย

จากนั้นพิจารณาสัดส่วนศีรษะพบว่า 11 จาก 15 สัดส่วนปฏิเสธ H_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนอายุ 3, 4, 5 และ 6 ปี ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญดังนั้น อายุอาจเป็นตัวแปรหนึ่งซึ่งสามารถทำนายค่าสัดส่วนศีรษะได้

จากสัดส่วนศีรษะทั้งหมดที่ทำการวัดค่า พบว่ามีสัดส่วนซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอยู่ 4 สัดส่วนคือ แนวสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ(AD), ระยะการกางของใบหู (BH), ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงใบหู(AJ) และระยะปลายคางถึงคอ(GM) แสดงว่าสัดส่วนเหล่านี้ชะลอการเจริญเติบโตตั้งแต่อายุก่อน 3 ขวบเป็นต้นมา

หลังจากทราบค่าทางสถิติและรูปแบบความสัมพันธ์ของสัดส่วนศีรษะทั้งหมดแล้ว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเด็กนักเรียนชายกับหญิงว่าสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงแตกต่างกันหรือไม่ หลังจากนั้นหาอัตราส่วนสัดส่วนศีรษะกับข้อมูลด้านความสูง, น้ำหนัก, และเส้นรอบศีรษะว่ามีขนาดเป็นเท่าใด ซึ่งถือเป็นการนำไปประยุกต์ใช้แบบง่ายเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นสร้างสมการหาขนาดสัดส่วนศีรษะที่เหมาะสมให้กับเด็กนักเรียนชายและหญิง เพื่อนำไปใช้ทำนายสัดส่วนศีรษะจากข้อมูลพื้นฐานที่สถานศึกษานิยมเก็บข้อมูลไว้คือ ส่วนสูงและน้ำหนักร่างกาย ซึ่งถ้าผลการทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนศีรษะไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าเราสามารถใช้อสมการในการทำนายสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนชายกับหญิงเป็นสมการเดียวกันได้โดยแบ่งหัวข้อในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- การเปรียบเทียบสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง
- การหาขนาดสัดส่วนศีรษะโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลพื้นฐานด้านความสูง, น้ำหนัก และ อายุในรูปแบบสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้น
- การหาขนาดสัดส่วนศีรษะโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลสัดส่วนศีรษะที่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ

4.7 ทดสอบขนาดสัดส่วนศีรษะของนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง

เปรียบเทียบขนาดสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงจำนวน 15 สัดส่วน โดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนต่างๆ ทั้งเด็กชายและเด็กหญิงมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการทดสอบแบบ 2 Sample ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha=0.05$) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.5

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนชาย

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนหญิง

ผลการทดสอบ

Accept: ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

Reject: ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 เมื่อ P-Value มีค่าน้อยกว่า α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.5 ค่า P-Value จากการทดสอบแบบ 2 Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha=0.05$) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ

ลำดับที่	สัดส่วนร่างกาย	ตัวอักษรแทน	P-Value			
			อายุ 3 ปี	อายุ 4 ปี	อายุ 5 ปี	อายุ 6 ปี
1	น้ำหนักร่างกาย	W	.351	.057	.699	.909
2	ความสูงขณะยืน	H	.904	.892	.179	.678
3	ความยาวเส้นรอบศีรษะ	CC	.227	.008	.713	.666
4	ระยะความกว้างศีรษะ	BC	.108	.005	.848	.820
5	ระยะจากแนวสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ	AD	.120	.457	.724	.365
6	ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา	AE	.069	.732	.847	.051
7	ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา	EG	.483	.100	.583	.983
8	ระยะจากริมฝีปากถึงปลายคาง	FG	.384	.073	.220	.662
9	ระยะการกางของโหนก	BH	.410	.123	.077	.559
10	ความยาวศีรษะ	DI	.299	.008	.704	.042
11	ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู	AJ	.631	.000	.492	.344
12	ระยะจากรูหูถึงหางตา	NJ	.483	.295	.093	.659
13	ระยะความกว้างโหนก	JH	.515	.055	.931	.855
14	ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของโหนก	KL	.228	.182	.662	.126
15	ความยาวโหนก	KJ	.195	.376	.792	.000
16	ระยะปลายคางถึงรูหู	GJ	.828	.833	.208	.870
17	ระยะปลายคางถึงคอ	GM	.024	.014	.937	.961

หมายเหตุ แบบอักษรหนา คือ มีค่า P-Value มากกว่า 0.05

จากตาราง 4.5 ค่า P-Value จากการทดสอบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนศีรษะทั้ง 15 สัดส่วน และ ส่วนสูง น้ำหนักแบบ 2 Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha=0.05$) ของเด็กนักเรียนชายและหญิง จะเห็นได้ว่า

แม้ว่าพิจารณาน้ำหนักและส่วนสูงทุกช่วงอายุเด็กชายและเด็กหญิงจากกราฟจะพบว่าเด็กชายดูเหมือนมีน้ำหนักมากกว่าเด็กหญิงในทุกช่วงอายุ และ ส่วนสูงมีขนาดใกล้เคียงกันถึงมากกว่าเล็กน้อยบางช่วงอายุก็ตาม แต่เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้วย 2 Sample T-Test พบว่าทั้งส่วนสูงและน้ำหนักเด็กชายและเด็กหญิงมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่าทุกช่วงอายุ เด็กชายและเด็กหญิงมีค่าเฉลี่ยส่วนสูงและน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ช่วงอายุ 3 ปีสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงมีสัดส่วนที่ผลการทดสอบได้ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยของขนาดสัดส่วนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 1 สัดส่วน คือระยะปลายคางถึงคอ(GM) สัดส่วนอื่นๆ ผลการทดสอบค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนมีค่าเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ช่วงอายุ 4 ปี สัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงมีสัดส่วนที่ผลการทดสอบได้ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยของขนาดสัดส่วนมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญ 5 สัดส่วน คือ เส้นรอบศีรษะ(CC), ความกว้างศีรษะ(BC), ความยาวศีรษะ(DI), ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู และ ระยะปลายคางถึงคิ้ว(GM) สัดส่วนอื่นๆ ผลการทดสอบพบว่าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนมีค่าเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ช่วงอายุ 5 ปี ผลการทดสอบพบว่าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 ทุกสัดส่วนแสดงว่าทุกสัดส่วนมีค่าเฉลี่ยเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ช่วงอายุ 6 ปี ผลการทดสอบพบว่า มี 2 สัดส่วนที่ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนของเด็กหญิงและชายมีค่าไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ความยาวศีรษะ(DI) และ ความยาวใบหู(KL) สัดส่วนอื่นๆนั้นผลการทดสอบได้ค่า P-Value มากกว่า 0.05 ทุกสัดส่วนซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนมีค่าเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาขนาดสัดส่วนร่างกายสำหรับเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงที่มีผลการทดสอบ 2 Sample t-test คือ ยอมรับ H_0 สามารถใช้รูปแบบสมการเดียวกันได้ แต่ถ้าผลการทดสอบ 2 Sample t-test คือ ปฏิเสธ H_0 ควรสร้างสมการคณิตศาสตร์สำหรับเด็กนักเรียนชายกับเด็กนักเรียนหญิงแยกออกจากกัน แต่เมื่อพิจารณารายละเอียดด้านการนำไปใช้เพื่อออกแบบหมวกนิรภัยซึ่งเด็กหญิงและชายใช้รูปแบบเดียวกัน ไม่ได้มีการแบ่งแยก เมื่อกลับไปพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความแตกต่างของข้อมูลมีไม่มาก และไม่ได้ส่งผลต่อการออกแบบหมวกนิรภัยจนถึงขั้นทำให้เกิดอันตรายในการทำงาน ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างสมการคณิตศาสตร์ในรูปแบบเดียวกันเพื่อใช้ทำนายสัดส่วนศีรษะเด็กชายและหญิงร่วมกัน

4.8 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

วิเคราะห์ด้วยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวที่มีความสัมพันธ์กันเป็นแบบเส้นตรงมีค่าระหว่าง $-1 \geq R \geq 1$ ดังตารางที่ 4.6

คำอธิบาย R มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 , S คือสหสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละสัดส่วน

		Pearson Correlations																
สัดส่วน	CC	W	Age	H	BC	AD	AE	EG	FG	BH	DI	AJ	NJ	JH	KL	KJ	GJ	GM
สัดส่วน		.513	.244	.359	.520	.223	.302	.450	.346	.177	.524	.360	.239	.331	.361	.229	.364	.176
W	.000		.501	.713	.571	.228	.283	.596	.510	.143	.363	.270	.298	.345	.512	.121	.586	.266
Age	.000	.000		.804	.394	.157	.218	.487	.355	.147	.290	.068	.287	.322	.392	.036	.543	.120
H	.000	.000	.000		.541	.208	.268	.644	.483	.192	.352	.170	.298	.410	.534	.107	.604	.119
BC	.000	.000	.000	.000		.296	.313	.513	.384	.312	.272	.419	.317	.390	.419	.149	.441	.079
AD	.000	.000	.006	.000	.000		.822	.039	-.166	.088	.314	.271	.075	.184	.174	.161	.234	-.224
AE	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.066	-.114	.029	.337	.303	.158	.242	.233	.237	.338	-.170
EG	.000	.000	.000	.000	.000	.268	.144		.703	.238	.401	.231	.242	.360	.478	.139	.489	.146
FG	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.034	.000		.219	.225	.186	.139	.310	.377	.079	.355	.189
BH	.002	.011	.009	.001	.000	.078	.323	.000	.000		.011	.163	-.057	.119	.178	.020	.095	-.022
DI	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.431	.000		.355	.344	.327	.407	.230	.432	.288
AJ	.000	.000	.139	.003	.000	.000	.000	.000	.001	.004	.000		.354	.210	.245	.260	.179	.176
NJ	.000	.000	.000	.000	.000	.113	.005	.000	.013	.180	.000	.000		.192	.261	.193	.570	.282
JH	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.028	.000	.000	.001		.727	.290	.496	.072
KL	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.000	.000	.000	.002	.000	.000	.000	.000		.346	.538	.170
KJ	.000	.025	.283	.042	.008	.005	.000	.013	.103	.373	.000	.000	.001	.000	.000		.333	.047
GJ	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.063	.000	.002	.000	.002	.000	.000	.000		.234
GM	.002	.000	.027	.028	.101	.000	.003	.009	.001	.363	.000	.002	.000	.123	.003	.227	.000	

หมายเหตุ : ตัวหนาแสดงความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

จากตารางที่ 4.6 น้ำหนัก(W) และส่วนสูง(H) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันเทียบกับอายุ(AGE) 0.501 และ 0.804 สอดคล้องกับพัฒนาการเด็กที่จะมีน้ำหนักและส่วนสูงเพิ่มขึ้นตามอายุ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างน้ำหนัก(W)และส่วนสูง(H) มีค่า 0.713 ซึ่งแสดงว่าส่วนสูงที่เพิ่มขึ้นมีผลอย่างมากต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

พิจารณาที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันมากกว่า 0.5 ซึ่งแสดงถึงระดับความสัมพันธ์สูงพบว่า

- สัดส่วนเส้นรอบศีรษะ(CC) มีความสัมพันธ์ตามน้ำหนัก(W), ความกว้างศีรษะ(BC) และ ความยาวศีรษะ(DI) แสดงว่าเมื่อเด็กมีน้ำหนักตัวมากขึ้นจะมีแนวโน้มมีเส้นรอบศีรษะมากขึ้นด้วย และแน่นอนว่าความกว้างศีรษะ(BC) และความยาวศีรษะ(DI) ย่อมมีผลต่อความยาวเส้นรอบศีรษะในทิศทางเดียวกันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่ใกล้เคียงกันคือ 0.520 และ 0.524 ตามลำดับ
- น้ำหนัก(W) มีความสัมพันธ์สูงในทิศทางเดียวกันกับความกว้างศีรษะ (BC), ความยาวจากระดับสายตาถึงปลายคาง(EG), สัดส่วนริมฝีปากถึงปลายคาง (FG), สัดส่วนความยาวใบหู(KL) และ สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงรูหู(GJ)
- ส่วนสูง(H) มีความสัมพันธ์สูงในทิศทางเดียวกันกับความกว้างศีรษะ (BC), ความยาวจากระดับสายตาถึงปลายคาง(EG), สัดส่วนริมฝีปากถึงปลายคาง (FG), สัดส่วนความยาวใบหู(KL) และ สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงรูหู(GJ)
- สัดส่วนความยาวจุดสูงสุดของศีรษะถึงระดับสายตา (AD) และ สัดส่วนความยาวจุดสูงสุดศีรษะถึงระดับความกว้างสุดของศีรษะ(AE) มีความสัมพันธ์สูงไปในแนวทางเดียวกันเพราะเป็นส่วนประกอบที่บ่งบอกความยาวของใบหน้าและศีรษะส่วนบน(นับจากระดับสายตาขึ้นไป)ทั้ง 2 สัดส่วน

- สัดส่วนความยาวจากระดับสายตาดึงปลายคาง (EG) และสัดส่วนริมฝีปากถึงปลายคาง (FG) มีความสัมพันธ์สูงในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนัก(W) และความสูง(H) และสัมพันธ์กันสูงที่ 0.703 แสดงให้เห็นว่า ความสูงและน้ำหนักมีผลต่อความยาวของใบหน้าส่วนล่าง(นับจากระดับสายตาลงมา)
- สัดส่วนความยาวใบหู(KL) มีความสัมพันธ์สูงไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนัก(W), ความสูง(H) และ ความกว้างของใบหู(JH) แสดงให้เห็นว่าขนาดของใบหูกว้างและยาวออกสอดคล้องกับความสูงและน้ำหนักของร่างกายที่เพิ่มขึ้น
- สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงรูหู(GJ) และสัดส่วนความยาวจากหางตาถึงรูหู(NJ) มีความสัมพันธ์กันสูงเนื่องจากทั้ง 2 สัดส่วนเป็นสัดส่วนที่บ่งบอกความกว้างของใบหน้า แต่สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงรูหู(GJ) เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์สูงไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนัก(W), ความสูง(H) และ สัดส่วนความยาวใบหู(KL)

4.9 การพยากรณ์ขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น

4.9.1 สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรพื้นฐานและสัดส่วนศีรษะ

ในการพยากรณ์ขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นจะใช้ตัวแปรพื้นฐานของเด็กคือน้ำหนัก(W), ส่วนสูง(H) และอายุ(AGE) ร่วมกับสัดส่วนหลักในการออกแบบหมวกนิรภัยคือสัดส่วนเส้นรอบศีรษะ(CC), ความกว้างศีรษะ(BC) และความยาวศีรษะ(DI) เป็นตัวแปรต้นและใช้วิธี Stepwise ในการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรพื้นฐานและสัดส่วนศีรษะ

ลำดับ	สัดส่วน	ตัวแปรต้น	สมการถดถอย Linear Regression	P-Value	ค่า R ² Adjusted	ค่าความคลาด เคลื่อน
1	AD	DI BC	$AD = 0.053 + 0.289DI + 0.236BC$	0.000	0.14	0.908
2	AE	DI BC	$AE = 2.7 + 0.341DI + 0.273BC$	0.000	0.16	0.982
3	EG	H CC W DI BC	$EG = 1.418 + 0.025H + 0.038CC + 0.017W + 0.086DI + 0.085BC$	0.000	0.491	0.430
4	FG	W H	$FG = 0.721 + 0.025W + 0.01H$	0.000	0.284	0.338
5	BH	BC	$BH = 0.247 + 0.119BC$	0.000	0.094	0.343
6	AJ	BC DI Age	$AJ = 3.992 + 0.334BC + 0.226DI - 0.116Age$	0.000	0.256	0.663

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) สมการถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรพื้นฐานและสัดส่วนศีรษะ

ลำดับ	สัดส่วน	ตัวแปรต้น	สมการถดถอย Linear Regression	P-Value	ค่า R ² Adjusted	ค่าความคลาด เคลื่อน
7	NJ	DI BC Age	$NJ = 2.944 + 0.116DI + 0.082BC + 0.045Age$	0.000	0.178	0.357
8	JH	H BC DI	$JH = -0.333 + 0.008H + 0.74BC + 0.071DI$	0.000	0.23	0.283
9	KJ	DI CC	$KJ = 0.039 + 0.056DI + 0.029CC$	0.000	0.062	0.308
10	KL	H DI W	$KL = 1.081 + 0.014H + 0.118DI + 0.018W$	0.000	0.355	0.365
11	GJ	DI W Age	$GJ = 2.867 + 0.231DI + 0.62W + 0.233Age$	0.000	0.459	0.676
12	GM	DI W H	$GM = 2.047 + 0.154DI + 0.32W - 0.011H$	0.000	0.12	0.512

จากตารางที่ 4.7 การทำนายสัดส่วนศีรษะทั้ง 15 สัดส่วนจากสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ผลลัพธ์ที่ได้จากการเลือกใช้ข้อมูลพื้นฐานคือ น้ำหนัก(W), ส่วนสูง(H), อายุ(AGE) ร่วมกับสัดส่วนหลักในการออกแบบหมวกนิรภัยคือสัดส่วนเส้นรอบศีรษะ(CC) ความกว้างศีรษะ (BC) และความยาวศีรษะ (DI) เป็นตัวแปรต้นในการสร้างสมการให้ค่า P Value <0.05 แสดงว่าตัวแปรต้นสามารถพยากรณ์สัดส่วนซึ่งเป็นตัวแปรตามได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ยกตัวอย่างการแปรผลสัดส่วน AD ด้วยวิธี Stepwise ตัวแปรที่ดีที่สุดในการทำนาย AD โดยเลือกจากตัวแปรทั้งหมด W, H, AGE, CC, BC และ DI คือ BC และ DI ด้วยสมการ

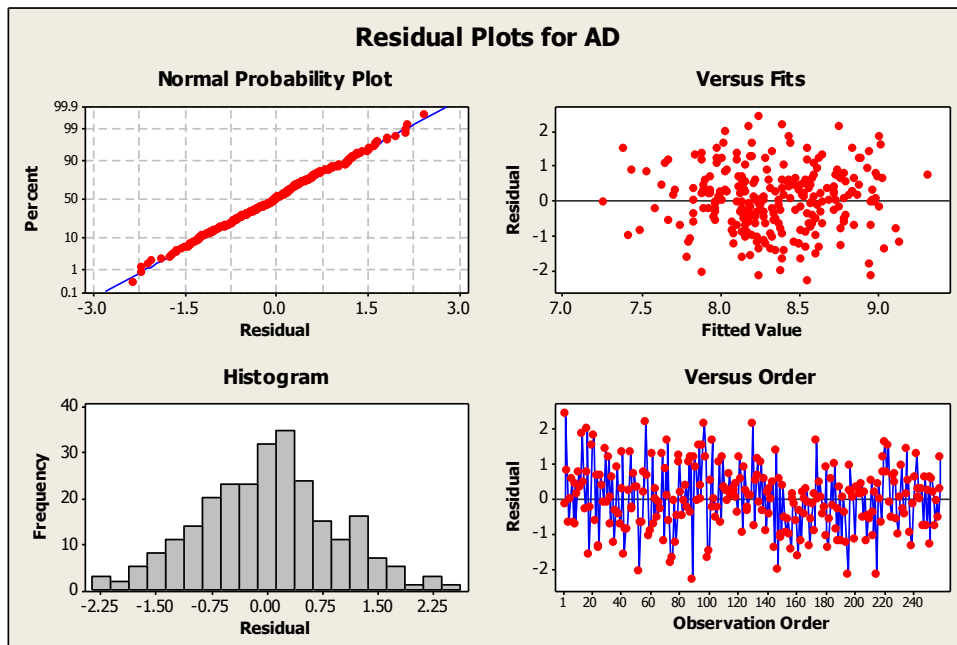
$$AD = 0.053 + 0.289DI + 0.236BC$$

จากค่า R² Adjust มีค่า 0.14 แสดงว่าสมการนี้มีความสามารถในการพยากรณ์ AD ได้ 14.0% และ หากใช้สมการนี้ในการพยากรณ์จะมีค่าคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง 0.908 เซนติเมตร

4.9.2 การตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น

ก่อนนำสมการไปใช้ในการทำนายจะต้องมีการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน(Residual) ว่าเป็นไปตามสมมติฐาน กล่าวคือ ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงเป็นปกติ ความแปรปรวนของค่า

ความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากัน ไม่มีค่าผิดปกติ และมีความอิสระต่อกัน ยกตัวอย่างสัดส่วน AD ดังภาพที่ 4.12 และสัดส่วนอื่นๆ ดังภาคผนวก ข.



ภาพที่ 4.12 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อน

จากภาพที่ 4.11 ยกตัวอย่างการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นของสัดส่วน AD ข้อสมมติฐานความเป็นปกติของค่าความคลาดเคลื่อน(Normal Probability Plot) พบว่าข้อมูลมีการเรียงตัวของค่าคงเหลือเป็นเส้นตรงและไม่พบว่ามีค่าคงเหลือบางค่าที่มากกว่าค่าอื่นจึงสรุปได้ว่าข้อมูลความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์สัดส่วน AD มีการแจกแจงแบบปกติ การทดสอบข้อสมมติฐานความแปรปรวนเท่ากันจากการพล็อตค่าความคลาดเคลื่อนกับระดับปัจจัยและเปรียบเทียบการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน(Versus Fits) พบว่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีรูปแบบที่แน่นอนจึงสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ข้อมูลสัดส่วน BC มีความแปรปรวนเท่ากัน การทดสอบข้อสมมติฐานความเป็นอิสระกันจากการพล็อตค่าความคลาดเคลื่อนกับเวลา(Versus Order) พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายตัวอยู่ทั้งด้านบวกและด้านลบ มีลักษณะเป็นอิสระต่อกันและไม่มีรูปแบบที่แน่นอน จึงสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ข้อมูลสัดส่วน AD มีการกระจายตัวอิสระ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากการทดสอบความถูกต้องของสมการถดถอยเชิงเส้นที่ใช้ในการพยากรณ์ขนาดสัดส่วนศีรษะ พบว่ามีความสอดคล้องกับสมมติฐานสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้ จากการศึกษาในสัดส่วนอื่นๆ ดังแสดงในภาคผนวก ฉ. พบว่าทุกสัดส่วนสามารถนำสมการไปใช้ในการพยากรณ์ได้

ทั้งนี้ในการนำสมการไปใช้งานควรพิจารณาค่า R^2 Adjust และความคลาดเคลื่อนต่อข้อมูลที่
ต้องการนำไปประยุกต์ใช้

เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานจริงเนื่องจากตัวแปรความกว้างศีรษะ (BC) และ ความยาว
ศีรษะ(DI) เป็นตัวแปรที่ไม่ได้ทำการวัดโดยทั่วไป จึงทดลองพิจารณาสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปร
พื้นฐานเท่านั้นคือ ส่วนสูง(H), น้ำหนัก(W), อายุ(AGE) และ ความยาวเส้นรอบศีรษะ(CC) ได้ผลดัง
ตาราง 4.8

ตาราง 4.8 สมการถดถอยเชิงเส้นจากตัวแปรพื้นฐาน W, H, AGE และ CC

ลำดับ	สัดส่วน	ตัวแปรต้น	สมการถดถอย Linear Regression	P-Value	ค่า R^2 Adjusted	ค่าความคลาด เคลื่อน
1	AD	W CC	$AD = 3.343 + 0.028W + 0.086CC$	.000	.060	.950
2	AE	CC H	$AE = 2.223 + 0.155CC + 0.021H$	.000	.114	1.009
3	EG	H CC W	$EG = 1.773 + 0.028H + 0.074CC + 0.008W$	.000	.477	.436
4	FG	W H	$FG = 0.721 + 0.025W + 0.010H$	.000	.284	.338
5	BH	H	$BH = 1.122 + 0.007H$	.000	.033	.354
6	AJ	CC	$AJ = 4.110 + 0.169CC$	.000	.126	.718
7	NJ	W Age	$NJ = 5.696 + 0.017W + 0.053Age$	.000	.099	.373
8	JH	H CC	$JH = -0.583 + 0.011H + 0.042CC$	.000	.200	.289
9	KJ	CC	$KJ = 0.220 + 0.045CC$	.000	.049	.310
10	KL	H W CC	$KL = 0.990 + 0.016H + 0.017W + 0.38CC$	.000	.326	.373
11	GJ	H W Age	$GJ = 5.057 + 0.020H + 0.059W + 0.156Age$	.000	.421	.700
12	GM	W	$GM = 3.580 + 0.027W$	.000	.067	.527

สำหรับสัดส่วนความกว้างศีรษะ (BC) และ สัดส่วนความยาวศีรษะ(DI) เมื่อใช้ตัวแปรพื้นฐาน W, H, AGE และ CC เป็นตัวแปรต้นในการพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นได้ผลดังตารางที่ 4.9 ตารางที่ 4.9 สมการถดถอยเชิงเส้นจากตัวแปรพื้นฐานสำหรับสัดส่วน BC และ DI

ลำดับ	สัดส่วน	ตัวแปรต้น	สมการถดถอย Linear Regression	P-Value	ค่า R ² Adjusted	ค่าความคลาด เคลื่อน
1	BC	W CC H	$BC = 1.172 + 0.038W + 0.178CC + 0.027H$	.000	0.427	.712
2	DI	CC Age	$DI = 3.778 + 0.25CC + 0.142Age$	.000	0.302	.715

จากตารางที่ 4.9 ความกว้างศีรษะ (BC) สามารถทำนายได้ด้วยตัวแปร น้ำหนัก(W), ส่วนสูง (H) และ ขนาดเส้นรอบศีรษะ(CC) ด้วยความสามารถในการพยากรณ์ 42.7% ความคลาดเคลื่อน 0.712 เซนติเมตร

ความยาวศีรษะ (DI) สามารถทำนายได้ด้วยขนาดเส้นรอบศีรษะ(CC) และ อายุ(AGE) ด้วยความสามารถในการพยากรณ์ 30.2% ความคลาดเคลื่อน 0.715 เซนติเมตร

การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้สมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายค่าสัดส่วนศีรษะแสดงดังภาพผนวก ข. พบว่าทุกสัดส่วนสามารถนำสมการไปใช้ในการทำนายต่อได้

จากการทดลองตัดตัวแปร 2 ตำแหน่งมาพิจารณาเปรียบเทียบความสามารถในการพยากรณ์ (R² Adjust) จากทั้ง 2 วิธีการได้ผลดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 การเปรียบเทียบความสามารถในการพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นจาก 2 วิธีการ

ลำดับ	สัดส่วน	วิธีที่1 สมการจากตัวแปร W, H, AGE, CC, BC, DI		วิธีที่2 สมการจากตัวแปร W, H, AGE, CC	
		ตัวแปรต้น	ค่า R ² Adjusted	ตัวแปรต้น	ค่า R ² Adjusted
		1	AD	DI BC	0.143	W CC	0.060
2	AE	DI BC	0.165	CC H	0.114

ตาราง 4.10 (ต่อ)การเปรียบเทียบความสามารถในการพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นจาก 2
วิธีการ

ลำดับ	สัดส่วน	วิธีที่1		วิธีที่2	
		สมการจากตัวแปร W, H, AGE, CC, BC, DI		สมการจากตัวแปร W, H, AGE, CC	
		ตัวแปรต้น	ค่า R ² Adjusted	ตัวแปรต้น	ค่า R ² Adjusted
3	EG	H CC W DI BC	0.491	H CC W	0.477
4	FG	W H	0.284	W H	0.284
5	BH	BC	0.094	H	0.033
6	AJ	BC DI Age	0.256	CC	0.126
7	NJ	DI BC Age	0.178	W Age	0.099
8	JH	H BC DI	0.23	H CC	0.200
9	KJ	DI CC	0.062	CC	0.049
10	KL	H DI W	0.355	H W CC	0.326
11	GJ	DI W Age	0.459	H W Age	0.421
12	GM	DI W H	0.12	W	0.067

จากตารางที่ 4.10 ในภาพรวมสัดส่วนความกว้างศีรษะ(BC) และ ความยาวศีรษะ(DI) เป็นตัวแปรร่วมในการพยากรณ์ที่ให้ความสามารถในการพยากรณ์มากกว่า ยกตัวอย่างเช่นสัดส่วน EG เมื่อใช้เพียงตัวแปรพื้นฐานในการคำนวณทำให้ความสามารถในการพยากรณ์ (R^2 Adjust) ลดลง 1.43% โดยทั้งสองวิธีจำเป็นต้องใช้ตัวแปรพื้นฐานในการพยากรณ์แสดงว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง EG เป็นตัวแปรพื้นฐานมากกว่าสัดส่วน BC และ DI

แต่เมื่อดูที่สัดส่วน AD ตัวแปรสัดส่วนกว้างสุดของศีรษะ (BC) และสัดส่วนยาวสุดของศีรษะ (DI) เป็นปัจจัยหลักในการพยากรณ์ได้ดีกว่าเพราะความสามารถในการพยากรณ์มากกว่าการใช้ตัวแปรพื้นฐานถึง 8.03%

สัดส่วนกว้างสุดของศีรษะ (BC) และสัดส่วนยาวสุดของศีรษะ (DI) ไม่มีผลต่อความสามารถของการพยากรณ์คือสัดส่วน FG เนื่องจากตัวแปรสัดส่วนกว้างสุดของศีรษะ (BC) และสัดส่วนยาวสุดของศีรษะ (DI) ไม่ถูกเลือกมาใช้ตั้งแต่วิธีการที่1 เพราะตัวแปรพื้นฐานสามารถพยากรณ์ได้ดีกว่า

เพื่อการออกแบบหมวกนิรภัยควรเลือกสมการที่ให้สัมประสิทธิ์การตัดสินใจมากกว่า 0.8 ในส่วนที่ไม่สามารถยืดหยุ่นได้และมีความสำคัญสำหรับความปลอดภัยคือ สัดส่วนเส้นรอบศีรษะ(CC), สัดส่วนกว้างสุดของศีรษะ (BC), สัดส่วนยาวสุดของศีรษะ (DI), สัดส่วนความยาวจุดสูงสุดของศีรษะถึงระดับสายตา (AD), สัดส่วนความยาวจุดสูงสุดศีรษะถึงระดับความกว้างสุดของศีรษะ(AE) ไม่แนะนำให้ใช้สมการถดถอยเชิงเส้นในการพยากรณ์

4.11 ข้อมูลสัดส่วนศีรษะเด็กอายุ 3-6 ปีเพื่อการออกแบบ

เนื่องจากค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนแต่ละช่วงอายุ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนศีรษะกับเพศนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นเพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบเครื่องเรือนหรืออุปกรณ์ของเล่นต่างๆ สำหรับเด็กเล็กจึงทำการข้อมูลขนาดสัดส่วนศีรษะแยกแยกตามอายุดังตาราง 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5,95 ของสัดส่วนศีรษะเด็กอายุ 3-6 ปี

สัดส่วนศีรษะ	อายุ 3 ปี			อายุ 4 ปี			อายุ 5 ปี			อายุ 6 ปี		
	Mean	SD	P5/P95	Mean	SD	P5/P95	Mean	SD	P5/P95	Mean	SD	P5/P95
CC	49.78	1.72	46.9/52.10	50.81	1.41	48.50/53.00	50.93	1.82	48.10/53.90	50.81	1.48	48.65/53.21
BC	13.66	0.83	12.40/14.78	13.98	0.87	12.66/15.46	14.13	1.10	12.34/16.7	14.43	0.84	13.31/15.95
DI	16.71	0.95	15.32/18.53	17.04	0.73	15.94/18.28	17.13	0.92	15.71/19.19	17.50	0.91	16.06/18.68
AJ	12.60	0.70	11.67/13.673	12.67	0.78	11.43/13.88	12.77	0.91	11.42/14.17	12.61	0.86	11.36/14.19
AD	8.08	0.91	6.75/9.66	8.37	1.10	6.64/10.20	8.32	0.95	6.65/9.72	8.43	0.91	7.06/9.97
KJ	2.41	0.32	1.92/2.19	2.50	0.37	1.97/3.23	2.62	0.31	2.09/3.08	2.39	0.26	2.02/2.88
BH	1.88	0.31	1.48/2.44	1.91	0.33	1.41/2.48	1.93	0.43	1.41/2.84	1.91	0.38	1.40/2.54
JH	2.69	0.32	2.19/3.20	2.71	0.31	2.23/3.19	2.86	0.32	2.44/3.32	2.89	0.29	2.38/3.28
KL	4.93	0.44	4.37/5.60	4.99	0.36	4.49/5.60	5.22	0.55	4.40/6.13	5.35	0.39	4.77/5.90
NJ	6.21	0.44	5.38/6.83	6.19	0.41	5.50/6.73	6.30	0.39	5.69/6.99	6.45	0.45	5.78/6.92
AE	12.10	1.11	10.27/13.96	12.33	1.04	10.52/13.89	12.57	0.96	11.08/13.83	12.52	1.13	10.94/13.92
EG	8.72	0.47	8.05/9.55	8.96	0.52	8.23/9.82	9.14	0.81	7.90/10.63	9.51	0.46	8.85/10.29
GM	4.06	0.61	3.01/4.99	4.16	0.51	3.43/4.98	4.17	0.65	3.315.44	4.30	0.48	3.69/5.14
GF	2.26	0.42	1.74/3.04	2.31	0.35	1.72/2.85	2.51	0.42	1.81/3.22	2.66	0.36	2.16/3.27
JG	8.74	0.92	7.17/10.01	9.06	0.80	7.74/10.36	9.52	0.82	8.31/11.19	9.99	0.79	8.71/11.24

บทที่ 5

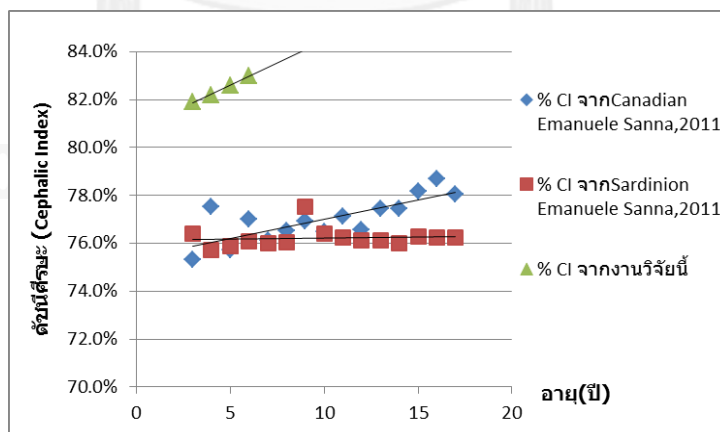
วิจารณ์ผลการวิจัย

จากข้อมูลสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนปฐมวัยในงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นได้ผลดังต่อไปนี้

5.1 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนศีรษะของเด็กนักเรียนชายของงานวิจัยนี้กับผลงานของ Emanuele Sanna (2011)

Emanuele Sanna (2011) ได้ทำการวัดสัดส่วนศีรษะ 2 สัดส่วน ซึ่งตรงกับงานวิจัยนี้คือ สัดส่วนกว้างสุดของศีรษะ (BC) และสัดส่วนยาวสุดของศีรษะ (DI) โดยเป็นการเปรียบเทียบขนาดทั้งสองสัดส่วนนี้จากเด็ก 2 พื้นที่ระหว่างชาติเนียร์กับแคนาดา เมื่อเปรียบเทียบกับการวัดจากเด็กไทยในจังหวัดชลบุรีทั้งหญิงและชายในงานวิจัยนี้ ผลปรากฏว่าความกว้างศีรษะเด็กไทยในจังหวัดชลบุรีทั้งหญิงและชายในงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่าค่าความกว้างศีรษะในงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความยาวศีรษะพบว่าเด็กไทยในจังหวัดชลบุรีทั้งหญิงและชายในงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่าทั้งสองประเทศจากงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) แสดงว่ารูปร่างศีรษะของเด็กไทยจากงานวิจัยนี้มีรูปร่างเป็นรูปหัวที่สั้น อ้วนกว่ารูปศีรษะของเด็กในทวีปอเมริกาเหนือและยุโรปในงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) เมื่อคำนวณดัชนีศีรษะ(Cephalic Index) โดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยความกว้างสุดของศีรษะ(BC) และค่าเฉลี่ยความยาวสุดของศีรษะ(DI) แต่ละช่วงอายุ ของทั้งสองงานวิจัยจากสูตร ดัชนีศีรษะ = $\frac{\text{ความกว้างสุดศีรษะ (ค่าเฉลี่ยสัดส่วนศีรษะ BC)}}{\text{ความยาวสุดศีรษะ (ค่าเฉลี่ยความยาวศีรษะ DI)}}$ มาพล็อต

กราฟแสดงดังภาพที่ 5.1



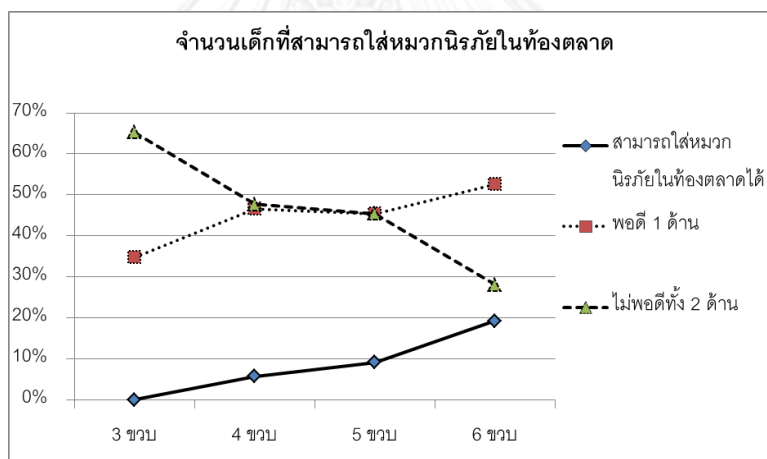
ภาพที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบ % CI จากงานวิจัยนี้กับผลงานของ Emanuele Sanna (2011)

จากภาพที่ 5.1แสดงผลการเปรียบเทียบ % CI จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในเด็กจากแคนาดาและอิตาลี พบว่า เด็กไทยจากกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ มีรูปร่างศีรษะที่อ้วนสั้นกว่า สัดส่วนที่

แตกต่างกันนี้ทำให้ บ่งชี้ว่าถ้าเด็กไทยนำหมวกนิรภัยจากต่างประเทศมาสวมใส่อาจเกิดช่องว่างขึ้นที่ท้ายหมวกมากเกิน 1 ซม. ซึ่งทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยกับเด็กที่สวมใส่ ในกรณีที่หมวกนิรภัยนั้นถูกออกแบบมาเพื่อให้รองรับสัดส่วนศีรษะเด็กในแคนาดาและอิตาลีได้พอดี เพราะความแตกต่างประมาณ 6% นี้ทำให้เกิดความต่างทางด้านขนาดอยู่ถึง 1 – 1.5 ซม.

5.2 เปรียบเทียบขนาดของหมวกนิรภัยในท้องตลาด เทียบกับขนาดสัดส่วนศีรษะจากงานวิจัยนี้

จากการวัดขนาดศีรษะของเด็กนักเรียนซึ่งอายุ 3 – 6 ปีในงานวิจัยนี้ นำมาเปรียบเทียบกับขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาด โดยนับจำนวนเด็กที่สามารถสวมใส่หมวกนิรภัยที่มีจำหน่ายในท้องตลาดได้พอดีคือมีขนาดความกว้างและความยาวของหมวกนิรภัยขนาดที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน (ตารางที่ 1.1) กับความกว้างศีรษะ(BC) และความยาวศีรษะ(DI) จากงานวิจัยนี้ ไม่เกิน 1 เซนติเมตร โดยเด็กบางคนอาจมีความพอดีระหว่างขนาดหมวกนิรภัยที่มีจำหน่ายในปัจจุบันกับขนาดสัดส่วนศีรษะเพียง 1 ด้าน ได้ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของเด็กนักเรียนอายุ 3- 6 ปีที่สามารถใส่หมวกนิรภัยในท้องตลาดได้

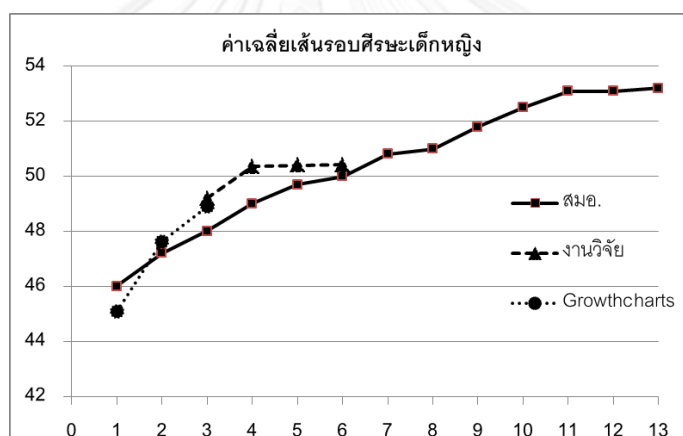
จากภาพที่ 5.2 จะเห็นว่าเด็ก 3 ขวบทั้งหมด 54 คน ไม่มีใครสวมหมวกนิรภัยที่มีจำหน่ายในปัจจุบันได้อย่างปลอดภัยเพราะขนาดศีรษะเล็กเกินไปทั้ง 2 ด้าน 38 คน จาก 54 คน คิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ และอีก 30 เปอร์เซ็นต์สามารถสวมใส่ได้พอดีเพียง 1 ด้าน เมื่อศีรษะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุ ในเด็กอายุ 4 ขวบมีเด็กสามารถสวมใส่ได้อย่างปลอดภัยมากขึ้นที่ 5 คนจาก 85 คน คิดเป็น 6 เปอร์เซ็นต์, ในเด็กอายุ 5 ขวบสวมได้พอดี 4 คน จาก 49 คน คิดเป็น 9 เปอร์เซ็นต์ และในเด็ก 6 ขวบสวมใส่ได้พอดี 14 คน จาก 70 คน คิดเป็น 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

แนวโน้มของขนาดศีรษะเด็กที่พอดีกับหมวกนิรภัยในท้องตลาดเพียง 1 สัดส่วน บอกถึงรูปทรงศีรษะที่พอดีกับหมวกนิรภัยจากข้อมูลส่วนใหญ่เกิดช่องว่างทางขมับซ้ายและขวาเกิน 1

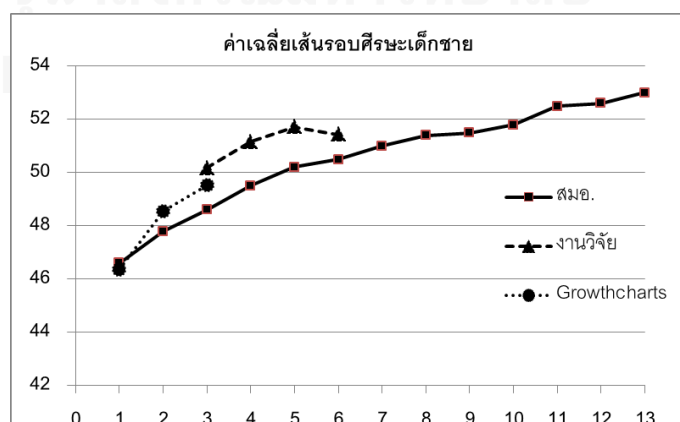
เซนติเมตร ซึ่งจากภาพแนวโน้มแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ ที่รูปทรงศีรษะไม่พอดีกับหมวกนิรภัยนั้นมีแนวโน้มมากขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีจำนวน 15 คน จาก 54 คน คิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์ ในเด็กอายุ 3 ขวบ, 41 คน จาก 85 คน คิดเป็น 48 เปอร์เซ็นต์ในเด็กอายุ 4 ขวบ , 17 คนจาก 45 คน คิดเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ ในเด็ก 5 ขวบ และ 38 คน ในเด็ก 70 คน คิดเป็น 53 เปอร์เซ็นต์ ในเด็กอายุ 6 ขวบ ตามลำดับ

5.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นรอบศีรษะกับข้อมูลจาก สมอ.

ค่าเฉลี่ยเส้นรอบศีรษะจากงานวิจัยนี้ เปรียบเทียบกับการเก็บข้อมูลของสมอ. ตั้งแต่ปี 2544 ซึ่งมีข้อมูลขนาดเส้นรอบศีรษะของเด็กอายุ 1 ถึง 13 ปี และ ข้อมูลจากแผนภูมิการเจริญเติบโต ของเด็กแรกเกิดจนถึง อายุ 3 ปี ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50ของเด็กหญิงและเด็กชาย แสดงดังภาพที่ 5.3 และ 5.4



ภาพที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบขนาดเส้นรอบศีรษะเด็กหญิงเฉลี่ยจากงานวิจัยนี้กับข้อมูลของ สมอ. และจาก Growth chart



ภาพที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบขนาดเส้นรอบศีรษะเด็กชายเฉลี่ยจากงานวิจัยนี้กับข้อมูลของ สมอ. และจาก Growth chart

จากการเปรียบเทียบขนาดเส้นรอบศีรษะของเด็กชายและหญิงจากงานวิจัยนี้เทียบกับ Growth chart และข้อมูลของสมอ.ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2544 พบว่าขนาดเส้นรอบศีรษะเด็กในปัจจุบันปี พ.ศ. 2556 มีขนาดโตกว่า อาจเป็นผลมาจากโภชนาการเด็กในปัจจุบันทำให้เด็กมีการเจริญเติบโตทางขนาดสัดส่วนร่างกายมากกว่าเด็กเมื่อ 10 ปีก่อนสอดคล้องกับงานวิจัยของสุตาวรรณ (2554) ซึ่งทำการเปรียบเทียบสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนประถมศึกษา กับข้อมูลของ สมอ. สรุปว่าขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กในปัจจุบันมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับขนาดของสมอ. ซึ่งทำการเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2543-2544 ดังนั้น ขนาดศีรษะจึงมีแนวโน้มใหญ่ขึ้นเช่นเดียวกัน

5.4 ข้อมูลสัดส่วนศีรษะสำหรับการออกแบบหมวกนิรภัย

เพื่อลดความรุนแรงจากอุบัติเหตุจากการโดยสารรถจักรยานยนต์ในเด็กเล็ก หมวกนิรภัยควรปรับปรุงขนาดและรูปทรงให้พอดีกับศีรษะเด็ก ดังนั้นจากการเก็บข้อมูลตัวอย่างเด็กอายุ 3 – 6 ปี จากจังหวัดชลบุรีทั้งหมด 260 ตัวอย่างสามารถสรุปข้อมูลเพื่อการออกแบบหมวกนิรภัยสำหรับเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี ควรมี 3 ขนาดแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลเพื่อออกแบบหมวกนิรภัยสำหรับเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี

ส่วนประกอบของหมวกนิรภัย	สัดส่วนศีรษะ	ขนาด (ซม.)		
		ขนาด 1	ขนาด 2	ขนาด 3
ขนาดเปลือกนอก ขนาดรองใน ขนาดเบาะหุ้มภายใน	CC	45	48	51
	BC	13.0	14.0	15.0
	DI	16.0	17.0	18.0
	AJ	12.7		
	AD	10.2		
	KJ	3.2		
	BH	2.8		
	JH	3.3		
	KL	6.1		
ตำแหน่งและขนาดช่องมอง	NJ	6.3		
	AE	12.4		
	EG	8.05 - 10.63		
สายรัดคาง ส่วนป้องกันคาง	GM	3.0		
	FG	1.7		
	GJ	7.0 - 12.0		

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ของศีรษะกับข้อมูลพื้นฐานที่โรงเรียนมี คือ ข้อมูลน้ำหนักและส่วนสูง ว่าแต่ละสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและส่วนสูงอย่างไร เพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบหมวกนิรภัยให้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนศีรษะของเด็กเล็กตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งการออกแบบจำเป็นต้องรู้ขนาดสัดส่วนศีรษะของผู้ใช้ โดยการหาข้อมูลดังกล่าวสามารถหาได้จากการวัดขนาดด้วยภาพถ่ายจากกลุ่มประชากรตัวอย่างในโรงเรียน

6.1 การวิจัยขนาดสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง

งานวิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลสัดส่วนศีรษะเด็กนักเรียนชั้นปฐมวัยในทำนอง 2 มุม คือ หน้าตรง และด้านข้างซ้าย จำนวน 15 ตำแหน่ง แบ่งเป็นเด็กนักเรียนชาย 129 คน และ เด็กนักเรียนหญิง 130 คน รวมทั้งสิ้น 259 คน โดยใช้วิธีเก็บข้อมูล 2 วิธี ได้แก่ การใช้เครื่องมือวัดตรงสำหรับ น้ำหนักส่วนสูง และ เส้นรอบศีรษะ และการใช้ภาพถ่ายดิจิทัลในสัดส่วนที่เหลือ ผลการเก็บข้อมูลพบว่า

ข้อมูลสัดส่วนศีรษะทุกสัดส่วนที่ศึกษามีการกระจายตัวแบบปกติ โดยค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนศีรษะของเด็กชายและหญิงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนศีรษะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6.2 สมการที่ใช้พยากรณ์ขนาดสัดส่วนศีรษะ

สมการถดถอยเชิงเส้นซึ่งใช้ตัวแปรต้นคือ น้ำหนัก(W), ส่วนสูง(H), อายุ(AGE), สัดส่วนเส้นรอบศีรษะ(CC) ความกว้างศีรษะ(BC) และ ความยาวศีรษะ (DI) ที่ใช้พยากรณ์ขนาดสัดส่วนศีรษะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในช่วง 0.09 – 0.49 เปรียบเทียบกับการพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรพื้นฐานคือ น้ำหนัก(W), ส่วนสูง(H), อายุ(AGE), สัดส่วนเส้นรอบศีรษะ(CC) ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในช่วง 0.03 – 0.47

สัดส่วนความยาวสูงสุดศีรษะถึงระดับสายตา(AD) และสัดส่วนระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู(AU) ควรใช้สมการถดถอยเชิงเส้นซึ่งใช้ตัวแปรต้นคือ น้ำหนัก(W), ส่วนสูง(H), อายุ(AGE), สัดส่วนเส้นรอบศีรษะ(CC) ความกว้างศีรษะ(BC) และ ความยาวศีรษะ (DI) ในการทำนายเนื่องจากให้สัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ดีกว่าเกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ในสัดส่วนศีรษะอื่นๆ ควรใช้สมการถดถอยเชิงเส้นซึ่งใช้เพียงตัวแปรพื้นฐานเนื่องจากสามารถทำได้ง่ายกว่า

การพิจารณานำสมการไปใช้ในการพยากรณ์ควรพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์เสมอ หรือพิจารณาใช้รูปแบบความสัมพันธ์อื่นๆในการพยากรณ์

6.3 ผลการเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัดส่วนความกว้างศีรษะ(BC) และความยาวศีรษะ(DI) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงกับผลงานของ Emanuele Sanna (2011) ซึ่งเป็นสัดส่วนศีรษะของเด็กหญิงและชายจากแคนาดาและชาติเดียร์ พบว่า

สัดส่วนความกว้างศีรษะ(BC) ขนาดศีรษะเด็กจากงานวิจัยนี้มีขนาดมากกว่าเด็กจากงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) ทั้งแคนาดาและชาติเดียร์ อย่างเห็นได้ชัดทั้งเด็กหญิง และเด็กชาย

สัดส่วนความยาวศีรษะ(DI) ขนาดศีรษะเด็กจากงานวิจัยนี้มีขนาดเล็กกว่าเด็กจากงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) ทั้งแคนาดาและชาติเดียร์ อย่างเห็นได้ชัดทั้งเด็กหญิงและเด็กชาย ทั้งสองสัดส่วนแสดงให้เห็นว่ารูปทรงศีรษะเด็กจากงานวิจัยนี้มีรูปทรงอ้วนสั้นกว่าเด็กจากงานวิจัยของ Emanuele Sanna (2011) ทั้งแคนาดาและชาติเดียร์

ดังนั้นถ้าเด็กไทยนำหมวกนิรภัยจากต่างประเทศมาสวมใส่อาจเกิดช่องว่างขึ้นที่ท้ายทอยมากเกินไป 1 ซม. ซึ่งทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยกับเด็กที่สวมใส่

6.4 การเปรียบเทียบขนาดศีรษะของเด็กชายและหญิงของงานวิจัยนี้กับขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาด

ขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาดมีขนาดใหญ่เกินขนาดศีรษะเด็กหญิงและเด็กชายอายุ 3 - 6 ปี โดยเมื่อเด็กมีอายุมากขึ้นจะมีพัฒนาการทางขนาดศีรษะจนสามารถสวมใส่ได้อย่างปลอดภัยแต่เป็นส่วนน้อยเท่านั้น ในงานวิจัยนี้มีเด็กที่สามารถสวมใส่หมวกนิรภัยในท้องตลาดได้เพียง 9% จากเด็กนักเรียนทั้งหมด 278 คน โดยเด็กหญิงและเด็กชาย อายุ 6 ขวบสามารถสวมใส่ได้มากที่สุดคือ 20% ของปริมาณเด็กหญิงและเด็กชายอายุ 6 ขวบ

ประมาณ 50% ของเด็กหญิงและเด็กชายในทุกช่วงอายุมีสัดส่วนศีรษะไม่เหมาะสมกับรูปทรงหมวกนิรภัยในปัจจุบัน

6.5 ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในงานวิจัย

1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ซึ่งใช้ในการวัดโดยตรงต้องสัมผัสร่างกายเด็กซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมากเพื่อความปลอดภัย
2. การจัดสรรเวลาในการเก็บข้อมูลกับเด็กนักเรียน ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการเรียน ซึ่งอาจทำให้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลยาวนานขึ้น
3. พื้นที่สำหรับถ่ายรูปเก็บข้อมูลต้องมีพื้นที่เพียงพอเนื่องจากต้องใช้ระยะวางกล้องที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดความแม่นยำของภาพถ่ายมากที่สุด

6.6 ข้อเสนอแนะ

1. รูปทรงศีรษะเด็กไม่เหมือนรูปทรงศีรษะผู้ใหญ่ย่อส่วน ดังนั้นในการออกแบบเครื่องนุ่งห่มแก่เด็กเล็ก ควรมีการเก็บข้อมูลในเด็กอย่างเพียงพอ

2. เนื่องจากขนาดสัดส่วนความกว้างศีรษะ(BC) และ ความยาวศีรษะ(DI) ซึ่งเป็นสัดส่วนหลักเพื่อความปลอดภัยต่อกะโหลกศีรษะและสมองมีความผันแปรดังนั้นในการออกแบบหมวกนิรภัยให้พอดีสำหรับทุกขนาดสัดส่วนควรที่จะมีการออกแบบแผ่นรองด้านในชนิดที่สามารถติดเข้าและถอดออกได้ด้วยผู้ใช้งานเอง โดยมีขนาดความหนาของแผ่นรอง 1-2 ซม.

3. ทดลองนำค่าสัดส่วนที่ได้ไปใช้ในการออกแบบเครื่องนุ่งห่มอื่นๆ หรือเครื่องเรือนสำหรับเด็กนอกเหนือจากหมวกนิรภัย เช่น หมวกว่ายน้ำ , แวนตา , หน้ากากอนามัย เป็นต้น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2548). การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิตติ อินทรานนท์. (2548). การยศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัท ธรรมสาร จำกัด.
- ควปถ., & สอจร. "หมวกนิรภัย" ใส่ก่อนบิด ข้อเท็จจริง/เรื่องควรรู้.
- จุฬาลักษณ์ บาร์มี. (2555). สถิติเพื่อการวิจัยทางสุขภาพ และ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS. ชลบุรี: บางแสนการพิมพ์.
- ณัฐพล พุฒยางกูร. (2552). การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยโปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัดจาก ภาพถ่ายดิจิทัลแบบ 2 มิติ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธวัชชานนท์ สิปปภาสกุล. (2548). การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล. กรุงเทพฯ: บริษัทวาดศิลป์ จำกัด.
- มอก.369-2539 ม. (2539). หมวกนิรภัยสำหรับผู้ใช้งานพาหนะ, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. รายงานการสำรวจและวิจัยขนาด โครงสร้างร่างกายคนไทย ระยะที่4 : พ.ศ. 2543-2544.
- สุชาติา เกิดมงคลการ. (2550). แนวโน้มการตายจากอุบัติเหตุจราจรในแต่ละช่วงกลุ่มอายุ.
- สุดาวรรณ ลีไพฑูรย์. (2554). ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและอัตราส่วนขนาดร่างกายของเด็กนักเรียน ประถมศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุทธิ ศรีบุรพา. (2540). เออร์กอนอมิกส์ : วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด มหาชน.
- Cephalic index vs Group of people, (1955).
- FMVSS218. (2009). Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 218, Motorcycle Helmets.
- Halander M. (1995). A Guide to the Ergonomics of Manufacturing. U.K: Taylor & Francis.
- Ilayperuma I. (2011). Evaluation of cephalic indices: a clue for racial and sex diversity. Int J Morphol, 29(7), 112-117.
- Liu, H., Li, Z., & Zheng, L. (2008). Rapid preliminary helmet shell design based on three-dimensional anthropometric head data. Taylor&Francis, 19(1), 45-54.
- Pinnoji, P. K., Mahajan, P., & Haider, Z. (2008). Design of ventilated helmets computational fluid and impact dynamics studies. Taylor&Francis, 13(3), 265-278.
- R.J. Hennessy, & J.P. Moss. (2001). Facial growth separating shape from size. European Orthodontic Society, 23, 275-285.
- Sanna, E. (2011). Growth charts of head length and breadth for regional areas? A study in Sardinia (Italy). HOMO - Journal of Comparative Human Biology, 63, 67- 75.
- Smith J.L, & Tayyari F. (1997). Occupational Ergonomics: Principles and Application. London: Chapman & Hall.
- SNELL. (2010). STANDARD FOR PROTECTIVE HEAD GEAR, For Use with Motorcycles

and Other Motorized Vehicles.

Surender K, & Nanda. (1988). Patterns of vertical growth in the face. AM J ORTHOD DENTOFAC ORTHOP, 93, 103-116.

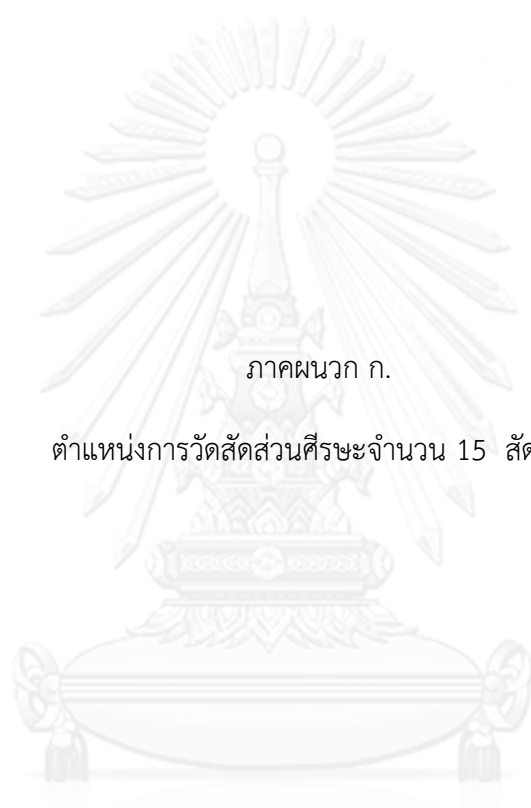
Takuya, K., Yuzo, K., Katsumichi, H., & YanaiAkira. (2010). Cephalic Index of Japanese Children With Normal Brain Development. Japan.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ก.

ตำแหน่งการวัดสัดส่วนศีรษะจำนวน 15 สัดส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

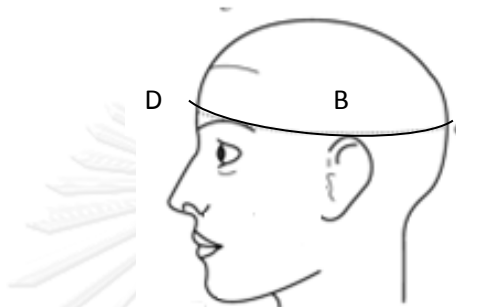
เส้นรอบวงศีรษะ : CC ดังภาพที่ ก.1

คำจำกัดความ : ระยะความยาวเส้นรอบศีรษะ

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : จุดกว้างที่สุดและยาวที่สุดของศีรษะ

เครื่องมือวัด : เทปวัดขนาด

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนั่งหน้าตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.1 สัดส่วนความยาวเส้นรอบวงศีรษะ(CC)

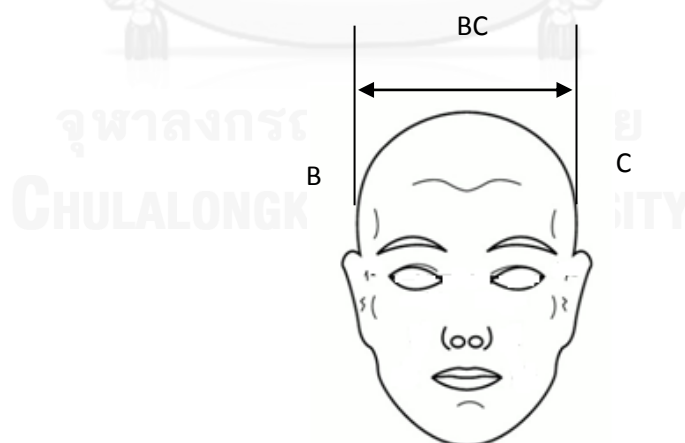
ความกว้างศีรษะ : BC ดังภาพที่ ก.2

คำจำกัดความ : ระยะความกว้างศีรษะในจุดที่กว้างที่สุด

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : B - C

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนั่งหน้ามองตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านหน้า



ภาพที่ ก.2 สัดส่วนความกว้างศีรษะ

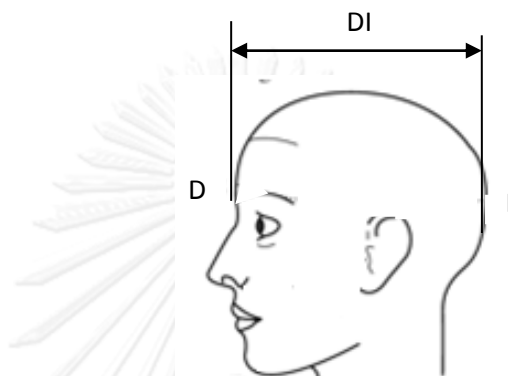
ความยาวศีรษะ : DI ดังภาพที่ก.3

คำจำกัดความ : ระยะด้านยาวศีรษะในจุดที่ยาวที่สุด

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : D - I

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพรูปดิจิทัล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้าตรงมือชิดลำตัวกล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.3 สัดส่วนความยาวศีรษะ

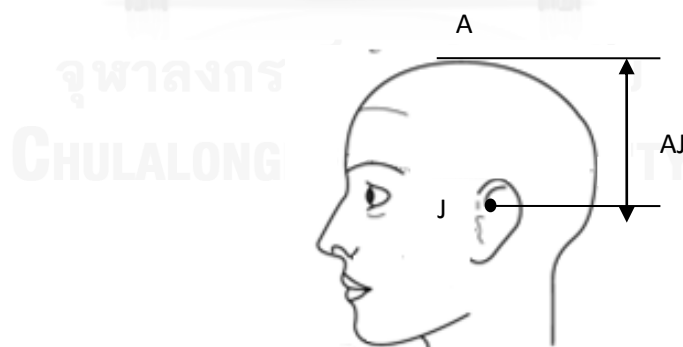
ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู: AJ ดังภาพที่ก.4

คำจำกัดความ : ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : A - J

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพรูปดิจิทัล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้าตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.4 สัดส่วนระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู

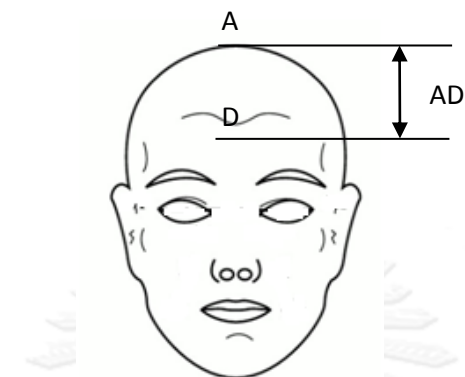
ระยะจากจุดสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ: AD ดังภาพที่ก.5

คำจำกัดความ : ระยะแนวตั้งจากจุดสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : A - D

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพดิจิทัล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้ามองตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านหน้า



ภาพที่ ก.5 สัดส่วนระยะจากจุดสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ

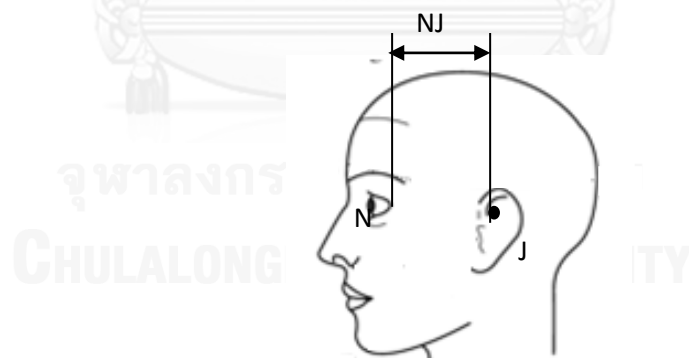
ระยะจากแนวรูหูถึงหางตา: NJ ดังภาพที่ก.6

คำจำกัดความ : ระยะห่างระหว่างรูปหูและหางตา

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : N - J

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพดิจิทัล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้าตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.6 สัดส่วนระยะจากแนวรูหูถึงหางตา

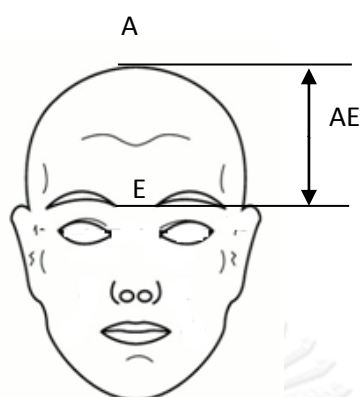
ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา: AE ดังภาพที่ก.7

คำจำกัดความ : ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : A - E

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพดิจิทัล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้ามองตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านหน้า



ภาพที่ ก.7 สัดส่วนระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา

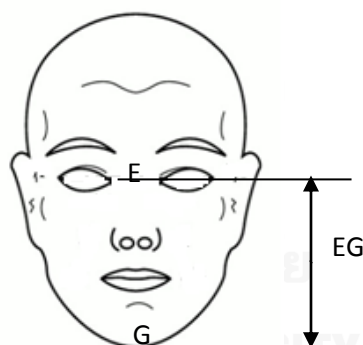
ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา: EG ดังภาพที่ก.8

คำจำกัดความ : ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : E - G

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้ามองตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านหน้า



ภาพที่ ก.8 สัดส่วนระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา

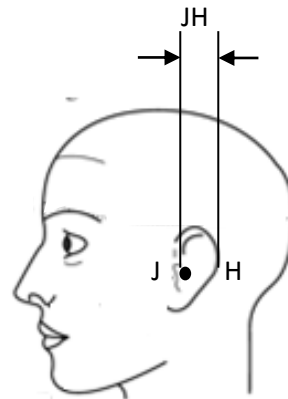
ระยะความกว้างโหนก : JH ดังภาพที่ก.9

คำจำกัดความ : ความกว้างโหนก

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : J - H

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้าตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.9 สัดส่วนความกว้างใบหู

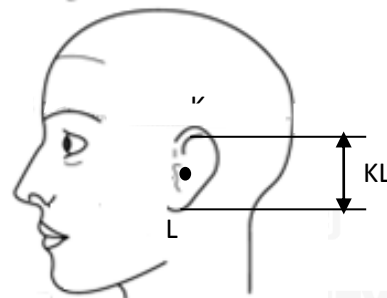
ระยะความยาวใบหู : KL ดังภาพที่ก.10

คำจำกัดความ : ความยาวใบหู

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : K - L

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้าตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.10 สัดส่วนความยาวใบหู

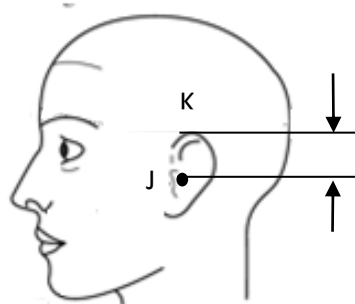
ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู: JK ดังภาพที่ก.11

คำจำกัดความ : ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : J - K

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้าตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.11 สัดส่วนระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู

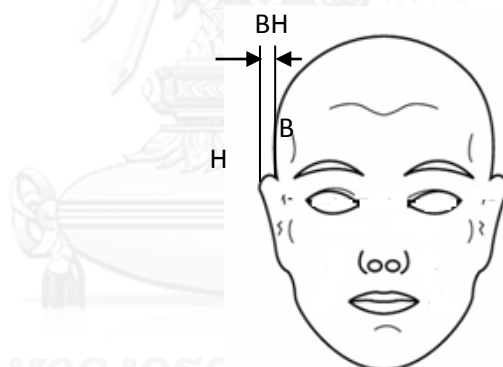
ระยะการกางออกของใบหู: BH ดังภาพที่ก.12

คำจำกัดความ : ระยะการกางออกของใบหู

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : B - H

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้ามองตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านหน้า



ภาพที่ ก.12 สัดส่วนระยะการกางออกของใบหู

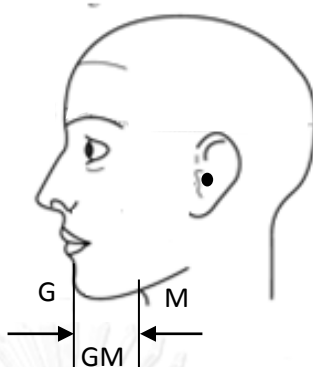
ระยะปลายคางถึงคอ : GM ดังภาพที่ก.13

คำจำกัดความ : ระยะปลายคางถึงคอ

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : G - M

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้าตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.13 สัดส่วนระยะปลายคางถึงคอ

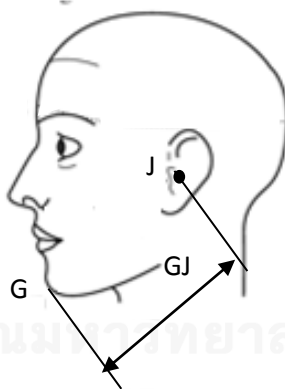
ระยะปลายคางถึงรูหู: GJ ดังภาพที่ก.14

คำจำกัดความ : ระยะปลายคางถึงรูหู

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : G - J

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้าตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านข้าง



ภาพที่ ก.14 สัดส่วนระยะปลายคางถึงรูหู

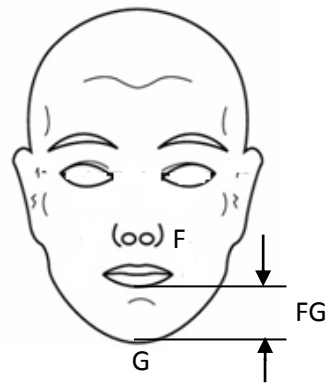
ระยะริมฝีปากถึงปลายคาง: FG ดังภาพที่ก.15

คำจำกัดความ : ระยะริมฝีปากถึงปลายคาง

ตำแหน่งอ้างอิง (Land marks) : F - G

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ยืนนิ่งหน้ามองตรงมือชิดลำตัว กล้องถ่ายจากด้านหน้า



ภาพที่ ก.15 สัดส่วนระยะริมฝีปากถึงปลายคาง





ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการคำนวณขนาดสัดส่วนศิระษะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากด้านบน												
	วัตถุอ้างอิง	BC	BC	AD	AD	AE	AE	EG	EG	FG	FG	BH	BH
1	184.34	221.87	14.48	114	7.37	186	12.03	123	7.96	26.98	1.75	36	2.33
2	184.34	224.22	14.65	152.12	9.84	198.25	12.83	118.07	7.64	18.11	1.17	32	2.07
3	184.34	212.08	13.79	126.02	8.15	178.01	11.52	126.06	8.15	28	1.81	22.09	1.43
4	184.34	202.25	13.10	106	6.86	166	10.74	124.15	8.03	34.23	2.21	20.1	1.30
5	184.34	222.04	14.49	124.02	8.02	182.01	11.77	134	8.67	40	2.59	34.06	2.20
6	256.98	299.31	13.98	174.41	8.09	264.92	12.29	174.26	8.09	48.37	2.24	42.05	1.95
9	276.51	328.02	14.26	162.4	7.00	234.31	10.11	198.09	8.54	60.13	2.59	36	1.55
10	276.47	317.84	13.78	189.85	8.19	282.78	12.20	186.1	8.03	42	1.81	30.13	1.30
11	274.23	324.02	14.20	172	7.48	274.01	11.92	200.01	8.70	50	2.17	32.06	1.39
12	278.44	341.78	14.79	180.4	7.73	264.07	11.31	192.02	8.22	48	2.06	54.05	2.31
13	269.14	333.26	14.93	198.57	8.80	276.59	12.26	186.39	8.26	33.14	1.47	36.47	1.62
14	271.85	363.06	16.19	189.1	8.30	276.02	12.11	189	8.29	39.12	1.72	36.1	1.58
15	271.85	371.74	16.60	228.02	10.00	309.13	13.56	204	8.95	54.08	2.37	38.97	1.71
16	274.55	336.15	14.75	190.01	8.25	276.07	11.99	214.46	9.32	58.14	2.53	40	1.74
17	268.75	353.81	15.94	174.63	7.75	255.44	11.33	222.02	9.85	63.07	2.80	45.07	2.00
18	276.39	378.13	16.61	208	8.97	294.17	12.69	228.08	9.84	58.14	2.51	48.04	2.07
19	275.38	290.86	12.57	213.19	9.23	291.76	12.63	159.25	6.90	36	1.56	35.98	1.56
20	278.21	332.82	14.39	141.13	6.05	234.02	10.03	198.57	8.51	54	2.31	36.1	1.55
21	270.01	306.32	13.59	160	7.07	256.07	11.31	174.1	7.69	36.5	1.61	32.06	1.42
22	270.12	294.55	13.02	198.36	8.76	274.88	12.14	162.44	7.17	30.59	1.35	32	1.41
23	270.25	290.56	12.82	172.1	7.59	254.13	11.21	164.11	7.24	50.16	2.21	48.04	2.12
24	272.41	332.1	14.68	216.08	9.46	294.03	12.87	180.71	7.91	42.43	1.86	44.05	1.93
25	272.41	306.21	13.45	156.12	6.83	236.69	10.36	194.04	8.49	52	2.28	54	2.36
26	278.74	350.02	15.16	196.25	8.40	280.71	12.01	224.14	9.59	76.42	3.27	62.03	2.65
27	268.24	346.47	15.62	150.65	6.70	239.88	10.66	226.04	10.05	64.03	2.85	58	2.58
28	275.21	375.51	16.56	162.25	7.03	262.1	11.36	216.33	9.37	69.07	2.99	44.94	1.95
29	272.17	322.06	14.22	198.04	8.68	290.25	12.72	204.04	8.94	56.32	2.47	60	2.63
30	270.25	370.01	16.62	190.01	8.38	292.34	12.90	188.27	8.31	44	1.94	58.03	2.56
31	272.07	326.01	14.41	178.01	7.80	260.19	11.40	198.01	8.68	56	2.45	54.04	2.37
32	267.96	356.02	16.10	214.08	9.53	292.06	13.00	202.04	8.99	60.13	2.68	60	2.67
33	272.28	320.51	14.14	170.58	7.47	266.75	11.68	208.35	9.13	58.31	2.55	42.05	1.84
34	272.41	304.03	13.35	186.01	8.14	276.01	12.08	186.01	8.14	52	2.28	26	1.14
35	274.55	302.06	13.14	156.21	6.79	250.2	10.87	200.04	8.69	54.04	2.35	34.33	1.49
36	274.70	304.11	13.23	170	7.38	246.03	10.68	208.78	9.06	48.37	2.10	38.57	1.67
37	272.28	326.22	14.41	190.09	8.33	280	12.26	186.27	8.16	50	2.19	36	1.58
38	272.17	321.05	14.17	152.01	6.66	246.07	10.78	150.09	6.58	54.04	2.37	32.02	1.40
39	271.85	285.58	12.50	156.46	6.86	252.45	11.07	180.62	7.92	48.09	2.11	33.11	1.45
40	271.00	267.98	11.70	174.41	7.67	273.65	12.04	172.19	7.58	44.41	1.95	28.07	1.24
41	272.17	336.01	14.88	164.05	7.19	248.39	10.88	188.01	8.24	54.04	2.37	40	1.75
42	274.32	284.06	12.31	148.12	6.44	234.08	10.18	176.01	7.65	48	2.09	30.07	1.31
43	274.55	314.03	13.71	192.84	8.38	293.34	12.74	206.35	8.96	54.33	2.36	36.06	1.57
44	253.64	326.79	15.58	195.58	9.20	289.56	13.61	204.09	9.60	48.09	2.26	48.06	2.26
45	271.85	322.18	14.24	136.62	5.99	239.71	10.52	189.38	8.31	54.08	2.37	30.13	1.32
46	269.57	316.23	14.09	158.46	7.01	242.67	10.74	202.16	8.94	52.61	2.33	32.06	1.42
47	276.58	296.11	12.76	141.42	6.10	225.08	9.70	186.04	8.02	44.41	1.91	36	1.55
48	275.23	289.03	12.49	178.1	7.72	260.03	11.27	184.17	7.98	48	2.08	48	2.08
49	282.66	312.01	13.19	206.35	8.71	302.17	12.75	188.86	7.97	48.04	2.03	40	1.69
50	278.35	308.85	13.26	168	7.20	264	11.31	201.02	8.61	51	2.19	29.98	1.28

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากด้านบน												
	วัตถุอ้างอิง	BC	BC	AD	AD	AE	AE	EG	EG	FG	FG	BH	BH
51	276.47	322.1	13.98	174.8	7.54	266.61	11.50	214	9.23	54	2.33	32.06	1.38
52	275.09	314.64	13.71	187.3	8.12	269.26	11.67	205.41	8.90	52.61	2.28	42.19	1.83
53	278.36	286.34	12.22	172.19	7.38	234.55	10.05	190.67	8.17	50	2.14	30	1.29
54	278.33	304.01	13.04	176.05	7.54	266.19	11.41	196.16	8.40	54.04	2.32	40.05	1.72
55	276.17	316.03	13.71	116.01	5.01	252.01	10.88	202.16	8.73	48.04	2.07	34.06	1.47
56	285.09	334.6	14.09	169.16	7.08	255.77	10.70	226.88	9.49	80	3.35	44.05	1.84
57	278.80	344.77	14.91	171.24	7.32	264.77	11.33	192	8.21	51	2.18	45.07	1.93
58	278.46	348.01	15.08	204	8.74	294.06	12.59	200.04	8.57	56.14	2.40	48.04	2.06
59	274.23	308.1	13.44	176.05	7.66	286.03	12.44	194.04	8.44	46.04	2.00	52	2.26
60	269.73	324.39	14.47	220.45	9.75	300.54	13.29	184.27	8.15	44.05	1.95	46.04	2.04
61	281.73	359.76	15.43	204.35	8.65	254.98	10.79	219.18	9.28	54	2.29	44.97	1.90
62	278.53	320.1	13.78	152.21	6.52	244.29	10.46	176.18	7.54	46	1.97	40	1.71
63	276.25	304.16	13.15	154.05	6.65	244.29	10.55	184.04	7.94	54.04	2.33	42.05	1.82
64	280.62	302.24	12.84	198.04	8.42	290.34	12.34	184.17	7.83	48.04	2.04	44	1.87
65	280.50	336.01	14.41	178.18	7.58	278.26	11.83	210.24	8.94	58	2.47	48.04	2.04
66	280.56	330.31	14.14	194.04	8.25	286.06	12.16	200	8.50	58.03	2.47	40.05	1.70
67	280.62	308	13.11	180	7.65	266.01	11.30	207	8.80	56.04	2.38	46.17	1.96
68	276.30	320.16	13.90	166.05	7.17	246.29	10.63	196.09	8.46	42.05	1.81	30	1.29
69	276.25	294.01	12.68	172.1	7.43	270	11.66	184.01	7.94	48.04	2.07	48.04	2.07
70	278.46	334.05	14.43	178.91	7.66	272.26	11.66	208	8.91	60	2.57	52.03	2.23
71	276.30	310.03	13.43	202	8.72	292.06	12.61	188.04	8.12	44.18	1.91	46.04	1.99
72	280.62	323.22	13.81	156.63	6.66	249.36	10.60	191.51	8.14	50.04	2.13	32.25	1.37
73	278.41	308.42	13.24	180.04	7.71	276.18	11.83	176.18	7.55	48.04	2.06	52	2.23
74	278.36	332	14.34	178.1	7.63	258.01	11.05	180.04	7.71	46.02	1.97	44.05	1.89
75	278.46	314	13.50	208.47	8.93	294.17	12.60	172.05	7.37	34	1.46	34.23	1.47
76	278.63	314	13.49	162.05	6.94	262	11.21	196.26	8.40	52.04	2.23	44.05	1.89
77	278.41	330.73	14.28	152.05	6.51	246.13	10.54	212.6	9.11	68.03	2.91	34	1.46
78	281.79	331.53	14.13	147.49	6.24	245.99	10.41	208.22	8.81	69.26	2.93	34.62	1.47
79	275.40	314.95	13.70	171.32	7.42	253.94	11.00	174.06	7.54	37.5	1.62	31.64	1.37
80	276.88	319.48	13.84	145.53	6.27	240	10.34	190.52	8.21	55.52	2.39	38.99	1.68
81	278.37	312.08	13.41	160.61	6.88	255.63	10.95	189.05	8.10	45	1.93	46.49	1.99
82	275.17	324.62	14.17	195	8.45	274.7	11.91	186.49	8.08	45	1.95	40.5	1.76
84	278.50	302.08	12.94	198.14	8.48	276.49	11.84	184.89	7.92	46.52	1.99	41.99	1.80
85	275.21	313.45	13.64	172.51	7.48	250.54	10.86	184.51	8.00	48.02	2.08	42.1	1.82
86	276.75	337.47	14.69	165.17	7.12	244.5	10.54	198.05	8.53	64.5	2.78	42.23	1.82
87	275.27	301.45	13.08	168.24	7.29	252.02	10.92	189.01	8.19	48.21	2.09	37.52	1.63
88	276.71	279.1	11.96	181.5	7.82	271.8	11.71	180.22	7.77	36.12	1.56	35.99	1.55
89	279.97	307.98	13.14	166.53	7.09	234	9.97	186	7.92	52.69	2.24	48.09	2.05
90	276.88	293.96	12.64	186	8.01	246	10.60	189.05	8.14	48	2.07	55.51	2.39
91	281.68	335.96	14.34	172.82	7.32	270.1	11.44	204.05	8.64	61.52	2.60	48.02	2.03
92	278.50	325.61	14.04	204.01	8.74	282.1	12.08	184.5	7.90	49.52	2.12	34.49	1.48
93	281.57	337.46	14.42	135.01	5.72	214.55	9.09	193.87	8.21	55.52	2.35	39.02	1.65
94	277.01	307.45	13.27	193.51	8.33	276.07	11.88	190.59	8.20	45	1.94	39.02	1.68
95	276.88	312	13.49	190.7	8.21	279.06	12.02	189.02	8.14	43.5	1.87	36.12	1.56
96	278.37	321.03	13.83	169.56	7.26	241.5	10.35	190.59	8.16	54.08	2.32	43.49	1.86
97	280.04	341.94	14.71	217.55	9.26	283.05	12.05	193.5	8.24	51.02	2.17	36.03	1.53
98	278.87	333.16	14.37	192.37	8.23	283.6	12.13	220.83	9.44	75.06	3.21	46.49	1.99
99	280.27	301.45	12.82	177	7.53	259.5	11.04	189.01	8.04	49.5	2.11	40.5	1.72
100	275.27	269.16	11.56	189.5	8.21	273.7	11.86	166.9	7.23	30	1.30	37.49	1.62

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากด้านบน												
	วัตถุอ้างอิง	BC	BC	AD	AD	AE	AE	EG	EG	FG	FG	BH	BH
101	277.01	321.17	13.91	220.91	9.51	308.22	13.27	162.4	6.99	42.3	1.82	37.49	1.61
102	278.41	327	14.11	198.05	8.48	267.27	11.45	177.01	7.58	51.02	2.19	31.49	1.35
103	276.94	316.48	13.69	142.93	6.15	223.52	9.63	219.05	9.43	57.08	2.46	45.09	1.94
104	275.27	316.95	13.81	150.12	6.50	219.05	9.49	223.68	9.69	52.52	2.28	46.52	2.02
105	276.75	316.45	13.70	186.01	8.02	277.54	11.96	195.01	8.40	58.52	2.52	43.27	1.86
106	275.21	312.12	13.58	214.69	9.30	297.54	12.89	180.01	7.80	43.5	1.88	33.03	1.43
107	278.33	340.52	14.74	169.69	7.27	258.85	11.09	192.05	8.23	58.58	2.51	64.65	2.77
108	275.21	352.49	15.48	183.06	7.93	268.71	11.64	186	8.06	48.09	2.08	45.02	1.95
109	278.63	310.68	13.33	163.61	7.00	250.56	10.72	189.15	8.10	43.73	1.87	37.52	1.61
110	276.94	330.11	14.33	172.6	7.43	285.89	12.31	201.5	8.68	54	2.33	34.53	1.49
111	277.01	341.52	14.86	206.5	8.89	264.11	11.37	205.7	8.86	43.5	1.87	46.52	2.00
112	275.14	334.4	14.63	168	7.28	288.1	12.49	190.51	8.26	55.52	2.41	45.22	1.96
113	275.17	317.95	13.86	208.55	9.04	257.4	11.16	186.02	8.06	42.03	1.82	37.76	1.64
114	280.25	309.08	13.18	183.3	7.80	288.1	12.26	204.2	8.69	52.52	2.23	31.64	1.35
115	276.78	336.91	14.66	188.1	8.10	267.4	11.52	196.29	8.46	56.78	2.45	44.99	1.94
116	276.94	313.54	13.56	177.03	7.62	263.59	11.35	174	7.49	37.53	1.62	36.12	1.56
117	280.12	381.64	16.54	192.29	8.19	266.11	11.33	198.46	8.45	52.69	2.24	37.52	1.60
118	276.83	312.47	13.51	189.01	8.14	270.15	11.64	196.96	8.48	54	2.33	31.49	1.36
119	276.82	334.56	14.55	177.03	7.63	256.57	11.05	189.02	8.14	51.02	2.20	34.49	1.49
120	276.75	293.95	12.65	180.01	7.76	288	12.41	173.31	7.47	45.02	1.94	33.03	1.42
121	276.88	305.95	13.20	175.51	7.56	252	10.85	190.52	8.21	54.02	2.33	49.58	2.14
122	275.14	282.05	12.17	171.06	7.41	247.5	10.73	184.6	8.00	45	1.95	40.74	1.77
123	276.83	322.62	13.99	177.16	7.63	252.02	10.86	184.89	7.96	40.53	1.75	32.06	1.38
124	276.94	324.29	14.06	165.06	7.11	285.02	12.27	180.02	7.75	51.02	2.20	40.52	1.74
125	275.21	307.46	13.36	207.01	8.97	291.1	12.61	186	8.06	49.52	2.15	32.99	1.43
126	276.88	310.5	13.42	186.15	8.02	283.52	12.21	184.5	7.95	39	1.68	33.03	1.42
127	275.75	312.4	13.57	156.06	6.75	240.47	10.40	189.1	8.18	48	2.08	49.58	2.14
128	276.83	330.07	14.34	196.59	8.47	286.05	12.32	190.59	8.21	51.02	2.20	41.99	1.81
129	275.21	339.27	14.86	186.05	8.06	265.61	11.51	184.65	8.00	43.5	1.88	43.52	1.89
130	278.45	329.97	14.24	169.67	7.27	255.16	10.93	199.78	8.56	54.02	2.31	47.99	2.06
131	276.75	316.5	13.70	163.5	7.05	253.5	10.92	186.01	8.02	49.52	2.13	43.52	1.88
132	278.50	339.27	14.67	183	7.84	276.07	11.82	195.02	8.35	52.5	2.25	40.52	1.74
133	275.33	337.61	14.77	183.06	7.93	280.6	12.15	196.51	8.51	54.02	2.34	48.09	2.08
134	276.75	327.07	14.20	259.03	11.16	250.5	10.79	202.51	8.73	57.08	2.46	51.01	2.20
135	278.80	358.69	15.55	171.24	7.32	266.11	11.38	193.71	8.29	52.59	2.25	44.99	1.92
136	275.33	322.54	14.07	192.15	8.32	277.99	12.04	201.05	8.71	48.02	2.08	41.99	1.82
137	277.01	318	13.76	198.01	8.52	291.25	12.54	195.09	8.40	66.02	2.84	46.52	2.00
138	278.45	355.49	15.43	198.28	8.49	291.31	12.48	195.57	8.38	58.52	2.51	45.09	1.93
139	276.94	326.95	14.18	174.23	7.50	267.21	11.51	157.72	6.79	49.59	2.14	36.12	1.56
140	281.59	329.94	14.07	196.59	8.33	282	11.94	186.15	7.88	39.03	1.65	48.37	2.05
142	275.21	302.08	13.11	162.01	7.02	244.52	10.60	195.5	8.47	61.57	2.67	34.49	1.49
143	275.33	305.85	13.28	180.22	7.81	279.58	12.11	188.58	8.17	44.75	1.94	47.66	2.06
144	280.02	329.94	14.15	156.03	6.64	232.62	9.91	189.01	8.05	52.5	2.24	40.49	1.72
146	277.37	302.95	13.04	168.24	7.23	239.07	10.28	178.6	7.68	40.53	1.74	34.49	1.48
147	275.14	318.45	13.88	172.56	7.48	244.37	10.59	180.01	7.80	45.1	1.95	34.62	1.50
148	275.48	309.07	13.42	175.73	7.61	250.93	10.86	186.02	8.05	60.07	2.60	45.02	1.95
149	278.41	303.19	13.00	168.01	7.20	244.54	10.47	204	8.74	52.5	2.25	43.52	1.86
150	276.88	298.75	12.87	178.53	7.69	247.72	10.67	204.02	8.79	48.02	2.07	43.49	1.87

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากด้านบน												
	วัตถุอ้างอิง	BC	BC	AD	AD	AE	AE	EG	EG	FG	FG	BH	BH
151	276.83	328.75	14.27	147.78	6.37	216.81	9.34	187.54	8.08	51.35	2.21	43.52	1.87
154	275.93	295.83	12.78	196.87	8.51	277.04	11.97	177.63	7.68	39.12	1.69	31.53	1.36
155	275.21	321.23	14.01	135.01	5.85	226.5	9.81	192.01	8.32	51.09	2.21	34.49	1.49
156	275.21	334.85	14.65	190.35	8.25	280.9	12.17	205.95	8.92	60.07	2.60	42.02	1.82
157	273.78	307.45	13.44	151.51	6.60	234.24	10.20	190.5	8.30	55.58	2.42	45.09	1.96
158	273.55	297.33	12.97	141.2	6.16	211.69	9.23	195.14	8.51	66.07	2.88	52.58	2.29
159	273.55	327	14.38	184.52	8.04	268.65	11.71	183.01	7.98	42.03	1.83	29.99	1.31
160	276.88	337.84	14.70	172.53	7.43	259.93	11.20	202.86	8.74	43.5	1.87	39.11	1.68
161	278.41	338.94	14.66	159.03	6.81	249.12	10.67	193.51	8.29	57.02	2.44	37.52	1.61
162	276.88	312.65	13.52	151.18	6.51	229.16	9.87	190.65	8.21	48.09	2.07	33.03	1.42
163	275.33	291	12.58	135.91	5.89	219.48	9.51	164.19	7.11	40.16	1.74	48.2	2.09
164	275.62	293.43	12.68	147.28	6.37	227.47	9.84	187.99	8.13	54.19	2.34	34.53	1.49
165	275.24	297.37	12.89	184.21	7.98	259.48	11.24	184.54	8.00	47.1	2.04	32.06	1.39
166	275.21	276.87	11.92	153.36	6.65	239.3	10.37	178.5	7.73	54.08	2.34	30.14	1.31
167	275.40	316.23	13.77	177.23	7.67	270.01	11.69	185.87	8.05	39.41	1.71	35.99	1.56
168	278.50	315.03	13.54	162.69	6.97	253.61	10.86	176.27	7.55	42.24	1.81	41.99	1.80
170	276.88	293.55	12.62	130.95	5.64	217.5	9.37	187.43	8.07	49.86	2.15	53.26	2.29
171	277.01	337.5	14.67	166.61	7.17	265.71	11.44	184.7	7.95	39.03	1.68	51.01	2.20
172	275.21	309.55	13.46	139.72	6.05	223.39	9.68	184.38	7.99	54.52	2.36	53.02	2.30
173	276.18	310	13.43	172.05	7.43	252.03	10.88	178.01	7.69	42.05	1.82	32.02	1.38
174	276.17	317	13.76	178.28	7.70	277.42	11.98	178.05	7.69	50.36	2.17	36.06	1.56
175	276.25	322.5	14.01	102.08	4.41	194	8.37	188.86	8.15	64.28	2.77	48.04	2.07
176	280.56	348.02	14.96	186.69	7.94	289.17	12.29	182.04	7.74	42.19	1.79	42	1.79
177	280.51	346.14	14.87	183.1	7.78	274.88	11.69	192.84	8.20	52.04	2.21	40.2	1.71
178	280.69	324.1	13.85	150.12	6.38	246.13	10.46	202.04	8.58	62.13	2.64	62.08	2.64
179	274.09	306.32	13.37	155.76	6.78	236.46	10.29	177.82	7.74	30.27	1.32	30.07	1.31
180	276.20	370.9	16.28	188.27	8.13	298.03	12.87	204.04	8.81	66.03	2.85	42.05	1.82
181	276.39	306.94	13.28	172.57	7.45	256.78	11.08	188.38	8.13	30.07	1.30	32	1.38
182	276.20	339	14.79	162.1	7.00	240.07	10.37	194.65	8.40	64.03	2.76	38.83	1.68
183	276.39	312	13.51	210.15	9.07	298.01	12.86	172.29	7.43	38.05	1.64	44.05	1.90
185	278.74	322.16	13.86	178.01	7.62	264.03	11.30	188.27	8.05	44.18	1.89	44	1.88
186	276.30	336.29	14.66	198.83	8.58	310.16	13.39	188.04	8.12	46.17	1.99	32	1.38
187	276.71	312.08	13.50	171.03	7.37	262.61	11.32	186	8.02	45.22	1.95	34.62	1.49
188	275.27	337.71	14.78	177.16	7.68	259.85	11.26	199.59	8.65	60	2.60	40.49	1.75
189	275.27	313.54	13.65	168.06	7.28	252.22	10.93	181.53	7.86	46.52	2.02	37.49	1.62
190	280.02	307.97	13.14	208.51	8.88	295.5	12.58	196.52	8.37	49.5	2.11	36.3	1.55
191	278.37	327.44	14.13	156.01	6.68	237.12	10.16	195.05	8.36	58.52	2.51	46.52	1.99
192	275.33	318.45	13.87	145.62	6.31	222.51	9.64	193.78	8.39	46.52	2.01	48.02	2.08
193	277.09	327.29	14.19	162.03	6.97	243.04	10.46	198.05	8.52	58.52	2.52	38.99	1.68
196	276.88	313.68	13.57	186.22	8.02	276.59	11.91	187.88	8.09	49.7	2.14	36.12	1.56
197	275.09	277.52	11.96	156.03	6.76	244.5	10.60	183.02	7.93	51.09	2.21	34.62	1.50
198	276.83	330	14.33	201.05	8.66	273.1	11.76	175.91	7.58	33.03	1.42	45.09	1.94
199	275.17	312.08	13.58	153.01	6.63	238.58	10.34	192.01	8.32	55.52	2.41	31.53	1.37
200	276.73	303.32	13.09	169.74	7.31	252.54	10.88	181.65	7.83	40.53	1.75	40.74	1.76

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากด้านบน													
	วัตถุอ้างอิง	BC	BC	AD	AD	AE	AE	EG	EG	FG	FG	BH	BH	
201	275.23	337.46	14.77	168.24	7.29	249.02	10.79	187.65	8.13	49.52	2.15	31.64	1.37	
202	184.54	231.35	15.13	123.04	7.95	181.52	11.73	118.51	7.66	28.5	1.84	34.62	2.24	
203	182.89	229	15.11	99.01	6.46	156.01	10.17	130.92	8.54	46.52	3.03	35.99	2.35	
204	180.68	222.1	14.81	123.08	8.12	189	12.47	135.13	8.92	27.04	1.78	28.65	1.89	
205	184.45	220.48	14.37	115.9	7.49	168.01	10.86	138.03	8.92	40.53	2.62	25.5	1.65	
206	182.83	217.47	14.30	102	6.65	169.56	11.06	139.51	9.10	40.53	2.64	33.03	2.15	
207	181.22	232.48	15.51	94.55	6.22	157.53	10.37	154.79	10.19	42.03	2.77	27	1.78	
208	184.45	221.98	14.48	127.54	8.25	195.01	12.61	127.51	8.24	33	2.13	31.64	2.05	
209	182.83	230.96	15.25	139.53	9.10	196.55	12.82	132.08	8.62	33.14	2.16	32.38	2.11	
210	181.22	225.01	14.97	124.58	8.20	183.01	12.04	141.13	9.29	37.53	2.47	34.53	2.27	
211	184.45	220.81	14.40	128.55	8.31	196.29	12.69	132.11	8.54	33.84	2.19	27.57	1.78	
212	182.83	222.21	14.63	100.54	6.56	168.03	10.96	130.64	8.52	39.03	2.55	39.25	2.56	
213	184.45	241.46	15.85	132.03	8.54	202.5	13.09	147.01	9.50	43.53	2.81	27.16	1.76	
214	184.45	210.5	13.67	126.57	8.18	183.88	11.89	128.95	8.34	34.79	2.25	31.81	2.06	
215	182.83	222.95	14.69	126.44	8.25	177.51	11.58	141.8	9.25	37.77	2.46	34.62	2.26	
216	182.86	221.2	14.56	122.75	8.01	172.61	11.26	135.67	8.85	37.62	2.45	27.37	1.79	
217	182.86	218.09	14.34	124.65	8.13	180.02	11.74	141.39	9.22	40.61	2.65	30.33	1.98	
218	182.86	216.99	14.26	110	7.17	171.66	11.20	133.43	8.70	38.94	2.54	32.06	2.09	
221	184.38	205.47	13.33	115.51	7.47	168.17	10.88	129.22	8.36	34.53	2.23	27.04	1.75	
222	182.83	204.41	13.37	99.41	6.48	144.2	9.41	130.81	8.53	34.53	2.25	26.58	1.73	
223	182.82	204.68	13.39	108.55	7.08	172.89	11.28	130.05	8.48	34.63	2.26	20.01	1.31	
224	183.40	231.52	15.24	115.5	7.51	174.32	11.34	147.03	9.56	40.53	2.64	22.55	1.47	
225	181.24	233.98	15.61	130.53	8.59	199.5	13.13	127.61	8.40	31.82	2.09	22.7	1.49	
228	182.82	222.57	14.66	109.59	7.15	166.61	10.87	130.58	8.52	31.54	2.06	27.04	1.76	
229	189.85	195.02	12.20	99.01	6.22	160.61	10.09	132.03	8.29	39.03	2.45	18	1.13	
230	184.44	216.2	14.07	114.25	7.39	168.03	10.86	133.71	8.65	36.03	2.33	22.7	1.47	
231	182.82	205.73	13.47	109.66	7.15	163.61	10.67	127.72	8.33	30.15	1.97	27.37	1.79	
232	182.82	211.72	13.89	126.08	8.22	181.8	11.86	136.51	8.90	40.53	2.64	33.03	2.15	
233	182.85	206.99	13.56	100.68	6.57	153.26	10.00	148.77	9.70	43.5	2.84	19.73	1.29	
234	182.83	217.47	14.30	114.35	7.46	186.1	12.14	130.7	8.52	34.63	2.26	15.29	1.00	
235	184.45	232.46	15.21	102	6.59	168.02	10.86	130.64	8.45	38.02	2.46	18.06	1.17	
236	184.45	218.98	14.27	121.83	7.88	180.4	11.66	126.22	8.16	34.5	2.23	28.53	1.84	
237	182.83	216.09	14.20	85.51	5.58	154.51	10.08	139.79	9.12	40.5	2.64	28.5	1.86	
238	184.45	218.21	14.21	121.65	7.87	184.89	11.95	134.34	8.69	34.53	2.23	25.5	1.65	
240	182.82	228.14	15.05	120.51	7.86	175.91	11.47	139.89	9.12	39.12	2.55	24	1.57	
242	182.77	226.51	14.94	111.04	7.25	171.01	11.16	133.58	8.72	36	2.35	37.76	2.46	
243	181.24	223.65	14.88	130.64	8.60	193.55	12.74	126.14	8.30	27.04	1.78	22.94	1.51	
244	182.82	229.47	15.15	142.53	9.30	195.02	12.72	138.2	9.01	40.53	2.64	27.16	1.77	
245	182.83	233.96	15.47	150.19	9.80	202.5	13.21	139.17	9.08	28.54	1.86	30.14	1.97	
246	183.40	245.36	16.22	142.5	9.27	193.5	12.58	156.03	10.15	52.59	3.42	28.53	1.86	
247	177.98	222.09	15.05	142.51	9.55	198.01	13.27	135.13	9.05	39.03	2.62	34.79	2.33	
248	184.45	220.79	14.40	117.51	7.60	171.24	11.07	126.01	8.15	40.5	2.62	28.53	1.84	
249	182.83	226.54	14.94	109.54	7.14	169.67	11.07	145.51	9.49	43.53	2.84	33.03	2.15	
250	182.82	237.34	15.71	136.5	8.90	196.55	12.82	135	8.81	39	2.54	31.49	2.05	

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากด้านหน้า													
	วัตถุอ้างอิง	BC	BC	AD	AD	AE	AE	EG	EG	FG	FG	BH	BH	
251	184.61	232.63	15.21	142.7	9.22	196.64	12.70	130.53	8.43	39.03	2.52	28.5	1.84	
252	184.79	222.57	14.49	128.58	8.30	189.79	12.25	130.53	8.42	33	2.13	27	1.74	
253	183.29	214.86	14.08	122.25	7.95	175.09	11.39	134.52	8.75	36.12	2.35	28.53	1.86	
254	183.29	214.5	14.05	102	6.64	159.03	10.35	126.01	8.20	36	2.34	22.7	1.48	
256	183.08	215.49	14.14	111.09	7.24	174.41	11.36	138.03	8.99	40.53	2.64	21.21	1.38	
257	184.79	209.12	13.55	108.25	6.99	170.04	10.97	136.9	8.84	36.12	2.33	22.55	1.46	
258	181.79	213.01	14.07	115.5	7.58	174.01	11.42	136.03	8.92	31.5	2.07	27.16	1.78	
260	183.29	211.8	13.86	135.21	8.80	196.78	12.80	138.81	9.03	43.6	2.84	22.7	1.48	
261	183.01	207.1	13.55	114.35	7.45	181.8	11.85	136	8.86	34.53	2.25	22.5	1.47	
262	183.01	219.92	14.46	109.59	7.14	169.01	11.01	123	8.02	31.64	2.06	33.03	2.15	
263	181.27	219.21	14.56	136.71	8.99	195.05	12.83	136.19	8.96	40.75	2.68	22.55	1.48	
264	181.12	238.58	15.95	126	8.30	192.05	12.65	144.03	9.48	43.53	2.87	30.33	2.00	
265	184.47	232.46	15.21	127.54	8.24	186.01	12.02	141.07	9.12	42.11	2.72	27	1.75	
266	182.82	213.22	14.00	100.05	6.53	151.57	9.89	132.21	8.62	37.5	2.45	22	1.44	
267	184.45	233.96	15.32	102.01	6.60	157.5	10.18	124.57	8.05	34.53	2.23	40.52	2.62	
268	181.24	242.96	16.25	120.01	7.90	131.01	8.62	136.63	8.99	40.5	2.66	32.99	2.17	
269	181.27	247.53	16.58	135	8.88	193.51	12.73	135.13	8.89	45.02	2.96	25.54	1.68	
270	182.82	214.55	14.09	133.63	8.72	186	12.13	130.58	8.52	34.5	2.25	27.37	1.79	
271	182.89	201.05	13.13	115.59	7.54	169.51	11.05	130.64	8.52	40.53	2.64	21.05	1.37	
272	181.24	215.98	14.33	115.85	7.62	171.24	11.27	124.82	8.21	27.17	1.79	21	1.38	
273	181.27	204.76	13.52	121.54	8.00	177.41	11.67	142.78	9.39	34.79	2.29	22.55	1.48	
275	183.40	204.06	13.30	116.35	7.57	171.29	11.14	141.03	9.17	45.01	2.93	22.02	1.43	
276	181.25	233.05	15.55	109.11	7.18	175.03	11.52	140.01	9.21	43.1	2.84	23.02	1.51	
278	181.24	210.02	13.90	128.04	8.43	186.02	12.24	127.02	8.36	32.02	2.11	23	1.51	
279	182.32	222.01	14.66	116.84	7.64	188.07	12.30	143.01	9.35	45.01	2.94	21.02	1.37	
280	180.17	226.88	15.20	126.04	8.34	184.07	12.18	122	8.08	33.02	2.19	22.02	1.46	
281	182.86	224.02	14.76	105	6.85	163.01	10.63	145.03	9.46	47.01	3.07	21.1	1.38	
282	182.33	220	14.52	133.24	8.71	191.51	12.53	136	8.90	34.13	2.23	22	1.44	
283	182.38	224.18	14.81	125.1	8.18	178	11.64	130.03	8.50	30	1.96	33.06	2.16	
284	182.39	241.13	16.01	124	8.11	187	12.23	132.14	8.64	33.02	2.16	27.07	1.77	
285	183.40	214	14.01	107.07	6.96	169	10.99	136.06	8.85	37.01	2.41	29.07	1.89	
286	181.24	206.2	13.63	113	7.44	107.07	7.05	131.06	8.62	29.07	1.91	33.06	2.18	
287	182.33	227	15.02	116.04	7.59	176.03	11.51	134	8.76	39	2.55	29.15	1.91	
288	182.33	240.03	15.94	128.06	8.38	190.01	12.43	138.01	9.03	34	2.22	40.01	2.62	
289	182.32	227.11	15.03	142.01	9.29	202.06	13.22	135.09	8.84	34	2.22	43	2.81	

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม																
	วัตถุอ้างอิง	DI	DI	AJ	AJ	NJ	NU	JH	JH	KJ	KJ	KL	KL	GJ	GJ	GM	GM
1	89.98	122.38	16.32	120.6	16.08	43.6	5.81	21.21	2.83	36.77	4.90	19.56	2.61	64.57	8.61	26.19	3.49
2	194.89	261.56	16.11	208.03	12.81	101.93	6.28	49.45	3.04	88.28	5.44	42.11	2.59	148.91	9.17	45.07	2.78
3	160.01	219.54	16.46	160.12	12.01	82.1	6.16	28.28	2.12	64	4.80	38.85	2.91	122.44	9.18	53.85	4.04
4	290.06	427.64	17.69	316.8	13.11	150.27	6.22	70.11	2.90	120	4.96	70	2.90	222.04	9.19	97.32	4.03
5	82.02	123.79	18.11	93.06	13.62	47.54	6.96	20.02	2.93	37.9	5.54	19.03	2.78	74.25	10.86	32.02	4.68
6	85.01	118.41	16.71	94.37	13.32	44.15	6.23	17.26	2.44	34	4.80	21	2.96	65.76	9.28	28.28	3.99
9	162.99	227.9	16.78	167.04	12.30	87.13	6.41	34.06	2.51	66.12	4.87	42.19	3.11	138.85	10.22	54.59	4.02
10	124.02	185.41	17.94	143.74	13.91	68.59	6.64	31.02	3.00	49.03	4.74	30.27	2.93	102.73	9.94	39.32	3.80
11	85.01	133.51	18.85	88.96	12.56	47.27	6.67	20.62	2.91	41.05	5.79	24.02	3.39	69.02	9.74	28.16	3.98
12	88.5	120.44	16.33	87.82	11.91	43.29	5.87	22.5	3.05	39	5.29	22.55	3.06	65.79	8.92	29.99	4.07
13	84.02	125.14	17.87	98.66	14.09	47.3	6.76	18.97	2.71	34.71	4.96	16.28	2.33	60.81	8.69	32.14	4.59
14	115.49	159.43	16.57	128.24	13.32	63.63	6.61	30.64	3.18	54	5.61	27.16	2.82	93.63	9.73	40.38	4.20
15	83.99	122.4	17.49	95.02	13.58	45.02	6.43	22.95	3.28	40.53	5.79	22.7	3.24	74.47	10.64	24.18	3.45
16	86.05	120.27	16.77	91.68	12.79	44.91	6.26	21.19	2.96	37.66	5.25	22.8	3.18	72.2	10.07	23	3.21
17	86.98	124.13	17.13	93.36	12.88	48.57	6.70	21	2.90	37.53	5.18	21.05	2.90	69.6	9.60	24	3.31
18	84.02	124.49	17.78	104.81	14.97	50.01	7.14	22.36	3.19	38.47	5.49	19.1	2.73	78.57	11.22	20.22	2.89
19	128.91	186.17	17.33	123.42	11.49	54.3	5.05	24.47	2.28	51.09	4.76	24.17	2.25	92.02	8.57	30.57	2.85
20	85.5	118.48	16.63	89.76	12.60	48.85	6.86	21.21	2.98	39.26	5.51	18.25	2.56	58.42	8.20	33.03	4.64
21	82.5	111.29	16.19	82.76	12.04	43.42	6.32	21.02	3.06	34.01	4.95	15.13	2.20	67.2	9.77	27.02	3.93
22	144.22	203.11	16.90	150.57	12.53	76.03	6.33	32.56	2.71	58	4.83	36.22	3.01	109.64	9.12	46.04	3.83
23	85.05	113.44	16.01	84.43	11.91	42.76	6.03	19.42	2.74	34.53	4.87	17.03	2.40	61.55	8.68	30.67	4.33
24	84.02	118.41	16.91	88.02	12.57	44.05	6.29	18.25	2.61	34.23	4.89	25.18	3.60	67.8	9.68	29.55	4.22
25	84.05	120.04	17.14	87.82	12.54	43.74	6.24	20.22	2.89	37.12	5.30	24.02	3.43	68.68	9.81	28.16	4.02
26	83	117	16.92	98.62	14.26	42.06	6.08	23.35	3.38	44.55	6.44	21	3.04	73.6	10.64	25.18	3.64
27	83	116.21	16.80	91.08	13.17	42.72	6.18	22	3.18	40.05	5.79	18.11	2.62	64.2	9.28	30	4.34
28	115.52	168.3	17.48	144	14.96	63.81	6.63	28.46	2.96	56.78	5.90	30.33	3.15	94.87	9.85	45.12	4.69
29	82.05	127.48	18.64	94.54	13.83	44.28	6.48	22.02	3.22	39.05	5.71	18.11	2.65	64.4	9.42	28.02	4.10
30	83.05	124.78	18.03	91.08	13.16	42.76	6.18	22	3.18	35.13	5.08	17.12	2.47	67.12	9.70	29.43	4.25
31	84.01	125.14	17.88	82.57	11.79	46.17	6.59	21.1	3.01	40.01	5.72	22.09	3.16	72.35	10.33	32.02	4.57
32	83	122.41	17.70	93.92	13.58	44.72	6.47	23.09	3.34	37.01	5.35	21.38	3.09	67.42	9.75	24.08	3.48
33	83.05	117.61	16.99	90.76	13.11	44.1	6.37	22.56	3.26	40.05	5.79	20.1	2.90	69.63	10.06	25.02	3.62
34	84.05	108.5	15.49	83.65	11.94	45.04	6.43	20.88	2.98	34.13	4.87	20.1	2.87	71.2	10.17	26.57	3.79
35	82.1	118.38	17.30	83.74	12.24	43.74	6.39	23.02	3.36	39.2	5.73	16.12	2.36	66.03	9.65	25.18	3.68
36	82.05	115.35	16.87	86.02	12.58	43.57	6.37	18.03	2.64	34.93	5.11	18	2.63	65.19	9.53	24.08	3.52
37	82.02	117.63	17.21	77.7	11.37	43.05	6.30	25.08	3.67	40	5.85	18.25	2.67	75.59	11.06	25.08	3.67
38	216.33	317.62	17.62	224.72	12.47	134.06	7.44	56.14	3.11	114.17	6.33	50.16	2.78	209.38	11.61	112.29	6.23
39	84.1	117.96	16.83	91.48	13.05	42.76	6.10	18.03	2.57	28.07	4.01	16.12	2.30	62.48	8.92	30.27	4.32
40	85	114.27	16.13	89.54	12.64	43.1	6.08	19	2.68	35.23	4.97	19.31	2.73	63.82	9.01	31.02	4.38
41	160.31	217.01	16.24	133.87	10.02	93.74	7.02	34.23	2.56	58.31	4.36	34	2.55	138.62	10.38	70.26	5.26
42	82.1	113.28	16.56	84.84	12.40	45.71	6.68	19.1	2.79	34.37	5.02	18.03	2.64	65.76	9.61	28.07	4.10
43	82.01	132.37	19.37	91.21	13.35	42.11	6.16	20.1	2.94	37	5.41	20.22	2.96	77.42	11.33	35.06	5.13
44	83.02	117.44	16.98	85.8	12.40	42.05	6.08	20.02	2.89	39.1	5.65	18.44	2.67	69.46	10.04	23	3.32
45	84.02	116.02	16.57	80.31	11.47	44.38	6.34	19.1	2.73	33.14	4.73	18.03	2.58	65.8	9.40	30.07	4.29
46	83.1	122.2	17.65	86.05	12.43	39.29	5.67	20.62	2.98	37.11	5.36	19.24	2.78	62.37	9.01	38	5.49
47	84.02	107.02	15.28	85.16	12.16	45.54	6.50	18.03	2.58	32.98	4.71	24.19	3.45	64.03	9.14	27	3.86
48	144.06	212.01	17.66	161.25	13.43	80.05	6.67	36.06	3.00	58.03	4.83	42.19	3.51	124.58	10.38	52.04	4.33
49	84	118.8	16.97	79.62	11.37	37.12	5.30	20.1	2.87	36.12	5.16	18	2.57	63.13	9.02	20.02	2.86
50	83.01	118	17.06	86.7	12.53	44.91	6.49	21.84	3.16	38.12	5.51	21.02	3.04	71.22	10.30	34.13	4.93

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับที่	วัตถุอ้างอิง	ภาพถ่ายจากดาวเทียม															
		DI	DI	AJ	AJ	NJ	NJ	JH	JH	KJ	KJ	KL	KL	GJ	GJ	GM	GM
51	83.02	121.28	17.53	85.16	12.31	41.11	5.94	17.72	2.56	34.01	4.92	20.02	2.89	64.2	9.28	27	3.90
52	83.02	116.56	16.85	80.65	11.66	43.57	6.30	17.26	2.49	34.37	4.97	17	2.46	69.81	10.09	32.52	4.70
53	84	115	16.43	86.47	12.35	43.17	6.17	17.72	2.53	36.35	5.19	18.03	2.58	59.41	8.49	27.07	3.87
54	85.21	118.98	16.76	88.96	12.53	45.18	6.36	19.03	2.68	35.01	4.93	18.03	2.54	74.28	10.46	32.06	4.51
55	85.01	112	15.81	89.45	12.63	47.54	6.71	16.49	2.33	31.78	4.49	19.21	2.71	66.47	9.38	30	4.23
56	82.02	116.02	16.97	95.01	13.90	40.02	5.86	85.4	12.49	42.05	6.15	19.23	2.81	67.36	9.86	33.38	4.88
57	83	122.01	17.64	93.19	13.47	43.42	6.28	23.54	3.40	40.45	5.85	18.03	2.61	69.53	10.05	31.4	4.54
58	84.02	123.26	17.60	103.39	14.77	43.42	6.20	21.59	3.08	37.22	5.32	20	2.86	63.25	9.03	28.02	4.00
59	86.01	121.59	16.96	90.43	12.62	43.1	6.01	18	2.51	35.01	4.88	21	2.93	69.03	9.63	31.26	4.36
60	84	120.7	17.24	91.92	13.13	42.05	6.01	19.24	2.75	35	5.00	16.12	2.30	67.47	9.64	24.54	3.51
61	128.14	186.27	17.44	145.67	13.64	64.5	6.04	32.06	3.00	54.04	5.06	28.07	2.63	95.41	8.93	40.45	3.79
62	123.13	171.3	16.69	132.16	12.88	59.33	5.78	22.7	2.21	47.35	4.61	32.76	3.19	94.5	9.21	41.48	4.04
63	123.02	176.99	17.26	134.32	13.10	62.22	6.07	30.59	2.98	48.57	4.74	24.04	2.34	91.43	8.92	45.62	4.45
64	126.13	172.26	16.39	118.57	11.28	64.77	6.16	26.19	2.49	48.85	4.65	20.4	1.94	95.91	9.12	40.38	3.84
65	127.52	204.66	19.26	140.28	13.20	64.51	6.07	34.27	3.22	65.89	6.20	33.3	3.13	101.9	9.59	46.52	4.38
66	127.49	204.64	19.26	137.47	12.94	68.81	6.48	32.89	3.10	63.29	5.96	31.64	2.98	107.12	10.08	45.62	4.29
67	125.06	174.04	16.70	128.27	12.31	62.8	6.03	31.26	3.00	51.79	4.97	24.33	2.33	98.41	9.44	43.05	4.13
68	123	176.11	17.18	134.63	13.13	67.45	6.58	25.63	2.50	48.05	4.69	25.08	2.45	98.35	9.60	43.19	4.21
69	124.02	184.01	17.80	128.19	12.40	58.55	5.67	25	2.42	49.04	4.75	22.02	2.13	91.68	8.87	46.17	4.47
70	125	185.17	17.78	136.07	13.06	63.35	6.08	32.06	3.08	63.07	6.05	28.16	2.70	98.23	9.43	46.39	4.45
71	125.02	174.41	16.74	133.66	12.83	60.83	5.84	28.44	2.73	52.24	5.01	25	2.40	89.59	8.60	35.23	3.38
72	126.06	187.07	17.81	134.5	12.80	64.13	6.10	27.66	2.63	48.17	4.59	23.02	2.19	88.29	8.40	42.11	4.01
73	126.02	163.49	15.57	131.18	12.49	59.21	5.64	25.08	2.39	49	4.67	24.19	2.30	77.39	7.37	34.13	3.25
74	127.04	171.98	16.24	125.23	11.83	69.87	6.60	28	2.64	48	4.53	24	2.27	90.79	8.58	34.01	3.21
75	126.04	178.89	17.03	135.68	12.92	65.62	6.25	25.71	2.45	53.04	5.05	30.02	2.86	98.31	9.36	46.17	4.40
76	126.02	175.74	16.73	128.12	12.20	67.64	6.44	27.65	2.63	51.54	4.91	24	2.29	90.3	8.60	31.82	3.03
77	120.07	191.26	19.11	124.62	12.45	66.91	6.69	26.93	2.69	51.42	5.14	25.32	2.53	99.2	9.91	48.37	4.83
78	126	183.07	17.44	142.51	13.57	69.64	6.63	30.41	2.90	56.86	5.42	31.38	2.99	98.41	9.37	49.01	4.67
79	126.02	173.01	16.47	125.4	11.94	67.72	6.45	27.86	2.65	52.39	4.99	28.86	2.75	96.67	9.21	54.33	5.17
80	127	174.48	16.49	125.3	11.84	67.05	6.34	30.41	2.87	53.76	5.08	28.64	2.71	98.08	9.27	54.59	5.16
81	126	168.96	16.09	123.94	11.80	57.87	5.51	31.61	3.01	55.01	5.24	25.02	2.38	92.02	8.76	42.05	4.00
82	127.02	171.66	16.22	143.2	13.53	62.82	5.93	33.73	3.19	54.33	5.13	28.02	2.65	93.38	8.82	52.15	4.93
84	126	178.87	17.04	131.59	12.53	64.33	6.13	26.48	2.52	50.64	4.82	24.19	2.30	84.81	8.08	43.05	4.10
85	126.02	167.29	15.93	128.41	12.23	65.97	6.28	25.02	2.38	48.09	4.58	25.02	2.38	87.32	8.31	47.17	4.49
86	126.02	169.24	16.12	128.13	12.20	61.68	5.87	24.08	2.29	48.01	4.57	25.02	2.38	89.5	8.52	39.85	3.79
87	125	173.42	16.65	130.42	12.52	65	6.24	26.83	2.58	49.77	4.78	23.19	2.23	95.02	9.12	52.04	5.00
88	125.02	188.05	18.05	121.64	11.68	62.01	5.95	30.41	2.92	53.01	5.09	30.02	2.88	96.8	9.29	41.23	3.96
89	125.02	169.19	16.24	127.42	12.23	60.41	5.80	27.17	2.61	49.25	4.73	29	2.78	88.62	8.51	41	3.94
90	125	165.87	15.92	130.61	12.54	58.24	5.59	19.13	1.84	41	3.94	24.04	2.31	83.45	8.01	43.1	4.14
91	125.04	177.23	17.01	137.87	13.23	66.71	6.40	26.93	2.58	50.45	4.84	26.48	2.54	106.08	10.18	42.76	4.10
92	125.04	177.9	17.07	130.9	12.56	61.66	5.92	28.46	2.73	50.01	4.80	24.02	2.31	96.88	9.30	41.98	4.03
93	125.02	183.39	17.60	126.57	12.15	66.48	6.38	28.44	2.73	51.24	4.92	27.02	2.59	96.52	9.26	42.2	4.05
94	127	168.66	15.94	119.44	11.29	66.01	6.24	30.41	2.87	57.56	5.44	27.29	2.58	95.52	9.03	38.01	3.59
95	126	173.17	16.49	132.77	12.64	67.27	6.41	27.17	2.59	54.04	5.15	28.02	2.67	100.9	9.61	44	4.19
96	125.02	165.74	15.91	121.3	11.64	60.73	5.83	25.02	2.40	49.16	4.72	26	2.50	83.23	7.99	37.12	3.56
97	125	179.29	17.21	127.88	12.28	63.01	6.05	28.16	2.70	56.22	5.40	26.31	2.53	98.23	9.43	45.4	4.36
98	125	197.23	18.93	136.3	13.08	59.48	5.71	32.06	3.08	58.14	5.58	29	2.78	92.35	8.87	57.31	5.50
99	125	171.69	16.48	122.71	11.78	61.66	5.92	31.78	3.05	55.79	5.36	30	2.88	90.21	8.66	41.3	3.96
100	126	163.77	15.60	128.95	12.28	72.06	6.86	19.03	1.81	43.05	4.10	23.2	2.21	87	8.29	35.13	3.35

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม																
	วัตถุอ้างอิง	DI	DI	AJ	AJ	NJ	NJ	JH	JH	KJ	KJ	KL	KL	GJ	GJ	GM	GM
101	127	176.23	16.65	134.95	12.75	66.37	6.27	26.4	2.49	51.79	4.89	30.27	2.86	101.14	9.56	35.17	3.32
102	126	168.36	16.03	129.84	12.37	66.94	6.38	27.89	2.66	53.85	5.13	27.17	2.59	52.2	4.97	43.05	4.10
103	250.2	368.09	17.65	252.87	12.13	128.58	6.17	53.85	2.58	97.41	4.67	47.17	2.26	198.98	9.54	84	4.03
104	124.49	189.36	18.25	125.99	12.14	65.79	6.34	32.2	3.10	53.59	5.17	21.21	2.04	103.14	9.94	57.7	5.56
105	125	178.14	17.10	127.58	12.25	65.38	6.28	29.27	2.81	54.08	5.19	25.18	2.42	96.26	9.24	42.01	4.03
106	125	188.1	18.06	134.48	12.91	63.07	6.05	28.16	2.70	51.16	4.91	23	2.21	95.21	9.14	49.65	4.77
107	126	169.01	16.10	138.23	13.16	58.82	5.60	29.02	2.76	49	4.67	27	2.57	79.91	7.61	39.12	3.73
108	125	176.01	16.90	138.61	13.31	65.97	6.33	27.89	2.68	52.35	5.03	22.02	2.11	94.05	9.03	42.43	4.07
109	124	177.48	17.18	130.38	12.62	65.31	6.32	28.64	2.77	54.12	5.24	23.35	2.26	91.93	8.90	48.17	4.66
110	126	177.11	16.87	139.52	13.29	69.64	6.63	23.77	2.26	48.76	4.64	23.19	2.21	95.67	9.11	47.01	4.48
111	126	182.13	17.35	149.47	14.24	65.97	6.28	25.51	2.43	48.05	4.58	21.38	2.04	89.5	8.52	39.2	3.73
112	125	184.33	17.70	132.98	12.77	65.28	6.27	29.02	2.79	50	4.80	24	2.30	95.69	9.19	36.67	3.52
113	124.02	189.71	18.36	136.06	13.16	66.37	6.42	25.96	2.51	49.65	4.80	27.17	2.63	99.81	9.66	40.45	3.91
114	124	176.48	17.08	141.01	13.65	69.58	6.73	30.46	2.95	55.08	5.33	28.16	2.73	93.35	9.03	49	4.74
115	125.02	179.01	17.18	131.47	12.62	64.13	6.16	24.33	2.34	46.17	4.43	18.03	1.73	91.97	8.83	44.28	4.25
116	125	174.01	16.70	123.79	11.88	60.54	5.81	25.94	2.49	47.17	4.53	24.74	2.38	87.46	8.40	47.38	4.55
117	125	179.14	17.20	125.4	12.04	59.24	5.69	26.83	2.58	49.98	4.80	22.8	2.19	86.45	8.30	42.11	4.04
118	126.02	177.07	16.86	140.43	13.37	66.91	6.37	32.7	3.11	57.27	5.45	29.15	2.78	96.05	9.15	38.47	3.66
119	124.02	168.72	16.33	125.28	12.12	65.49	6.34	33.54	3.25	52.77	5.11	24.08	2.33	95.56	9.25	42.01	4.06
120	125	185.1	17.77	125.25	12.02	63.07	6.05	25.5	2.45	51.79	4.97	25.02	2.40	99.81	9.58	42	4.03
121	124	171.7	16.62	130.75	12.65	62.1	6.01	22.56	2.18	48	4.65	23.02	2.23	94.05	9.10	45	4.35
122	124	168.34	16.29	129.28	12.51	61	5.90	29.41	2.85	50.49	4.89	28	2.71	89.2	8.63	36.06	3.49
123	125	178.81	17.17	125.32	12.03	62.82	6.03	29.41	2.82	50.25	4.82	26.31	2.53	94.81	9.10	43.57	4.18
124	124.02	170.29	16.48	135.68	13.13	69.35	6.71	28.86	2.79	50.09	4.85	23.91	2.31	107.71	10.42	39.2	3.79
125	125	192.5	18.48	138.52	13.30	72.34	6.94	28.16	2.70	50.99	4.90	27.62	2.65	94.87	9.11	39.85	3.83
126	125.02	175.93	16.89	130.55	12.53	67.36	6.47	26.31	2.53	51.09	4.90	25.32	2.43	95.44	9.16	41.44	3.98
127	124.04	180.07	17.42	127	12.29	56.92	5.51	27.89	2.70	53.6	5.19	24.19	2.34	84.22	8.15	41.05	3.97
128	125.02	175.82	16.88	135.67	13.02	68.12	6.54	31.78	3.05	56.72	5.44	27.12	2.60	101.51	9.74	34	3.26
129	125	178	17.09	141.9	13.62	68.01	6.53	26.68	2.56	53.94	5.18	23.35	2.24	92.46	8.88	47.38	4.55
130	126	174.05	16.58	139.43	13.28	66.41	6.32	26.57	2.53	49.53	4.72	19.24	1.83	87.05	8.29	38.33	3.65
131	125.02	167	16.03	128.08	12.29	63.56	6.10	28.86	2.77	56.89	5.46	23.02	2.21	91.35	8.77	42	4.03
132	125	176.01	16.90	142.02	13.63	70.09	6.73	28.79	2.76	51.66	4.96	24.08	2.31	97	9.31	40.31	3.87
133	126	183.04	17.43	140.07	13.34	64.13	6.11	30.41	2.90	53.15	5.06	25.08	2.39	99.76	9.50	47.68	4.54
134	125	190.5	18.29	134.3	12.89	66.71	6.40	34.01	3.26	56.61	5.43	26.48	2.54	112.29	10.78	35.17	3.38
135	125.02	181.14	17.39	143.68	13.79	68.95	6.62	28.46	2.73	51.55	4.95	24.02	2.31	95.59	9.18	47.01	4.51
136	125.02	183.61	17.62	131.22	12.60	64.07	6.15	35.51	3.41	60.3	5.79	27.46	2.64	104.48	10.03	45.18	4.34
137	149.99	212.98	17.04	156.15	12.49	60.46	4.84	34.62	2.77	60.16	4.81	27	2.16	96.59	7.73	52.84	4.23
138	148.9	205.48	16.56	153.14	12.34	79.72	6.42	37.49	3.02	65.11	5.25	28.85	2.33	127.48	10.27	57.19	4.61
139	151.48	208.48	16.52	149.23	11.82	80.63	6.39	36.49	2.89	66.82	5.29	31.53	2.50	119.84	9.49	54.2	4.29
140	127.45	166.77	15.70	124.92	11.76	54.2	5.10	28.96	2.73	48.02	4.52	24.04	2.26	78.29	7.37	39.02	3.67
142	127.49	174.14	16.39	133.61	12.58	70.25	6.61	29.47	2.77	52.75	4.97	22.55	2.12	95.45	8.98	43.52	4.10
143	122.99	163.54	15.96	132.77	12.95	68.09	6.64	30.03	2.93	49.7	4.85	28.54	2.78	88.18	8.60	42.42	4.14
144	122.49	174.04	17.05	135.01	13.23	59.88	5.87	24.73	2.42	50.93	4.99	25.14	2.46	83.69	8.20	48.2	4.72
146	127.49	164.99	15.53	127.62	12.01	62.67	5.90	23.28	2.19	45.54	4.29	24.04	2.26	79.71	7.50	43.6	4.10
147	122.99	183	17.86	134.01	13.08	60.03	5.86	32.66	3.19	53.02	5.17	24.04	2.35	83.15	8.11	43.6	4.25
148	124.49	169.49	16.34	137.36	13.24	68.81	6.63	33.54	3.23	60.74	5.85	27.37	2.64	103.3	9.96	39.11	3.77
149	127	170.03	16.07	120.42	11.38	62.65	5.92	26.31	2.49	54.04	5.11	22	2.08	103.23	9.75	40.8	3.86
150	125	171	16.42	126.14	12.11	63.06	6.05	25.08	2.41	49.65	4.77	23.77	2.28	87	8.35	20.4	1.96

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากดาวเทียม																
	วัดอุ้งเชิง	DI	DI	AJ	AJ	NJ	NJ	JH	JH	KJ	KJ	KL	KL	GJ	GJ	GM	GM
151	124	171.82	16.63	139.04	13.46	64.14	6.21	25.06	2.43	5.03	25.71	2.49	86.54	8.37	51.26	4.96	
154	124.49	177	17.06	139.99	13.49	64.13	6.18	24.83	2.39	46.56	4.49	29.12	2.81	82.75	7.98	48.09	4.64
155	126.02	180	17.14	147.04	14.00	62.22	5.92	31.32	2.98	57.7	5.49	22.55	2.15	86.99	8.28	53.6	5.10
156	125.99	173.99	16.57	141.1	13.44	62.38	5.94	30.92	2.94	58.9	5.61	25.54	2.43	90.65	8.63	47.67	4.54
157	124.49	177	17.06	124.91	12.04	62.22	6.00	27.59	2.66	52.06	5.02	24.74	2.38	92.42	8.91	44.99	4.34
158	126.02	168.31	16.03	127.51	12.14	61.05	5.81	33.84	3.22	57.48	5.47	22.3	2.12	97.49	9.28	45.02	4.29
159	127.99	178.54	16.74	132.67	12.44	69.25	6.49	28.65	2.69	50.99	4.78	24.04	2.25	99.89	9.37	48.2	4.52
160	124.49	181.5	17.50	130.51	12.58	68.81	6.63	27.04	2.61	55.65	5.36	27.04	2.61	98.91	9.53	39	3.76
161	124.49	172.49	16.63	130.55	12.58	64.47	6.21	24.96	2.41	49.04	4.73	23.71	2.29	99.9	9.63	51.02	4.92
162	127.49	155.98	14.68	126.2	11.88	59.18	5.57	23.28	2.19	48.37	4.55	21.05	1.98	79.88	7.52	31.53	2.97
163	125.99	157.49	15.00	120.44	11.47	54.08	5.15	21.47	2.04	49.7	4.73	19.59	1.87	71.44	6.80	40.5	3.86
164	124.02	187.1	18.10	126.19	12.21	66.65	6.45	30.61	2.96	54.12	5.24	22.85	2.21	93.54	9.05	49.65	4.80
165	126	196	18.67	138.52	13.19	73.98	7.05	26.68	2.54	48.66	4.63	24.02	2.29	102.3	9.74	51.09	4.87
166	126	157.11	14.96	122.33	11.65	64.5	6.14	20.22	1.93	36.12	3.44	18.03	1.72	90.55	8.62	41	3.90
167	126.02	187	17.81	135.92	12.94	70.06	6.67	25.63	2.44	48.27	4.60	28.02	2.67	98.08	9.34	45.28	4.31
168	126	176.01	16.76	134.06	12.77	62.82	5.98	31.73	3.02	59.24	5.64	27.86	2.65	94.37	8.99	42.19	4.02
170	126	171	16.29	135.94	12.95	64.66	6.16	24.35	2.32	45.54	4.34	22.14	2.11	74.33	7.08	46.27	4.41
171	129	170.24	15.84	132.09	12.29	72.11	6.71	27.86	2.59	50.7	4.72	26.31	2.45	101.21	9.41	43.29	4.03
172	125	166.05	15.94	129	12.38	58.52	5.62	21.19	2.03	46.87	4.50	22.09	2.12	80.81	7.76	44.01	4.22
173	125.04	167.19	16.05	130.02	12.48	61.68	5.92	26	2.50	46.24	4.44	23.77	2.28	82.88	7.95	39.12	3.75
174	119	172.24	17.37	142.64	14.38	65.92	6.65	24.52	2.47	47.84	4.82	22.36	2.25	87.69	8.84	47.07	4.75
175	129.02	182.22	16.95	131	12.18	67.42	6.27	25.62	2.38	51.26	4.77	27.51	2.56	82.3	7.65	50.22	4.67
176	125	170.11	16.33	132.19	12.69	66.61	6.39	31.88	3.06	56.52	5.43	28.86	2.77	100.5	9.65	41.19	3.95
177	127	182.02	17.20	135.45	12.80	64.74	6.12	33.84	3.20	58.69	5.55	25.71	2.43	103.95	9.82	46.84	4.43
178	127	181.47	17.15	133	12.57	72.8	6.88	33.54	3.17	58.82	5.56	27.89	2.64	110.15	10.41	53.45	5.05
179	125.99	174.82	16.65	132.33	12.60	61.49	5.86	24	2.29	48.02	4.57	22.7	2.16	81.11	7.73	39.11	3.73
180	120	173.14	17.31	133.56	13.36	67.19	6.72	27.51	2.75	53.76	5.38	28.16	2.82	108.9	10.89	28.02	2.80
181	120	163.11	16.31	120.27	12.03	63.95	6.40	28.16	2.82	51.92	5.19	21.21	2.12	85.91	8.59	38.5	3.85
182	119	169.01	17.04	131.38	13.25	63.15	6.37	27.2	2.74	49.48	4.99	23.35	2.35	92.66	9.34	43.42	4.38
183	119	169.01	17.04	126.7	12.78	67.6	6.82	24.7	2.49	43.51	4.39	21.59	2.18	89.2	8.99	43.42	4.38
185	118	169.01	17.19	125.1	12.72	54.08	5.50	27.46	2.79	50.57	5.14	23.77	2.42	81.32	8.27	44.38	4.51
186	118.02	181.4	18.44	140.69	14.31	67.3	6.84	33.24	3.38	57.43	5.84	29	2.95	103.97	10.57	44.72	4.55
187	120	164.15	16.42	126.14	12.61	60.02	6.00	27.89	2.79	45.89	4.59	23.19	2.32	88.39	8.84	40.31	4.03
188	121.02	183	18.15	128.57	12.75	62.62	6.21	30.41	3.02	54.08	5.36	27	2.68	86.68	8.59	38.01	3.77
189	120	167	16.70	120.42	12.04	61.98	6.20	26	2.60	48.66	4.87	23.09	2.31	87	8.70	42.43	4.24
190	121	193.17	19.16	122	12.10	62.97	6.24	30.15	2.99	54.04	5.36	24	2.38	86.4	8.57	37.88	3.76
191	120	168.11	16.81	138.09	13.81	64.47	6.45	25.46	2.55	48.7	4.87	22.8	2.28	87.01	8.70	46.04	4.60
192	120	170.11	17.01	128.02	12.80	65.74	6.57	24.35	2.44	43.01	4.30	24.35	2.44	58.15	5.82	49.04	4.90
193	119	162	16.34	126.4	12.75	65.79	6.63	30.48	3.07	52.89	5.33	20.62	2.08	97.62	9.84	49.82	5.02
196	126	177.05	16.86	132.2	12.59	67.19	6.40	31.95	3.04	58.52	5.57	23.09	2.20	69.33	6.60	40.11	3.82
197	335.9	452.83	16.18	311.8	11.14	145.05	5.18	78.86	2.82	133.13	4.76	48.07	1.72	218.69	7.81	102.13	3.65
198	121.5	172.58	17.04	115.49	11.41	57.11	5.64	24.83	2.45	44.41	4.39	19.73	1.95	84.11	8.31	34.63	3.42
199	121.5	167.95	16.59	121.93	12.04	58.93	5.82	22.84	2.26	40.93	4.04	18.06	1.78	77.77	7.68	45.22	4.47
200	122.99	182.22	17.78	123.12	12.01	64.42	6.29	24.41	2.38	45.72	4.46	20	1.95	74.08	7.23	37	3.61

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับที่	วัตถุอ้างอิง	ภาพถ่ายจากดาวเทียม															
		DI	DI	AJ	AJ	NJ	NJ	JH	JH	KJ	KJ	KL	KL	GJ	GJ	GM	GM
201	117	186.49	19.13	129.12	13.24	66.89	6.86	28.85	2.96	51.26	5.26	24.74	2.54	97.21	9.97	51.08	5.24
202	120	164.98	16.50	127.7	12.77	68.81	6.88	32.2	3.22	57	5.70	26.58	2.66	95.1	9.51	49.52	4.95
203	111.03	148.6	16.06	123.01	13.29	59.09	6.39	26.58	2.87	44.41	4.80	22.94	2.48	95.72	10.35	44.42	4.80
204	114.03	171.01	18.00	124.44	13.10	63.15	6.65	30.59	3.22	52.68	5.54	22.5	2.37	105.42	11.09	40.61	4.27
205	115.04	169.05	17.63	122.1	12.74	63.89	6.66	28.64	2.99	49.65	5.18	25.02	2.61	96.33	10.05	38.08	3.97
206	114.02	169	17.79	126.06	13.27	63.6	6.69	25.5	2.68	50	5.26	23.09	2.43	96.67	10.17	41.98	4.42
207	114	173.83	18.30	123.02	12.95	65.55	6.90	27.86	2.93	52.2	5.49	22.36	2.35	97.59	10.27	50	5.26
208	112.04	172.01	18.42	122.49	13.12	59.84	6.41	25.3	2.71	50.36	5.39	25.08	2.69	85.28	9.13	44.15	4.73
209	113.03	173.03	18.37	135.24	14.36	65.12	6.91	26.93	2.86	52.63	5.59	22.36	2.37	90.55	9.61	45.28	4.81
210	121.02	180.3	17.88	108.3	10.74	56.32	5.58	32.2	3.19	55.01	5.45	23.01	2.28	94.54	9.37	31.21	3.09
211	113	183.61	19.50	125.01	13.28	63.57	6.75	27.86	2.96	48.7	5.17	27.6	2.93	90.5	9.61	44.15	4.69
212	115.04	158.26	16.51	114.93	11.99	61.2	6.38	21.38	2.23	52.8	5.51	23.09	2.41	93.61	9.76	38	3.96
213	112.07	165.01	17.67	130.5	13.97	63.03	6.75	28.28	3.03	53.15	5.69	27.17	2.91	109.48	11.72	48.04	5.14
214	112	172.29	18.46	116.73	12.51	61.39	6.58	26.17	2.80	50.16	5.37	24.33	2.61	97.74	10.47	41.59	4.46
215	112.02	173	18.53	115.62	12.39	61.89	6.63	25.96	2.78	50	5.36	27.66	2.96	98.6	10.56	45.01	4.82
216	114	168.15	17.70	111.48	11.73	61.98	6.52	22.8	2.40	51.24	5.39	24.19	2.55	94.79	9.98	45.1	4.75
217	113	164	17.42	118.83	12.62	58.86	6.25	29.53	3.14	49.73	5.28	24.19	2.57	96.18	10.21	42.06	4.47
218	113	162.2	17.22	107.06	11.37	63.2	6.71	30.42	3.23	54.12	5.75	24.19	2.57	104.8	11.13	41.59	4.42
221	114.02	157	16.52	116.84	12.30	54.92	5.78	23.09	2.43	48.04	5.06	18.03	1.90	79.93	8.41	39.12	4.12
222	114	167.03	17.58	115.16	12.12	59.51	6.26	25.94	2.73	51.48	5.42	20.88	2.20	89.2	9.39	44.28	4.66
223	114.02	164.01	17.26	106.17	11.17	64.78	6.82	26.57	2.80	50.45	5.31	23.02	2.42	98.29	10.34	40.31	4.24
224	115	169.07	17.64	120.15	12.54	65.62	6.85	27.89	2.91	59.54	6.21	22.39	2.34	96.26	10.04	39.81	4.15
225	114	166.09	17.48	124.92	13.15	65.03	6.85	27.2	2.86	48.37	5.09	23.02	2.42	91.92	9.68	31.02	3.27
228	116.04	156.08	16.14	120.6	12.47	60.02	6.21	24.35	2.52	49.82	5.15	25.18	2.60	89.83	9.29	39.01	4.03
229	115.07	154.32	16.09	117	12.20	61.4	6.40	26.93	2.81	52.5	5.47	21.1	2.20	86.28	9.00	37.12	3.87
230	115	149.01	15.55	117.96	12.31	62.8	6.55	29.97	3.13	54.34	5.67	24	2.50	106.22	11.08	37.66	3.93
231	114.07	154.32	16.23	109.33	11.50	60.83	6.40	28.23	2.97	52.89	5.56	22.56	2.37	91.92	9.67	36	3.79
232	114.04	172.03	18.10	123.69	13.02	61.07	6.43	25.3	2.66	48.66	5.12	23.02	2.42	89.05	9.37	44.01	4.63
233	114.04	171	17.99	119.08	12.53	75.95	7.99	24.04	2.53	48.27	5.08	25.18	2.65	106.78	11.24	39.2	4.12
234	112.11	164.05	17.56	115.21	12.33	62.29	6.67	27.31	2.92	50	5.35	23	2.46	103.48	11.08	47.07	5.04
235	114.11	151.01	15.88	121.07	12.73	59.23	6.23	29.15	3.07	48.76	5.13	22.02	2.32	82.81	8.71	39	4.10
236	115.04	165.68	17.28	110.17	11.49	59.03	6.16	31.02	3.24	52	5.42	21.05	2.20	96.29	10.04	37.53	3.91
237	115.5	162.42	16.87	109.74	11.40	63.22	6.57	30.88	3.21	46.97	4.88	23.28	2.42	104.49	10.86	43.49	4.52
238	114.03	156.1	16.43	108.36	11.40	53.99	5.68	27.04	2.85	45.22	4.76	19.56	2.06	94.91	9.99	38.24	4.02
240	115.5	166.51	17.30	118.49	12.31	57.7	5.99	32.37	3.36	55	5.71	24.04	2.50	101.02	10.50	50.99	5.30
242	114	163.65	17.23	132.67	13.97	68.81	7.24	28.96	3.05	47.66	5.02	22.55	2.37	103.66	10.91	48.09	5.06
243	115.53	168.65	17.52	118.14	12.27	64.93	6.74	28.85	3.00	49.49	5.14	19.56	2.03	98.39	10.22	44.99	4.67
244	114.08	173.94	18.30	132.88	13.98	61.51	6.47	31.49	3.31	55.49	5.84	22.5	2.37	98.17	10.33	36.49	3.84
245	115.49	174.39	18.12	131.52	13.67	66.6	6.92	27.04	2.81	55.65	5.78	24.04	2.50	108.25	11.25	52.06	5.41
246	115.53	178.48	18.54	136.68	14.20	68.83	7.15	29.54	3.07	54.59	5.67	22.5	2.34	110.29	11.46	48.58	5.05
247	115.5	174.39	18.12	127.72	13.27	65.12	6.77	22.94	2.38	49.58	5.15	21.21	2.20	87.37	9.08	39	4.05
248	114.03	162.09	17.06	115.96	12.20	57.48	6.05	26.19	2.76	42.66	4.49	19.56	2.06	88.05	9.27	43.52	4.58
249	115.49	159.05	16.53	127.79	13.28	64.75	6.73	25.14	2.61	51.3	5.33	22.74	2.36	91.43	9.50	37.62	3.91
250	116.9	176.99	18.17	135.11	13.87	66.42	6.82	26.58	2.73	46.71	4.79	30.03	3.08	106.81	10.96	40.5	4.16

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

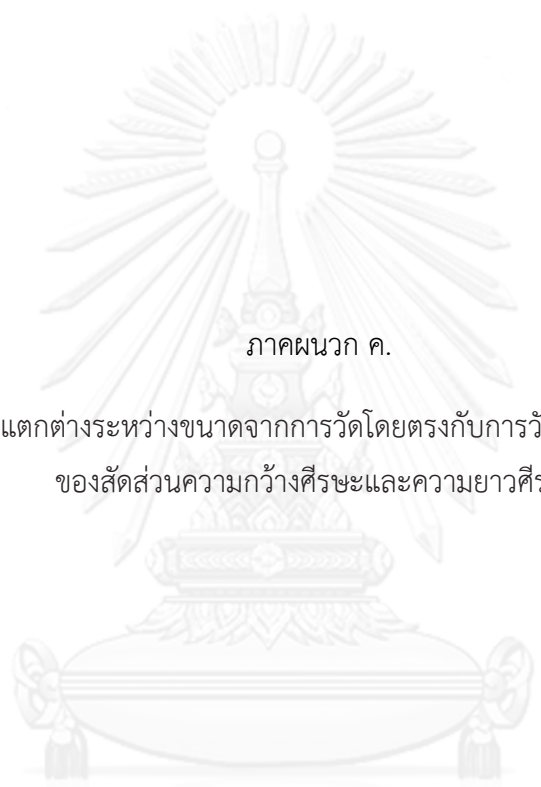
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับที่	ภาพถ่ายจากด้านข้าง																
	วัตถุอ้างอิง	DI	DI	AJ	AJ	NJ	NJ	JH	JH	KJ	KJ	KL	KL	GJ	GJ	GM	GM
251	114.03	177.49	18.68	117.07	12.32	65.34	6.88	31.78	3.34	61.84	6.51	18.06	1.90	95.45	10.04	51.26	5.39
252	115.5	168.15	17.47	118.94	12.36	61.49	6.39	30.33	3.15	48.09	5.00	24.04	2.50	99.59	10.35	42.24	4.39
253	115.5	151.49	15.74	123.12	12.79	61.84	6.42	26.58	2.76	52.06	5.41	24.42	2.54	90.15	9.37	43.73	4.54
254	114.03	148.51	15.63	112.73	11.86	59.71	6.28	23.71	2.50	45.88	4.83	15	1.58	85.96	9.05	33	3.47
256	115.5	169.59	17.62	120.91	12.56	57.31	5.95	26.83	2.79	57.48	5.97	24.18	2.51	97.21	10.10	41.48	4.31
257	115.5	177.04	18.39	111.99	11.64	57.95	6.02	26.83	2.79	52.75	5.48	27.74	2.88	93.42	9.71	36.28	3.77
258	116	163	16.86	108.56	11.23	61	6.31	31.38	3.25	56.04	5.80	25.08	2.59	99.04	10.25	41.3	4.27
260	116.44	178.13	18.36	131.73	13.58	59.21	6.10	31.4	3.24	55.15	5.68	23.02	2.37	89.4	9.21	43.1	4.44
261	114.07	168.19	17.69	107.94	11.36	64.01	6.73	20.22	2.13	42.05	4.42	22.02	2.32	97.08	10.21	41.05	4.32
262	115.02	160.2	16.71	114.59	11.96	52.47	5.47	28.16	2.94	49.82	5.20	22	2.30	77.62	8.10	36	3.76
263	116	164.01	16.97	130.14	13.46	59.84	6.19	26.4	2.73	46.84	4.85	27.46	2.84	88.09	9.11	39.46	4.08
264	116	171.35	17.73	138.09	14.29	63.06	6.52	30.41	3.15	55.54	5.75	23.19	2.40	93.43	9.67	46.1	4.77
265	114.02	157.01	16.52	113.28	11.92	59.54	6.27	31.2	3.28	51.3	5.40	20.02	2.11	104.48	11.00	38.21	4.02
266	115.04	163.59	17.06	125.14	13.05	67.45	7.04	30.41	3.17	55.97	5.84	23.77	2.48	96.8	10.10	47.3	4.93
267	116	163.03	16.87	122.1	12.63	59.77	6.18	28.46	2.94	54.41	5.63	20.88	2.16	101.53	10.50	43.19	4.47
268	114.04	160.11	16.85	123.58	13.00	62.1	6.53	30.46	3.21	52.81	5.56	20.01	2.11	91.44	9.62	34.23	3.60
269	114.02	167	17.58	125.04	13.16	57.71	6.07	27.86	2.93	52.81	5.56	20.1	2.12	102.3	10.77	45.62	4.80
270	114.02	161.79	17.03	121.28	12.76	63.64	6.70	27.51	2.90	47.07	4.95	18.44	1.94	96.33	10.14	34	3.58
271	124.02	173.14	16.75	124.9	12.09	62.17	6.02	32	3.10	52.04	5.04	22.02	2.13	89.05	8.62	39.05	3.78
272	114.04	161.08	16.95	121.2	12.75	60.17	6.33	23.32	2.45	45.31	4.77	23.59	2.48	86.68	9.12	35.23	3.71
273	114	179.82	18.93	114.98	12.10	65.31	6.87	19.85	2.09	49.09	5.17	22.47	2.37	95.27	10.03	49.24	5.18
275	166.03	226.75	16.39	158.38	11.45	66.49	4.81	41.98	3.03	76.69	5.54	28.79	2.08	131.64	9.51	50.99	3.69
276	113.04	158.4	16.82	113.22	12.02	59.23	6.29	29.97	3.18	50.01	5.31	26.02	2.76	98.23	10.43	37.05	3.93
278	113.07	169	17.94	119.51	12.68	60.13	6.38	27.07	2.87	50.09	5.32	19.03	2.02	92.11	9.78	34.01	3.61
279	114.02	212.12	22.32	128.76	13.55	65.76	6.92	27.78	2.92	53.45	5.63	21.21	2.23	108.3	11.40	42.58	4.48
280	114	171	18.00	134.84	14.19	63.35	6.67	28.79	3.03	50.45	5.31	24.74	2.60	84.85	8.93	40.2	4.23
281	115	173	18.05	119.71	12.49	64.33	6.71	28.23	2.95	50.01	5.22	23.02	2.40	94.79	9.89	35.74	3.73
282	114.02	177.23	18.65	127.35	13.40	61.98	6.52	26.31	2.77	46.39	4.88	21.1	2.22	92.62	9.75	35.06	3.69
283	115	163	17.01	109.04	11.38	60.01	6.26	25.08	2.62	46.1	4.81	20.1	2.10	93.74	9.78	41.19	4.30
284	114.07	161	16.94	131.11	13.79	60.73	6.39	27.31	2.87	48.7	5.12	24.08	2.53	99.72	10.49	40.05	4.21
285	114	166.08	17.48	118.15	12.44	62.17	6.54	28.64	3.01	59.73	6.29	21.38	2.25	90.51	9.53	40.11	4.22
286	114.04	163.11	17.16	118.95	12.52	61.13	6.43	24.35	2.56	45.35	4.77	19.65	2.07	91.05	9.58	44.01	4.63
287	113.07	168.01	17.83	123.18	13.07	67.91	7.21	28.64	3.04	50.45	5.35	22.2	2.36	104.48	11.09	44.41	4.71
288	115.02	166.36	17.36	124.17	12.95	62.51	6.52	30.41	3.17	56.57	5.90	20.02	2.09	100.57	10.49	37.34	3.90
289	114.07	173	18.20	127.58	13.42	65.19	6.86	29.02	3.05	60.3	6.34	24.02	2.53	109.66	11.54	44.28	4.66

หมายเหตุ: พื้นหลังสีเทาคือค่าพิกเซลจากโปรแกรม Photoshop

พื้นหลังสีขาวคือขนาดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ค.

ความแตกต่างระหว่างขนาดจากการวัดโดยตรงกับการวัดโดยภาพถ่าย
ของสี่ด้านความกว้างสี่ระยะและความยาวสี่ระยะ

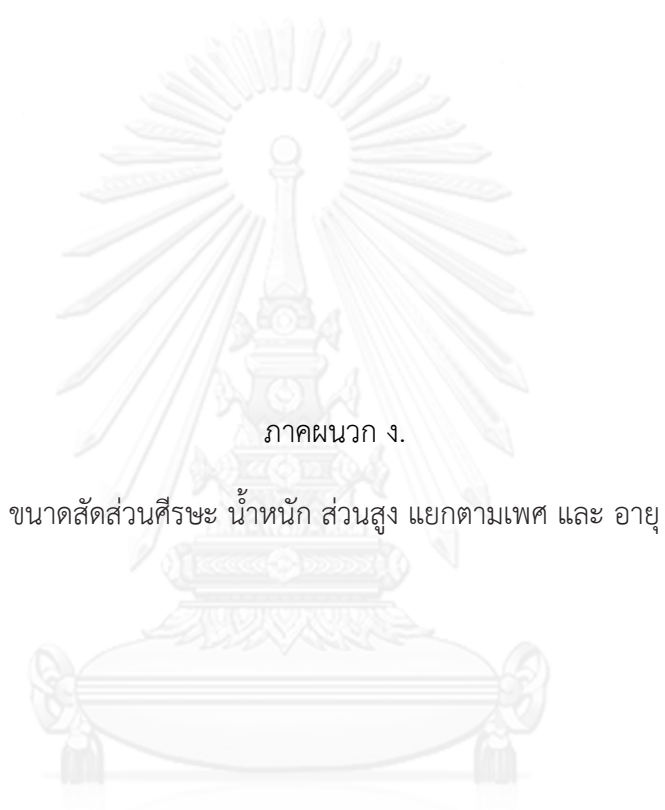
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับที่	ความยาวสี่ระยะจากการวัดโดยตรง (เซนติเมตร)	ความยาวสี่ระยะจากการวัดโดยภาพถ่าย (เซนติเมตร)	ความแตกต่าง วัดโดยตรง - ภาพถ่าย (เซนติเมตร)
1	16.97	16.32	0.65
2	15.65	16.11	-0.46
3	16.79	16.46	0.32
4	17.37	17.69	-0.32
5	17.55	18.11	-0.56
6	16.67	16.71	-0.04
7	17.17	16.78	0.39
8	17.78	17.94	-0.16
9	18.39	18.85	-0.46
10	17.00	16.33	0.67
11	18.01	17.87	0.14
12	16.13	16.57	-0.44
13	17.35	17.49	-0.14
14	17.30	16.77	0.53
15	17.27	17.13	0.15
16	17.30	17.78	-0.48
17	16.48	17.33	-0.85
18	17.07	16.63	0.44
19	17.04	16.19	0.86
20	16.41	16.90	-0.49
21	15.72	16.01	-0.28
22	16.94	16.91	0.03
23	17.32	17.14	0.18
24	17.17	16.92	0.25
25	17.48	16.80	0.67
26	17.81	17.48	0.32
27	19.18	18.64	0.53
28	17.83	18.03	-0.20
29	17.45	17.88	-0.43
30	17.35	17.70	-0.35
31	17.37	16.99	0.38
32	14.88	15.49	-0.61
33	16.76	17.30	-0.54
34	17.22	16.87	0.35
35	17.98	17.21	0.77
36	17.65	17.62	0.03
37	17.27	16.83	0.44
38	17.17	16.13	1.04
39	16.84	16.24	0.60
40	16.18	16.56	-0.38
41	18.87	19.37	-0.50
42	17.22	16.98	0.25
43	17.60	16.57	1.03
44	16.79	17.65	-0.86
45	16.26	15.28	0.97
46	16.51	17.66	-1.15
47	16.61	16.97	-0.36
48	17.32	17.06	0.26
49	17.53	17.53	0.00
50	17.86	16.85	1.01

ลำดับที่	ความยาวสี่ระยะจากการวัดโดยตรง (เซนติเมตร)	ความยาวสี่ระยะจากการวัดโดยภาพถ่าย (เซนติเมตร)	ความแตกต่าง วัดโดยตรง - ภาพถ่าย (เซนติเมตร)
51	16.87	16.43	0.44
52	16.79	16.76	0.03
53	17.04	15.81	1.23
54	16.61	16.97	-0.36
55	16.99	17.64	-0.65
56	16.74	17.60	-0.87
57	16.99	16.96	0.03
58	17.53	17.24	0.28
59	17.83	17.44	0.39
60	16.56	16.69	-0.13
61	17.22	17.26	-0.04
62	16.00	16.39	-0.39
63	18.72	19.26	-0.54
64	18.75	19.26	-0.51
65	17.35	16.70	0.65
66	17.22	17.18	0.04
67	17.68	17.80	-0.13
68	17.33	17.78	-0.45
69	15.82	16.74	-0.92
70	16.81	17.81	-0.99
71	16.01	15.57	0.44
72	16.31	16.24	0.06
73	16.64	17.03	-0.39
74	16.28	16.73	-0.45
75	18.47	19.11	-0.65
76	17.48	17.44	0.04
77	16.43	16.47	-0.04
78	16.48	16.49	0.00
79	16.69	16.09	0.60
80	15.82	16.22	-0.39
81	17.11	17.04	0.07
82	16.76	15.93	0.83
83	16.89	16.12	0.78
84	16.41	16.65	-0.24
85	17.81	18.05	-0.24
86	16.03	16.24	-0.21
87	16.59	15.92	0.66
88	16.54	17.01	-0.47
89	16.97	17.07	-0.11
90	17.13	17.60	-0.47
91	16.43	15.94	0.50
92	16.34	16.49	-0.15
93	15.14	15.91	-0.77
94	16.66	17.21	-0.55
95	19.66	18.93	0.73
96	16.69	16.48	0.21
97	15.24	15.60	-0.36
ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง			0.22
ค่าเฉลี่ยความแตกต่างสัมบูรณ์			0.47

ลำดับที่	ความกว้างศีรษะจาก การวัดโดยตรง (เซนติเมตร)	ความกว้างศีรษะจากการ วัดโดยภาพถ่าย (เซนติเมตร)	ความแตกต่าง วัดโดยตรง - ภาพถ่าย (เซนติเมตร)
1	14.20	14.48	-0.28
2	14.43	14.65	-0.22
3	13.64	13.79	-0.15
4	13.41	13.10	0.31
5	13.94	14.49	-0.55
6	13.64	13.98	-0.34
7	14.22	14.62	-0.39
8	13.94	14.00	-0.05
9	13.82	14.26	-0.44
10	13.49	13.78	-0.30
11	13.72	14.20	-0.48
12	14.83	14.79	0.04
13	13.28	14.93	-1.65
14	14.45	16.19	-1.74
15	13.87	16.60	-2.73
16	13.72	14.75	-1.03
17	14.66	15.94	-1.29
18	13.82	16.61	-2.79
19	14.48	12.57	1.90
20	14.35	14.39	-0.04
21	13.64	13.59	0.05
22	13.31	13.02	0.29
23	13.46	12.82	0.64
24	14.20	14.68	-0.48
25	13.34	13.45	-0.12
26	15.85	15.16	0.69
27	15.19	15.62	-0.43
28	14.88	16.56	-1.68
29	14.45	14.22	0.23
30	15.80	16.62	-0.83
31	14.48	14.41	0.07
32	14.83	16.10	-1.27
33	15.37	14.14	1.23
34	12.70	13.35	-0.65
35	12.70	13.14	-0.44
36	13.67	13.23	0.43
37	13.77	14.41	-0.64
38	13.97	14.17	-0.20
39	13.21	12.50	0.71
40	12.83	11.70	1.13
41	14.17	14.88	-0.71
42	13.28	12.31	0.98
43	13.97	13.71	0.26
44	14.73	15.58	-0.85
45	13.16	14.24	-1.09
46	13.08	14.09	-1.01
47	13.54	12.76	0.78
48	14.12	12.49	1.63
49	14.07	13.19	0.88
50	13.44	13.26	0.17

ลำดับที่	ความกว้างศีรษะจาก การวัดโดยตรง (เซนติเมตร)	ความกว้างศีรษะจากการ วัดโดยภาพถ่าย (เซนติเมตร)	ความแตกต่าง วัดโดยตรง - ภาพถ่าย (เซนติเมตร)
51	13.74	13.98	-0.24
52	14.17	13.71	0.47
53	13.13	12.22	0.92
54	13.97	13.04	0.93
55	13.21	13.71	-0.51
56	14.25	14.09	0.16
57	14.00	14.91	-0.91
58	13.97	15.08	-1.11
59	13.74	13.44	0.30
60	13.82	14.47	-0.65
61	14.12	15.43	-1.31
62	14.02	13.78	0.24
63	13.51	13.15	0.36
64	14.00	12.84	1.15
65	14.17	14.41	-0.23
66	13.89	14.14	-0.25
67	13.28	13.11	0.18
68	14.43	13.90	0.53
69	13.56	12.68	0.89
70	14.58	14.43	0.15
71	14.07	13.43	0.65
72	14.38	13.81	0.57
73	14.40	13.24	1.16
74	13.87	14.34	-0.47
75	14.33	13.50	0.83
76	13.49	13.49	0.00
77	13.89	14.28	-0.38
78	13.79	14.13	-0.34
79	14.55	13.70	0.85
80	14.86	13.84	1.02
81	13.34	13.41	-0.08
82	13.84	14.17	-0.33
83	13.79	13.16	0.64
84	14.15	12.94	1.21
85	12.95	13.64	-0.69
86	14.45	14.69	-0.23
87	14.05	13.08	0.97
88	12.98	11.96	1.02
89	13.03	13.14	-0.11
90	13.54	12.64	0.89
91	15.11	14.34	0.77
92	13.97	14.04	-0.07
93	14.78	14.42	0.37
94	13.39	13.27	0.12
95	13.61	13.49	0.13
96	14.35	13.83	0.52
97	13.87	14.71	-0.84
98	15.80	14.37	1.43
99	13.61	12.82	0.79
100	12.80	11.56	1.24
ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง			0.34
ค่าเฉลี่ยความแตกต่างสัมบูรณ์			0.67

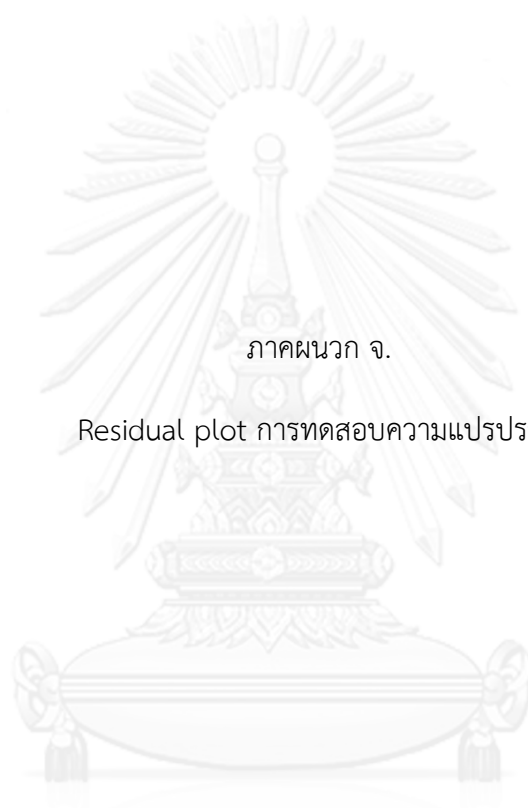


ภาคผนวก ง.

ขนาดสัดส่วนศีรษะ น้ำหนัก ส่วนสูง แยกตามเพศ และ อายุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

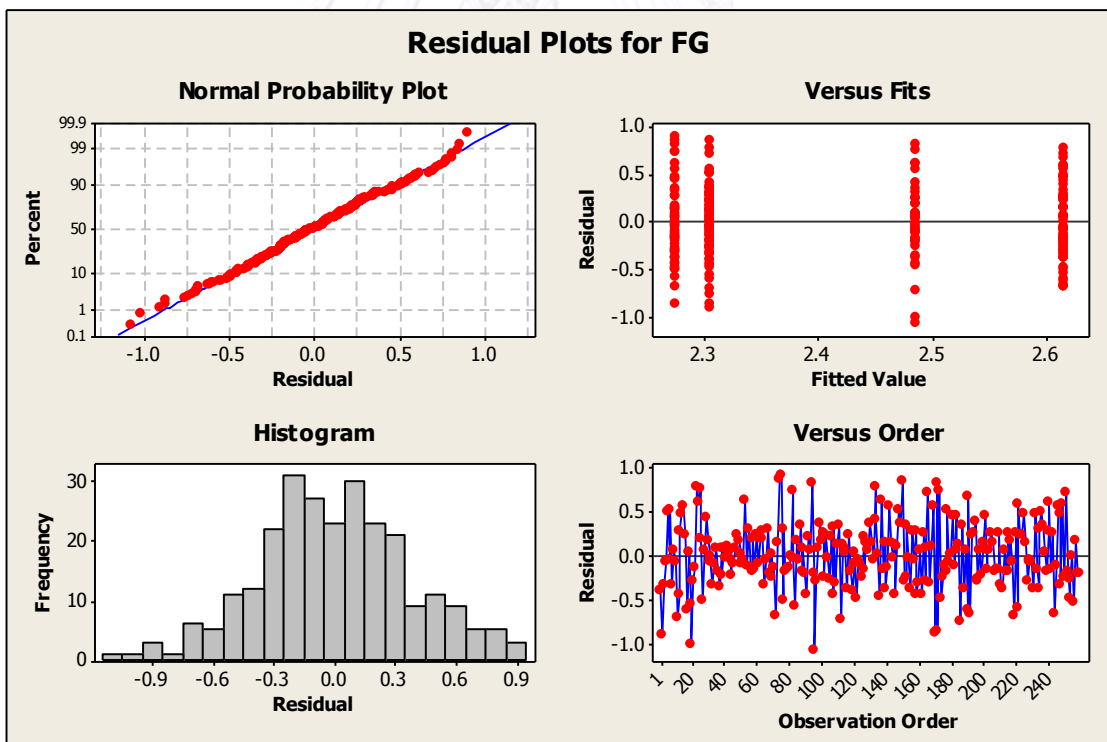
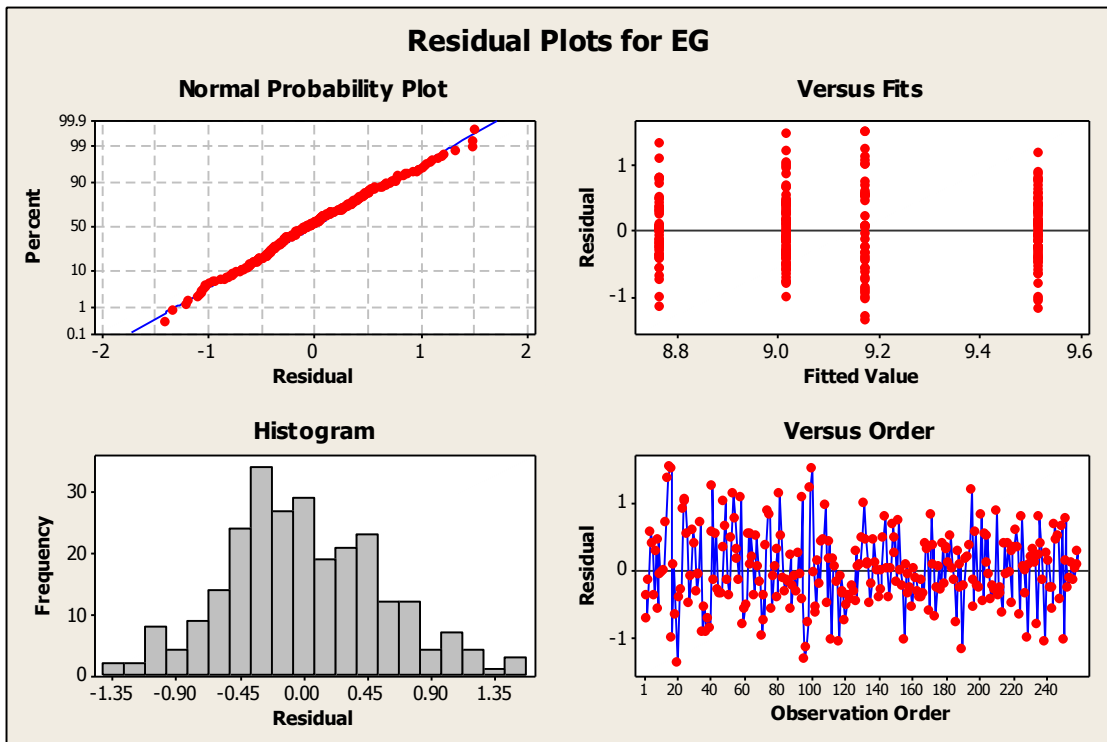
စာရင်း (ပုံ)	3						4						5						6						
	စာရင်း			စာရင်း			စာရင်း			စာရင်း			စာရင်း			စာရင်း			စာရင်း			စာရင်း			
	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	
ပျော့	19.53	4.12	15.00	24.35	17.89	2.50	14.55	21.80	21.52	3.94	17.55	28.90	19.88	3.21	15.90	25.10	24.31	24.31	5.87	18.00	36.00	22.26	5.90	16.30	28.80
အင်္ဂါ	50.18	1.51	48.00	52.18	49.20	1.87	46.05	52.00	51.16	1.16	49.50	53.00	50.35	1.57	48.00	52.50	51.72	51.72	1.43	49.85	54.00	50.40	1.88	48.00	53.00
အင်္ဂါ	103.16	6.16	96.10	114.45	101.74	4.21	95.30	108.00	108.49	5.36	100.50	115.00	108.86	5.46	101.00	114.20	115.00	115.00	7.26	103.00	124.30	113.07	6.40	105.30	124.70
အင်္ဂါ	13.96	0.77	12.88	14.86	13.24	0.73	11.96	14.17	14.20	0.82	13.13	15.52	13.69	0.87	12.45	14.67	14.86	14.86	0.92	13.70	16.57	13.63	0.94	11.88	14.74
အင်္ဂါ	7.53	0.86	6.20	8.90	7.32	0.79	6.39	8.44	7.63	1.23	5.95	9.60	7.81	0.83	6.68	9.24	7.79	7.79	0.89	6.60	9.06	7.58	0.87	6.13	8.75
အင်္ဂါ	11.35	1.07	9.36	12.86	10.87	0.89	9.84	12.09	11.38	1.06	9.66	12.88	11.32	0.82	10.00	12.65	11.63	11.63	0.80	10.57	12.76	11.54	0.95	10.23	12.64
အင်္ဂါ	8.08	0.47	7.47	8.81	7.97	0.39	7.17	8.53	8.33	0.46	7.77	9.03	8.15	0.48	7.53	8.95	8.88	8.88	0.62	8.18	9.88	8.11	0.67	7.19	9.30
အင်္ဂါ	2.07	0.42	1.55	2.86	2.09	0.33	1.66	2.66	2.18	0.32	1.76	2.71	2.07	0.33	1.54	2.59	2.51	2.51	0.34	2.09	3.05	2.17	0.37	1.43	2.53
အင်္ဂါ	1.74	0.32	1.36	2.29	1.72	0.25	1.39	2.06	1.80	0.30	1.33	2.28	1.70	0.31	1.30	2.22	2.09	2.09	0.35	1.68	2.69	1.57	0.26	1.25	2.02
အင်္ဂါ	16.90	0.82	15.93	18.79	16.45	1.07	14.96	18.10	17.21	0.68	16.36	18.32	16.76	0.71	15.92	17.91	17.44	17.44	0.91	16.09	19.26	16.93	0.89	15.61	18.58
အင်္ဂါ	12.81	0.66	11.98	14.06	12.31	0.66	11.48	13.24	12.87	0.66	11.88	13.95	12.38	0.87	11.38	13.50	13.38	13.38	0.77	12.29	14.96	12.37	0.77	11.38	13.34
အင်္ဂါ	6.36	0.32	5.83	6.83	6.01	0.51	5.15	6.64	6.21	0.40	5.50	6.73	6.14	0.41	5.49	6.77	6.34	6.34	0.37	5.82	6.90	6.28	0.41	5.69	6.97
အင်္ဂါ	2.73	0.27	2.39	3.15	2.62	0.38	2.05	3.19	2.77	0.31	2.28	3.23	2.63	0.30	2.16	3.09	3.54	3.54	0.25	2.71	4.77	2.77	0.33	2.44	3.11
အင်္ဂါ	5.03	0.40	4.41	5.61	4.79	0.46	4.30	5.24	5.03	0.38	4.49	5.69	4.92	0.32	4.52	5.46	5.53	5.53	0.47	4.65	6.16	5.01	0.51	4.18	5.79
အင်္ဂါ	2.46	0.30	2.11	2.97	2.33	0.35	1.72	2.86	2.47	0.38	1.93	3.22	2.55	0.36	2.15	3.23	2.68	2.68	0.31	2.18	3.14	2.59	0.32	2.10	2.96
အင်္ဂါ	8.95	0.93	7.22	10.32	8.44	0.83	7.24	9.73	9.08	0.86	7.73	10.33	9.05	1.00	8.00	10.32	9.43	9.43	0.80	8.11	10.25	9.59	0.84	8.48	11.25
အင်္ဂါ	4.11	0.66	3.09	5.10	3.95	0.66	2.99	4.86	4.27	0.46	3.51	5.07	4.00	0.54	2.85	4.92	4.07	4.07	0.56	3.21	4.72	4.24	0.70	3.38	5.50

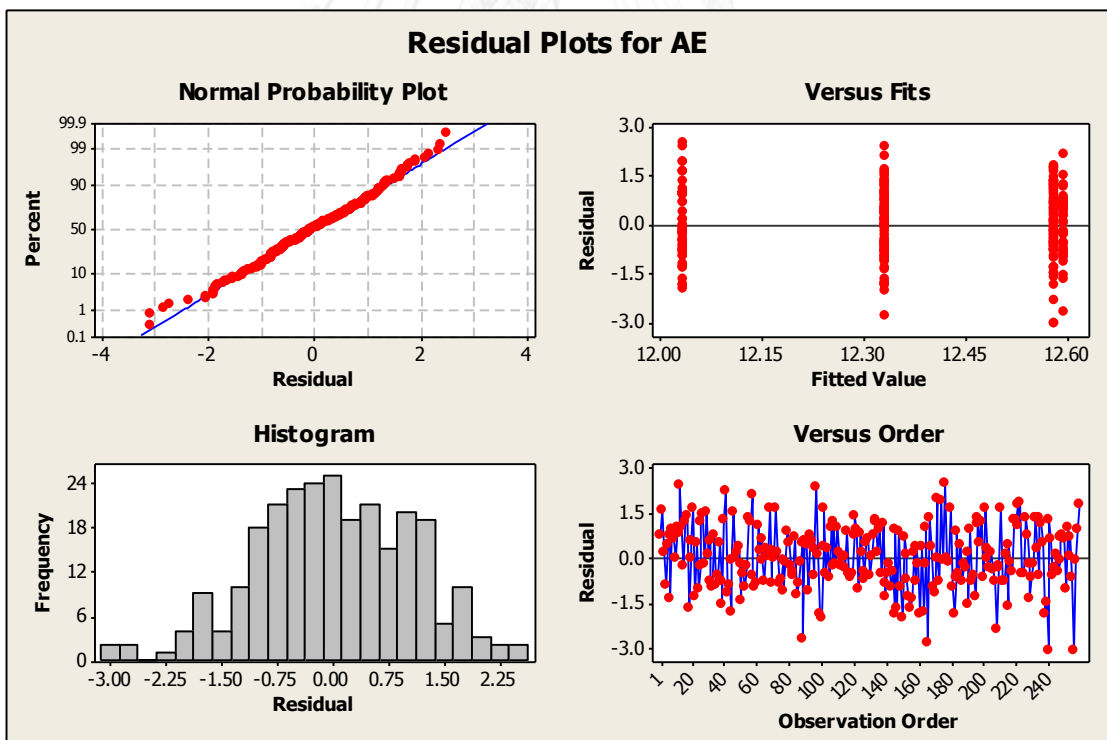
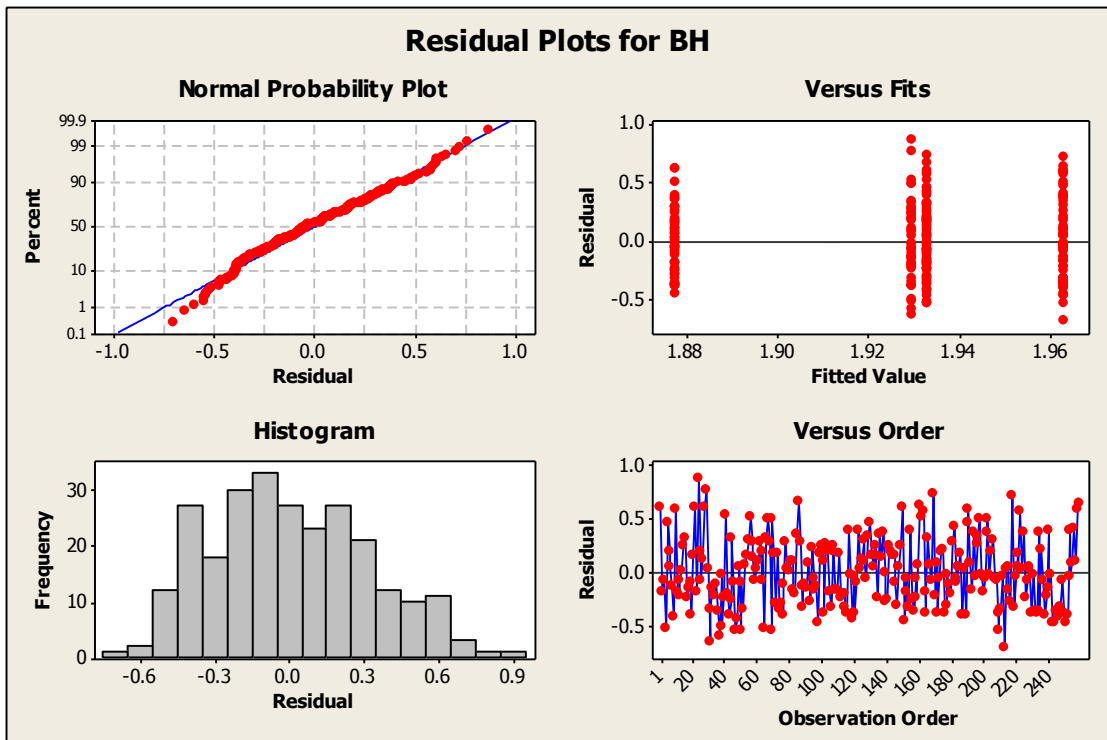


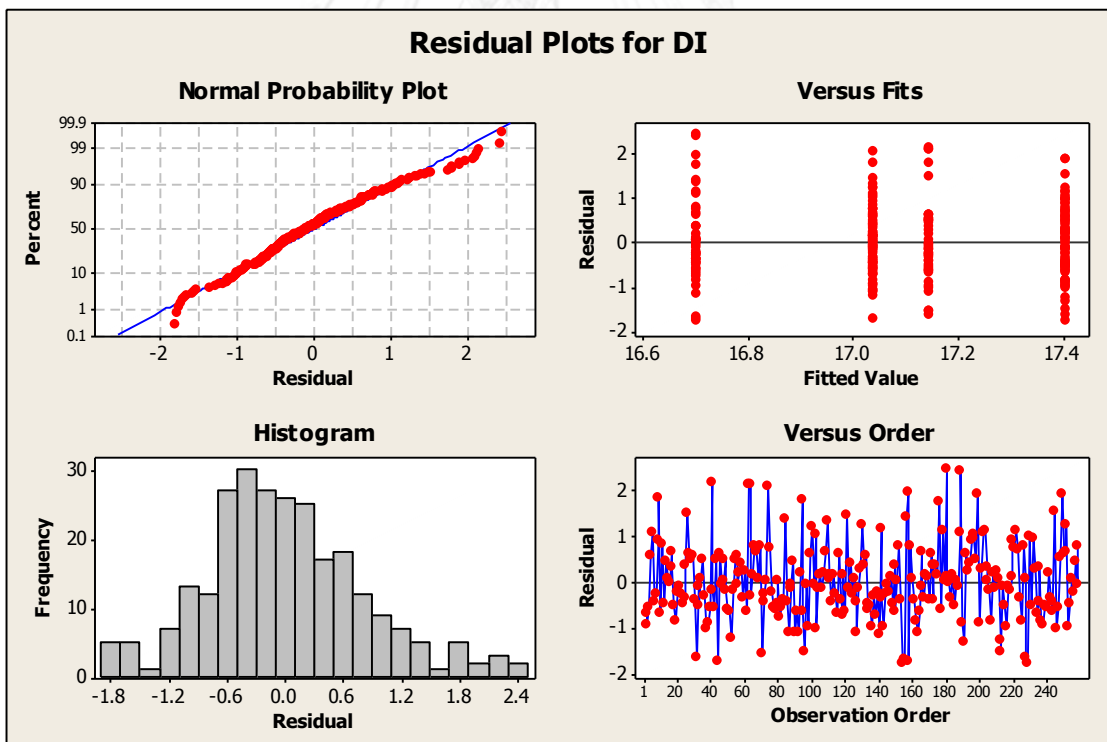
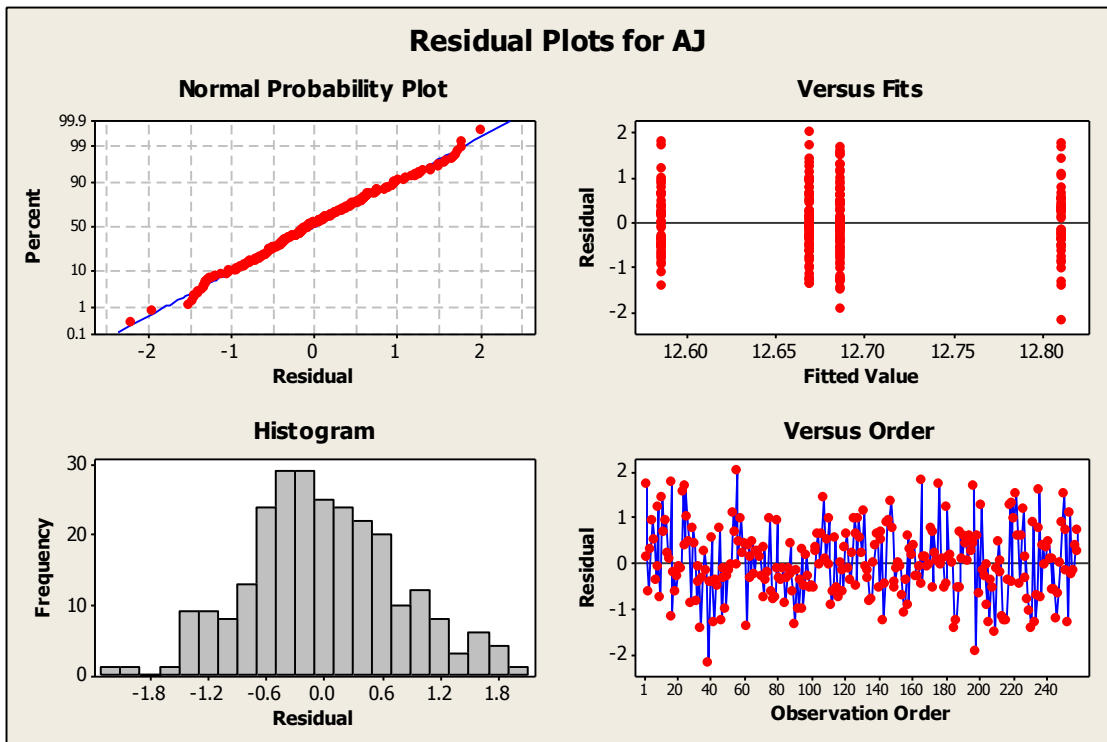
ภาคผนวก จ.

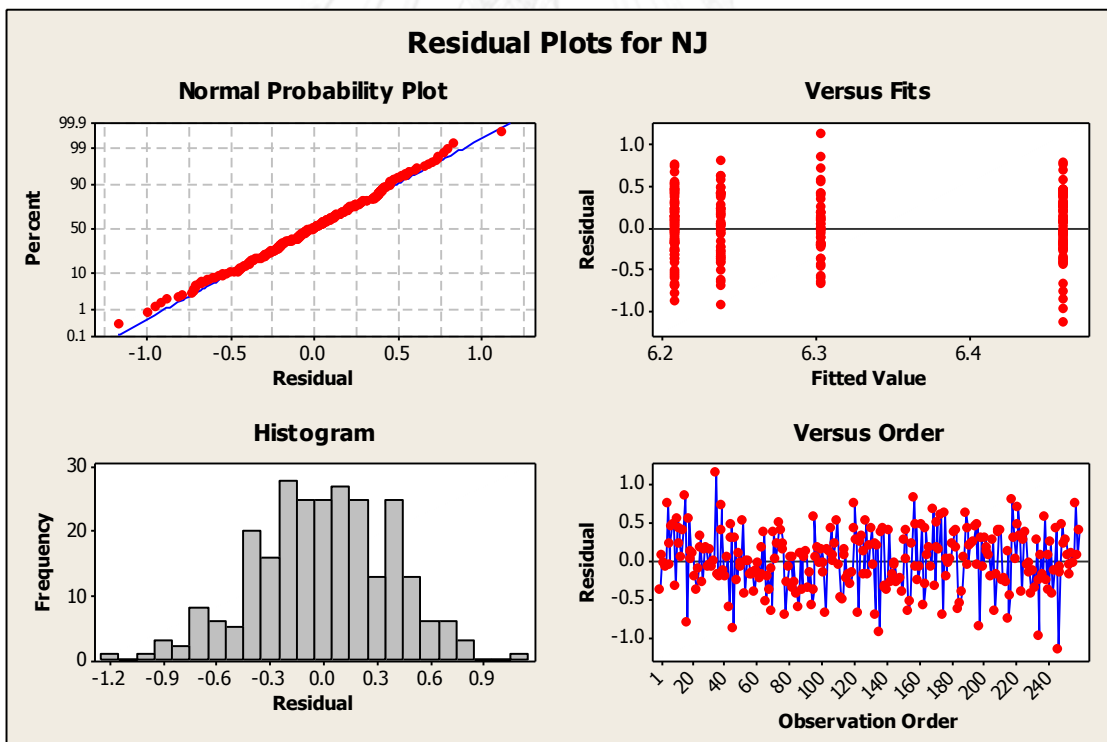
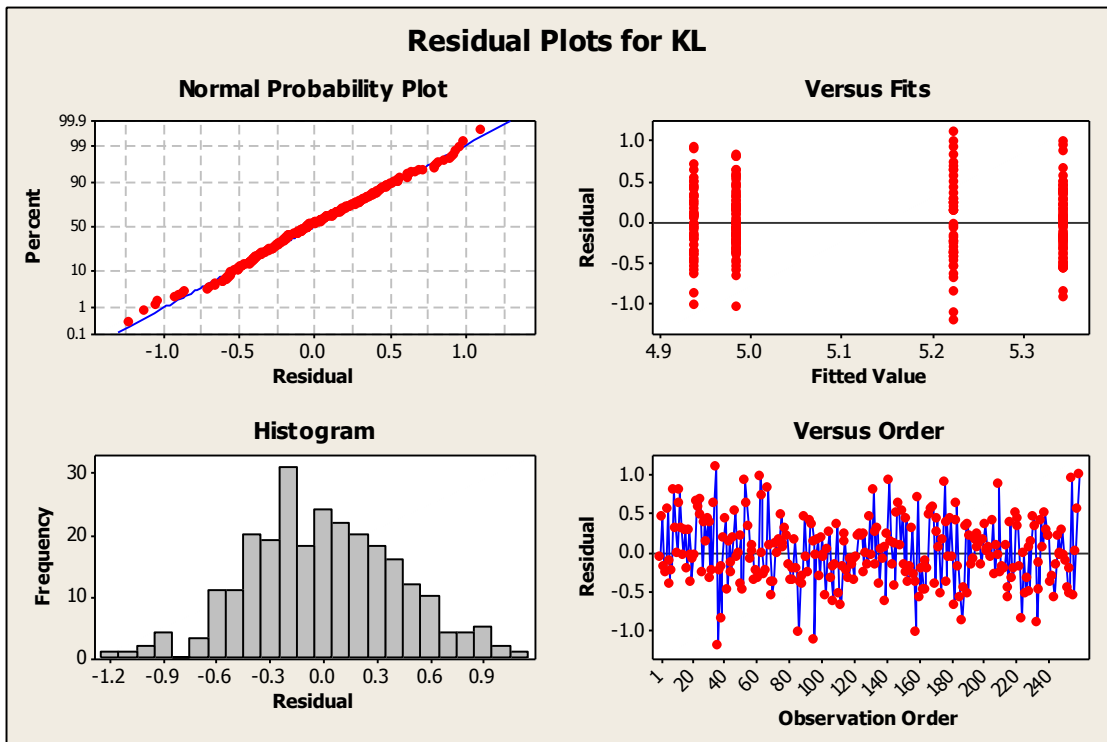
Residual plot การทดสอบความแปรปรวน

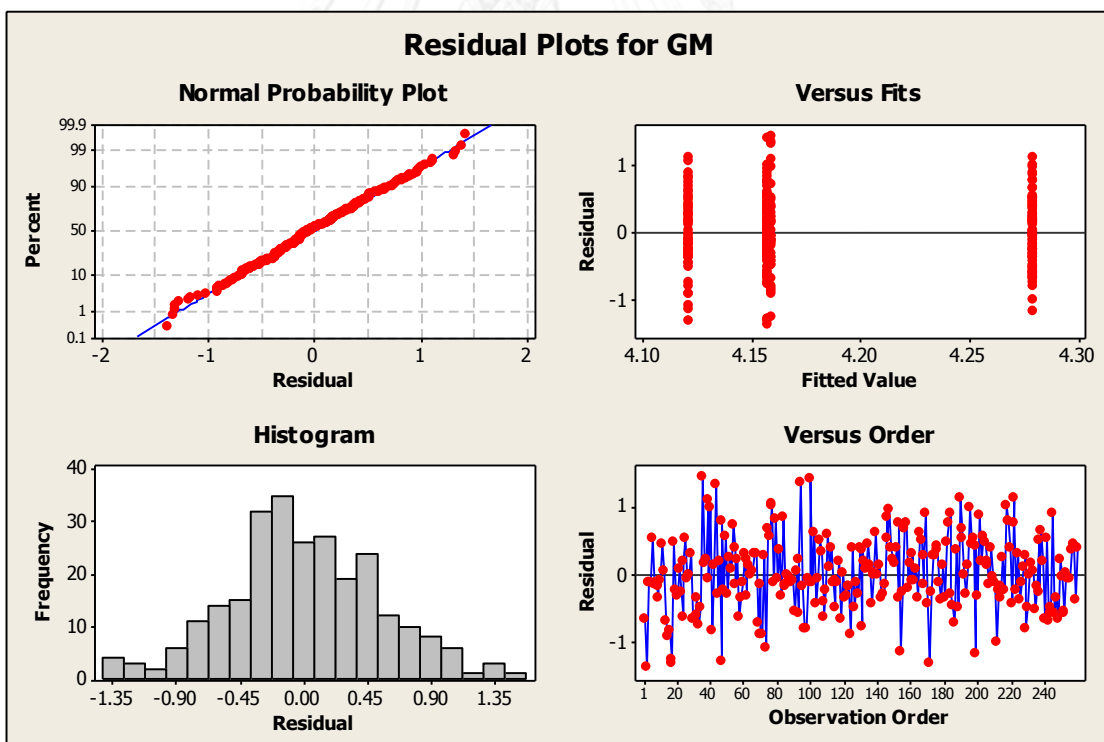
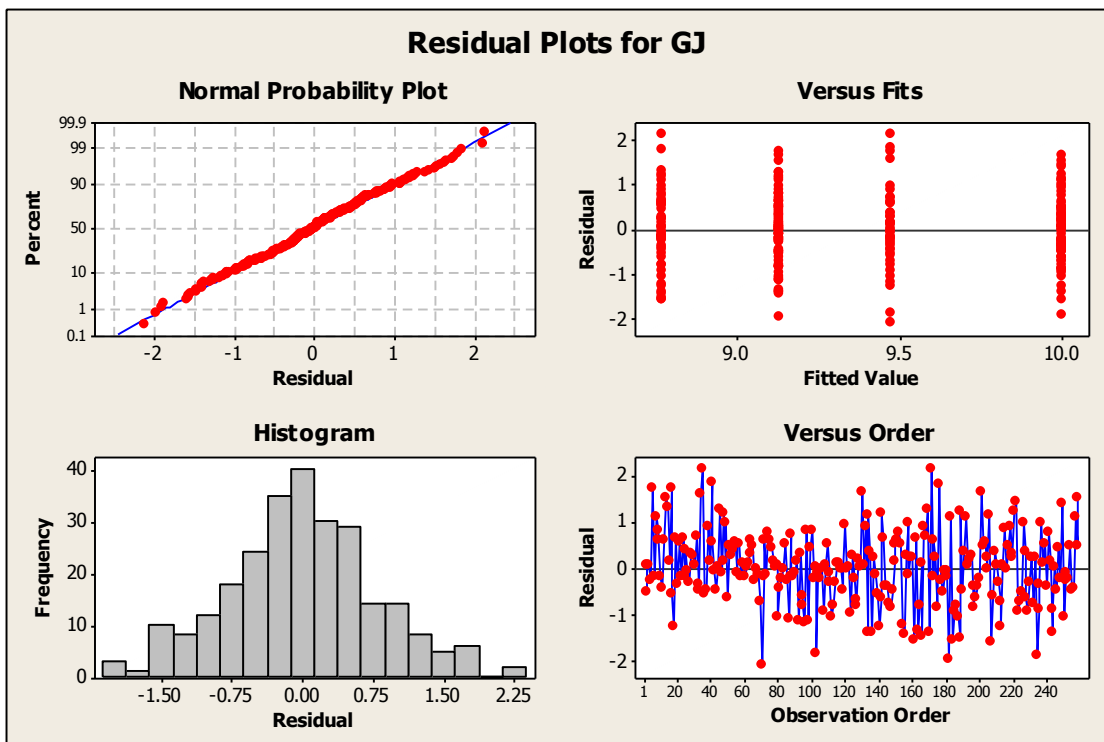
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

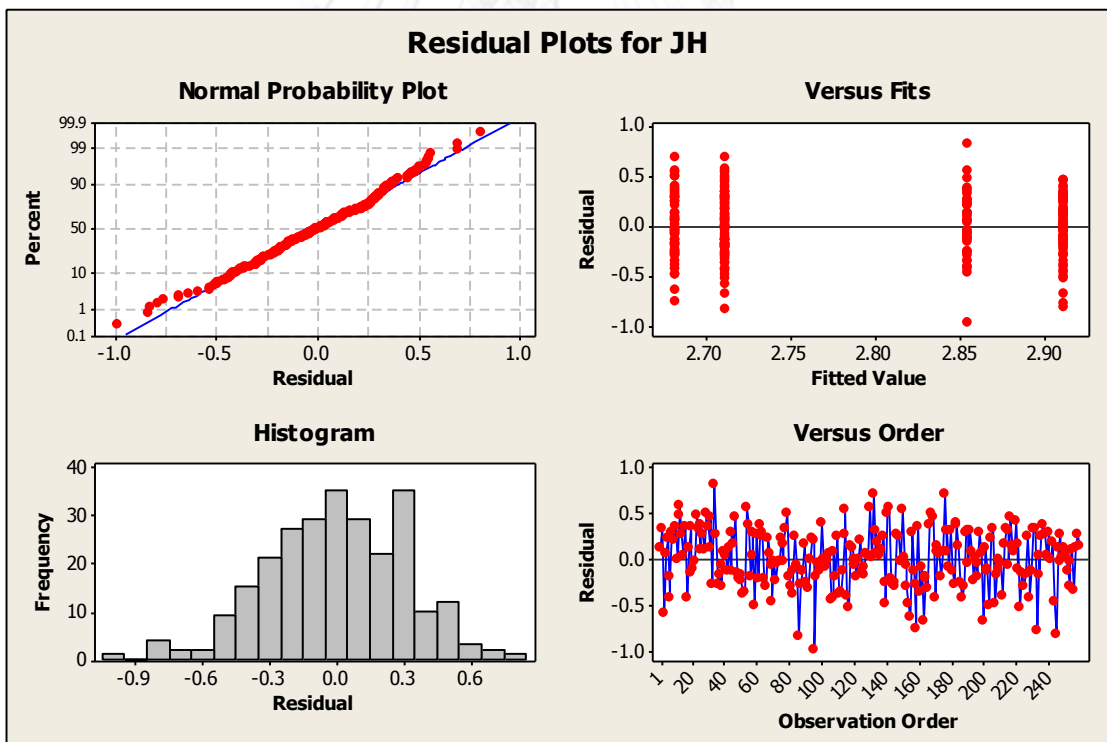
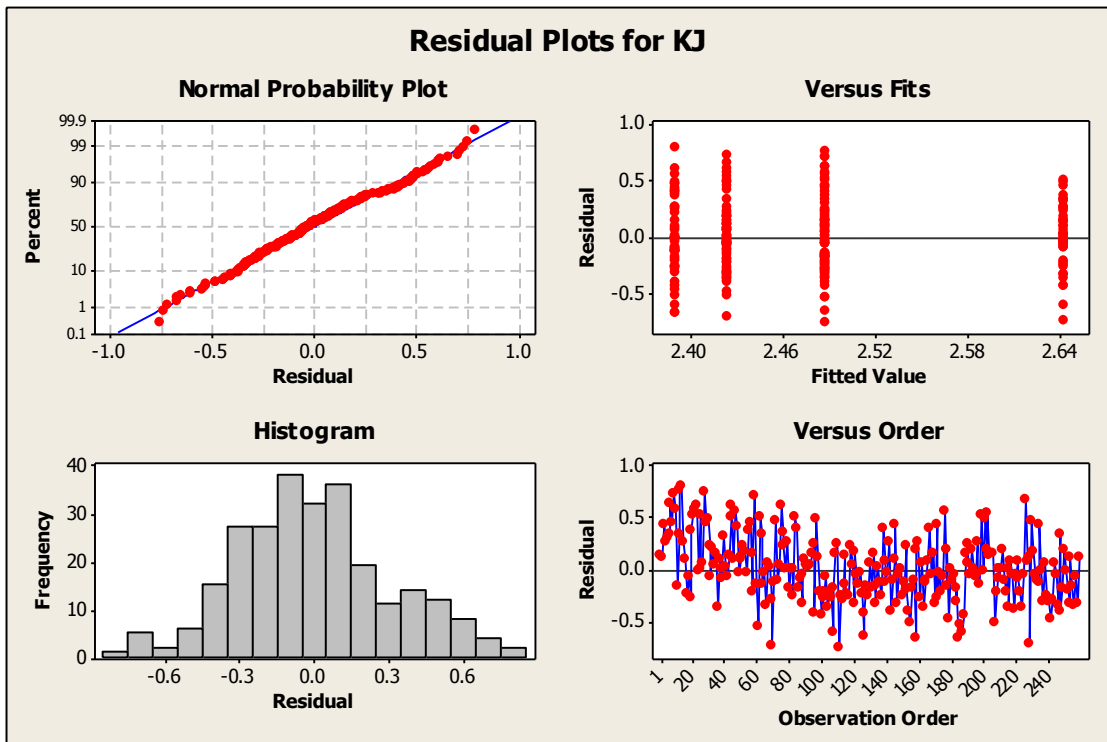


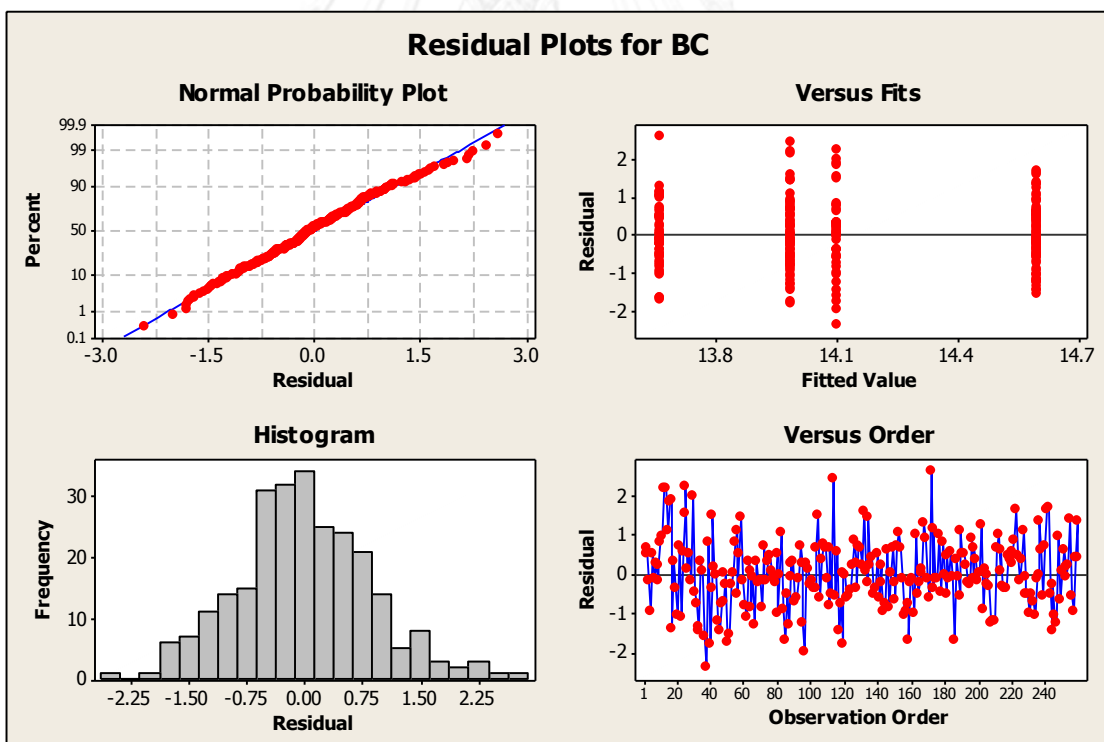
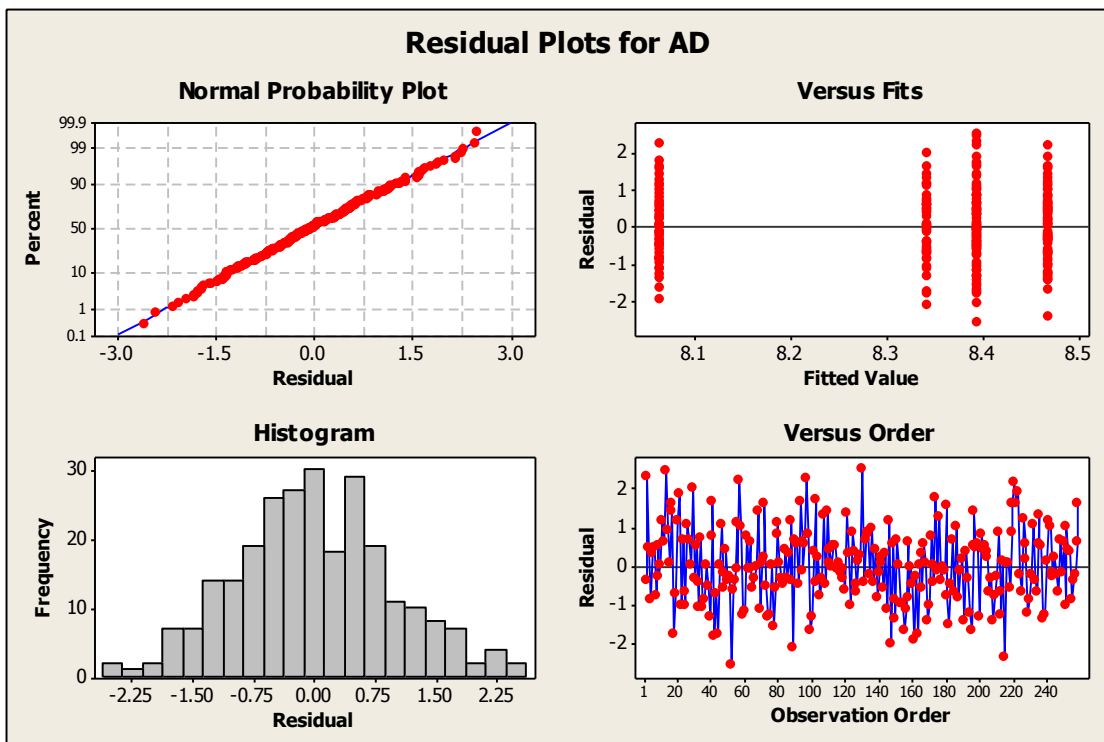


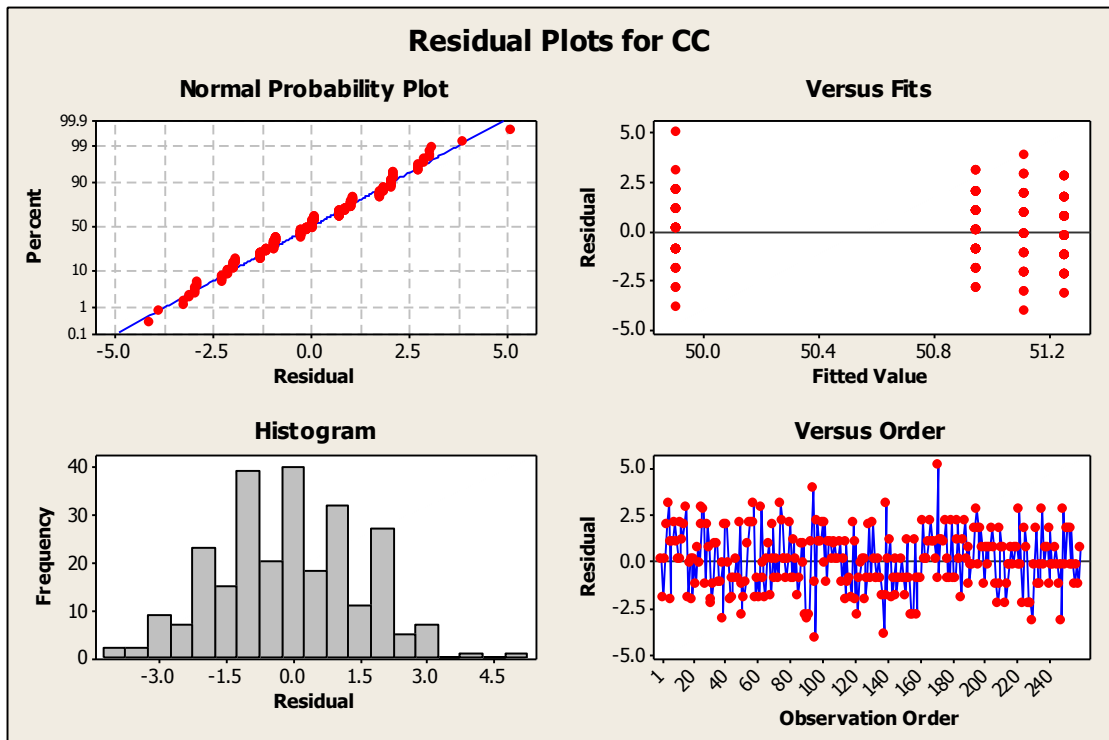











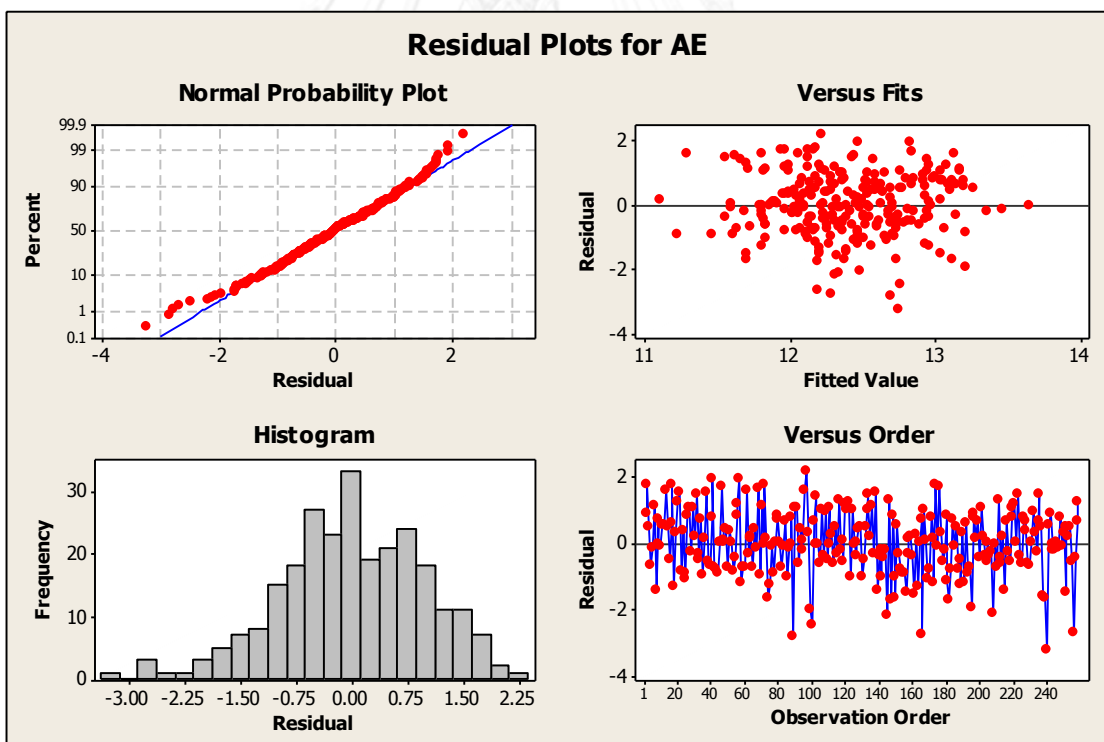
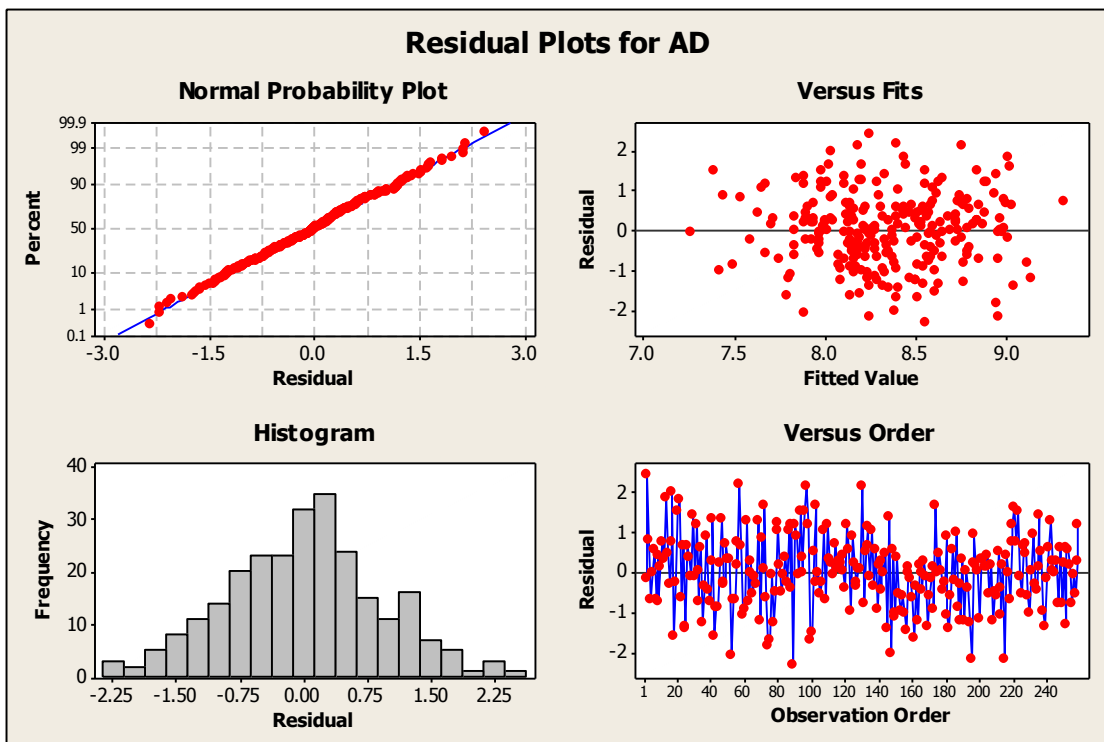


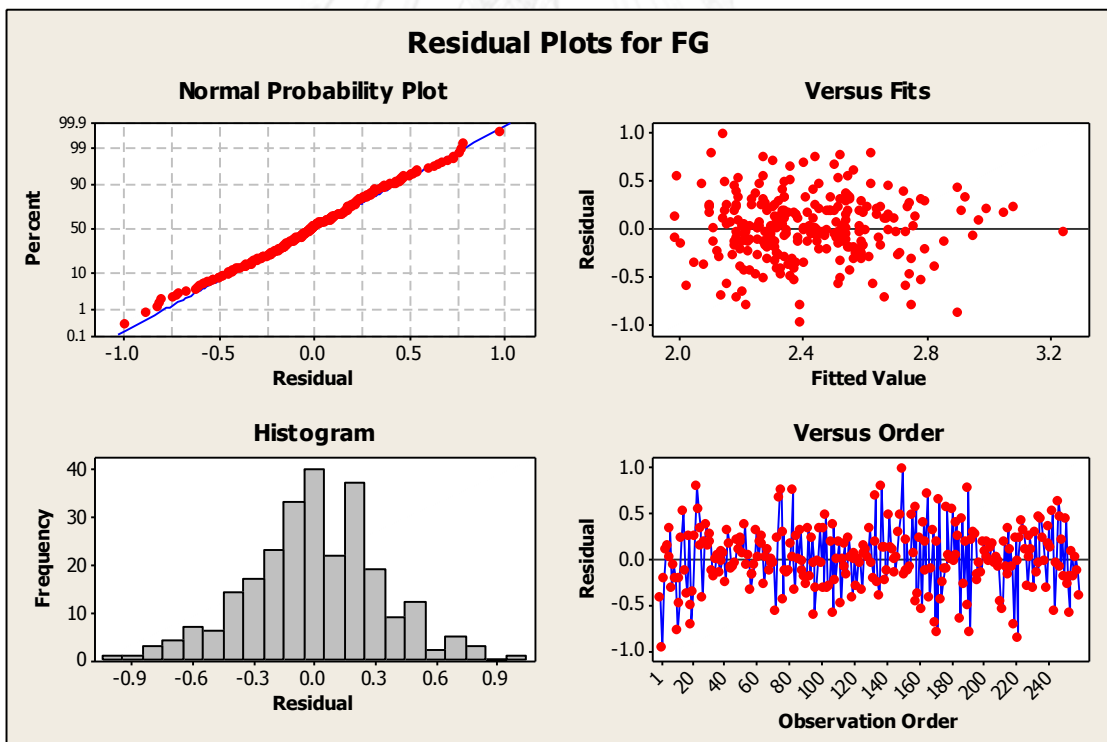
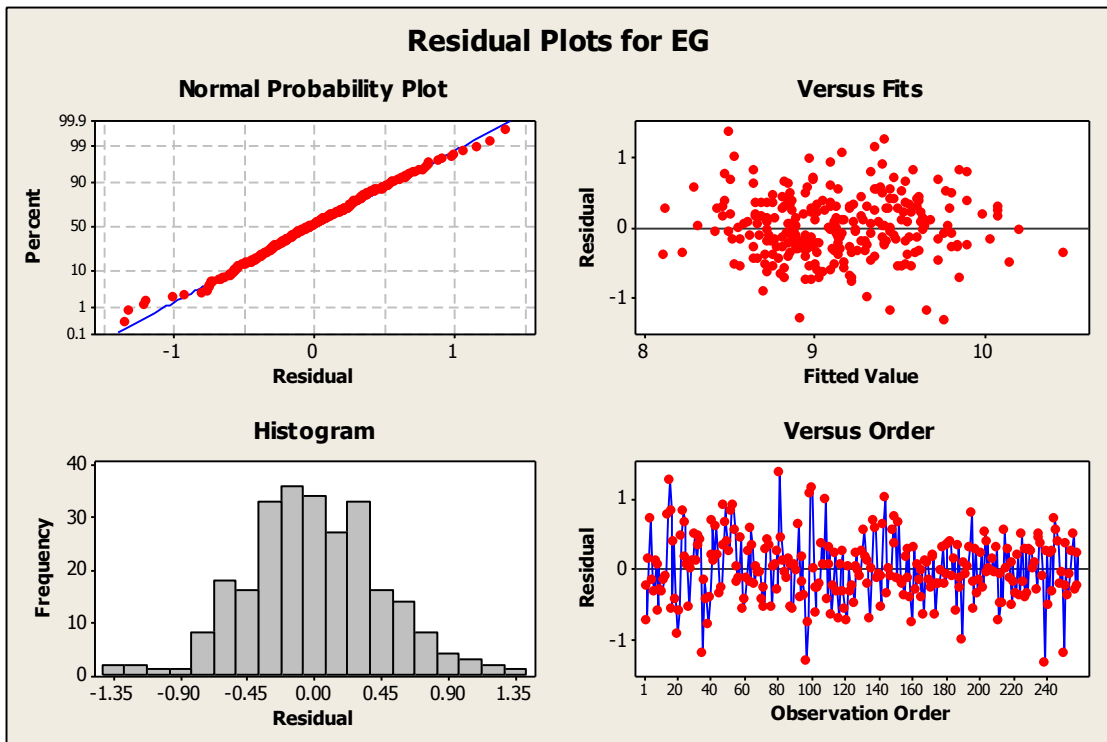


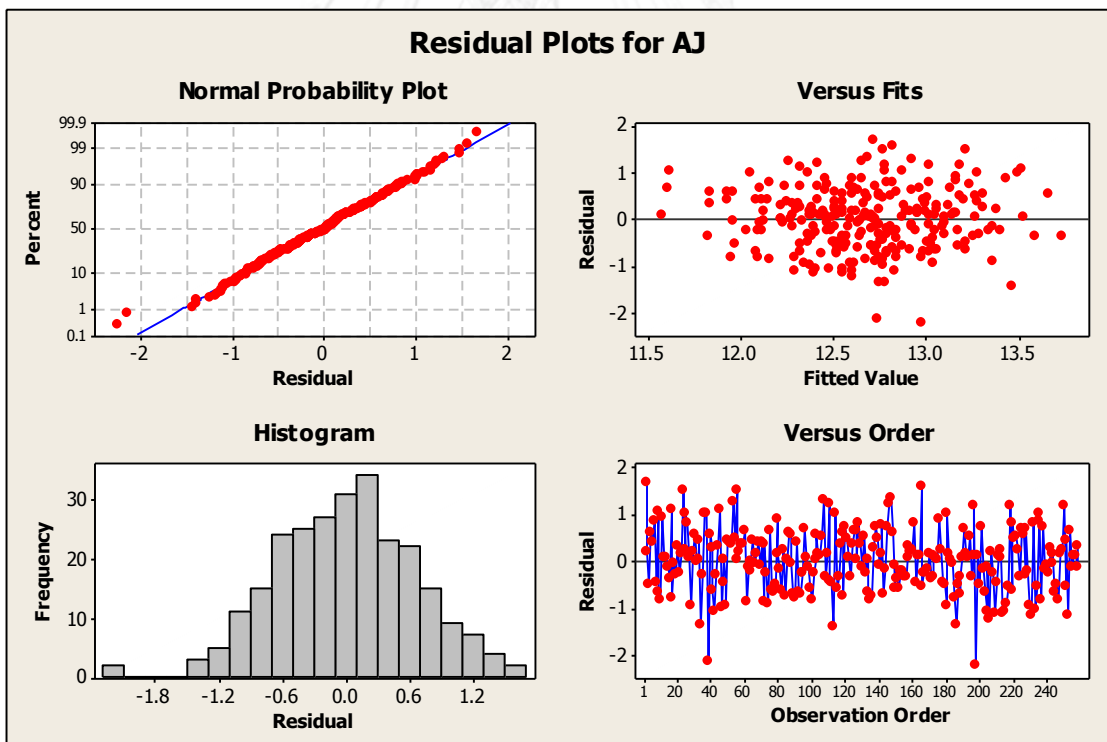
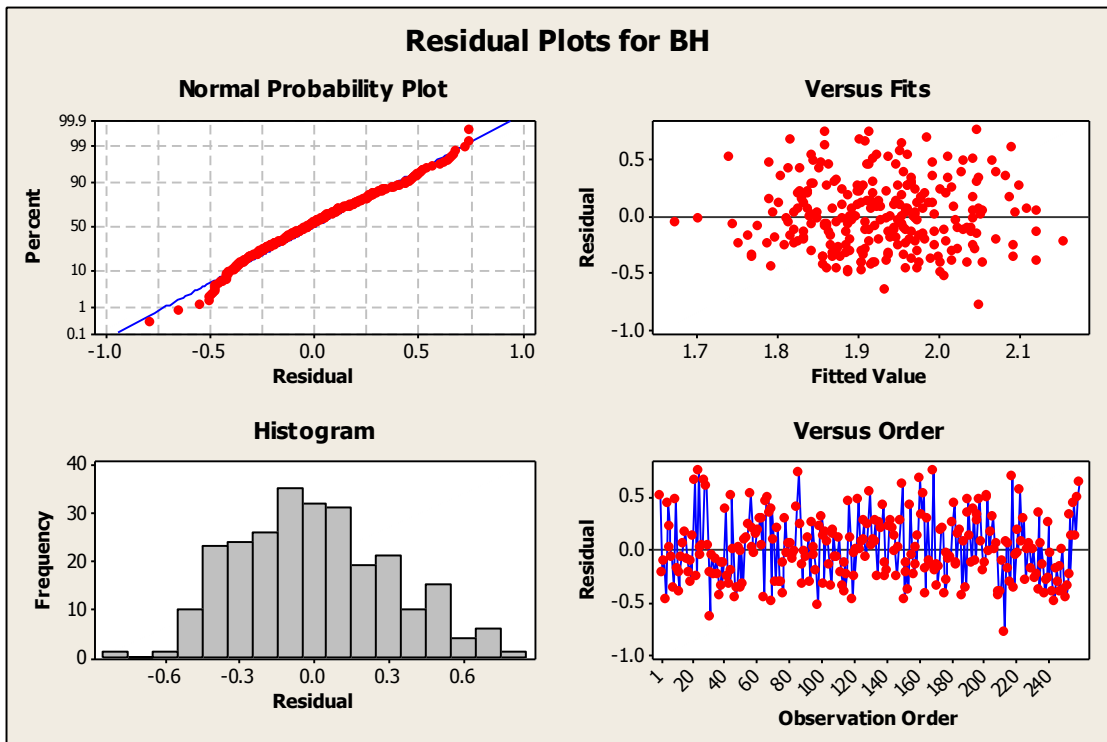
ภาคผนวก ฉ.

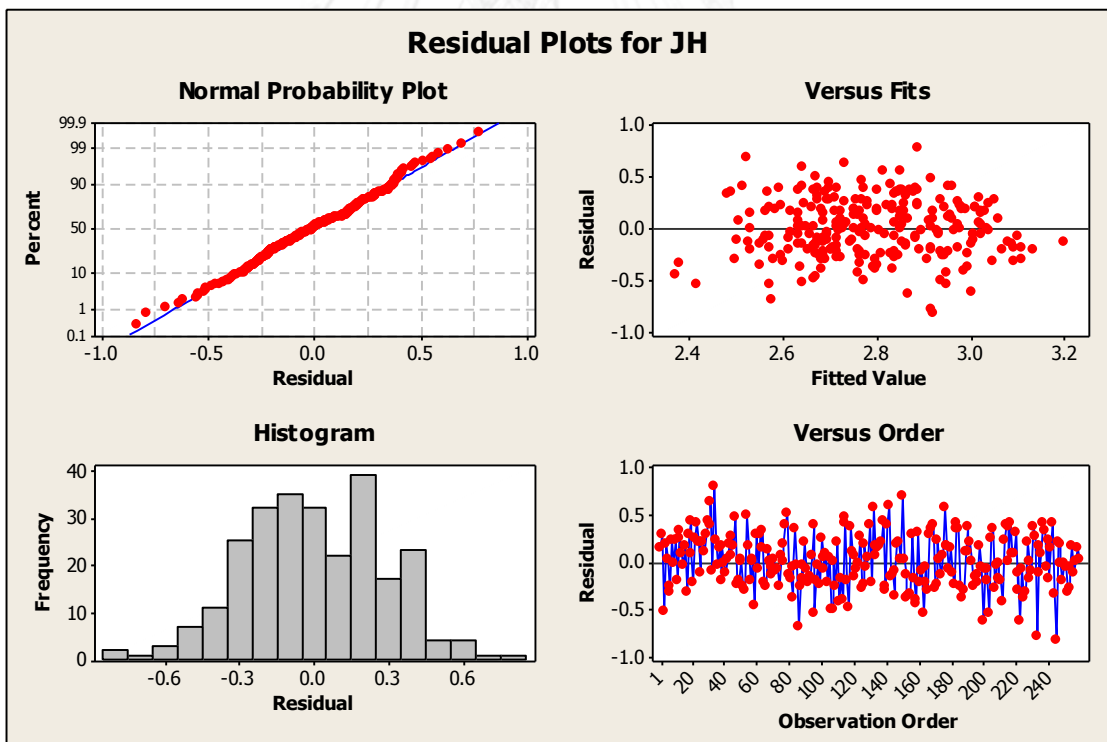
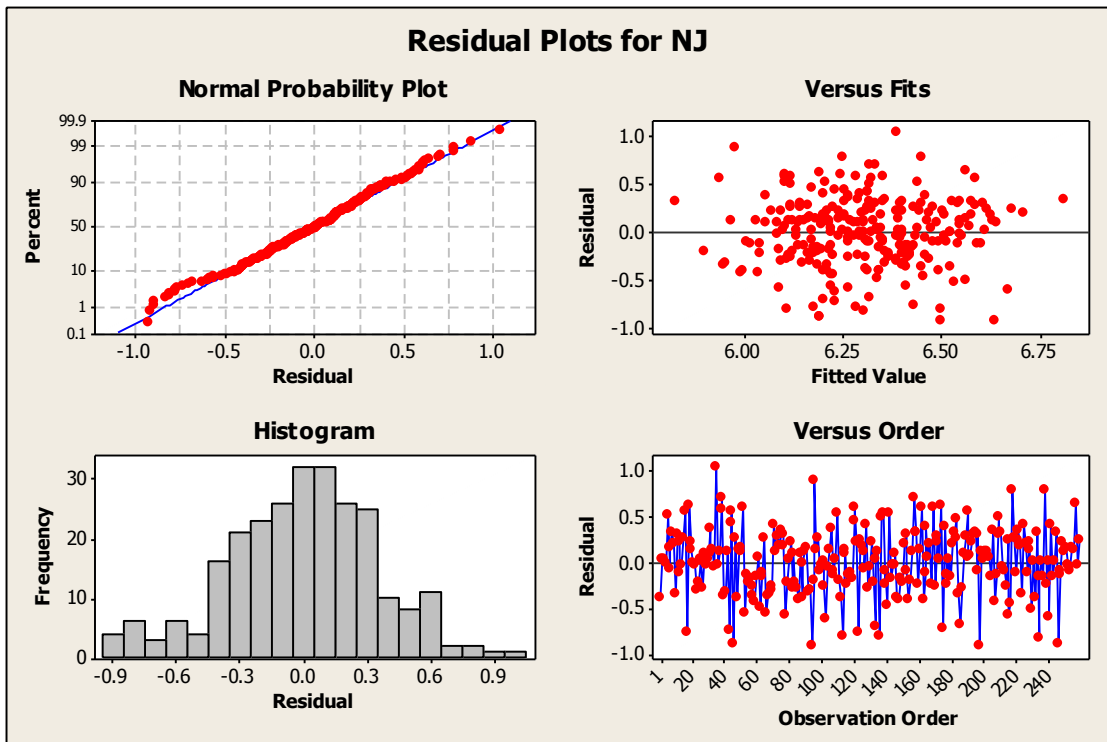
Residual plot การพยากรณ์ขนาดสัดส่วนด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรพื้นฐานร่วมกับ
สัดส่วน BC และ DI

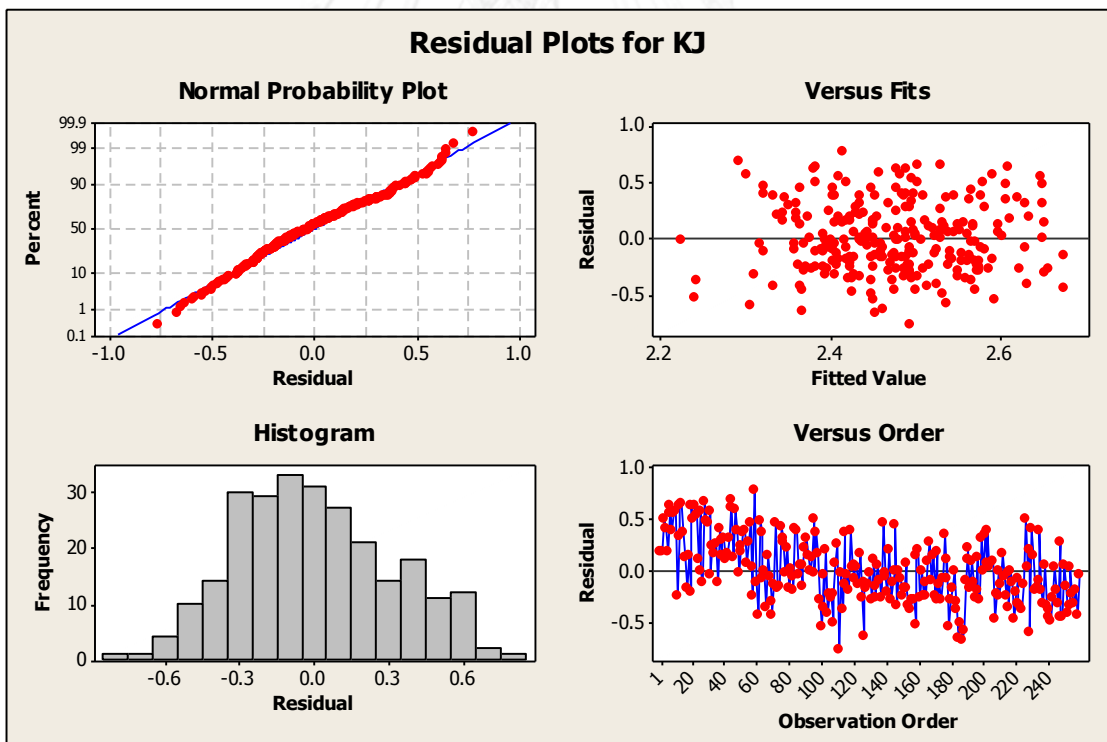
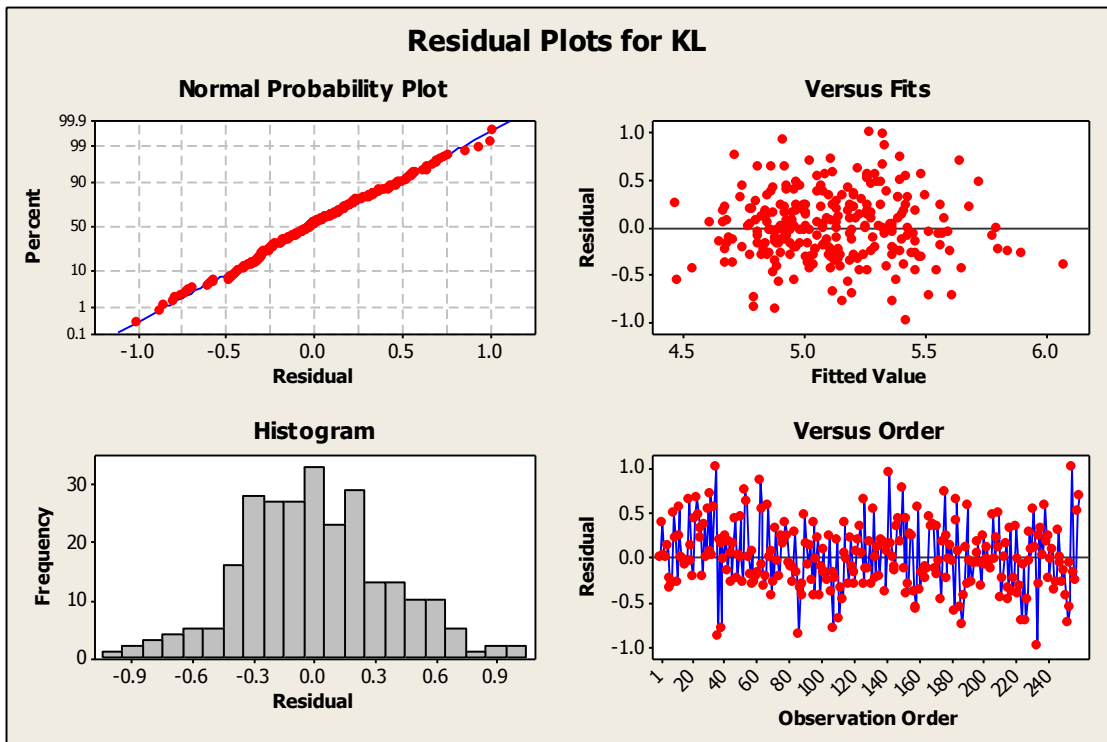
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

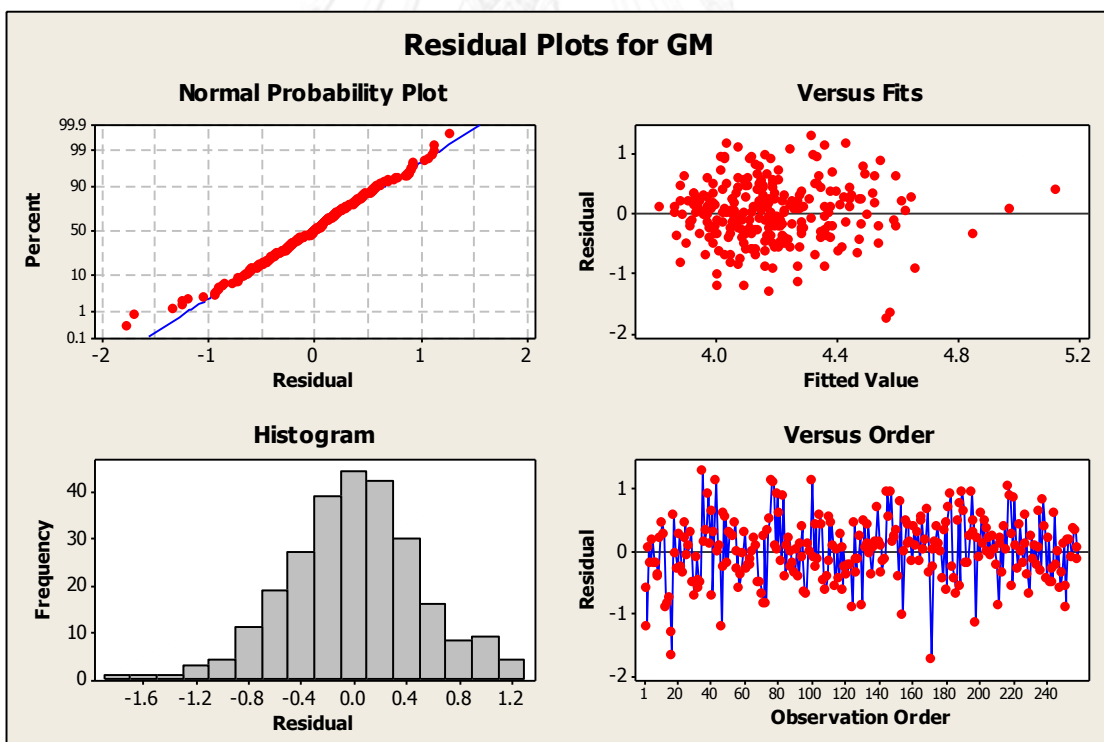
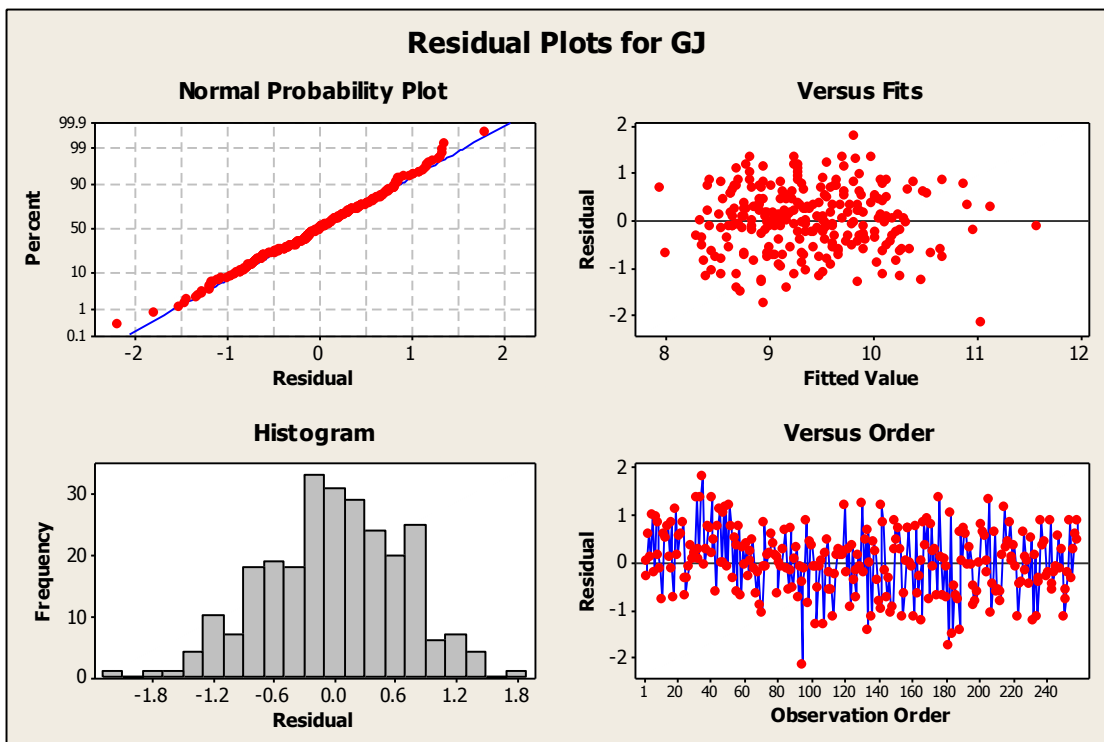


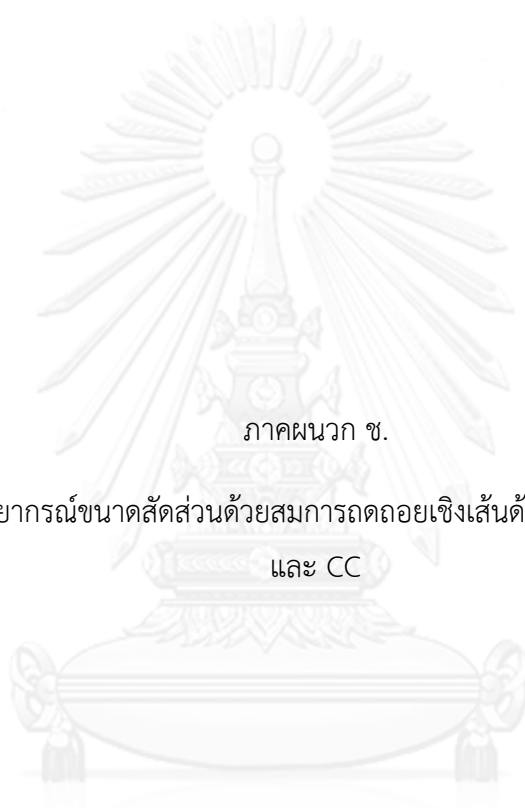








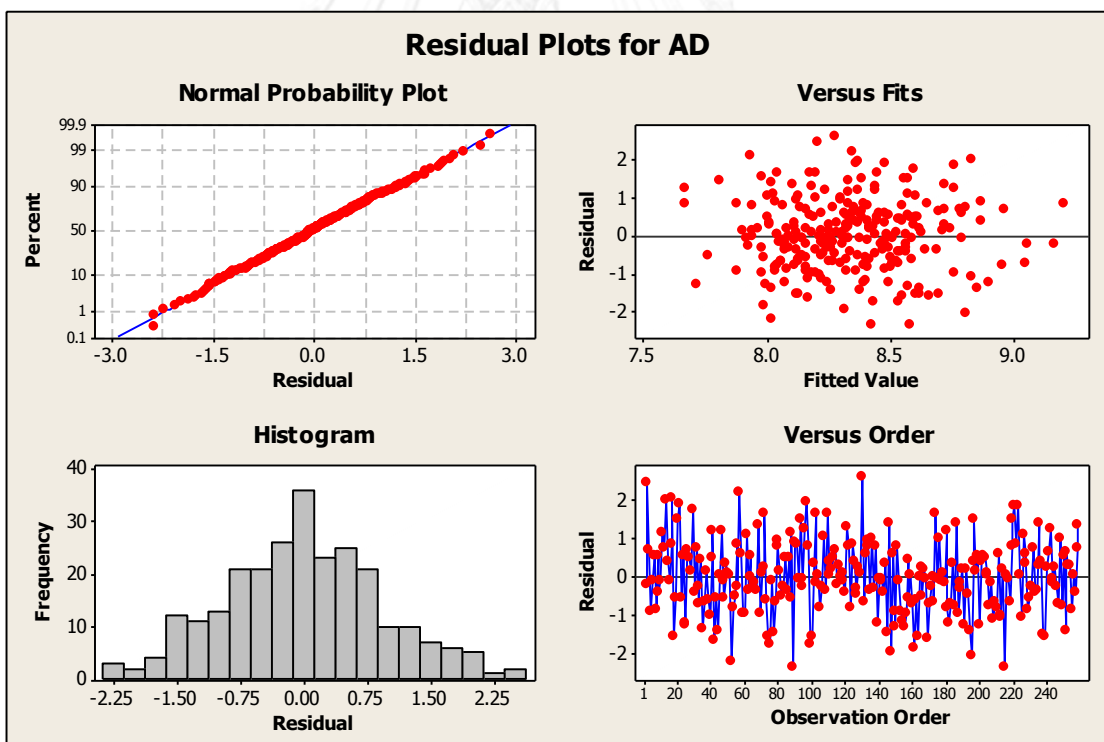
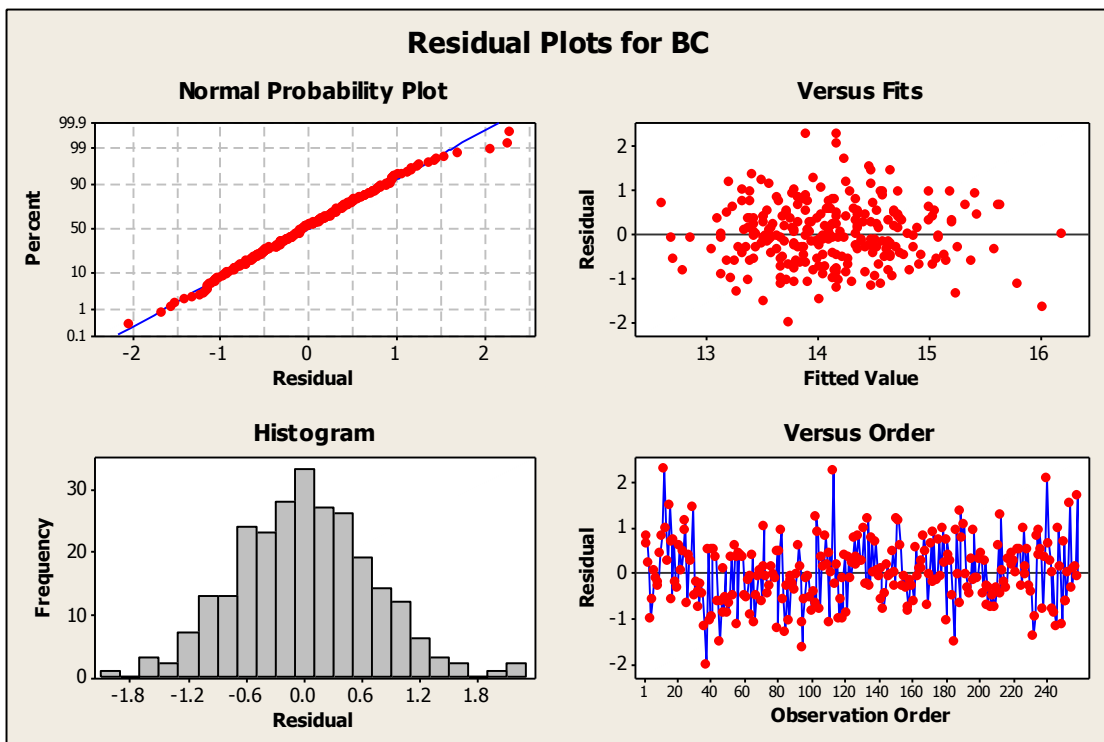


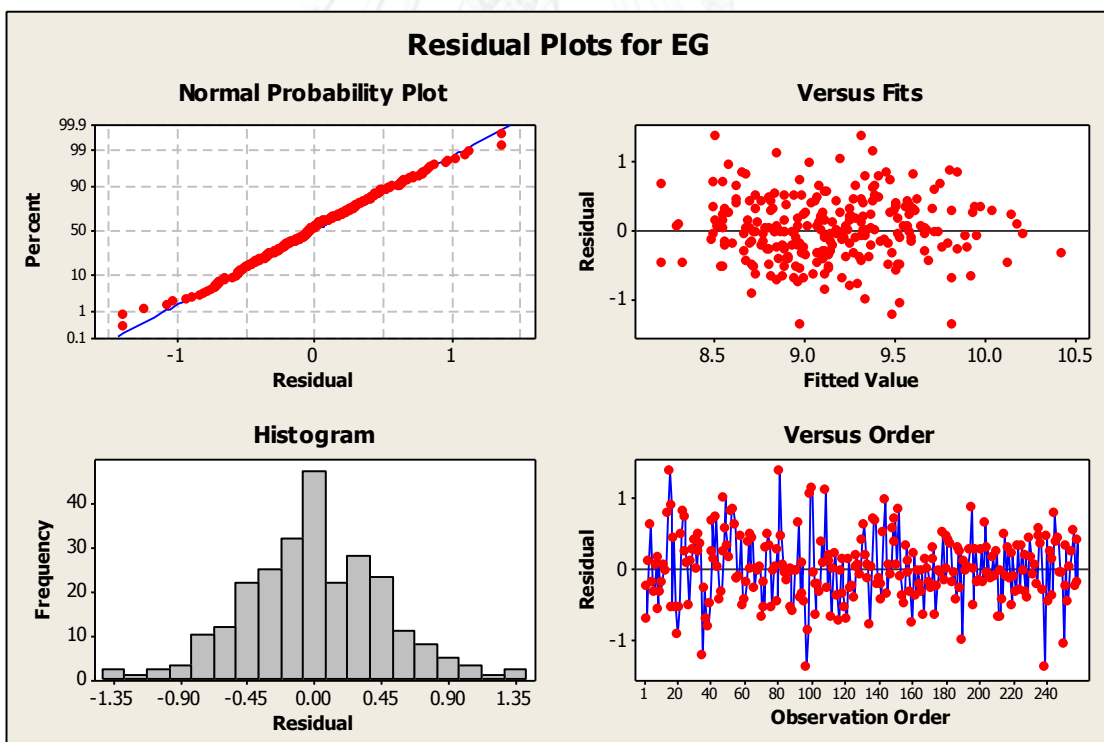
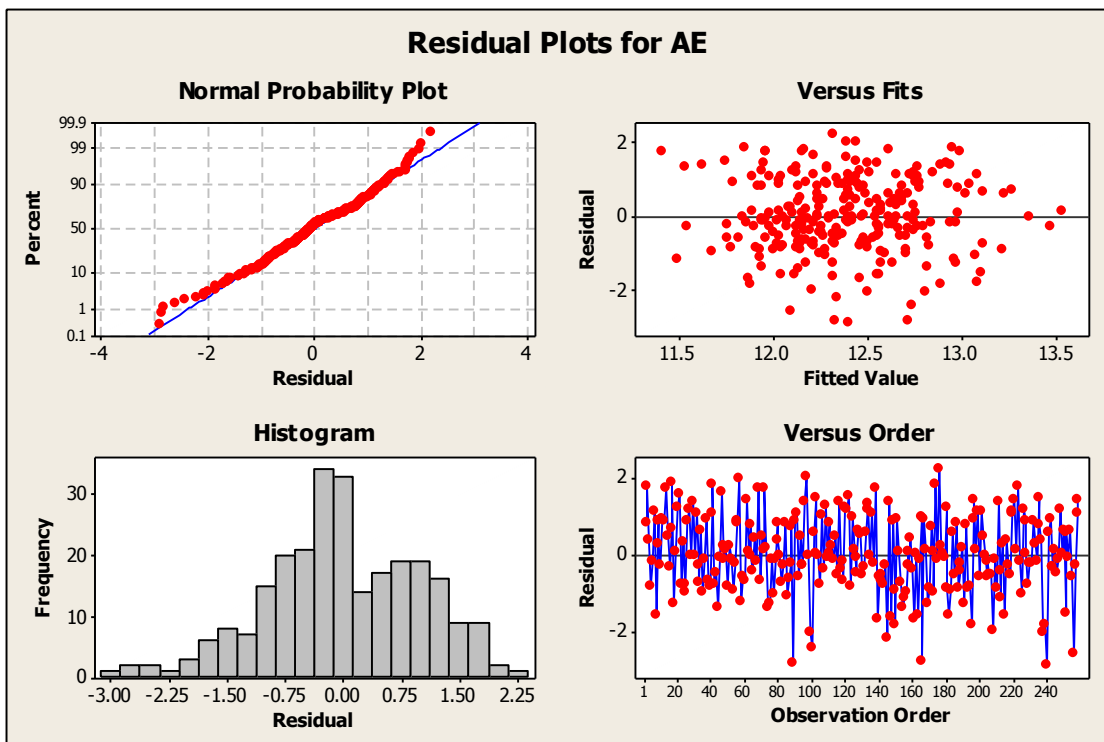


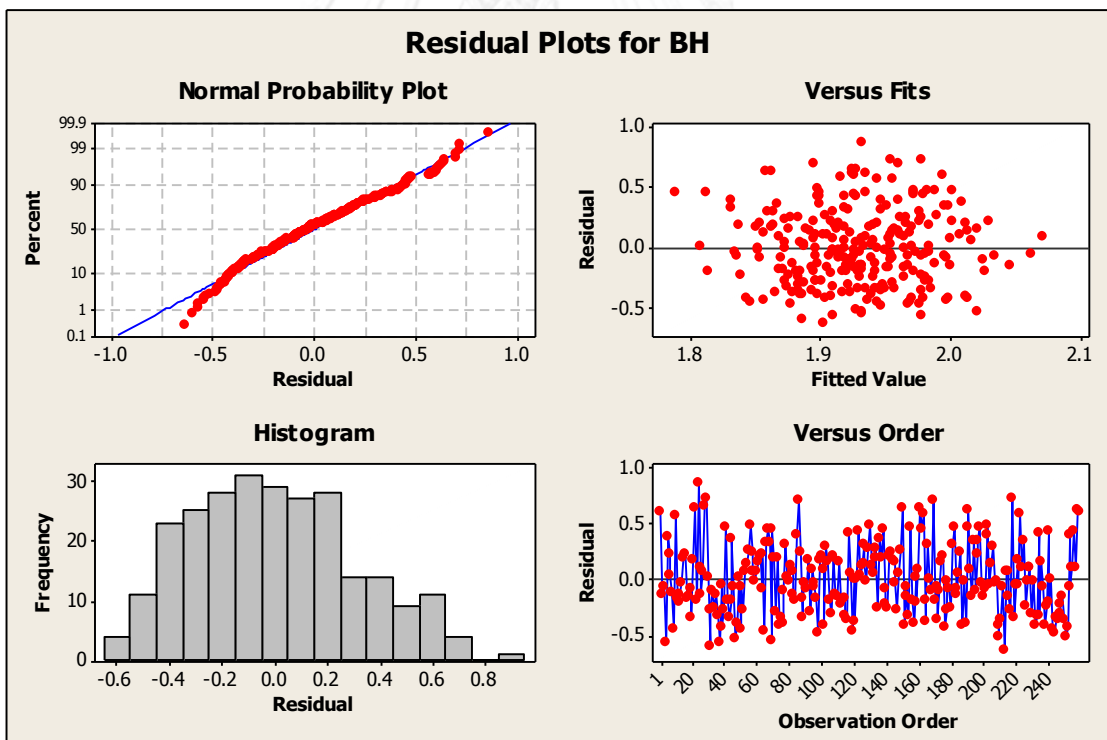
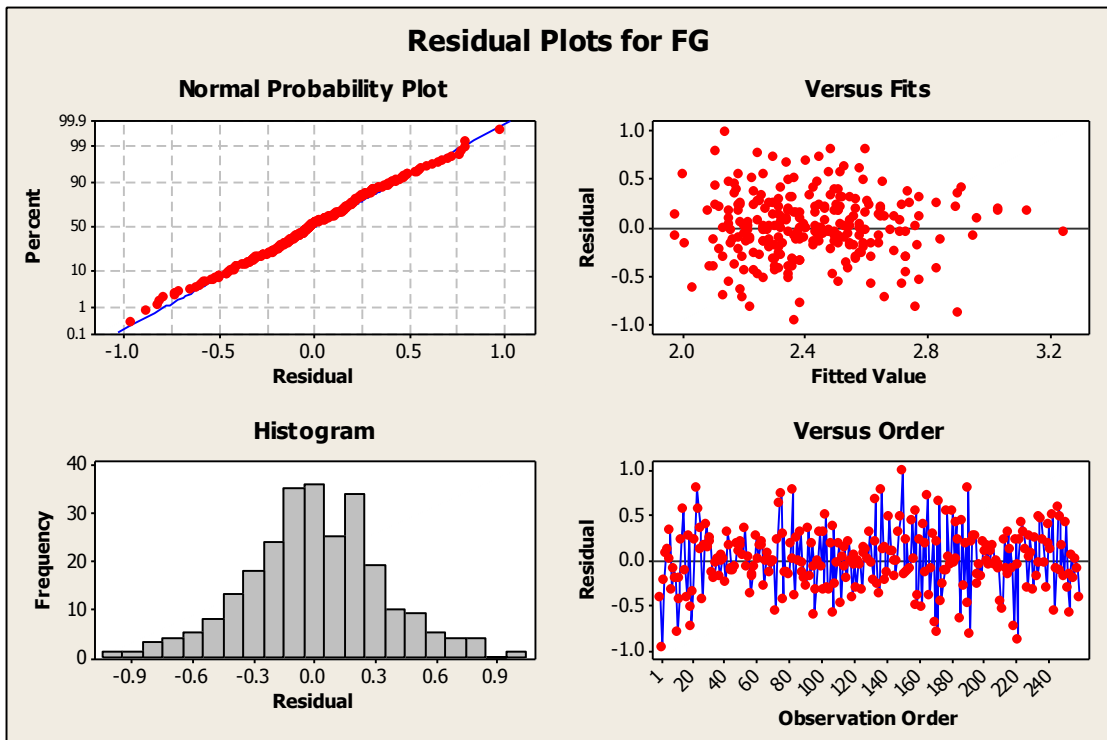
ภาคผนวก ช.

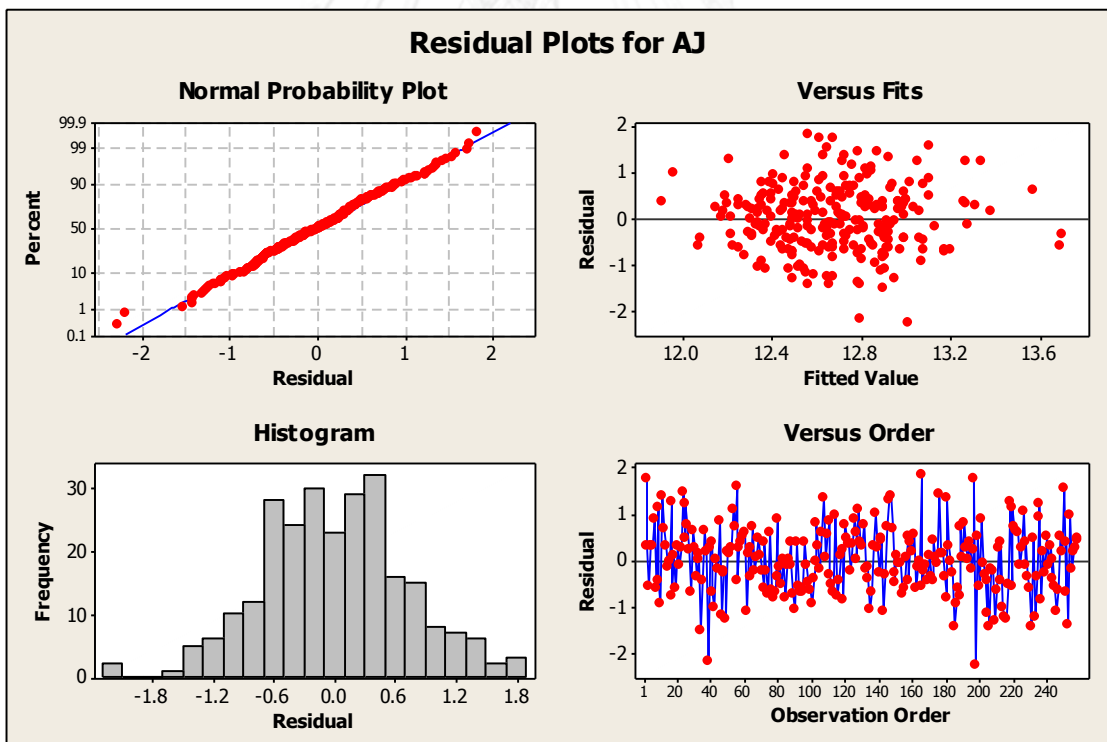
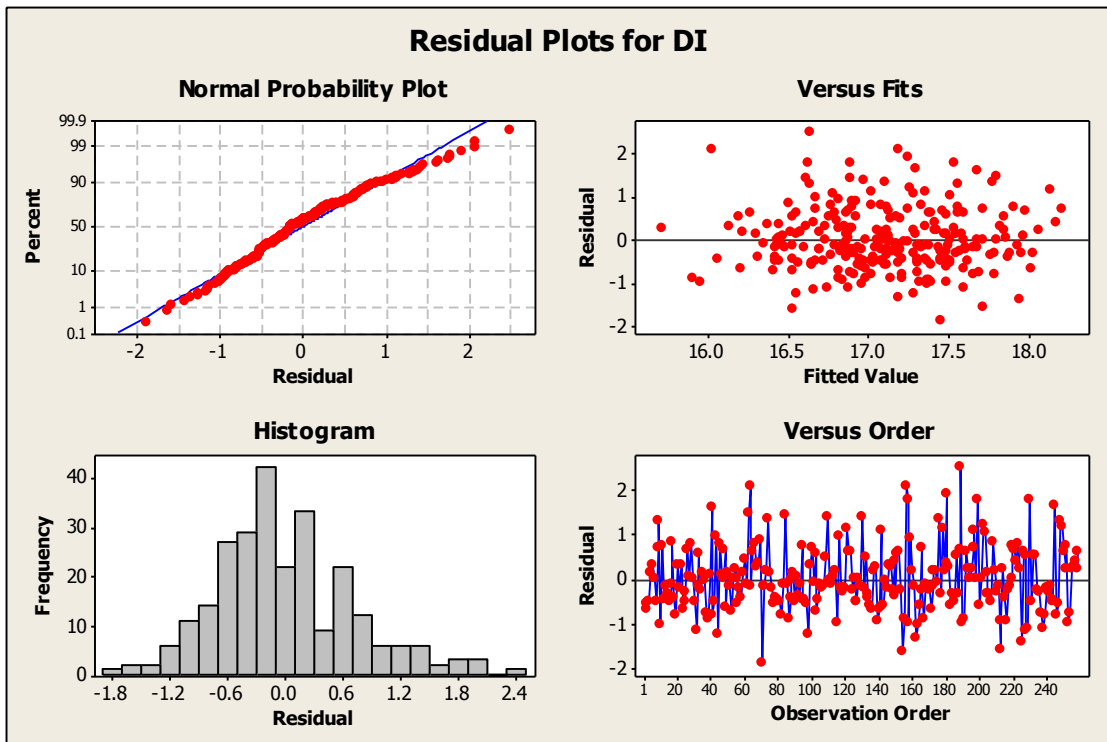
การตรวจสอบการพยากรณ์ขนาดสัดส่วนด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยตัวแปรพื้นฐาน W, H, AGE
และ CC

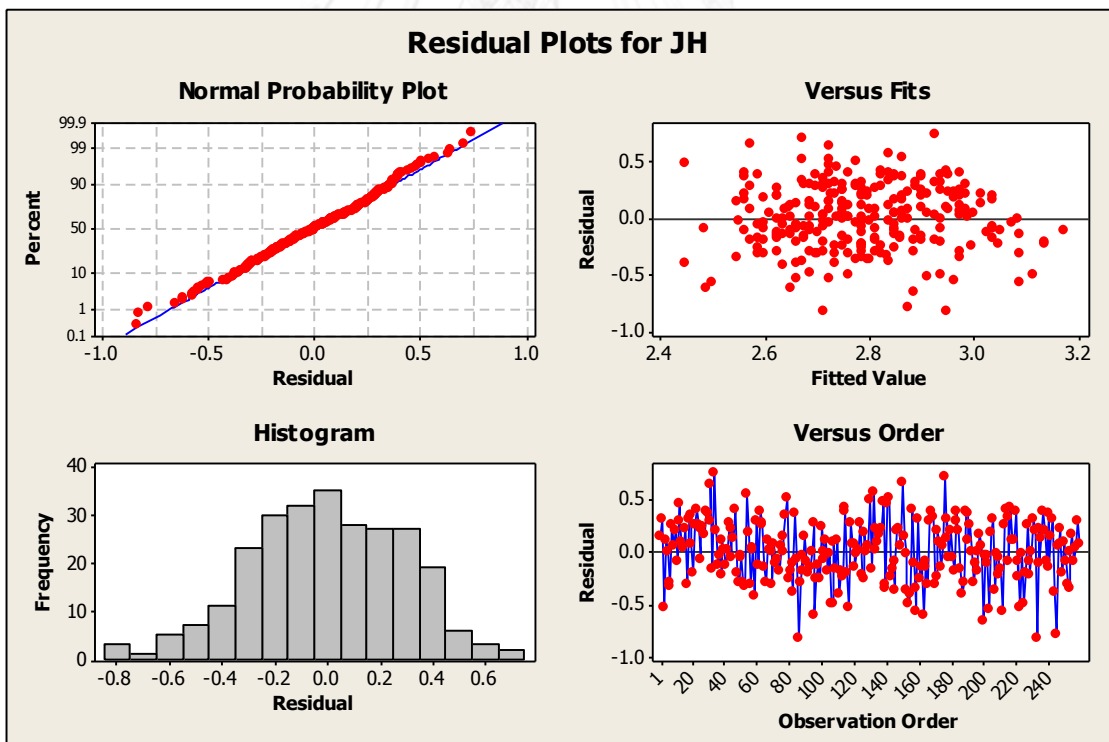
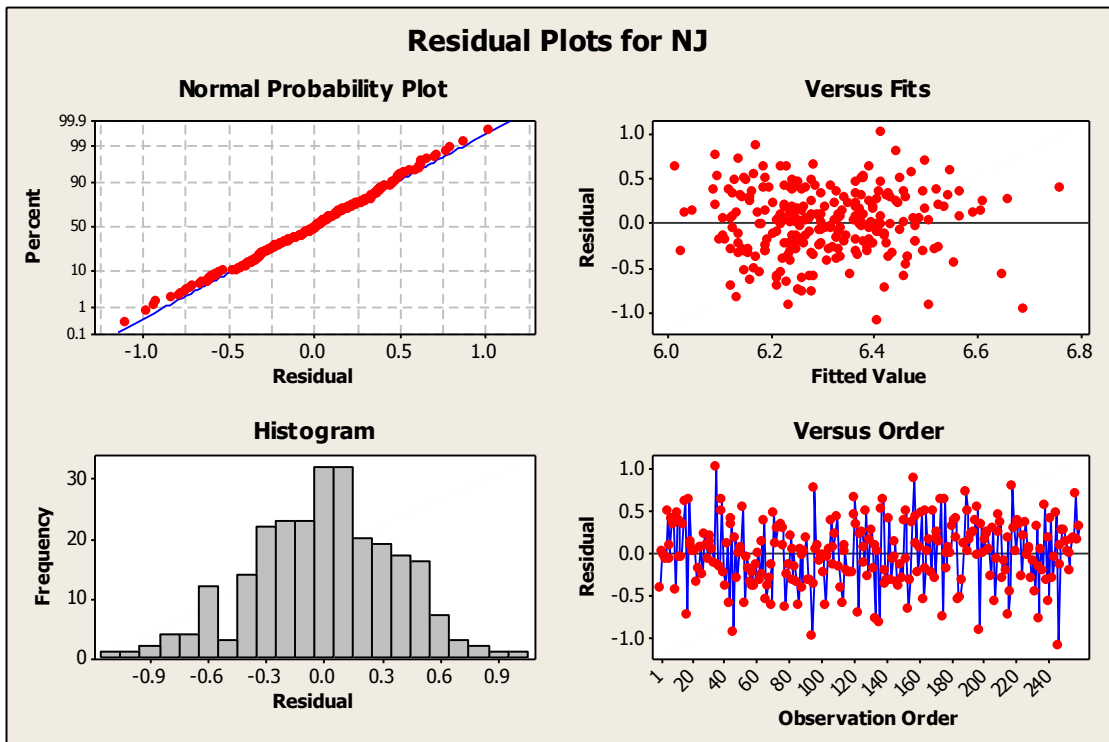
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

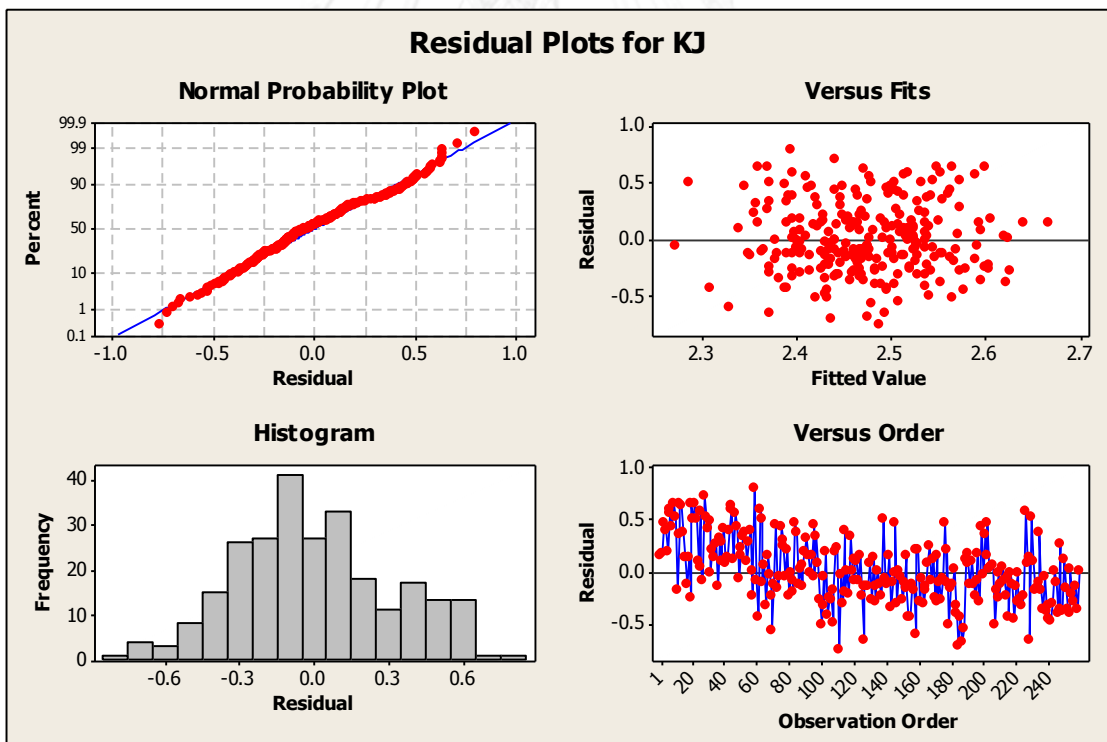
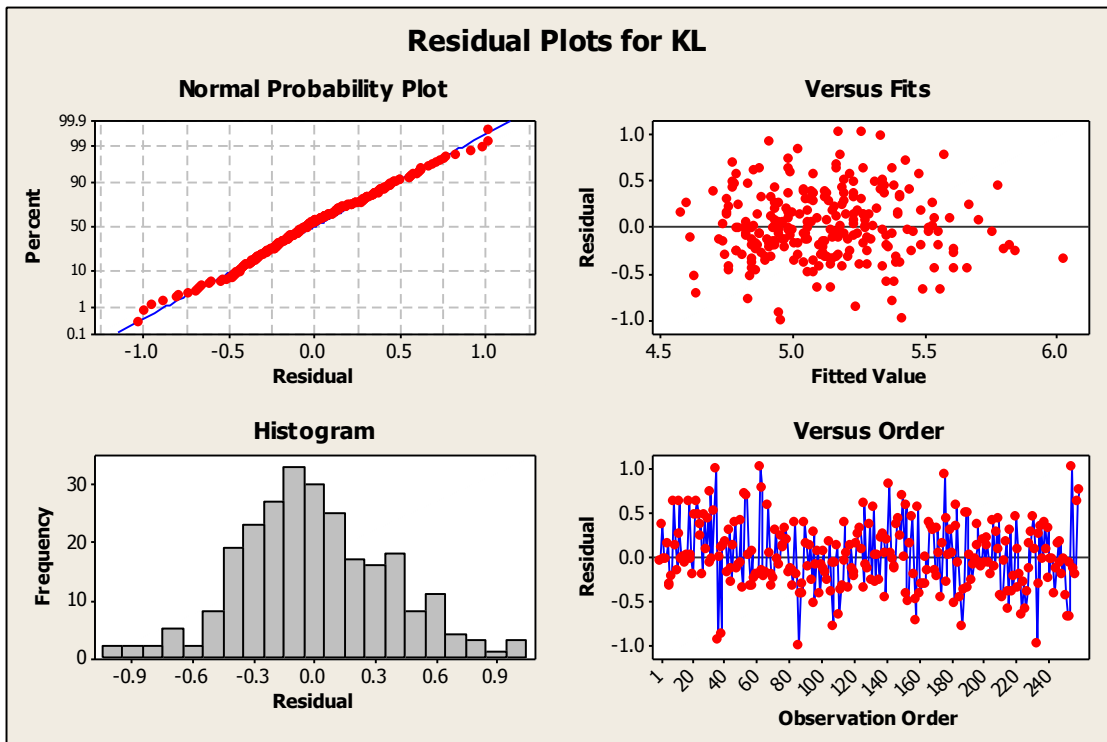


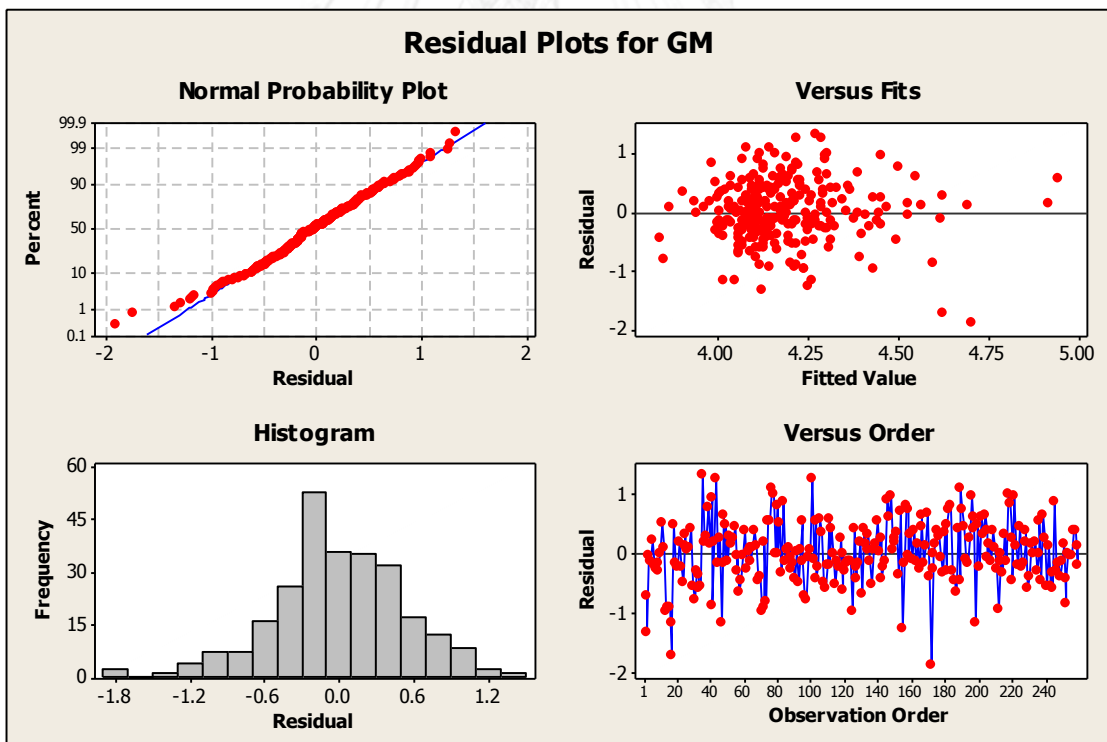
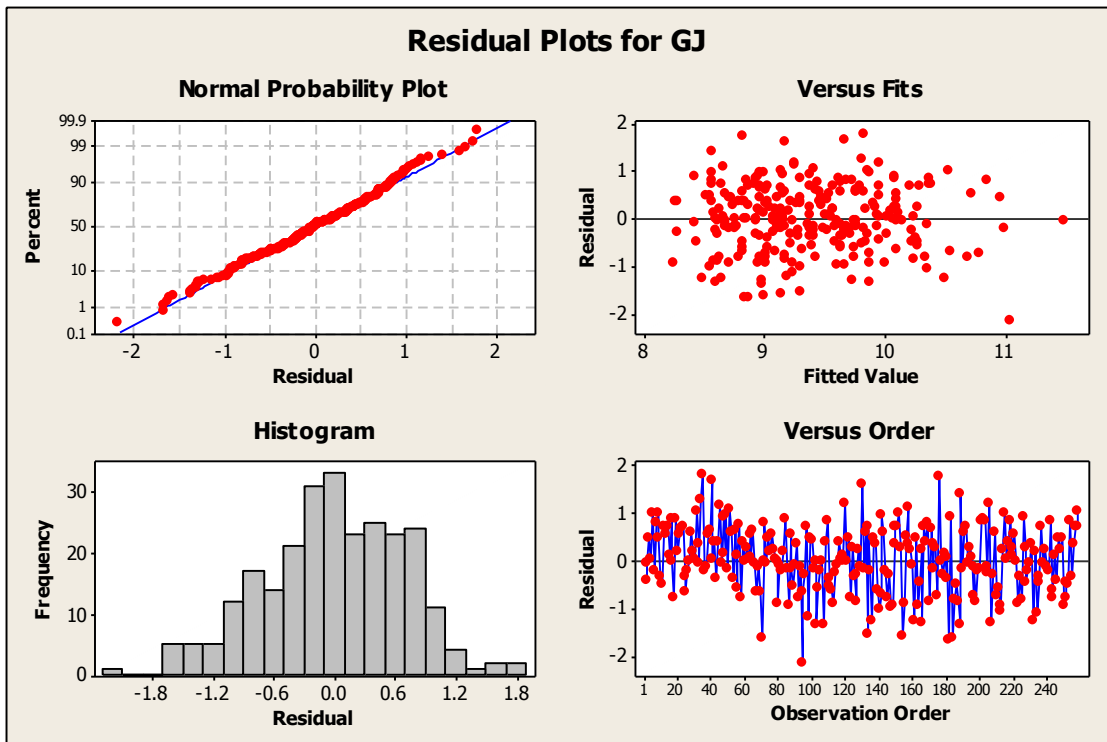


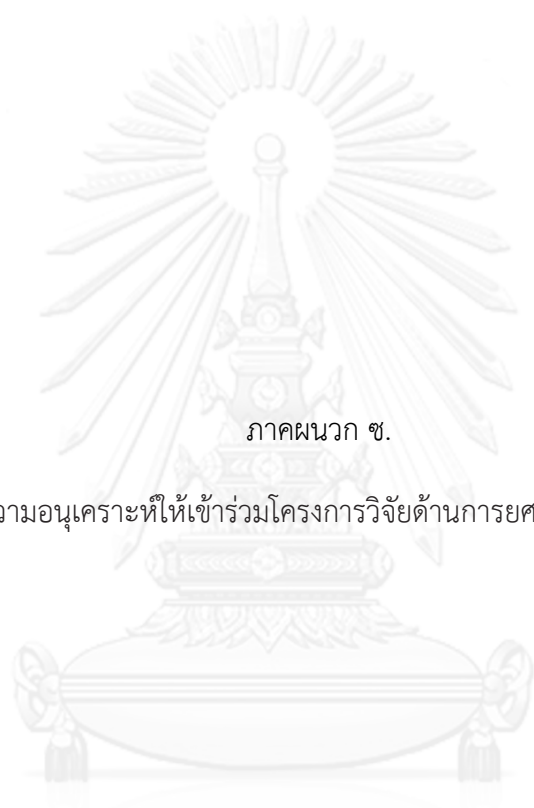












ภาคผนวก ซ.

หนังสือขอความอนุเคราะห์ให้เข้าร่วมโครงการวิจัยด้านการยศาสตร์ของเด็กนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



บันทึกข้อความ

โรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่ชลบุรี	แบบ บ.2
404	ว.ศ.
4 ก.ค. 56	
09.00	น.

ส่วนงาน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 02-218-6814
 ที่ ศธ ๐๕๑๒๖(๒๗๖๕๕)/๑๕๑ วันที่ ๑ กรกฎาคม ๒๕๕๖
 เรื่อง ขออนุญาต कराห์ให้นักเรียนเข้าร่วม โครงการวิจัยด้านการศึกษาของศึกษานิเทศน์

เรียน ท่านผู้อำนวยการ โรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่ชลบุรี

ด้วยนางสาวมาลินี ถิถิถินวาระ ศึกษานิเทศน์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เข้าร่วมโครงการวิจัย โดยมีอาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ตควจิตรกุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งอยู่ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยเรื่อง "การวัดสัดส่วนศีรษะเพื่อการออกแบบหมวกนิรภัยในเด็กก่อนวัยเรียน" โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ พัฒนาคุณภาพชีวิตของเด็กก่อนวัยเรียน ซึ่งต้องเก็บรวบรวมข้อมูลขนาดสัดส่วนศีรษะด้วยวิธีการถ่ายภาพ ซึ่งการศึกษานี้ยังไม่กระทบต่อสุขภาพร่างกาย พัฒนาการ และผลการเรียนของเด็กแต่อย่างใด ในกรณีจึงขออนุญาต कराห์ให้นักเรียนเข้าร่วมโครงการดังกล่าว ในวันเสาร์ที่ 13 กรกฎาคม 2556 เวลา 09.00 - 16.00 น.

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความกรุณาจากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สาวอ๊อ๊ อ๊อ๊อ๊อ๊อ๊
 (นางสาวมาลินี ถิถิถินวาระ)
 ผู้ดำเนินการวิจัย

โรงเรียน ผู้ดูแลระบบ ๑
 - จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน
 ให้นักเรียนเข้าร่วมโครงการวิจัยด้านการศึกษา
 ของเด็กก่อนวัยเรียน ในวันเสาร์ที่ 13 ก.ค. 56
 เวลา 09.00 น. - 16.00 น. (ห่างล้นน้อยสุด)

- จิวใจนงมาเพื่อไปเขตถนนค.พินิจนค
 S.ม
 นางสาวมาลินี เสืออนาค
 บุคลากรสนับสนุนการสอน
 งานธุรการ
 4 ก.ค. 56

(นางพัสสิพสิง โทอิกุล)
 รองผู้อำนวยการสถานศึกษา

วิฑนพ
 ๑. ๒๓๓๓๓๓๓๓
 ๒. ๒๓๓๓๓๓๓๓

นางสาวมาลินี
 ๑๓ กรกฎาคม ๒๕๕๖

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมาลินี ลีลัคนาวีระ เกิดเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2528 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2549 และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทบัณฑิตในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลายปี พ.ศ. 2554



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY