

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์



นายเพิ่มศักดิ์ พิมพ์่อง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2556

**STUDY OF FACTORS AFFECTING REACTION TIME
OF MOTORCYCLE RIDERS**



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Suranaree University of Technology**

Academic Year 2013

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการตอบสนองของผู้จับจี้รถจักรยานยนต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้แก่นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย)

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.นิเวศ เจริญใจ)

กรรมการ

(ผศ. ดร.ขงยุทธ เสริมสุขธีอนุวัฒน์)

กรรมการ

(อ. ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ทิมปีงานงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง : การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์
(STUDY OF FACTORS AFFECTING REACTION TIME OF MOTORCYCLE
RIDERS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล, 145 หน้า.

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการใช้หมวกนิรภัย
ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ และ 2) เพื่อบ่งชี้ปัจจัยสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการ
ตอบสนองจากสิ่งกระตุ้นของผู้ใช้หมวกนิรภัย งานวิจัยนี้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลกลุ่มผู้ขับขี่
รถจักรยานยนต์ในเขตจังหวัดนครราชสีมาจำนวน 437 คน โดยใช้แบบสอบถาม ผลปรากฏว่า
ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้หมวกนิรภัยและกฎหมายที่บังคับ
ใช้ โดยหมวกนิรภัยที่ใช้ส่วนใหญ่มีเครื่องหมายรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและนิยม
ใช้แผ่นกันลมสีใสมากที่สุด รองลงมาคือ สีดำ และสีขาว ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำการทดลอง
โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มรูป โดยมีปัจจัยในการทดลอง 3 ปัจจัย
ดังนี้คือ 1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ 2) ช่วงเวลาในการทดสอบ และ 3) สีของแผ่นกันลม
ส่วนตัวแปรตามคือ เวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น ซึ่งมีผู้ทดสอบจำนวน 48 คน เป็นเพศ
ชาย 24 คน และเพศหญิง 24 คน ผลจากการศึกษาพบว่า 1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบทั้งเพศชาย
และหญิงมีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงอายุ
ตั้งแต่ 18-39 ปี ตอบสนองได้รวดเร็วกว่าช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี 2) ช่วงเวลาในการทดสอบทั้งเพศ
ชายและหญิงมีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วง
กลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. ตอบสนองได้รวดเร็วกว่าช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. 3) สีของแผ่น
กันลมทั้งเพศชายและหญิงมีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมี
นัยสำคัญ โดยแผ่นกันลมสีใสตอบสนองได้รวดเร็วกว่าสีอื่น รองลงมาคือ แผ่นกันลมสีขาว และสี
ส้ม ตามลำดับ และ 4) เพศชายมีการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นสีแดงเร็วกว่าเพศหญิงทุกช่วงอายุ
และช่วงเวลาในการทดสอบ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2556

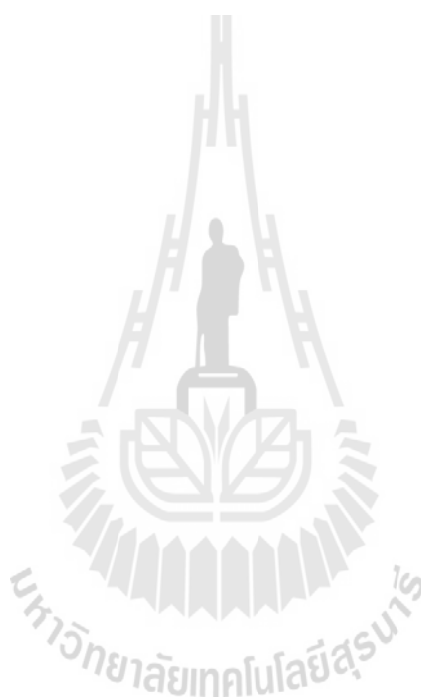
ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

PHERMSAK PHIMJONG : STUDY OF FACTORS AFFECTING
REACTION TIME OF MOTORCYCLE RIDERS. THESIS ADVISOR
: ASSOC. PROF. PORNSIRI JONGKOL, Ph.D., 145 PP.

REACTION TIME/HELMET VISOR/VISIBILITY/MOTORCYCLE RIDER/
FACTORIAL DESIGN/EXPERIMENT RESEARCH/SURVEY RESEARCH

The objectives of this study were: 1) to study use of helmets by motorcycle riders and 2) to point out the significant factors that affect reaction time of those using helmets. The data for this research was collected from 437 motorcycle riders in Nakhon Ratchasima using a set of questionnaires. Results from the questionnaires revealed that most motorcycle riders had the knowledge about helmets and the law imposed on the use of a helmet. Most helmets had the certified sign by Thai Industrial Standards Institute with a clear visor. Popular colors were black and light brown. Also, the experiment was carried out to investigate the factors affecting response time of twenty-four male and twenty-four female motorcycle riders using the factorial design. The factors in such experiment were the following: 1) age group of people for the experiment, 2) time period of the experiment, and 3) colors of the visor. Dependent variables were reaction time. The results showed that age group of both males and females taking the experiment had a significant effect on time taken to respond to light because the age group of 18-39 years old responded faster than the age group of 40-60 years old. Time period of the experiment of both males and females had a significant effect on time taken to respond to light because during the afternoon period at 12.00-13.00, motorcycle riders would respond faster than during

the night period at 19.00-20.00. Colors of the visor had a significant effect on response time for both males and females because a clear visor led to fastest response, followed by light brown and orange respectively. Males responded to red light stimulates faster than females at all ages and the time of testing.



School of Industrial Engineering

Academic Year 2013

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสในการศึกษา ให้ความรู้ทางวิชาการ และคำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องในการทำวิจัย จนทำให้ผลงานวิจัยเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ทุนการศึกษาสำหรับ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอก

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย ประธานกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิท เจริญใจ และอาจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์ กรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ ซึ่งแนะแนวทางแก้ไขปัญหาในการทำวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ เสริมสุธีอนุวัฒน์ ที่ให้โอกาส ทางการศึกษาและคำปรึกษาในด้านวิชาการด้วยดีตลอดมา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณ โกวิท งามเกษม เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบการ ดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ทุกท่าน

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อบุญถม คุณแม่ดวงใจ น้องสิทธิพล พิมพ์จ่อง และคุณ นันทธิดา พรอินทร์ ซึ่งให้การอุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้าน อีกทั้งยังสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา และขอกราบ ขอบพระคุณ บุรพคณาจารย์ทุกท่าน ซึ่งเป็นผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชานับตั้งแต่ครั้งเยาว์วัยจนจบ จนกระทั่งทุกวันนี้

เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย.....	3
1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	4
1.6 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์.....	6
2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1.1 เวลาการตอบสนอง.....	8
2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาปฏิกิริยาและเวลาการเคลื่อนไหว.....	8
2.1.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการตอบสนอง.....	9
2.1.4 หมวกนิรภัยสำหรับการขับขี่รถจักรยานยนต์.....	13
2.2 ชนิดและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง.....	14
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	16
3.1 วิธีการดำเนินการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูล.....	16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1	ออกแบบสอบถาม.....	16
3.1.2	กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการสำรวจ.....	16
3.1.3	เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล.....	18
3.2	การวางแผนการทดลองเชิงสถิติ.....	18
3.2.1	แผนการทดลองเชิงแฟกทอเรียล.....	18
3.2.2	ตัวแบบจำลองสถิติเชิงเส้น.....	19
3.2.3	การทดสอบสมมติฐาน.....	20
3.2.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	21
3.2.5	การเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยวิธีทิวคีย์.....	21
3.2.6	ขนาดตัวอย่าง.....	22
3.2.7	แผนการทดลอง.....	24
3.2.8	การจัดลำดับการทดลอง.....	25
3.3	การทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	27
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
4.1	สรุปข้อมูลทั่วไปของการใช้รถจักรยานยนต์.....	31
4.1.1	การใช้รถจักรยานยนต์ในประเทศไทยและในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	31
4.1.2	ผลการสรุปข้อมูลจากแบบสอบถาม.....	34
4.2	ผลการวิจัยโดยการทดลอง.....	49
5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	80
5.2	ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	83
	รายการอ้างอิง.....	84

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. แบบสอบถามเพื่อการวิจัย.....	87
ภาคผนวก ข. การหาขนาดตัวอย่างของผู้ถูกทดสอบ.....	93
ภาคผนวก ค. การสุ่มลำดับการทดลองและสรุปลำดับการทดลอง.....	97
ภาคผนวก ง. แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล.....	102
ภาคผนวก จ. ข้อมูลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น.....	104
ภาคผนวก ฉ. กราฟการเรียนรู้ในการทดสอบเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น.....	107
ภาคผนวก ช. ข้อมูลค่าพิสัยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย.....	110
ภาคผนวก ซ. ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุม.....	113
ภาคผนวก ฌ. ตารางค่าคงที่ HSD.....	115
ภาคผนวก ฉ. ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับของปัจจัย ที่มีผลต่อค่าเวลาการตอบสนอง โดยใช้วิธีทูลีย์.....	118
ภาคผนวก ฎ. เอกสารรับรองจากสถาบันวิจัย.....	125
ภาคผนวก ฏ. รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	128
ประวัติผู้เขียน.....	145

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง.....19
3.2	การคำนวณอำนาจการทดสอบข้อมูล.....23
3.3	แผนการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (เพศชาย).....24
3.4	แผนการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (เพศหญิง).....24
3.5	เงื่อนไขการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (เพศชาย).....25
3.6	ลำดับการทดลองแฟกทอเรียล 3 ปัจจัย (เพศชาย).....26
3.7	เงื่อนไขการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (เพศหญิง).....26
3.8	ลำดับการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (เพศหญิง).....27
4.1	จำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ณ วันที่ 31 ธันวาคม.....31
4.2	จำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์จังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....33
4.3	จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามเพศ.....34
4.4	จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามช่วงอายุ.....34
4.5	จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตาม ระดับการศึกษาสูงสุด.....35
4.6	จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามอาชีพ.....35
4.7	จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตาม ปัญหาเกี่ยวกับสายตา.....36
4.8	จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตาม การถือครองรถจักรยานยนต์.....37
4.9	จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตาม การมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์.....37
4.10	จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตาม ประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์.....38

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม ความถี่ในการขับขีรถจักรยานยนต์.....	38
4.12 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม การเกิดอุบัติเหตุจากการขับขีรถจักรยานยนต์.....	39
4.13 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม ประวัติการเคยถูกจับกุมในความผิดเกี่ยวกับหมวกนิรภัย.....	39
4.14 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัย.....	40
4.15 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม ลักษณะการใช้หมวกนิรภัย.....	41
4.16 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม การมีเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรับรอง.....	42
4.17 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม สีของหมวกนิรภัยที่ใช้.....	42
4.18 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม ปัจจัยในการเลือกซื้อ (ราคา).....	43
4.19 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม ปัจจัยในการเลือกซื้อ (เครื่องหมายรับรอง มอก.).....	43
4.20 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม ลักษณะแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยที่ใช้.....	44
4.21 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม สีของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยที่ใช้.....	44
4.22 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ หมวกนิรภัย (ลักษณะของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยต้องโปร่งใส ไม่มีสี).....	45
4.23 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตาม ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัย (ต้องเปลี่ยนหมวกทุก ๆ 3-5 ปี).....	45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.24 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามพฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย (ผู้ขับขี่).....	46
4.25 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามพฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย (ผู้โดยสาร).....	46
4.26 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามพฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย (เดินทางโดยรถจักรยานยนต์).....	47
4.27 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามเหตุผลที่สำคัญที่สุดในการสวมใส่หมวกนิรภัย.....	47
4.28 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามเหตุผลที่ทำให้ ไม่ สวมใส่หมวกนิรภัย.....	48
4.29 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามความรู้สึกเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับการณรงค์ให้สวมหมวกนิรภัย.....	48
4.30 การบันทึกผลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศชาย).....	49
4.31 การบันทึกผลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศหญิง).....	50
4.32 ค่าคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Residual) ของเพศชาย.....	52
4.33 ข้อมูลการทดลองเฉลี่ยค่าวัด 5 ค่า เพศชาย.....	56
4.34 การคำนวณ $A \times C (Y_{i.k.})$ เพศชาย.....	57
4.35 การคำนวณ $B \times C (Y_{.jk.})$ เพศชาย.....	57
4.36 การคำนวณ $B (Y_{.j..})$ เพศชาย.....	57
4.37 การคำนวณ $C (Y_{..k.})$ เพศชาย.....	57
4.38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศชาย โดยวิเคราะห์แบบแฟกทอเรียล.....	59
4.39 ค่าคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Residual) ของเพศหญิง.....	63
4.40 ข้อมูลการทดลองเฉลี่ยค่าวัด 5 ค่า เพศหญิง.....	67
4.41 การคำนวณ $A \times C (Y_{i.k.})$ เพศหญิง.....	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

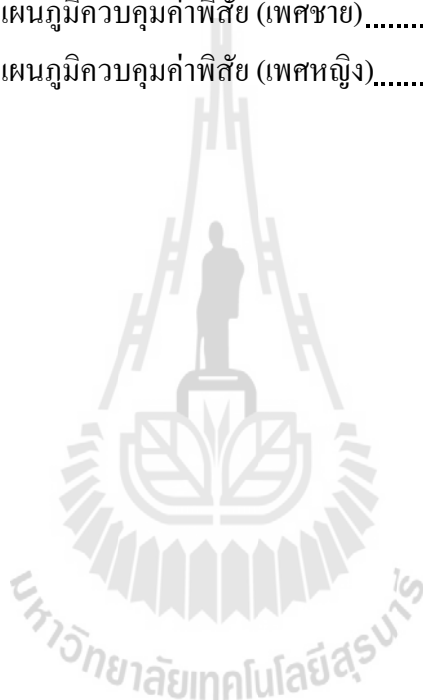
ตารางที่	หน้า
4.42 การคำนวณ B x C (Y.jk.) เพศหญิง.....	68
4.43 การคำนวณ B (Y.j..) เพศหญิง.....	68
4.44 การคำนวณ C (Y..k.) เพศหญิง.....	68
4.45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้จับจี้รถจักรยานยนต์เพศหญิง โดยวิเคราะห์แบบแฟกทอเรียล.....	70
4.46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้จับจี้รถจักรยานยนต์ทั้งเพศชายและหญิง โดยวิเคราะห์แบบแฟกทอเรียล.....	78
ข.1 พื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐาน.....	94
ค.1 ลำดับหมายเลข รหัส ชื่อ-สกุล ของผู้ถูกทดสอบ (เพศชาย).....	98
ค.2 ผลการสุ่มลำดับการทดลองโดยวิธีจับฉลาก (เพศชาย).....	99
ค.3 จำนวนวันที่ทำการทดลอง (เพศชาย).....	99
ค.4 ลำดับหมายเลข รหัส ชื่อ-สกุล ของผู้ถูกทดสอบ (เพศชาย).....	100
ค.5 ผลการสุ่มลำดับการทดลองโดยวิธีจับฉลาก (เพศชาย).....	101
ค.6 จำนวนวันที่ทำการทดลอง (เพศชาย).....	101
ง.1 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล.....	103
จ.1 ข้อมูลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศชาย).....	105
จ.2 ข้อมูลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศหญิง).....	106
ช.1 ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุม.....	114
ฉ.1 ค่าคงที่ HSD.....	116
ญ.1 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบเพศชาย.....	119
ญ.2 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการทดสอบเพศชาย.....	120
ญ.3 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสีของแผ่นกั้นลมเพศชาย.....	121
ญ.4 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง.....	122
ญ.5 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการทดสอบเพศหญิง.....	123
ญ.6 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสีของแผ่นกั้นลมเพศหญิง.....	124

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดการวิจัย.....3
1.2	แผนภาพการไหล (Flow chart) ของการดำเนินการวิจัย.....5
3.1	การจำลองตำแหน่งการนั่งของผู้ทดสอบและผู้ถูกทดสอบ.....28
3.2	การจำลองลักษณะการนั่งทดสอบของผู้ถูกทดสอบ.....29
3.3	เครื่องทดสอบการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น.....29
3.4	เครื่องวัดความส่องสว่างของแสงแบบดิจิทัล.....30
4.1	จำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ณ วันที่ 31 ธันวาคม.....32
4.2	แผนภูมิค่าพิสัย (เพศชาย).....51
4.3	กราฟความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศชาย.....53
4.4	ค่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากสมการของข้อมูลเพศชาย.....53
4.5	การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศชายเทียบกับปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย.....54
4.6	กราฟอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักแต่ละคู่ (เพศชาย).....60
4.7	แผนภูมิค่าพิสัย (เพศหญิง).....62
4.8	กราฟความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศหญิง.....63
4.9	ค่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากสมการของข้อมูลเพศหญิง.....64
4.10	การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศหญิงเทียบกับปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย.....65
4.11	กราฟอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักแต่ละคู่ (เพศหญิง).....71
4.12	กราฟความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศชายและหญิง.....73
4.13	ค่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากสมการของข้อมูลเพศชายและหญิง.....74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข.1	เส้นโค้งลักษณะสมบัติของการดำเนินการ (OC Curves).....	96
ฉ.1	กราฟในการเรียนรู้การทดสอบเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศชาย).....	108
ฉ.2	กราฟในการเรียนรู้การทดสอบเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศหญิง).....	109
ช.1	ข้อมูลค่าพิสัยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (เพศชาย).....	111
ช.2	ข้อมูลค่าพิสัยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (เพศหญิง).....	112



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ เพราะในชีวิตประจำวันมนุษย์ต้องมีการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายอยู่ตลอดเวลา โดยกิจกรรมบางอย่างนั้นต้องอาศัยกระบวนการมองเห็นและการตัดสินใจ เช่น การขับขี่รถจักรยานยนต์ ผู้ขับขี่จำเป็นต้องมีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ชัดเจน เมื่อเห็นสัญญาณไฟจราจรหรือป้ายจราจรต้องใช้กระบวนการตัดสินใจ และต้องใช้เท้าเหยียบเบรคห้ามล้อเมื่อเห็นสัญญาณไฟจราจรเป็นสีแดง ซึ่งเวลาดังแต่ผู้ขับขี่มองเห็นสัญญาณไฟจราจรจนถึงสิ้นสุดขั้นตอนการเหยียบเบรคห้ามล้อเรียกว่า เวลาการตอบสนอง ถ้าผู้ขับขี่มีเวลาในการตอบสนองที่รวดเร็วกว่า จะสามารถช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งจากสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของยานพาหนะทั้งหมดในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2555 พบว่ารถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 37.57 ของอุบัติเหตุทั้งหมด (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2555)

การสวมหมวกนิรภัยเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดความรุนแรงของการบาดเจ็บขณะเกิดอุบัติเหตุได้ จากการศึกษาวิจัยในอดีตที่ผ่านมาพบว่าการสวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์สามารถช่วยลดอันตรายจากการบาดเจ็บและลดแรงกระแทกบริเวณศีรษะและลำคอได้มากกว่ากรณีที่ไม่สวมหมวกนิรภัยเมื่อประสบอุบัติเหตุ (Kelly et al., 1991; Ichikawa et al., 2003) อีกทั้งยังสามารถลดการบาดเจ็บทางสมองได้ร้อยละ 30 (Servadei et al., 2003) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและมาตรฐานของหมวกนิรภัยด้วย ในปัจจุบันหมวกนิรภัยที่มีการผลิตและวางจำหน่ายตามท้องตลาดมีหลากหลายประเภทแตกต่างกันไป ทั้งประเภทที่มีคุณภาพสามารถป้องกันการบาดเจ็บได้ และประเภทที่ไม่มีคุณภาพซึ่งนอกจากจะไม่สามารถป้องกันการบาดเจ็บได้แล้ว ยังอาจเพิ่มอันตรายได้ เช่น ถ้าหมวกหรือแผ่นกันลมแตกหัก เศษวัสดุอาจบาดเข้าที่ใบหน้า ดวงตา หรือบริเวณศีรษะ เป็นต้น อย่างไรก็ตามจากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นด้วยการสัมภาษณ์นักร้องโดยผู้วิจัยเกี่ยวกับการใช้หมวกนิรภัยในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการเลือกใช้หมวกนิรภัยที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยเฉพาะในเรื่องของคุณลักษณะของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัย เช่น การเลือกใช้แผ่นกันลมที่มี

สีสันต่าง ๆ มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มเด็กวัยรุ่นซึ่งเป็นการเลือกซื้อตามกระแสนิยมมากกว่าการคำนึงถึงประโยชน์จากการใช้งานจริง ทั้งนี้การเลือกใช้แผ่นกันลมเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพราะการมองเห็นที่ชัดเจนจะช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุได้ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้แผ่นกันลมที่มีสีสันต่าง ๆ ดังกล่าวอาจส่งผลให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นไม่ชัดเจนจนนำมาซึ่งการเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จึงเป็นเรื่องสำคัญและน่าสนใจ งานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นโดยมุ่งหวังว่าผลจากการศึกษาวิจัยจะสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกซื้อหมวกนิรภัยของผู้บริโภค โดยคำนึงถึงประโยชน์จากการใช้งานเป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของความปลอดภัยในชีวิตของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ และเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณภาพหมวกนิรภัยสำหรับบริษัทผู้ผลิตหมวกนิรภัย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

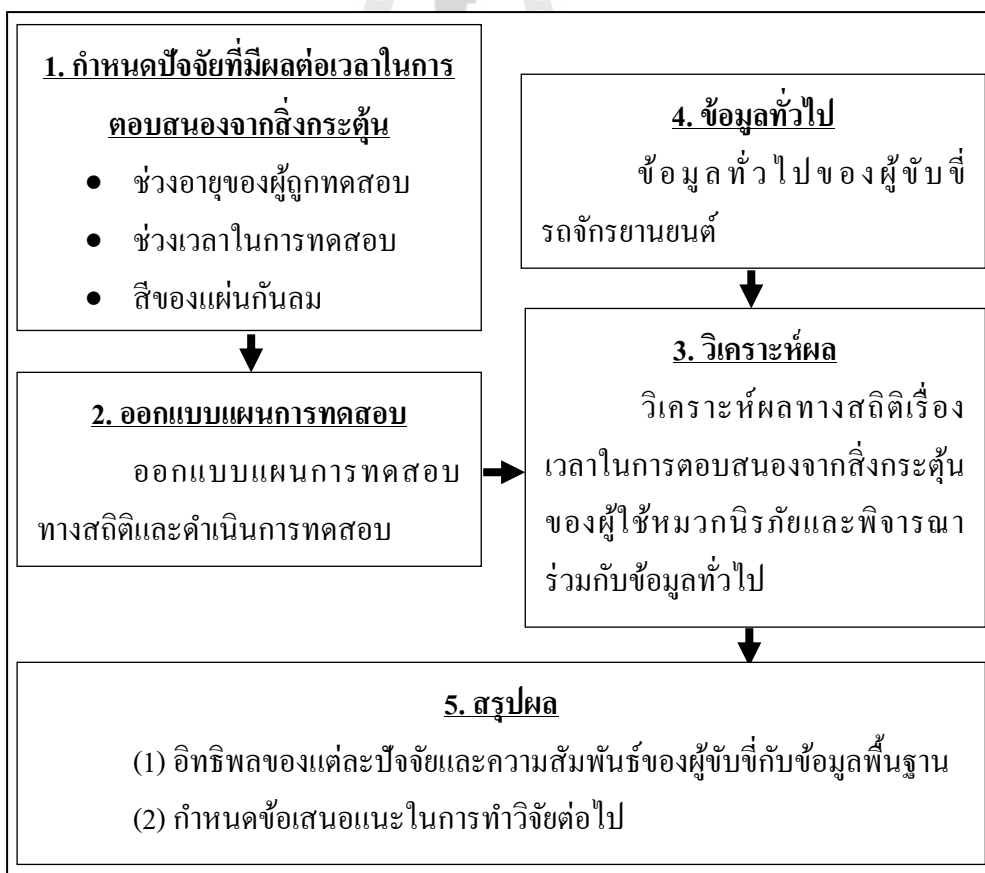
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อบ่งชี้ปัจจัยสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการตอบสนองจากสิ่งกระตุ้นของผู้ใช้หมวกนิรภัย และมีวัตถุประสงค์รอง เพื่อศึกษาเรื่องทั่วไปเกี่ยวกับการใช้หมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้จำกัดเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับการใช้หมวกนิรภัยและความไวในการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เพศชายและเพศหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไปจนถึง 60 ปี โดยใช้วิธีการสอบถามผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์โดยตรงและวิธีการทดลองเชิงสถิติด้วยการวัดเวลาการตอบสนองจากสิ่งกระตุ้นของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ภายใต้เงื่อนไขของการทดลองที่กำหนดด้วยปัจจัยของการทดลอง ได้แก่ เพศ ช่วงอายุของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ สีของแผ่นกันลม และช่วงเวลาของการทดสอบ

1.4 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย

ความไวต่อการตอบสนองถึงกระตุ้นในขณะที่ขับจี้รถจักรยานยนต์มีผลต่อการตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งของผู้ขับขี่ในขณะนั้น แต่การทดลองในสภาวะขับจี้จริง ถึงแม้ว่าจะสามารถทำได้ ก็จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลความสามารถของผู้ขับขี่ในสภาวะปกติเพื่อเปรียบเทียบนัยสำคัญของความแตกต่าง ด้วยเหตุนี้เองการทดลองเพื่อประเมินอิทธิพลของปัจจัยที่อยู่ใกล้ชิดกับผู้ขับขี่มากที่สุด ในสภาวะไม่ขับจี้จึงเป็นเรื่องจำเป็นและควรจะทำก่อน และนี่คือที่มาของกรอบแนวความคิดสำหรับการวิจัยที่แสดงไว้ในรูปที่ 1.1 ซึ่งเริ่มจากการพิจารณากำหนดปัจจัยที่ต้องประเมินอิทธิพล (กรอบที่ 1) ได้แก่ ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบ และสีของแผ่นกันลม ออกแบบแผนการทดลองทางสถิติและดำเนินการทดลอง (กรอบที่ 2) วิเคราะห์ผลจากการทดลองโดยอาศัยหลักการทางสถิติ (กรอบที่ 3) แล้วนำผลที่ได้ไปพิจารณาร่วมกับข้อมูลทั่วไปของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ (กรอบที่ 4) และสุดท้าย (กรอบที่ 5) คือเป้าหมายของการวิจัย ซึ่งนอกจากสามารถประเมินอิทธิพลของปัจจัยที่ใช้ทดลองได้แล้ว ยังสามารถเสนอแนะถึงงานวิจัยที่ควรทำต่อไปด้วย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวความคิดการวิจัย

1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย

ในรูปที่ 1.2 แสดงแผนภาพการไหล (Flow chart) ของการดำเนินการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

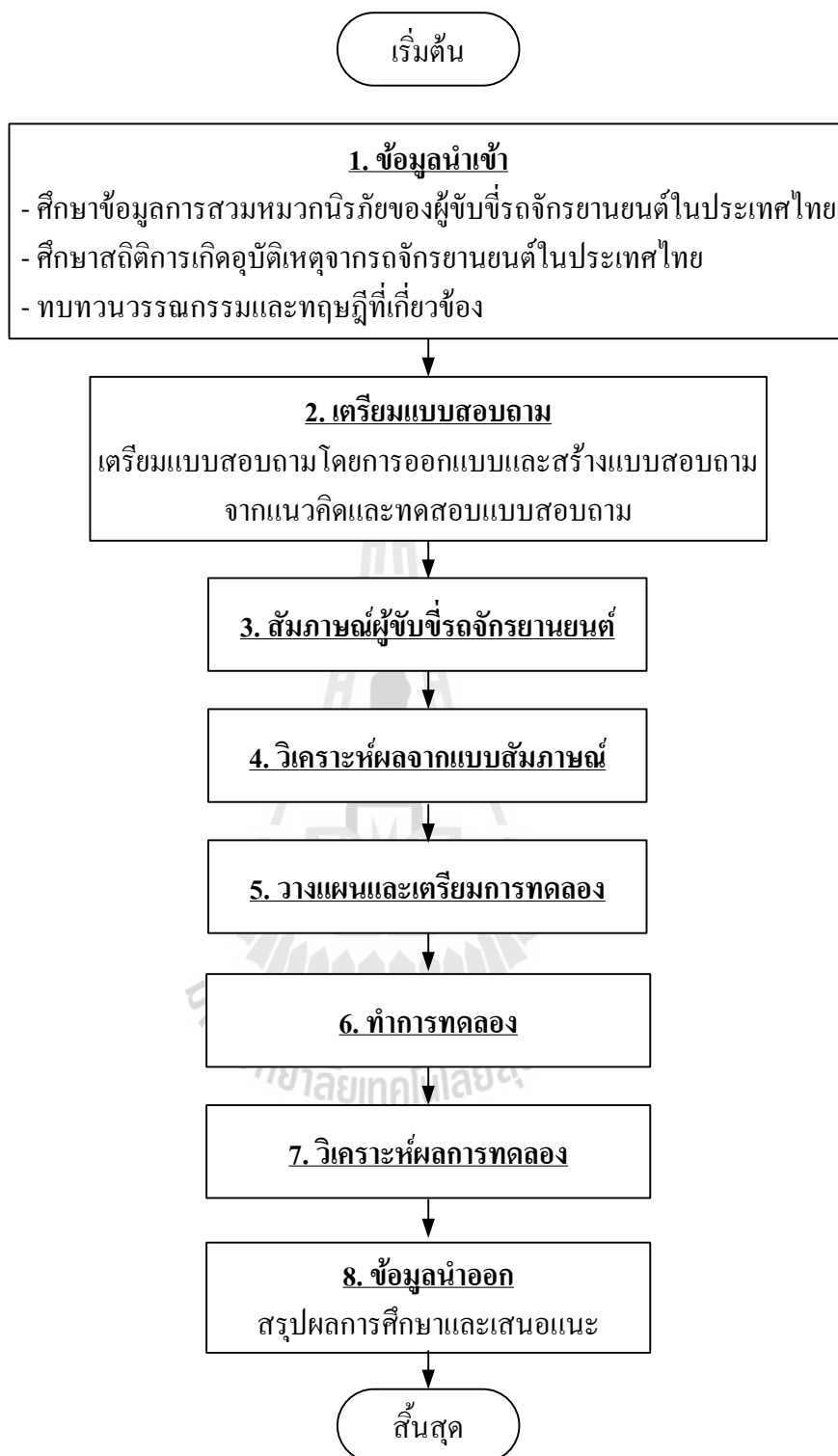
1) ในกรอบหมายเลข 1 เป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในเรื่องของหมวดนิรภัย รูปร่าง ลักษณะ ประเภท และความนิยม สถิติการเกิดอุบัติเหตุ ทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) เตรียมแบบสอบถามในกรอบหมายเลข 2 เป็นการออกแบบแบบสอบถามเพื่อใช้เป็นพื้นฐานของการสัมภาษณ์ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้รวมไปถึงการทดสอบแบบสอบถามด้วย เพื่อปรับปรุงแบบสอบถามให้ได้คำตอบที่ตรงกับประเด็นที่สนใจมากที่สุด

3) สัมภาษณ์ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในกรอบหมายเลข 3 และวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถามในกรอบหมายเลข 4

4) ขั้นตอนการออกแบบแผนการทดลองในกรอบหมายเลข 5 จะดำเนินในช่วงเวลาคาบเกี่ยวกับการสัมภาษณ์ (กรอบหมายเลข 3) หลังจากนั้นจึงจัดเตรียมการทดลองและดำเนินการทดลองในกรอบหมายเลข 6

5) ในกรอบหมายเลข 7 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง และในกรอบหมายเลข 8 เป็นการสรุปผลการทดลองและจัดทำรายงาน



รูปที่ 1.2 แผนภาพการไหล (Flow chart) ของการดำเนินการวิจัย

1.6 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 5 บท โดยแต่ละบทจะนำเสนอหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย กรอบแนวคิดของงานวิจัย วิธีดำเนินงานวิจัย บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย บทที่ 3 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการดำเนินการวิจัย บทที่ 4 แสดงผลของการดำเนินการวิจัย และบทที่ 5 เป็นการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป



บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ดวงตาเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญมากของมนุษย์ เพราะดวงตาจะช่วยให้สามารถมองเห็นและรับรู้สิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งกลไกของการมองเห็นมีแสงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ กล่าวคือเมื่อแสงผ่านเข้าสู่ตาทางม่านตา (Pupil) ผ่านเลนส์ตา เพื่อปรับระยะความชัดและควบคุมปริมาณของแสงที่เข้าสู่ดวงตา จากนั้นแสงจะเกิดการหักเหอย่างเหมาะสม ไปกระทบกับเรตินา ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์ที่มีความไวต่อแสงที่เรียกว่าเซลล์รับแสงรูปแท่ง (Rod cells) และเซลล์ที่มีหน้าที่สำหรับการมองเห็นภาพสีที่เรียกว่าเซลล์รับแสงรูปกรวย (Cone cells) โดยระดับของแสงสีที่แตกต่างกันนั้นจะทำให้เกิดการสร้างสัญญาณไปกระตุ้นระบบประสาทเพื่อส่งข้อมูลไปยังสมองและประมวลผลเป็นความหมายของสิ่งที่มองเห็น (Sanders and McCormick, 1992) ดังนั้นการมองเห็นจึงมีความเกี่ยวข้องโดยตรงต่อกระบวนการตัดสินใจของมนุษย์ ทั้งนี้ความชัดเจนในการมองเห็นจะขึ้นอยู่กับความเปรียบต่าง (Contrast) ระหว่างวัตถุหรือภาพที่มองเห็นกับฉากหลัง ถ้าความเปรียบต่างมาก ความชัดเจนของภาพที่เห็นจะมากด้วย โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มระดับความส่องสว่าง (Illumination level) ให้กับภาพนั้น ตัวอย่างเช่น ถ้าวัตถุสีขาวบนพื้นสีดำจะมองเห็นได้ง่ายกว่าวัตถุสีดำบนพื้นสีดำ เป็นต้น แต่ถ้าอัตราส่วนของความเปรียบต่างของแสงแตกต่างกันมาก ๆ จะส่งผลต่อกระบวนการปรับสายตา (Eye adaptation) ทำให้ไม่สามารถปรับได้ทันที จึงเป็นสาเหตุของความไม่สบายตาในการมองเห็น (Discomfort glare) (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544)

ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ได้ศึกษาถึงกระบวนการมองเห็นแสงสีต่าง ๆ เช่น Reynolds และ Hulgondolf (1972) ตามที่อ้างถึงในเอกสารการสอนรายวิชาการยศาสตร์ (2552) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบสัญญาณแสงสีขาว เขียว เหลือง และแดง ผลการศึกษาพบว่าสีของฉากหลังและระดับแสงสว่างของสภาวะแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กันและมีผลกระทบต่อความสามารถของบุคคลในการมองเห็นและตอบสนองต่อสัญญาณแสงสีต่าง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปถ้ามีความแตกต่างระหว่างความเข้มแสงของสัญญาณแสงและของฉากหลังมากพอ โดยความเข้มของแสงสัญญาณมีระดับสูง สีของสัญญาณแสงจะไม่มีผลกระทบมากนักต่อความสามารถในการรับรู้สัญญาณแสง แต่ถ้ามีความแตกต่างระหว่างความเข้มแสงของสัญญาณแสงและของฉากหลังน้อย มนุษย์จะสามารถ

รับรู้สัญญาณแสงสีแดงได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สีเขียว สีเหลือง และสีขาว ตามลำดับ นอกจากนี้ สุรภา โพธิ์ปัญญาศักดิ์ (2554) ยังได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของภาระงานทางกายต่อความ ล้าทางสายตาและการตัดสินใจ โดยใช้เครื่องวัดความถี่ของแสงกระพริบและใช้แสงกระพริบ ทั้งหมด 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีฟ้า ผลการศึกษาพบว่าความล้าทางสายตาส่งผลต่อเวลาในการ ตอบสนองและการตัดสินใจของมนุษย์ นอกจากนี้ความสามารถในการรับรู้และตอบสนองต่อสี ได้ดีที่สุดคือ สีแดง รองลงมาคือ สีฟ้า และสีเขียว ตามลำดับ และยังพบอีกว่าสีแดงเป็นสีที่ตาคน ส่วนใหญ่มองเห็นแล้วเกิดความล้าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสีฟ้าและสีเขียว ตามลำดับ

สำหรับเรื่องของปฏิกิริยาการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นนั้น จากการสืบค้นวรรณกรรมที่ เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.1 เวลาการตอบสนอง (Response time)

เวลาการตอบสนองคือ ช่วงเวลาทั้งหมดตั้งแต่ร่างกายได้รับการกระตุ้นจนกระทั่ง การเคลื่อนไหวทั้งหมดสิ้นสุดลง (Sage, 1984 ตามที่อ้างถึงใน เอเมอร์ ทาน้ำตัน, 2541) ซึ่งเวลาการ ตอบสนองดังกล่าวมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องคือ เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) และเวลาการ เคลื่อนไหว (Movement time) โดยเวลาปฏิกิริยาคือ เวลาซึ่งนับตั้งแต่มีการกระตุ้นอวัยวะรับสัมผัส ให้เกิดความรู้สึกจนกระทั่งเกิดการตอบสนองต่อการกระตุ้นโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่ง ระยะเวลาดังกล่าวรวมถึงเวลาของการนำสัญญาณประสาทจากอวัยวะรับสัมผัสไปสู่สมองส่วนที่อยู่ ได้อำนาจจิตใจ และนำสัญญาณประสาทที่เป็นคำสั่งจากสมองไปยังกล้ามเนื้อเพื่อเริ่มการ เคลื่อนไหว ขั้นตอนนี้เป็นช่วงเวลาการทำงานของระบบประสาท ส่วนเวลาการเคลื่อนไหวคือ เวลา ของการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยเริ่มตั้งแต่กล้ามเนื้อได้รับคำสั่งจากระบบประสาทจนกระทั่ง กล้ามเนื้อสิ้นสุดการทำงาน (ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, 2539) ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานร่วมกัน ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาปฏิกิริยาและเวลาการเคลื่อนไหว

พิชิต ภูมิจันทร์ (2535) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาปฏิกิริยาและเวลาการ เคลื่อนไหวไว้ว่า ความสามารถในการมีเวลาปฏิกิริยาเร็วขึ้นนั้นจะสัมพันธ์กับความสามารถที่มี เวลาการเคลื่อนไหวที่เร็วขึ้นด้วย ถ้าผู้ถูกทดสอบทราบก่อนว่าจะเคลื่อนไหวไปที่ใดก่อนที่จะได้รับ การกระตุ้น การตอบสนองของการทดสอบนี้จะใช้เวลาที่เรียกว่า เวลาปฏิกิริยาอย่างง่าย (Simple reaction time) และเวลาการเคลื่อนไหวอย่างง่าย (Simple movement time) แต่ถ้าผู้ถูกทดสอบไม่ ทราบทิศทางที่จะเคลื่อนไหวและต้องเลือกการตอบสนอง การทดสอบนี้จะทำให้ได้เวลาซึ่งเรียกว่า เวลาปฏิกิริยาที่ต้องเลือก (Choice reaction time) และเวลาการเคลื่อนไหวที่ต้องเลือก (Choice

movement time) อย่างไรก็ตามเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาปฏิบัติการที่ต้องเลือกและเวลาการเคลื่อนไหวจึงได้มีการทำการทดสอบขึ้น โดยให้ผู้ถูกทดสอบ 15 คน เคลื่อนที่ไป 5 ฟุต ซึ่งอาจจะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ขวา หน้า หลัง และใช้แสงเป็นตัวกระตุ้น จากนั้นเปรียบเทียบเวลาปฏิบัติการที่ต้องเลือกกับเวลาเคลื่อนไหวที่ต้องเลือก ซึ่งผลการทดสอบพบว่ามีความสัมพันธ์กัน อย่างไรก็ตามเมื่อได้ทำการทดสอบซ้ำโดยใช้ตัวกระตุ้นอย่างง่ายเพื่อให้ได้เป็นเวลาปฏิบัติการอย่างง่ายและเวลาการเคลื่อนไหวอย่างง่าย ผลการทดสอบพบว่าระหว่างเวลาปฏิบัติการอย่างง่ายและเวลาการเคลื่อนไหวอย่างง่ายไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจะต้องมีขบวนการในสมองที่เวลาปฏิบัติการและเวลาการเคลื่อนไหวนั้นต้องใช้ร่วมกัน นอกจากนี้ ซีริคีนท์ หิริญรัตน์ (2539) ยังพบว่าถ้าในกรณีที่สิ่งกระตุ้นมีมากเวลาปฏิบัติการจะช้ากว่ากรณีที่สิ่งกระตุ้นมีน้อย เนื่องจากระบบประสาทที่เกี่ยวข้องต้องการเซลล์ประสาทเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเวลาในการรับรู้ ตัดสินใจและการตอบสนองก็จะต้องเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งการฝึกฝนจะช่วยให้เวลาปฏิบัติการลดน้อยลง เนื่องจากระบบการรับรู้ ตัดสินใจและการตอบสนองทำได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ขั้นตอนในการนำกระแสประสาทของเซลล์ประสาทอาจลดทางเดินที่ไม่จำเป็นออกด้วย

2.1.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการตอบสนอง

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการตอบสนองของมนุษย์ ประกอบด้วยหลายปัจจัย เช่น ความพร้อมที่จะตอบสนอง เพศ อายุ อิทธิพลของสัญญาณเตือน อิทธิพลของความเข้มของสิ่งกระตุ้น ความเมื่อยล้า เป็นต้น (Kosinski, 2012) โดยรายละเอียดของปัจจัยต่าง ๆ มีดังนี้

1) ปัจจัยด้านความพร้อมที่จะตอบสนอง

ความพร้อมที่จะตอบสนองเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อเวลาปฏิบัติการ ซึ่งเวลาปฏิบัติการตอบสนองที่เร็วที่สุดจะอยู่ในช่วงกลางของระดับการตื่นตัว และเวลาในการตอบสนองจะลดลงไปเมื่อผู้ถูกทดสอบผ่อนคลายหรือมีความเครียดมากเกินไป (Freeman, 1933)

2) ปัจจัยด้านเพศ

เพศ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลเกี่ยวข้องโดยตรงต่อเวลาการตอบสนอง โดยเพศชายจะมีเวลาตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ สั้นกว่าเพศหญิง ซึ่งความแตกต่างนี้อาจเนื่องจากการดำเนินชีวิตที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่เพศชายต้องทำกิจกรรมที่ต้องใช้ความเร็วมากกว่าเพศหญิง จึงอาจทำให้เพศชายเกิดการฝึกฝนบ่อยกว่าเพศหญิง (Teichner, 1974) นอกจากนี้ เพ็ญจันทร์ ศรีสุขสวัสดิ์ (2546) ยังได้ศึกษาเวลาปฏิบัติการตอบสนองของบุคคลในแต่ละช่วงอายุทั้งชายและหญิง ซึ่งผลปรากฏว่าเพศหญิงจะมีเวลาปฏิบัติการเร็วกว่าเพศชายเมื่ออายุ 41 ปีขึ้นไป

3) ปัจจัยด้านอายุ

เวลาการตอบสนองของมนุษย์จะพัฒนาเร็วมากขึ้นเมื่อมีอายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป โดยเพศชายจะค่อย ๆ พัฒนาเร็วขึ้นจนเร็วที่สุดเมื่อมีอายุ 31-35 ปี และจะคงสภาพไว้นจนถึงอายุ 40 ปี จากนั้นจึงจะค่อย ๆ ลดลง ส่วนเพศหญิงจะค่อย ๆ พัฒนาเร็วขึ้นจนเร็วที่สุดเมื่อช่วงอายุ 21-25 ปี (เพ็ญจันทร์ ศรีสุขสวัสดิ์, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับ Welford (1980) ที่กล่าวว่าวัยเด็กจะมีเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นช้ากว่าวัยหนุ่มสาว ซึ่งวัยหนุ่มสาวเป็นวัยที่มีเวลาการตอบสนองเร็วที่สุด และเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้นเวลาการตอบสนองจะค่อย ๆ ช้าลง สาเหตุที่เวลาในการตอบสนองช้าลงตามอายุอาจเนื่องจากในผู้สูงอายุจะมีความระมัดระวังมากกว่าในวัยหนุ่มสาว

4) ปัจจัยด้านอิทธิพลของสัญญาณเตือน

เวลาในการตอบสนองจะสั้นเมื่อมีการส่งสัญญาณเตือนก่อนเริ่มทำการทดสอบจริง สัญญาณเตือนดังกล่าวจะทำให้ผู้ถูกทดสอบให้ความสนใจเพื่อรอการกระตุ้นมากขึ้น (Teichner, 1954) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kapovich (1962) ที่พบว่าเมื่อผู้ถูกทดสอบรู้ล่วงหน้าก่อนที่จะมีการกระตุ้นจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการตื่นตัวและส่งผลให้เวลาการตอบสนองเร็วมากขึ้น นอกจากนี้ ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2539) ยังพบว่าช่วงเวลาหลังจากการได้รับการเตือนไปแล้วประมาณ 2 วินาที เป็นระยะเวลาที่ทำให้เวลาปฏิกิริยาสั้นที่สุด ถ้าเร็วกว่าหรือช้ากว่าช่วง 2 วินาที จะทำให้เวลาปฏิกิริยาในการตอบสนองช้าลงไปอีก

5) ปัจจัยด้านอิทธิพลของความเข้มของสิ่งกระตุ้น

ความเข้มของสิ่งกระตุ้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อการตอบสนองของมนุษย์ โดยความเข้มของสิ่งกระตุ้นที่สูงกว่าปกติย่อมดึงดูดความสนใจได้ดีกว่าสิ่งกระตุ้นแบบธรรมดา ซึ่ง Luce (1986) ได้กล่าวไว้ว่าสิ่งกระตุ้นที่อ่อน ๆ เช่น แสงที่เคลื่อนไหวมากจะให้เวลาปฏิกิริยาตอบสนองที่ช้า โดยสอดคล้องกับ ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2539) ที่พบว่าความเข้มของสิ่งกระตุ้นมีอิทธิพลต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนองมาก ถ้าความเข้มของสิ่งกระตุ้นถึงจุดหนึ่งและเพิ่มขึ้นไปอีก จะทำให้เวลาปฏิกิริยาลดลง แสดงว่าความเข้มของสิ่งกระตุ้นมีความสัมพันธ์กับเวลาปฏิกิริยาที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากความเข้มของสิ่งกระตุ้นที่เข้มกว่าจะกระตุ้นให้เซลล์ประสาทนำความรู้สึกหรือกระแสประสาทไปได้เร็วกว่า แต่อย่างไรก็ตามความเข้มของสิ่งกระตุ้นเมื่อเพิ่มไปถึงจุดหนึ่งจะไม่ทำให้เวลาปฏิกิริยาลดลง

6) ปัจจัยด้านความเมื่อยล้า

ความเมื่อยล้าส่งผลโดยตรงต่อเวลาในการตอบสนอง โดยการตอบสนองจะช้าลงเมื่อผู้ถูกทดสอบเกิดความล้าขึ้น (Welford, 1980) นอกจากนี้ Singleton (1953) ยังพบว่าการเสื่อมสภาพเนื่องจากความเมื่อยล้าที่เกิดจากงานที่มีความซับซ้อนจะส่งผลให้เวลาในการตอบสนอง

มากกว่างานที่ง่าย ทั้งนี้ยังรวมถึงความเมื่อยล้าทางจิตใจ การง่วงนอน โดยเฉพาะการง่วงนอน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเวลาการตอบสนองมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Kroll (1993) กลับพบว่าอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อไม่มีผลใด ๆ ต่อเวลาในการตอบสนอง

7) ปัจจัยด้านบุคลิกภาพ

บุคลิกภาพเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อเวลาในการตอบสนองของมนุษย์ โดยจากการศึกษาของ Brebner (1980) พบว่าบุคลิกภาพของคนที่กำลังแสดงออกจะมีเวลาในการตอบสนองที่รวดเร็วกว่า นอกจากนี้ Welford (1980) ยังได้ศึกษาและพบว่าคนที่มีความเป็นคนที่ใจร้อน จะมีเวลาในการตอบสนองที่เร็วกว่าคนปกติ

8) ปัจจัยด้านสติปัญญา

จากการศึกษาผลงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาพบว่าสติปัญญาของมนุษย์ส่งผลต่อเวลาในการตอบสนอง เช่น การศึกษาของ Nettelbeck (1980) พบว่าคนที่มีความสามารถปานกลางทั่ว ๆ ไป จะใช้เวลาเวลาปฏิกิริยาตอบสนองช้ากว่าคนที่มีความสามารถมาก แต่ก็มีความสามารถที่มีระดับสติปัญญาที่ใกล้เคียงกัน แต่มีเวลาในการตอบสนองที่แตกต่างกันอย่างมาก

9) ปัจจัยด้านการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายส่งผลต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง โดย Welford (1980) ได้ศึกษาและพบว่าผู้ถูกทดสอบที่มีร่างกายแข็งแรงหรือมีสมรรถภาพทางกายดีจะมีเวลาปฏิกิริยาและเวลาในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วกว่าคนที่มีความสามารถทางกายไม่ดี นักกีฬาจะมีเวลาปฏิกิริยาและเวลาในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วกว่าผู้ที่ไม่ใช่ นักกีฬา รวมถึงผู้ที่มีการออกกำลังกายจะมีเวลาปฏิกิริยาและเวลาในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วกว่าผู้ที่ไม่มีทักษะ

10) ปัจจัยด้านอาหาร

อาหารเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิต เนื่องจากร่างกายของมนุษย์ต้องมีสารอาหารไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ เพื่อให้ร่างกายทำงานเป็นปกติ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าอาหารส่งผลโดยตรงต่อเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น ซึ่ง Kapovich (1962) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยด้านอาหาร ผลการศึกษาพบว่าผู้ที่ถูกทดสอบที่รับประทานอาหารมาก่อนการทดสอบจะมีเวลาปฏิกิริยาที่เร็วกว่าผู้ที่ไม่ได้รับประทานอาหารมาก่อนการทดสอบ การรับประทานอาหารที่มีคาเฟอีนหรือสารเบนซิดรีน (Benzedrine) จะมีผลทำให้เกิดการตื่นตัว แต่ถ้าผู้ถูกทดสอบตื่นตัวอยู่แล้วจะส่งผลให้เวลาปฏิกิริยาตอบสนองนานมากขึ้น นอกจากนี้การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์จะมีผลทำให้เวลาปฏิกิริยาตอบสนองช้าในทุกกรณี และการสูบบุหรี่จะทำให้เวลาปฏิกิริยานานขึ้นเมื่อสิ่งกระตุ้นที่ใช้เป็นการมองเห็น

11) ปัจจัยด้านการมองเห็น

เมื่อเกิดการกระตุ้น ความแตกต่างของสิ่งกระตุ้นที่ดวงตามองเห็นจะส่งผลให้เวลาปฏิกิริยาตอบสนองของมนุษย์แตกต่างกัน โดยเมื่อสิ่งกระตุ้นเป็นสีหรืออวัยวะภาพสีของดวงตารับภาพสิ่งกระตุ้น จะทำให้เวลาปฏิกิริยาตอบสนองเร็วกว่าอวัยวะรับภาพขาวดำรับภาพสิ่งกระตุ้น (Brebner and Welford, 1980) นอกจากนี้แสงยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการมองเห็น โดยแสง (Light) คือ พลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นวัตถุ โปร่งใสและสุญญากาศได้ ความยาวและความถี่ของแสงจะเป็นตัวกำหนดชนิดของพลังงาน หากพิจารณาพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดตั้งแต่พลังงานที่มีความยาวต่ำสุดไปจนถึงพลังงานที่มีความยาวสูงสุด จะพบว่าคลื่นแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจะอยู่ระหว่าง 380-780 นาโนเมตร ซึ่งจะมองเห็นเป็นแสงสีต่าง ๆ ตามความยาวคลื่น คือ แสงสีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเขียว สีน้ำเงิน สีคราม และสีม่วง ตามลำดับ โดยการมองเห็นสีต่าง ๆ เหล่านี้จะเกิดจากการที่แสงตกกระทบลงบนวัตถุและเกิดอันตรกิริยาระหว่างแสงและวัตถุ กล่าวคือ เกิดการดูดกลืนและสะท้อนบางช่วงคลื่นแสงออกมา ส่งผลให้เกิดการมองเห็นเป็นสีต่าง ๆ โดยแหล่งกำเนิดแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ จำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ (Natural lighting) เช่น ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ เป็นต้น และ 2) แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ (Artificial) เช่น แสงจากหลอดไฟ เป็นต้น และเมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงเหล่านี้ผ่านไปยังตัวกลางชนิดต่าง ๆ เช่น อากาศ ของเหลว วัตถุ โปร่งแสง จนกระทั่งถึงวัตถุที่บดบังแสง แสงจะมีพฤติกรรมต่างกันไปตามลักษณะของตัวกลาง กล่าวคือการเดินทางของแสงจะเปลี่ยนไปเมื่อกระทบกับตัวกลางเหล่านั้น ซึ่งแสงอาจเกิดการหักเห (Refraction) การกระจาย (Diffusion) การดูดกลืน (Absorption) หรือการสะท้อนแสง (Reflection) ก็ได้ (Sanders and McCormick, 1992)

แสงสว่างในการมองเห็นที่เหมาะสมกับการใช้งานจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญ 4 ประการ คือ

(ก) การส่องสว่าง (Illumination) คือ ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนพื้นผิวใด ๆ จะแปรผันตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Illumines intensity) ของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse-square law) โดยระดับความส่องสว่างของสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ส่งผลต่อการรับรู้สัญญาณต่าง ๆ ของมนุษย์ คือ ถ้าความส่องสว่างของสภาพแวดล้อมสูงมากกว่าความส่องสว่างของวัตถุจะทำให้ประสิทธิภาพในการรับรู้ลดลงและรับรู้ได้ช้ากว่าปกติ (สุทธิศรีบูรพา, 2540)

(ข) ขนาดของวัตถุ ซึ่งมนุษย์สามารถมองเห็นวัตถุที่ใหญ่ได้ง่ายกว่าวัตถุที่เล็กและจะมองเห็นวัตถุชิ้นเดียวกันมีขนาดเล็กลงในเวลากลางคืนเมื่อเทียบกับเวลากลางวัน

(ค) ความเปรียบต่าง (Contrast) คือ ความแตกต่างระหว่างวัตถุกับฉากหลัง

(ง) แสงแยงตา (Glare) คือ การที่มีแสงสว่างมากเกินไปหรือการที่มีความเปรียบต่างของแสงสว่างมากเกินไปในภาพหรือวัตถุที่มองเห็นทำให้ดวงตาเกิดความล้า ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการมองเห็น

2.1.4 หมวกนิรภัยสำหรับการขับขี่รถจักรยานยนต์

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นว่าแสง สี และการมองเห็นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะการมองเห็นขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ ซึ่งในอดีตที่ผ่านมาไม่มีการบังคับให้สวมใส่หมวกนิรภัยขณะขับขี่ แต่ปัจจุบันได้มีพระราชบัญญัติจราจรทางบก ซึ่งได้กำหนดให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารรถจักรยานยนต์ต้องสวมใส่หมวกนิรภัย เนื่องจากพบว่าหมวกนิรภัยเป็นอุปกรณ์ป้องกันและสามารถลดอันตรายจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนท้องถนนได้ โดยหมวกนิรภัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ 1) หมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ 2) หมวกนิรภัยแบบเต็มใบ และ 3) หมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2539)

อย่างไรก็ตามถึงแม้หมวกนิรภัยจะเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันอันตรายจากการเกิดอุบัติเหตุ แต่การเลือกใช้หมวกนิรภัยที่ไม่ได้มาตรฐานอาจกลายเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงคุณลักษณะของหมวกนิรภัยเพื่อพัฒนาให้เกิดความปลอดภัยมากที่สุด อีกทั้งผู้ใช้ต้องรู้ลักษณะของหมวกนิรภัย ซึ่งในปัจจุบันพบว่ามีงานวิจัยที่ได้ศึกษาในเรื่องดังกล่าว เช่น McKnight (1995) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบต่ออารมณ์และการได้ยินขณะสวมใส่หมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยผลการศึกษานี้ปรากฏว่าการสวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ส่งผลต่อทัศนวิสัยในการมองเห็นของผู้ขับขี่อย่างมีนัยสำคัญแต่ไม่ส่งผลใด ๆ ต่อการได้ยิน ซึ่งสอดคล้องกับ เสาวณิต ทองมี (2550) ที่พบว่าทัศนวิสัยในการมองเห็นส่งผลต่อการตอบสนองและการตัดสินใจ โดยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ถ้ามีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ดี รวมถึงป้ายจราจรมีคุณสมบัติที่ดีมีส่วนช่วยให้ผู้ขับขี่มีช่วงเวลาและระยะเวลาของการมองเห็นเพื่ออ่านทำความเข้าใจ ตัดสินใจ อีกทั้งมีปฏิกิริยาตอบสนองได้อย่างทันท่วงทีและทำให้การขับขี่รถจักรยานยนต์มีความปลอดภัยมากขึ้น

นอกจากนี้ Buyan et al. (2006) ได้ศึกษาถึงคุณลักษณะของหมวกนิรภัยที่มีระดับสีต่าง ๆ ซึ่งพบมีการใช้งานในหลายพื้นที่ จากการศึกษาดังกล่าวพบว่าการปรับระดับความเข้มของสีแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยโดยใช้เทคนิคการเปลี่ยนระดับของสีอย่างรวดเร็ว โดยขณะมีแสงสว่างจ้า แผ่นกันลมจะเปลี่ยนระดับเป็นสีเข้ม ซึ่งเทคนิคนี้จะช่วยให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์รู้สึกสบายมากขึ้น

ไม่รู้สีที่ร้อนขณะสวมหมวกนิรภัย รวมถึงสามารถลดความล่าช้าในการมองเห็นภายใต้เงื่อนไขของแสงและลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้อีกด้วย อีกทั้ง Lai และ Huang (2008) ยังได้ศึกษาถึงผลกระทบของการมองเห็นผ่านแผ่นกันลมในหมวกนิรภัย โดยใช้ผู้ทดลองที่มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์จำนวน 20 คน แบ่งเป็นเพศชาย 14 คน และเพศหญิง 6 คน มีอายุอยู่ในช่วง 19-26 ปี การทดลองใช้แผ่นกันลมทั้งหมด 4 สี คือ สีโปร่งใส สีดำ สีเหลือง และสีแดง โดยทดลองเทียบกับคนที่สายตาปกติที่ไม่ได้ใช้แผ่นกันลม เงื่อนไขในการทดลองคือ การใช้แสงกระดุน 3 สี คือ ไม่มีสี สีเหลือง และสีขาว และผู้ทำการทดลองต้องขับรถจักรยานยนต์ด้วยระยะทาง 2.2 กิโลเมตร จำกัดความเร็วที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และทำการทดลอง 2 ช่วงเวลาต่อวัน คือ เวลา 13.00 น. และเวลา 20.00 น. เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสีของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยเวลากลางวันและเวลากลางคืน ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของแผ่นกันลมสีโปร่งใสดีกว่าทุกสีที่ได้ทำการทดลอง แผ่นกันลมสีต่าง ๆ ไม่ได้ช่วยลดแสงสว่างโดยตรงแต่กลับส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง และยังพบว่าการใช้แผ่นกันลมสีโปร่งใสให้ผลดีที่สุดในการมองเห็นในช่วงเวลากลางคืน ส่วนแผ่นกันลมสีเหลืองไม่มีผลต่อการมองเห็น ในขณะที่แผ่นกันลมสีดำและแดงมีผลการตอบสนองที่ด้อยที่สุด ถึงแม้ว่าแผ่นกันลมที่มีสีเข้มจะช่วยให้ผู้ใช้รู้สึกสบายมากขึ้น ไม่รู้สีที่ร้อนขณะสวมหมวกนิรภัย แต่ก็ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรศิริ จงกล (2554) ที่พบว่าสีของแผ่นกันลมมีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระดุน การใช้แผ่นกันลมมีผลทำให้ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระดุนมากกว่าการไม่ใช้แผ่นกันลม สีของแสงกระดุนสีแดงให้ค่าเวลาในการตอบสนองน้อยกว่าสีเขียว และเพศหญิงมีความไวในการตอบสนองต่อแสงกระดุนเร็วกว่าเพศชาย นอกจากนี้ Luce (1986) ยังพบว่าสีกระดุนหรือสีเรื่ออย่างอ่อน เช่น แสงกระดุนที่เรื่อรางมาก จะให้ค่าเวลาในการตอบสนองช้ากว่าแสงกระดุนที่เข้ม รวมทั้ง Buchsbner และ Calloway (1965) ตามที่อ้างถึงในเอมอร์ ทำน้ำดื่ม (2541) พบว่าเวลาในการตอบสนองจะเร็วมากขึ้น เมื่อสีกระดุนนั้นปรากฏขึ้นให้มองเห็นขณะหายใจออกมากกว่าหายใจเข้า

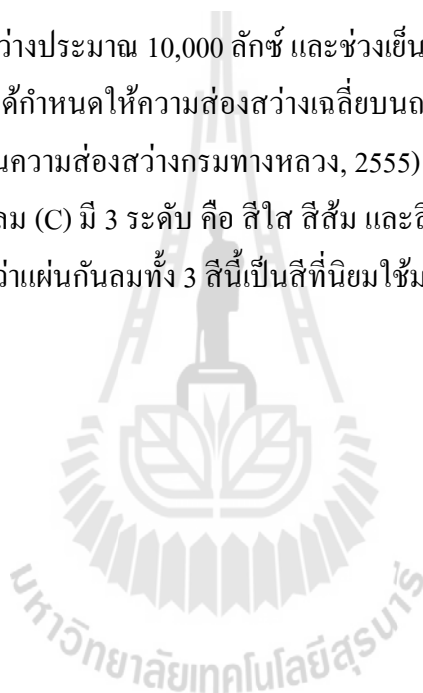
2.2 ชนิดและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

จะเห็นว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาการตอบสนองมีหลายปัจจัยทั้งจากภายนอกและภายในตัวผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เอง และปัจจัยที่น่าสนใจนอกจากเพศแล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ช่วงอายุ ช่วงเวลา และสีของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัย ซึ่งในการทดลองนี้ได้กำหนดปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยเพื่อประเมินอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วม เป็นดังนี้

1) ปัจจัยช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) มี 2 ระดับ คือ ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี และช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี เนื่องจากเป็นวัยที่นิยมใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทางสูงและจากการศึกษาพัฒนาการทางด้านร่างกายพบว่าวัยผู้ใหญ่ (Adulthood) มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนไม่ว่าจะเป็นในด้านของการมองเห็นและในด้านการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น ทั้งนี้ สุวัฒน์ วัฒนวงศ์ (2538) ได้แบ่งการพัฒนาการของบุคคลในวัยผู้ใหญ่ออกเป็น 2 ช่วงอายุ คือ วัยผู้ใหญ่ตอนต้น (Early adulthood) อายุระหว่าง 18-39 ปี และวัยผู้ใหญ่ตอนกลาง (Middle adulthood) อายุระหว่าง 40-60 ปี

2) ปัจจัยช่วงเวลาในการทดสอบ (B) มี 2 ระดับ คือ ช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. และช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. ทั้งนี้ต้องการศึกษาในช่วงที่มีแสงสว่างที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยช่วงกลางวันมีความส่องสว่างประมาณ 10,000 ลักซ์ และช่วงเย็นมีความส่องสว่างประมาณ 10 ลักซ์ ซึ่งในด้านความปลอดภัยได้กำหนดให้ความส่องสว่างเฉลี่ยบนถนนสายหลักในพื้นที่ชนบทไม่ควรต่ำกว่า 9.7 ลักซ์ (มาตรฐานความส่องสว่างกรมทางหลวง, 2555)

3) สีของแผ่นกันลม (C) มี 3 ระดับ คือ สีใส สีส้ม และสีขาว เนื่องจากจากการสอบถามและสำรวจข้อมูลเบื้องต้น พบว่าแผ่นกันลมทั้ง 3 สีนี้เป็นสีที่นิยมใช้มากที่สุด



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ งานสำรวจเพื่อเก็บข้อมูล (Survey work) และงานทดลอง (Experiment work) ซึ่งในส่วนแรกจะเป็นเรื่องของการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับผู้ใช้รถจักรยานยนต์ในจังหวัดนครราชสีมา และในส่วนหลังเกี่ยวข้องกับวางแผนและการทดลองปฏิบัติการตอบสนองของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

3.1 วิธีการดำเนินการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูล (Survey for data collection)

3.1.1 ออกแบบสอบถาม (Questionnaire)

ในการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูล ใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์โดยตรง ดังนั้นจึงต้องจัดเตรียมคำถามหรือแบบบันทึกข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ซึ่งรายละเอียดของคำถามต่าง ๆ เหล่านี้ (แสดงในภาคผนวก ก.) ได้รับการทดลองใช้และปรับปรุงให้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการสัมภาษณ์ โดยมีสาระของข้อมูลแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

- 1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม
- 2) ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้รถจักรยานยนต์
- 3) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัยและกฎหมายที่บังคับใช้หมวกนิรภัย
- 4) พฤติกรรมการเลือกซื้อหมวกนิรภัยและแผ่นกันลม
- 5) พฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย

3.1.2 กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการสำรวจ (Sample size for sample survey)

การหาขนาดตัวอย่างสำหรับการสำรวจ ใช้ข้อสมมติฐานที่ว่า ในตัวอย่างขนาด 100 ค่าข้อมูล ขอมให้มีข้อมูลที่ผิดพลาดโดยเฉลี่ยได้ไม่มากกว่า 5% ดังนั้นจึงสามารถประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error) ของการแจกแจงสัดส่วนข้อมูลที่ผิดพลาด (p) ได้ดังนี้

$$S.E. = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (3-1)$$

แทนค่าในสมการที่ (3-1) จะได้

$$S.E. = \sqrt{\frac{0.05(0.95)}{100}} = 0.022$$

ถ้าต้องการให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงให้มากกว่านี้ ขนาดตัวอย่าง (n) จะต้องมีค่าเพิ่มขึ้น สมมติว่าต้องการให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.E.) ลดลง 50% หรือ $S.E. = 0.022/2 = 0.011$ และสามารถคำนวณหาค่า n ได้ดังนี้

$$n = \frac{0.05(0.95)}{(0.011)^2} = 393 \quad (3-2)$$

เพราะฉะนั้น จึงใช้ค่า n ในการสำรวจเท่ากับ 400 ชุด อย่างไรก็ตามในการสำรวจจริงเนื่องจากสามารถเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างได้ง่ายและมีแบบสอบถามเพียงพอจึงได้จำนวนข้อมูลถึง 437 ชุด ซึ่งจะทำให้ยิ่งมั่นใจได้มากกว่า 95% ว่าสัดส่วนของข้อมูลที่ผิดพลาดในตัวอย่างจะอยู่ในช่วง (จากการประมาณ Binomial distribution ด้วย Normal distribution)

$$\mu_p \pm Z_{0.025} \sigma_p \quad (3-3)$$

เมื่อแทนค่า $Z_{0.025} = 1.96$ (ตารางแสดงพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐาน แสดงในภาคผนวก ข.) จะได้

$$\begin{aligned} 0.05 \pm 1.96(0.011) &= 0.05 \pm 0.02 \\ &= 0.03 \text{ ถึง } 0.07 \text{ หรือตั้งแต่ } 3 \text{ ถึง } 7\% \end{aligned}$$

3.1.3 เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

1) หาข้อมูลทางสถิติเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณการใช้และการมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา จากเว็บไซต์ของกลุ่มสถิติการขนส่งกรมการขนส่งทางบก

2) สุ่มสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้รถจักรยานยนต์ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 437 ราย

3) นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปของการแจกแจงความถี่และค่าคำนวณร้อยละสัดส่วนของสาระต่าง ๆ ที่แสดงลักษณะหรือพฤติกรรมต่าง ๆ ไปของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ในพื้นที่วิจัยนี้ ซึ่งผลสรุปของการวิเคราะห์เหล่านี้จะกล่าวถึงในบทที่ 4

3.2 วางแผนการทดลองเชิงสถิติ (Statistical design of experiments)

แผนการทดลองคือ การกำหนดรูปแบบทดลอง ขั้นตอน และวิธีการ เพื่อให้สามารถนำผลมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติได้ (ปารเมศ ชูติมา, 2545) โดยแผนการทดลองมีอยู่หลายแบบ เช่น แผนการทดลองแบบสุ่มบริบูรณ์ (Completely random design) แผนการทดลองแบบบล็อกเชิงสุ่ม (Randomized completely block design) และแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial design) เป็นต้น ซึ่งในการทดลองและวิเคราะห์ผลของงานวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล

3.2.1 แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial design)

การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล เป็นวิธีการทดลองที่มีความยืดหยุ่นสูงสามารถใช้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ทั้งอิทธิพลหลัก (Main effects) และอิทธิพลร่วมหรืออันตรกิริยา (Interaction effects) แต่ในการทดลองที่มีปัจจัยในการศึกษาจำนวนมาก จะทำให้จำนวนการทดลองเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้นจึงควรออกแบบการทดลองให้มีขนาดเล็กแล้วค่อยขยายเพิ่มขึ้นตามความเหมาะสม (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, 2551)

เพื่อให้เงื่อนไขในแต่ละบล็อกที่ไม่สามารถควบคุมได้สม่ำเสมอมากที่สุด ในการทดลองนี้จึงได้กำหนดการทดลองเป็น 2 ชุด หรือ 2 บล็อก คือ บล็อกของเพศชายและบล็อกของเพศหญิง ในแต่ละบล็อกเป็นการทดสอบแบบแฟกทอเรียลเต็มรูป (Full form factorial) เพราะฉะนั้นการทดสอบจึงแยกเป็น 2 ชุด ทำการวิเคราะห์แยกกัน แล้วจึงนำผลของทั้ง 2 ชุด มาวิเคราะห์ร่วมกัน แม้ว่าจะมีอิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมผสม (Confounded) บ้างก็ตาม

3.2.2 ตัวแบบจำลองสถิติเชิงเส้น (Linear statistical model)

ในแต่ละบล็อกของการทดลองใช้แผนการออกแบบแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ โดยมีตัวแปรตามหรือผลตอบสนองที่สนใจคือ เวลาในการตอบสนองตั้งแต่ปล่อยสัญญาณออกไปจนกระทั่งสิ้นสุดการกดปุ่มเพื่อหยุดเวลา และมีปัจจัยอิสระ 3 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งเขียนเป็นตัวแทนสมการเชิงเส้นตรงของผลตอบสนองได้ดังแสดงในสมการที่ 3-4 (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, 2551)

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย (Factor)	ระดับปัจจัย (Level)
ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A)	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี
ช่วงเวลาในการทดสอบ (B)	ช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. ช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น.
สีของแผ่นกั้นลม (C)	สีใส สีส้ม สีขาว

$$Y_{ijkm} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + (\tau\alpha)_{ij} + (\tau\beta)_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + (\tau\alpha\beta)_{ijk} + \varepsilon_{ijkm} \quad (3-4)$$

โดยที่ $i = 1, 2, \dots, a$; $j = 1, 2, \dots, b$; $k = 1, 2, \dots, c$; $m = 1, 2, \dots, n$

กำหนดให้,

Y_{ijkm}	= ผลตอบสนองที่ระดับ i ของปัจจัย A; ระดับ j ของปัจจัย B; ระดับ k ของปัจจัย C และการทดสอบซ้ำครั้งที่ m
μ	= ผลเฉลี่ยทั้งหมด
τ_i	= ผลที่เกิดจากระดับที่ i ของปัจจัย A
α_j	= ผลที่เกิดจากระดับที่ j ของปัจจัย B
β_k	= ผลที่เกิดจากระดับที่ k ของปัจจัย C
$(\tau\alpha)_{ij}$	= ผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i และ α_j
$(\tau\beta)_{ik}$	= ผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i และ β_k
$(\alpha\beta)_{jk}$	= ผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง α_j และ β_k

$(\tau\alpha\beta)_{ijk}$ = ผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง t_i ; α_j และ β_k

ε_{ijkm} = องค์ประกอบของความผิดพลาดแบบสุ่ม

ข้อสมมติฐานเบื้องต้นของตัวแบบจำลองสถิติเชิงเส้น มีดังนี้

- 1) ε_{ijkm} มีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($E(\varepsilon_{ijkm}) = 0$) และมีความแปรปรวนคงที่ ($V(\varepsilon_{ijkm}) = \sigma^2$)
- 2) ค่าความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน ($Cov(\varepsilon_{ijkm}) = 0$)

3.2.3 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing)

การทดสอบสมมติฐาน เป็นการทดสอบว่าค่าพารามิเตอร์มีค่าตามที่คาดไว้หรือมีการแจกแจงตามที่กำหนดหรือไม่ โดยอาศัยค่าสถิติ (Statistic) ที่ได้จากตัวอย่างหรือข้อมูลจากการทดสอบมาตัดสิน โดยเทียบกับเกณฑ์ภายใต้ข้อสมมติฐานว่า เหตุการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นจริง (H_0) ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบค่าสถิติกับเกณฑ์ที่ใช้ทดสอบจะนำไปสู่การยอมรับหรือปฏิเสธข้อสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ (ปารเมศ ชูติมา, 2545) โดยทั่วไปการทดสอบสมมติฐานทางสถิติจะประกอบด้วย

1) สมมติฐานหลักหรือสมมติฐานว่าง (Principal or Null hypothesis, H_0) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ถูกกำหนดในลักษณะที่มีวัตถุประสงค์ที่จะลงล้างหรือปฏิเสธ (Reject) กล่าวคือเมื่อกำหนดวัตถุประสงค์หลักแล้วจะต้องหาหลักฐานมาหักล้างสมมติฐานที่กำหนด โดยทั่วไปสมมติฐานหลักจะถูกกำหนดในลักษณะที่ให้ค่าพารามิเตอร์มีค่าเท่ากับหรือไม่แตกต่างไปจากค่าคาดที่ว่าจะเป็น ซึ่งจะหมายถึงรวมถึงพารามิเตอร์มีค่าเท่ากับ ($=$) น้อยกว่าหรือเท่ากับ (\leq) และมากกว่าหรือเท่ากับ (\geq)

2) สมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis, H_A) เป็นสมมติฐานที่ถูกกำหนดให้มีข้อความที่แย้งกับสมมติฐานหลักเสมอ เช่น ถ้าสมมติฐานหลักคือพารามิเตอร์ที่สนใจมีค่าเท่ากับ C (ค่าคงที่) สมมติฐานทางเลือกอาจเป็นน้อยกว่า C ($<C$) หรืออาจเป็นพารามิเตอร์มากกว่า C ($>C$)

การพิจารณาว่าจะตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

- (1) จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก ถ้าพบว่าค่าทดสอบสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในเขตปฏิเสธ (Rejection region) ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด เช่น 1% ; 5% ; 10% เป็นต้น
- (2) จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก ถ้าพบว่าค่าความน่าจะเป็นของค่าทดสอบสถิติที่คำนวณได้มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นน้อยมากถ้าสมมติฐานหลักเป็นจริง การปฏิเสธสมมติฐานหลักในกรณีนี้อาศัยค่า P-Value ซึ่งหมายถึงค่าความน่าจะเป็นที่ค่าสถิติจะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าที่คำนวณได้ เมื่อ H_0 เป็นจริง ดังนั้นการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 จึงขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ทำการทดสอบสมมติฐาน

3.2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างประชากรตั้งแต่ 2 ประชากรขึ้นไป โดยใช้หลักการแยกความผันแปรหรือความแปรปรวนทั้งหมดของข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการทดลองออกเป็นส่วน ๆ ตามแหล่งที่ทำให้เกิดความผันแปร (Sources of variation) นั้น ๆ ดังนี้

1) ความผันแปรเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (ความผันแปรที่อธิบายไม่ได้) เช่น ความผันแปรจากสภาพแวดล้อมในการทดลอง เป็นต้น

2) ความผันแปรเนื่องจากปัจจัยที่ใช้ทดลอง (ความผันแปรที่อธิบายได้) ได้แก่ ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบ และสีของแผ่นกั้นลม

และใช้ค่าสถิติ F ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความผันแปรชนิดหลังต่อชนิดแรกเป็นค่าเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของค่า F ที่จะปฏิเสธหรือยอมรับ H_0

3.2.5 การเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีทูกีย์

การเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีทูกีย์ (Tukey) เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 ค่าที่เกิดจากระดับการทดสอบของปัจจัยที่แตกต่างกัน โดยนำผลต่างของค่าเฉลี่ยไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (Significant studentized range) หรือ HSD ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3-5)

$$HSD = q_{\alpha, a, N-a} \sqrt{\frac{MSE}{n}} \quad (3-5)$$

โดยที่ α คือ ระดับนัยสำคัญ a คือ จำนวนทริทเมนต์ในการทดลอง N คือ จำนวนค่าสังเกตทั้งหมดในการทดลอง n คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละทริทเมนต์ MSE คือ ค่า Mean square error ที่ได้จากการตาราง ANOVA และ q คือ ค่าที่เปิดจากการตาราง HSD (ดังแสดงในภาคผนวก ฉ.) ที่ $\alpha, a, N-a$

การพิจารณาเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์แต่ละคู่ที่เป็นไปได้กับค่า HSD ถ้าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์คู่ใดมีค่ามากกว่าค่า HSD จะยอมรับว่าทริทเมนต์คู่นั้นมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ α

3.2.6 ขนาดตัวอย่าง

ในการทดสอบความไวต่อการตอบสนองสัญญาณกระตุ้น ใช้กลุ่มตัวอย่างจากประชากรของผู้ขับจี้รถจักรยานยนต์ที่มีใบอนุญาตขับขี่ในจังหวัดนครราชสีมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอเมืองทั้งเพศชายและเพศหญิง อายุตั้งแต่ 18-60 ปี โดยการรับสมัคร ซึ่งตามรูปแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล $2 \times 2 \times 3 = 12$ ค่าวัด (Observation) ถ้า n คือจำนวนทดสอบซ้ำ (Replicates) ดังนั้นจำนวนค่าวัดทั้งหมดของการทดสอบในแต่ละบล็อก คือ $(12 \times n)$ ค่าวัด

สำหรับการหาจำนวนทำการทดสอบซ้ำ หาได้จากการอาศัยค่าอำนาจในการทดสอบสมมติฐาน (Power of test) หรือ $(1 - \beta)$ เป็นเกณฑ์ ซึ่งจะต้องพิจารณาในส่วนของค่าความน่าจะเป็นที่จะยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักไม่เป็นจริงเสียก่อน นั่นคือค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error หรือ β) และเมื่อได้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 แล้ว จึงนำมาหาค่าอำนาจการทดสอบ $(1 - \beta)$ (จิราวัลย์ จิตรถเวช, 2552) ซึ่งวิธีการคำนวณหาค่าอำนาจการทดสอบข้อมูลกรณี 3 ปัจจัย หาได้จากสมการ 3 สมการ ดังนี้

โดย
$$\Phi^2 = \frac{nbcd^2}{2a\sigma^2} \quad (3-6)$$

$$\Phi^2 = \frac{nacd^2}{2b\sigma^2} \quad (3-7)$$

$$\Phi^2 = \frac{nabd^2}{2c\sigma^2} \quad (3-8)$$

เมื่อ n = จำนวนทดลองซ้ำ (Replication)

a = ระดับของปัจจัยช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ซึ่งเท่ากับ 2

b = ระดับของปัจจัยช่วงเวลาในการทดสอบ ซึ่งเท่ากับ 2

c = ระดับของปัจจัยสีของแผ่นกันลม ซึ่งเท่ากับ 3

D = ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Difference of means) โดยทั่วไปผู้ออกแบบการทดลองจะเป็นผู้กำหนดขึ้นเอง โดยกำหนดค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสูงสุดค่าหนึ่ง (Montgomery, 2001) และค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์คู่ใดเกินค่านี้ให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Reject H_0).

σ^2 = ค่าความแปรปรวน ซึ่งหาได้จากการทดลองที่เคยทำมาแล้วหรือได้จากการทดลองนำร่อง (Pilot experiments) ถ้าหากมีค่า σ^2 หลายค่า ให้เลือกใช้ค่าที่ใหญ่ที่สุดเพราะยิ่งค่า σ^2 มีค่ามาก ขนาดตัวอย่าง n ก็จะมากขึ้นด้วยที่ระดับ β เดียวกัน

โดยอาศัย σ จากการทดสอบนำร่อง (Pilot experiments) เท่ากับ 0.06 วินาที ($\sigma = 0.06$) และกำหนดให้ $D \cong 3\sigma \cong 0.15$ และใช้ $\alpha = 0.05$ ซึ่งเมื่อแทนค่าเหล่านี้ในสมการที่ (3-6); (3-7) และ (3-8) จะได้ผลดังนี้

$$\Phi^2 = \frac{n(2)(3)(0.15)^2}{2(2)(0.06)^2} = 9.375n \quad (3-9)$$

$$\Phi^2 = \frac{n(2)(3)(0.15)^2}{2(2)(0.06)^2} = 9.375n \quad (3-10)$$

$$\Phi^2 = \frac{n(2)(2)(0.15)^2}{2(3)(0.06)^2} = 4.167n \quad (3-11)$$

การคำนวณหาค่า n ในที่นี้ใช้สมการ (3-11) เพราะเมื่อนำไปเปิดตาราง Operating characteristic curves (ดังแสดงในภาคผนวก ข.) โดยกำหนดให้ $\alpha = 0.05$, $V_1 = 2$ ทำให้ได้ค่า β ต่ำที่สุด ซึ่งจะทำได้ค่า n มากกว่าสมการอื่น ๆ จากนั้นทดลองแทนค่า n เท่ากับ 1,2,3, และค่าอื่น ๆ ดังในตารางที่ 3.2 แสดงการคำนวณอำนาจการทดสอบข้อมูลไว้ 3 ค่า และ $n = 2$ ได้ค่าอำนาจการทดสอบข้อมูลมากที่สุด จึงเลือกจำนวนการทดลองซ้ำเท่ากับ 2 ครั้ง เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าการทดสอบแบบแฟกทอเรียลของแต่ละบล็อกละใช้จำนวนการทดสอบทั้งหมดเท่ากับ $2 \times 12 = 24$ การทดสอบ

ตารางที่ 3.2 การคำนวณอำนาจการทดสอบข้อมูล (กำหนดให้ $\alpha = 0.05$, $V_1 = 2$)

n	Φ^2	Φ	$abc(n-1)$	β	$1-\beta$
1	4.17	2.04	0	-	-
2	8.33	2.89	12	0.018	0.982*
3	12.50	3.54	24	-	-

3.2.7 แผนการทดลอง (Experimental plan)

แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลซึ่งมีจำนวนทดสอบซ้ำ 1 ครั้ง สามารถแสดงได้เป็นตารางที่ 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.3 แผนการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (ผู้ถูกทดสอบเพศชาย)

	ทดลองซ้ำ (ครั้งที่)	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)	ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)
สีใส (C1)	1	Y ₁₁₁₁ **	Y ₁₂₁₁	Y ₂₁₁₁	Y ₂₂₁₁
	2	Y ₁₁₁₂	Y ₁₂₁₂	Y ₂₁₁₂	Y ₂₂₁₂
สีส้ม (C2)	1	Y ₁₁₂₁	Y ₁₂₂₁	Y ₂₁₂₁	Y ₂₂₂₁
	2	Y ₁₁₂₂	Y ₁₂₂₂	Y ₂₁₂₂	Y ₂₂₂₂
สีชา (C3)	1	Y ₁₁₃₁	Y ₁₂₃₁	Y ₂₁₃₁	Y ₂₂₃₁
	2	Y ₁₁₃₂	Y ₁₂₃₂	Y ₂₁₃₂	Y ₂₂₃₂

หมายเหตุ: ** ค่าเวลาการตอบสนองจากการทดสอบ

ตารางที่ 3.4 แผนการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (ผู้ถูกทดสอบเพศหญิง)

	ทดลองซ้ำ (ครั้งที่)	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)	ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)
สีใส (C1)	1	Y ₁₁₁₁	Y ₁₂₁₁	Y ₂₁₁₁	Y ₂₂₁₁
	2	Y ₁₁₁₂	Y ₁₂₁₂	Y ₂₁₁₂	Y ₂₂₁₂
สีส้ม (C2)	1	Y ₁₁₂₁	Y ₁₂₂₁	Y ₂₁₂₁	Y ₂₂₂₁
	2	Y ₁₁₂₂	Y ₁₂₂₂	Y ₂₁₂₂	Y ₂₂₂₂
สีชา (C3)	1	Y ₁₁₃₁	Y ₁₂₃₁	Y ₂₁₃₁	Y ₂₂₃₁
	2	Y ₁₁₃₂	Y ₁₂₃₂	Y ₂₁₃₂	Y ₂₂₃₂

ในการทดลองได้กระทำเป็น 2 ชุด แยกจากกันคือ ชุดของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เพศชายและเพศหญิง โดยไม่ถือว่าเป็นการทดสอบเดียวกัน เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์จึงเกี่ยวข้องกับแต่ละกลุ่มเท่านั้น หรือกล่าวได้ว่าการทดสอบประกอบด้วย 2 บล็อก คือ บล็อกของเพศชายและบล็อกของเพศหญิง โดยมีการสุ่มทดสอบบล็อกเพศชายก่อน

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ในเบื้องต้น พบว่าความผันแปรของสิ่งแวดล้อมในการทดลองซึ่งรวมอยู่ในแต่ละบล็อกมีค่าน้อยมากจึงทำให้สามารถนำผลการทดลองมาวิเคราะห์รวมกันทั้งเพศชายและหญิงได้

3.2.8 การจัดลำดับการทดลอง

การจัดลำดับในการทดลองแยกออกเป็น 2 บล็อก คือ บล็อกเพศชายและบล็อกเพศหญิง โดยที่แต่ละบล็อกมีการทดสอบแบบสุ่มภายในบล็อก โดยมีการจัดลำดับทดสอบในแต่ละบล็อกดังนี้

1) บล็อกเพศชาย

กำหนดหมายเลขให้กับเงื่อนไขของการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.5 หลังจากนั้นสุ่มชื่อผู้ถูกทดสอบให้แต่ละเงื่อนไข โดยใช้รหัสชื่อผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 18-39 ปี เป็นอักษรไทย และรหัสชื่อผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 40-60 ปี เป็นอักษรลาติน (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.) แล้วจึงสุ่มลำดับจากหมายเลขเงื่อนไขดังในตารางที่ 3.6 ตัวอย่างเช่น ตัวเลข (8) หมายถึงการทดสอบเงื่อนไขที่ 6 ในลำดับที่ 8 ของการทดลองทั้งหมด 24 ครั้ง หลังจากทำการสุ่มลำดับเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำการสรุปเป็นตารางลำดับของกลุ่มการทดลองในแต่ละวัน ซึ่งมีรายละเอียดของจำนวนการทดลองในแต่ละวันอยู่ในภาคผนวก ก. เช่นกัน

ตารางที่ 3.5 เงื่อนไขการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (กำหนดหมายเลขให้กับผู้ถูกทดสอบเพศชาย)

	ทดลองซ้ำ (ครั้งที่)	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)	ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)
สี่ใส (C1)	1	1	3	13	15
	2	2	4	14	16
สี่ส้ม (C2)	1	5	7	17	19
	2	6**	8	18	20
สี่ชา (C3)	1	9	11	21	23
	2	10	12	22	24

ตารางที่ 3.6 ลำดับการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (เพศชาย)

	ทดลองซ้ำ (ครั้งที่)	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)	ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)
สี่ใส (C1)	1	(20)	(9)	(3)	(16)
	2	(21)	(11)	(15)	(1)
สี่ส้ม (C2)	1	(17)	(4)	(22)	(5)
	2	(8)**	(19)	(14)	(24)
สี่ชา (C3)	1	(13)	(18)	(7)	(10)
	2	(2)	(23)	(6)	(12)

2) บล็อกเพศหญิง

การกำหนดหมายเลขให้กับเงื่อนไขของการทดสอบของบล็อกเพศหญิงกระทำเช่นเดียวกันกับบล็อกเพศชาย

ตารางที่ 3.7 เงื่อนไขการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (กำหนดหมายเลขให้กับผู้ถูกทดสอบเพศหญิง)

	ทดลองซ้ำ (ครั้งที่)	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)	ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)
สี่ใส (C1)	1	1	3	13	15
	2	2	4	14	16
สี่ส้ม (C2)	1	5	7	17	19
	2	6	8	18	20
สี่ชา (C3)	1	9	11	21	23
	2	10	12	22	24

ตารางที่ 3.8 ลำดับการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3 ปัจจัย (เพศหญิง)

	ทดลองซ้ำ (ครั้งที่)	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)	ช่วงกลางวัน(B1)	ช่วงเย็น(B2)
สี่ใส (C1)	1	(19)	(2)	(4)	(20)
	2	(17)	(21)	(13)	(8)
สี่ส้ม (C2)	1	(24)	(11)	(18)	(15)
	2	(5)	(7)	(9)	(6)
สี่ชา (C3)	1	(14)	(12)	(10)	(22)
	2	(3)	(1)	(16)	(23)

3.3 การทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) เปิดรับสมัครผู้ที่สนใจเข้าร่วมในการทดสอบการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นขณะสวมหมวกนิรภัย จำนวนทั้งสิ้น 60 คน ซึ่งแบ่งเป็นเพศชาย 30 คน เพศหญิง 30 คน (ช่วงอายุละ 15 คน โดยในการทดลองนี้แบ่งช่วงอายุออกเป็น 2 ช่วง)

2) ทำการสุ่มผู้เข้าร่วมในการทดสอบ โดยแบ่งตามช่วงอายุและสุ่มด้วยวิธีการจับฉลากจำนวนผู้ร่วมทดสอบ 24 คน จากทั้งหมด 30 คน ทำเช่นนี้ไปจนครบทุกช่วงอายุ และจะได้ผู้ร่วมทดสอบทั้งหมด 48 คน จาก 60 คน (สุ่มด้วยวิธีจับฉลากครั้งที่ 1 โดยผู้ทดสอบ)

3) อธิบายและสาธิตเกี่ยวกับวิธีการทดสอบ รวมถึงวัตถุประสงค์ของการทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างฟังอย่างละเอียดเพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการทดลองที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่เข้าใจ

4) จากนั้นสุ่มลำดับการทดสอบ (ช่วงเวลาในการทดสอบ) ของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน ซึ่งการทดสอบนี้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา (สุ่มด้วยวิธีจับฉลากครั้งที่ 2 โดยผู้ถูกทดสอบ)

5) หลังจากทราบช่วงเวลาในการทดสอบแล้ว ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนเริ่มมาทำการทดสอบ โดยให้ผู้ถูกทดสอบนั่งเก้าอี้ที่จัดเตรียมไว้ในท่าทางที่สบาย จากนั้นนำแขนข้างที่ถนัดวางบนโต๊ะในท่าทางที่นิ้วชี้วางใกล้กับปุ่มกดเพื่อให้สามารถกดได้ถนัด ตามผังการจัดพื้นที่ทดสอบในรูปที่ 3.1 และ 3.2

6) ให้ผู้ถูกทดสอบสวมหมวกนิรภัยที่มีแผ่นกันลมเป็นสีต่าง ๆ เช่น สี่ใส สี่ส้ม และสี่ชา (แผ่นกันลมสามารถถอดเปลี่ยนสีได้)

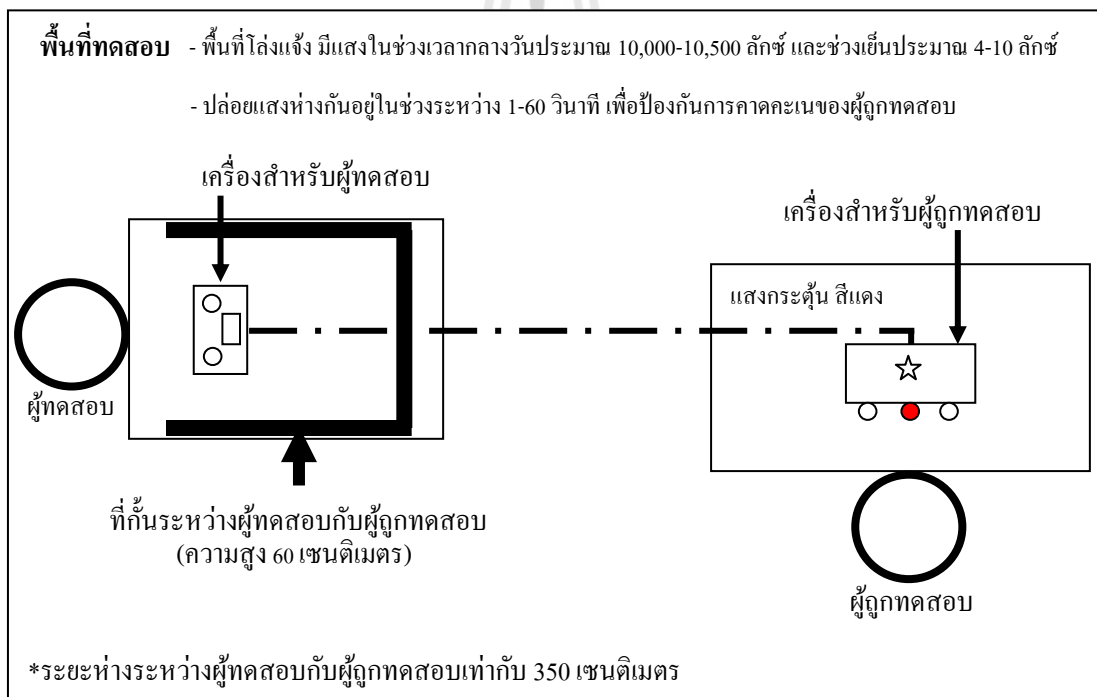
7) วัดเวลาการตอบสนอง โดยใช้แสงเป็นสิ่งกระตุ้นด้วยเครื่องทดสอบการตอบสนองแบบที่ต้องเลือก (Deluxe multi-choice reaction time apparatus model: 63013) ดังแสดงในรูปที่ 3.3

8) ก่อนเริ่มทำการทดสอบแต่ละครั้งต้องทำการตรวจสอบความสว่างของแสง (ด้วยเครื่องวัดแสง ในรูปที่ 3.4) และให้ผู้ถูกทดสอบทดลองกดประมาณ 5-10 นาที เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับลักษณะการทดลอง

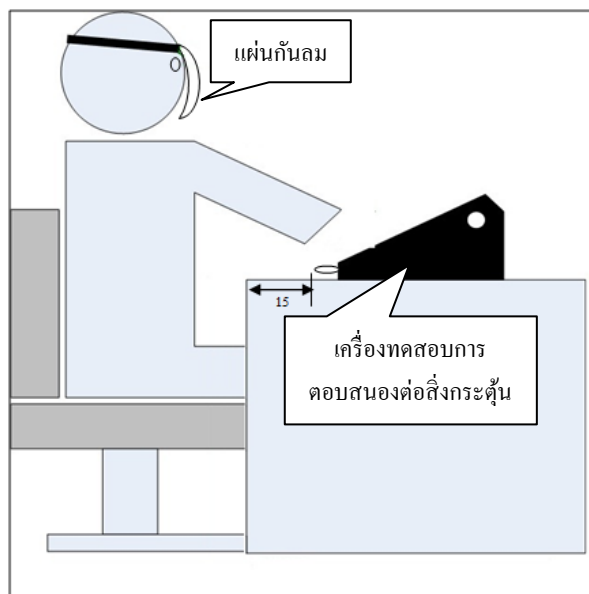
9) เริ่มทำการทดสอบและเก็บข้อมูลไปเรื่อย ๆ จนครบตามแผนการทดลองที่วางไว้ (บันทึกข้อมูลในตารางแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลในภาคผนวก ง.) การบันทึกเวลาการตอบสนองเริ่มตั้งแต่สัญญาณไฟกระตุกติดจนถึงผู้ถูกทดสอบกดปุ่มที่เครื่องวัดเสร็จสิ้น และเวลามีหน่วยเป็นวินาที

10) ทำการทดลองทั้งหมด 50 ครั้ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกทำการทดลอง 20 ครั้ง จากนั้นพัก 1 นาที แล้วทำการทดลองช่วงที่สองอีก 30 ครั้ง

11) นำค่าเวลา 5 ครั้งหลังสุด (ครั้งที่ 46-50) ไปวิเคราะห์โดยเริ่มต้นจากการใช้แผนภูมิควบคุมค่าพิสัยในการพิจารณาการกระจายของข้อมูล จากนั้นจึงวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป



รูปที่ 3.1 การจำลองตำแหน่งการนั่งของผู้ทดสอบและผู้ถูกทดสอบ



รูปที่ 3.2 การจำลองลักษณะการนั่งทดสอบของผู้ถูกทดสอบ



รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น (Deluxe multi-choice reaction time apparatus model: 63013)



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความส่องสว่างของแสงแบบดิจิตอล



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการสรุปข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับการใช้รถจักรยานยนต์ในจังหวัดนครราชสีมาและผลจากการสัมภาษณ์ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์โดยตรงจากแบบสอบถาม และส่วนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง (Experiments)

4.1 สรุปข้อมูลทั่วไปของการใช้รถจักรยานยนต์

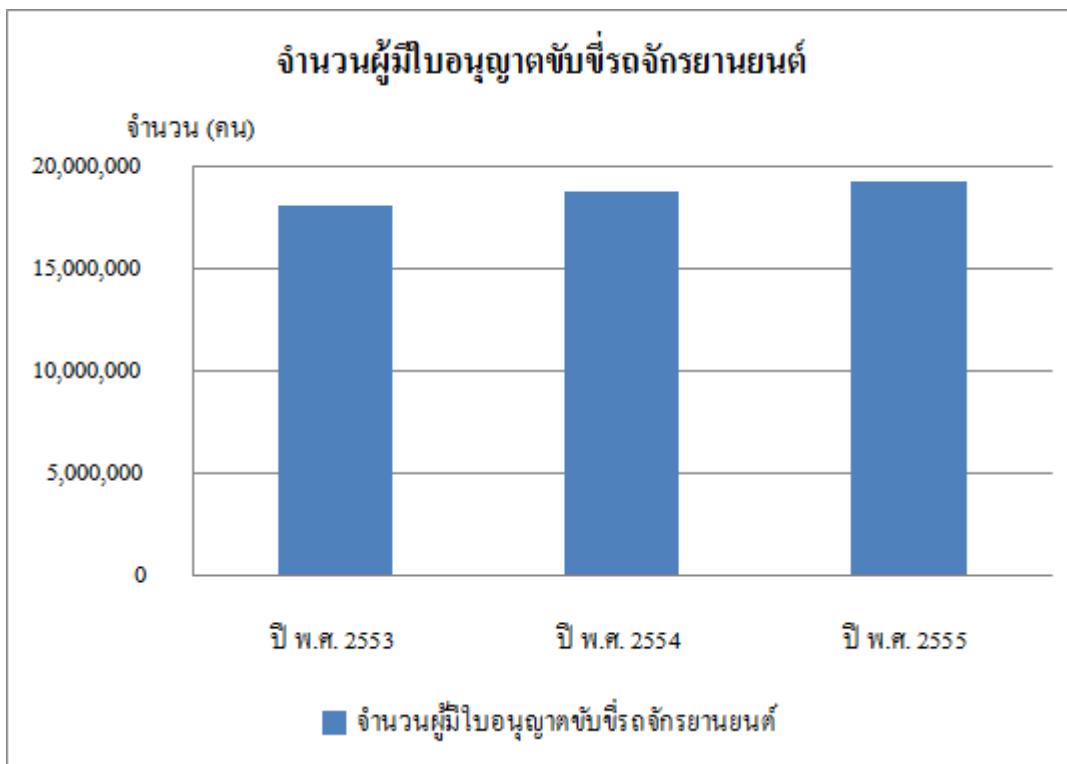
4.1.1 การใช้รถจักรยานยนต์ในประเทศไทยและในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาวิจัยโดยมีประชากรคือ ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในประเทศไทย ซึ่งจากสถิติกรมการขนส่งทางบกพบว่ามีจำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ทั่วประเทศ ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2555 จำนวนทั้งสิ้น 19,290,206 คน โดยจำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่องทุกปี และเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2554 เพิ่มขึ้น ถึง 560,231 คน (ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 จำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ณ วันที่ 31 ธันวาคม

ประเภทใบอนุญาต	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555
1. ใบอนุญาตขับรถจักรยานยนต์ชั่วคราว	3,979,821	4,045,762	4,073,815
2. ใบอนุญาตขับรถจักรยานยนต์หนึ่งปี	1,796,182	1,762,585	1,750,197
3. ใบอนุญาตขับรถจักรยานยนต์ห้าปี	6,109,223	6,701,383	7,239,668
4. ใบอนุญาตขับรถจักรยานยนต์ตลอดชีพ	5,998,379	5,987,108	5,987,650
5. ใบอนุญาตขับรถจักรยานยนต์สาธารณะ	214,390	233,137	238,876
รวม	18,097,995	18,729,975	19,290,206

ที่มา: กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก, 2556



รูปที่ 4.1 จำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ณ วันที่ 31 ธันวาคม
(กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก, 2556)

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้คือ ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา โดยมีจำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2555 จำนวนทั้งสิ้น 829,487 คน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบจำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ของจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าจังหวัดนครราชสีมาเป็นอันดับที่หนึ่ง (ดังแสดงในตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 จำนวนผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์จังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์	จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ผู้มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์
1. ชัยภูมิ	242,686	11. หนองคาย	165,433
2. ยโสธร	169,260	12. เลย	137,257
3. อุบลราชธานี	495,856	13. อุดรธานี	351,500
4. ศรีสะเกษ	276,737	14. นครพนม	169,835
5. บุรีรัมย์	377,968	15. สกลนคร	250,273
6. นครราชสีมา	829,487	16. ขอนแก่น	386,046
7. สุรินทร์	302,025	17. กาฬสินธุ์	166,034
8. อำนาจเจริญ	82,436	18. มหาสารคาม	192,839
9. หนองบัวลำภู	80,181	19. ร้อยเอ็ด	228,881
10. บึงกาฬ	12,620	20. มุกดาหาร	75,367
รวมทั้งหมด			4,992,721

ที่มา: กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก, 2556



4.1.2 ผลการสรุปข้อมูลจากแบบสอบถาม

ผลลัพธ์จากแบบสอบถามเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์ (ดังแสดงในภาคผนวก ก) สามารถแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

งานวิจัยนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา จำนวนทั้งหมด 437 ตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.3-4.29

ตารางที่ 4.3 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศชาย	246	56.29
2. เพศหญิง	191	43.71
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.3 พบว่าจำนวนตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์ที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมดแบ่งเป็นเพศชาย 246 คน (ร้อยละ 56.29) และเพศหญิง 191 คน (ร้อยละ 43.71)

ตารางที่ 4.4 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามช่วงอายุ

ช่วงอายุ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ช่วงอายุ 18-30 ปี	340	77.80
2. ช่วงอายุ 31-40 ปี	44	10.07
3. ช่วงอายุ 41-50 ปี	40	9.15
4. ช่วงอายุ 51 ปีขึ้นไป	13	2.98
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผู้ขับขีรถจักรยานยนต์ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 18-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 77.80 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 31-40 ปี 41-50 ปี และ 51 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 10.07, 9.15 และ 2.98 ตามลำดับ

โดยในช่วงอายุ 18-30 ปี อยู่ในช่วงวัยเรียนและวัยทำงาน เป็นวัยที่นิยมใช้รถจักรยานยนต์ เป็นจำนวนมากเนื่องจากมีราคาไม่แพงมาก ค่าบำรุงรักษาต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ และที่สำคัญ สะดวกและมีความคล่องตัวเมื่อเดินทางในระยะที่ไม่ไกลมาก

ตารางที่ 4.5 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามระดับการศึกษาสูงสุด

ระดับการศึกษาสูงสุด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ประถมศึกษา	37	8.47
2. มัธยมศึกษาตอนต้น	34	7.78
3. มัธยมศึกษาตอนปลาย	82	18.76
4. อนุปริญญา	34	7.78
5. ปริญญาตรี	216	49.43
6. สูงกว่าปริญญาตรี	34	7.78
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.5 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาสูงสุดคือ ปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 49.43 รองลงมาคือ มัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 18.76 และ ประถมศึกษา ร้อยละ 8.47 นอกจากนี้ยังมีมัธยมศึกษาตอนต้น อนุปริญญาและสูงกว่าปริญญาตรี เท่ากันที่ร้อยละ 7.78

ตารางที่ 4.6 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามอาชีพ

อาชีพ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. นักเรียน	17	3.89
2. นักศึกษา	193	44.17
3. ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	32	7.32
4. พนักงานบริษัท	117	26.77
5. เกษตรกร	9	2.06
6. รับจ้างทั่วไป	40	9.15
7. อื่น ๆ	29	6.64
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.6 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักศึกษาและพนักงานบริษัท คิดเป็นร้อยละ 44.17 และ 26.77 ตามลำดับ ซึ่งก็สอดคล้องกับช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถามมากที่สุด (18-30 ปี) นอกจากนี้กลุ่มอาชีพรองลงมาคือ รับจ้างทั่วไป ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ เกษตรกร และอื่น ๆ เช่น ค้าขาย ธุรกิจส่วนตัว เป็นต้น ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามปัญหาเกี่ยวกับสายตา

ปัญหาเกี่ยวกับสายตา	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. สายตาสั้น	314	71.85
2. สายตาสั้น	78	17.85
3. สายตายาว	23	5.26
4. สายตาเอียง	19	4.35
5. ตาบอดสี	1	0.23
6. อื่น ๆ	2	0.46
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.7 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่มีปัญหาความผิดปกติของสายตา (สายตาสั้น) คิดเป็นร้อยละ 71.85 ลำดับรองลงมาคือ ผู้ที่มีปัญหาความผิดปกติของสายตา เช่น สายตาสั้น สายตายาว สายตาเอียง ตาแพ้แสง ตาแพ้ลม และตาบอดสี คิดเป็นร้อยละ 28.15

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้รถจักรยานยนต์

ตารางที่ 4.8 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามการถือครองรถจักรยานยนต์

การถือครองรถจักรยานยนต์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เป็นเจ้าของ	303	69.34
2. ไม่ได้เป็นเจ้าของ	134	30.66
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.8 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ร้อยละ 69.34 เป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์เอง มีเพียงร้อยละ 30.66 เท่านั้นที่ไม่ได้เป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์เอง ซึ่งบางส่วนก็เป็นรถจักรยานยนต์ของบิดามารดาหรือคนในครอบครัว

ตารางที่ 4.9 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามการมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์

การมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ไม่มี	129	29.52
2. มี	289	66.13
3. มีแต่หมดอายุ	19	4.35
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.9 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.13 มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ รองลงมา ร้อยละ 29.52 ไม่มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ และลำดับสุดท้ายคือ มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์แต่หมดอายุแล้ว คิดเป็นร้อยละ 4.35

ตารางที่ 4.10 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์

ประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ไม่เกิน 1 ปี	15	3.43
2. 1-2 ปี	21	4.81
3. 3-4 ปี	35	8.01
4. 4 ปีขึ้นไป	366	83.75
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.10 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 83.75 รองลงมาคือ มีประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ 3-4 ปี, 1-2 ปี และไม่เกิน 1 ปี โดยคิดเป็นร้อยละ 8.01, 4.81 และ 3.43 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามความถี่ในการขับขี่รถจักรยานยนต์

ความถี่ในการขับขี่รถจักรยานยนต์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ทุกวัน	299	68.42
2. 1-2 วัน/สัปดาห์	51	11.67
3. 3-5 วัน/สัปดาห์	66	15.10
4. อื่น ๆ	21	4.81
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.11 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ขับขี่รถจักรยานยนต์เป็นประจำทุกวัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 68.42 รองลงมาคือ ขับขี่ 3-5 วันต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 15.10 นอกจากนี้ก็ยังมีขับขี่ 1-2 วันต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 11.67 และนาน ๆ ขับขี่ คิดเป็นร้อยละ 4.81

ตารางที่ 4.12 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์

การเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ไม่เคย	134	30.66
2. เคย 1 ครั้ง	122	27.92
3. เคย 2 ครั้ง	84	19.22
4. เคยมากกว่า 2 ครั้ง	97	22.20
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.12 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เคยประสบอุบัติเหตุ โดยเกิดอุบัติเหตุตั้งแต่ 1 ครั้งขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 69.34 และไม่เคยเกิดอุบัติเหตุเลย คิดเป็นร้อยละ 30.66

ตารางที่ 4.13 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามประวัติการเคยถูกจับกุมในความผิดเกี่ยวกับหมวกนิรภัย

ประวัติการเคยถูกจับกุมในความผิดเกี่ยวกับหมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ไม่เคย	176	40.27
2. เคย 1 ครั้ง	111	25.40
3. เคย 2 ครั้ง	46	10.53
4. เคยมากกว่า 2 ครั้ง	104	23.80
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.13 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เคยถูกจับกุมในความผิดเกี่ยวกับหมวกนิรภัย โดยถูกจับกุมตั้งแต่ 1 ครั้งขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 59.73 และไม่เคยถูกจับกุมในความผิดเกี่ยวกับหมวกนิรภัย คิดเป็นร้อยละ 40.27

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวดนิรภัยและกฎหมายที่บังคับใช้
หมวดนิรภัย

ตารางที่ 4.14 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามความรู้ความเข้าใจ
เกี่ยวกับหมวดนิรภัย

คำถาม	จำนวน (คน)			
	ใช่	ไม่ใช่	ไม่ทราบ	รวม
1. หมวดนิรภัย หมายถึง หมวดที่จัดทำขึ้นมาโดยเฉพาะ เพื่อป้องกันอันตราย ในขณะที่ขับขี่และโดยสารรถจักรยานยนต์ใช่หรือไม่	409 (93.59%)	17 (3.89%)	11 (2.52%)	437 (100%)
2. ลักษณะของหมวดนิรภัยแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ 1) แบบครึ่งใบ 2) แบบเต็มใบ 3) แบบปิดเต็มหน้า ใช่หรือไม่	359 (82.15%)	21 (4.81%)	57 (13.04%)	437 (100%)
3. ปัจจุบันท่านคิดว่ามีกฎหมายบังคับใช้หมวดนิรภัยใช่หรือไม่	421 (96.34%)	6 (1.37%)	10 (2.29%)	437 (100%)
4. ผู้ใช้รถจักรยานยนต์ที่ฝ่าฝืนไม่สวมหมวดนิรภัยจะมีโทษปรับไม่เกิน 500 บาท ใช่หรือไม่	315 (72.08%)	41 (9.38%)	81 (18.54%)	437 (100%)
5. กฎหมายหมวดนิรภัยได้กำหนดไว้ว่า หมวดนิรภัยจะต้องได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ใช่หรือไม่	408 (93.36%)	3 (0.69%)	26 (5.95%)	437 (100%)
6. กฎหมายหมวดนิรภัย ไม่ได้บังคับใช้กับ กิษุ สามเณร นักพรต หรือผู้นับถือศาสนาที่ใช่ผ้าโพกศีรษะตามประเพณี ใช่หรือไม่	221 (50.57%)	87 (19.91%)	129 (29.52%)	437 (100%)
เฉลี่ย	81.34%	6.68%	11.98%	100%

จากตารางที่ 4.14 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ทราบและมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎหมายหมวกนิรภัย โดยคิดเป็นร้อยละ 81.34 แต่ทั้งนี้ยังมีผู้ตอบแบบสอบถามบางส่วนที่ตอบไม่ใช่และไม่ทราบรวมกันประมาณร้อยละ 18.66 ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มนี้ยังไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับกฎหมายหมวกนิรภัย ดังนั้นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจึงควรมีการประชาสัมพันธ์และทำความเข้าใจกับประชาชนเพิ่มมากขึ้น

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเลือกซื้อหมวกนิรภัยและแผ่นกันลม

ตารางที่ 4.15 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามลักษณะการใช้หมวกนิรภัย

ลักษณะการใช้หมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. แบบครึ่งใบ	57	13.04
2. แบบเต็มใบ	202	46.23
3. แบบปิดเต็มหน้า	178	40.73
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.15 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ใช้หมวกนิรภัยชนิดเต็มใบ คิดเป็นร้อยละ 46.23 รองลงมาคือ หมวกนิรภัยชนิดปิดเต็มใบหน้า คิดเป็นร้อยละ 40.73 และหมวกนิรภัยชนิดครึ่งใบ ร้อยละ 13.04 ตามลำดับ ทั้งนี้ผลจากการสำรวจดังกล่าวสอดคล้องกับคำแนะนำของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่แนะนำให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ใช้หมวกนิรภัยชนิดเต็มใบหรือชนิดปิดเต็มใบหน้า เนื่องจากสามารถป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการประสบอุบัติเหตุได้มากกว่าชนิดครึ่งใบ

ตารางที่ 4.16 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามการมีเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรับรอง

การมีเครื่องหมาย มอก. รับรอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. มี	404	92.45
2. ไม่มี	33	7.55
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.16 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกใช้หมวกนิรภัยที่มีเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรับรอง โดยคิดเป็นร้อยละ 92.45 มีเพียงร้อยละ 7.55 เท่านั้นที่หมวกนิรภัยไม่มีการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.17 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามสีของหมวกนิรภัยที่ใช้

สีของหมวกนิรภัยที่ใช้	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. สีแดง	34	7.78
2. สีดำ	210	48.05
3. สีฟ้า	55	12.59
4. สีเขียว	22	5.03
5. หลากหลายสี/มีลวดลาย	63	14.42
6. อื่น ๆ	53	12.13
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.17 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ใช้หมวกนิรภัยที่มีสีดำ คิดเป็นร้อยละ 48.05 รองลงมาคือ หลากหลายสี/มีลวดลาย ร้อยละ 14.42 สีฟ้า ร้อยละ 12.59 สีแดง ร้อยละ 7.78 สีเขียว ร้อยละ 5.03 และสีอื่น ๆ เช่น สีขาว สีชมพู เป็นต้น ร้อยละ 12.13

ตารางที่ 4.18 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามปัจจัยในการเลือกซื้อ (ราคา)

ปัจจัยในการเลือกซื้อ (ราคา)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เป็นปัจจัยสำคัญ	300	68.65
2. ไม่เป็นปัจจัยสำคัญ	137	31.35
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.18 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่าราคาเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อหมวกนิรภัย โดยคิดเป็นร้อยละ 68.65 ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ส่วนผู้ตอบแบบสอบถามที่เลือกซื้อหมวกนิรภัยโดยราคาไม่เป็นปัจจัยสำคัญ คิดเป็นร้อยละ 31.35

ตารางที่ 4.19 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามปัจจัยในการเลือกซื้อ (เครื่องหมายรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)

ปัจจัยในการเลือกซื้อ (เครื่องหมายรับรอง มอก.)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เป็นปัจจัยสำคัญ	366	83.75
2. ไม่เป็นปัจจัยสำคัญ	71	16.25
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.19 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่าเครื่องหมายรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อหมวกนิรภัย โดยคิดเป็นร้อยละ 83.75 ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ส่วนผู้ตอบแบบสอบถามที่เลือกซื้อหมวกนิรภัยโดยไม่คำนึงถึงเครื่องหมายรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือเครื่องหมายรับรอง มอก. ไม่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อ คิดเป็นร้อยละ 16.25

ตารางที่ 4.20 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามลักษณะแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยที่ใช้

ลักษณะแผ่นกันลมในหมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. แบบปิดครึ่งใบหน้า	59	13.50
2. แบบปิดเต็มใบหน้า	378	86.50
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.20 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกใช้แผ่นกันลมในหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มใบหน้า คิดเป็นร้อยละ 86.50 และรองลงมาคือ แผ่นกันลมแบบปิดครึ่งใบหน้า คิดเป็นร้อยละ 13.50 อย่างไรก็ตามแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยแบบปิดเต็มใบหน้าจะสามารถป้องกันอันตรายได้ดีกว่าแบบปิดครึ่งใบหน้า เนื่องจากสามารถครอบคลุมบริเวณใบหน้าได้มากกว่า

ตารางที่ 4.21 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขีรถจักรยานยนต์จำแนกตามสีของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยที่ใช้

สีของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. สีแดง	11	2.52
2. สีดำ	151	34.55
3. สีชา	109	24.94
4. สีส้ม	4	0.92
5. สีใส	153	35.01
6. อื่น ๆ	9	2.06
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.21 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกใช้แผ่นกันลมในหมวกนิรภัยสีใส คิดเป็นร้อยละ 35.01 รองลงมาคือ สีดำ สีชา สีแดง สีส้ม และสีอื่น ๆ เช่น สีเทา สีปรอท เป็นต้น โดยคิดเป็นร้อยละ 34.55, 24.94, 2.52, 0.92 และ 2.06 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัย (ลักษณะของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยต้องโปร่งใส ไม่มีสี)

ความรู้ความเข้าใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ทราบ	160	36.61
2. ไม่ทราบ	277	63.39
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.22 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่ทราบเกี่ยวกับข้อกำหนดของ มอก. ที่กำหนดให้ลักษณะของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยต้องโปร่งใส ไม่มีสี โดยคิดเป็นร้อยละ 63.39 ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ซึ่งมีเพียงร้อยละ 36.61 เท่านั้นที่ทราบ

ตารางที่ 4.23 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัย (ต้องเปลี่ยนหมวกทุก ๆ 3-5 ปี)

ความรู้ความเข้าใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ทราบ	140	32.04
2. ไม่ทราบ	297	67.96
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.23 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่ทราบเกี่ยวกับข้อกำหนดของ มอก. ที่กำหนดให้เปลี่ยนหมวกนิรภัยทุก ๆ 3-5 ปี หรือเมื่อหมวกนิรภัยเคยได้รับแรงกระแทกจากการเกิดอุบัติเหตุ โดยคิดเป็นร้อยละ 67.96 ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ซึ่งมีเพียงร้อยละ 32.04 เท่านั้นที่ทราบ

ส่วนที่ 5 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย

ตารางที่ 4.24 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามพฤติกรรมกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย (ผู้ขับขี่)

พฤติกรรมกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. สวมใส่ทุกครั้ง	241	55.15
2. สวมใส่บางครั้ง	194	44.39
3. ไม่เคยสวมใส่	2	0.46
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.24 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกสวมใส่หมวกนิรภัยทุกครั้งขณะเป็นผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 55.15 และสวมใส่บางครั้ง ร้อยละ 44.39 มีเพียงร้อยละ 0.46 เท่านั้นที่ไม่เคยสวมใส่หมวกนิรภัย

ตารางที่ 4.25 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามพฤติกรรมกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย (ผู้โดยสาร)

พฤติกรรมกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. สวมใส่ทุกครั้ง	178	40.73
2. สวมใส่บางครั้ง	243	55.61
3. ไม่เคยสวมใส่	16	3.66
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.25 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกสวมใส่หมวกนิรภัยบางครั้งขณะเป็นผู้โดยสารรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 55.61 และสวมใส่ทุกครั้ง ร้อยละ 40.73 มีเพียงร้อยละ 3.66 เท่านั้นที่ไม่เคยสวมใส่หมวกนิรภัย

ตารางที่ 4.26 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามพฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย (เดินทางโดยรถจักรยานยนต์)

พฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เดินทางในระยะใกล้ ๆ	39	8.92
2. เดินทางในระยะไกล ๆ	184	42.11
3. สวมใส่ทุกครั้ง	210	48.05
4. ไม่สวมใส่	4	0.92
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.26 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ที่เดินทางโดยรถจักรยานยนต์เลือกสวมใส่หมวกนิรภัยทุกครั้ง คิดเป็นร้อยละ 48.05 และเลือกสวมใส่หมวกนิรภัยในขณะที่เดินทางในระยะทางไกล ๆ ร้อยละ 42.11 เดินทางในระยะทางใกล้ ๆ ร้อยละ 8.92 มีเพียงร้อยละ 0.92 เท่านั้นที่ไม่เคยสวมใส่หมวกนิรภัย

ตารางที่ 4.27 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามเหตุผลที่สำคัญที่สุดในการสวมใส่หมวกนิรภัย

เหตุผลที่สำคัญที่สุดในการสวมใส่หมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น	342	78.26
2. ป้องกันการจับกุมของเจ้าหน้าที่ตำรวจ	80	18.31
3. เห็นคนอื่น ๆ ใส่ เลยอยากใส่ตาม	8	1.83
4. อื่น ๆ	7	1.60
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.27 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกสวมใส่หมวกนิรภัยเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการประสบอุบัติเหตุ คิดเป็นร้อยละ 78.26 รองลงมาคือ ใส่เพื่อป้องกันการจับกุมของเจ้าหน้าที่ตำรวจ ร้อยละ 18.31 เห็นคนอื่นใส่เลยอยากใส่ตาม ร้อยละ 1.83 และอื่น ๆ เช่น ป้องกันสภาพอากาศ ป้องกันฝุ่น เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 1.60

ตารางที่ 4.28 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามเหตุผลที่ทำให้ไม่สวมใส่หมวกนิรภัย

เหตุผลที่ทำให้ไม่สวมใส่หมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ใส่แล้วมองเห็นไม่ชัด	174	39.82
2. ใส่แล้วได้ยินไม่ชัด	37	8.47
3. รู้สึกหนักศีรษะ	33	7.55
4. รู้สึกร้อน/อึดอัด	145	33.18
5. อื่น ๆ	48	10.98
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.28 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้เหตุผลที่ไม่สวมใส่หมวกนิรภัยคือ สวมใส่แล้วมองเห็นไม่ชัด คิดเป็นร้อยละ 39.82 รองลงมาคือ รู้สึกร้อน/อึดอัด ร้อยละ 33.18 ใส่แล้วได้ยินไม่ชัด ร้อยละ 8.47 รู้สึกหนักศีรษะ ร้อยละ 7.55 และอื่น ๆ เช่น กว้างผมเสียทรง จี้เกียจ ลืม เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 10.98

ตารางที่ 4.29 จำนวนและร้อยละของตัวอย่างผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำแนกตามความรู้สึกเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับการรณรงค์ให้สวมหมวกนิรภัย

ความรู้สึกเกี่ยวกับการรณรงค์ให้สวมหมวกนิรภัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เห็นด้วย	395	90.39
2. ไม่เห็นด้วย	11	2.52
3. รู้สึกเฉย ๆ	31	7.09
รวม	437	100

จากตารางที่ 4.29 พบว่าจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการรณรงค์ให้ผู้ใช้รถจักรยานยนต์สวมใส่หมวกนิรภัย คิดเป็นร้อยละ 90.39 รองลงมาคือ รู้สึกเฉย ๆ ร้อยละ 7.09 และไม่เห็นด้วย ร้อยละ 2.52 ทั้งนี้ผู้ที่รู้สึกเฉย ๆ และไม่เห็นด้วยกับการรณรงค์ก็เพราะว่า ถึงภาครัฐและภาคเอกชนจะรณรงค์ไปก็เท่านั้นถ้าประชาชนไม่เห็นถึงความสำคัญก็ไม่เกิดประโยชน์

4.2 ผลจากการทดลองปฏิบัติการตอบสนอง

หลังจากทำการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นตามที่ได้ออกแบบไว้ในตารางที่ 3.3 และ 3.4 (บทที่ 3) ซึ่งมีทั้งหมดแบ่งเป็นเพศละ 24 การทดลอง จากนั้นบันทึกค่าเวลาการตอบสนองลงในตารางบันทึกค่า และเมื่อทำการเก็บบันทึกข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำข้อมูลที่ได้ไปตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีทิวกี ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศชาย กรณีที่ 2 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศหญิง และกรณีที่ 3 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์ทั้งเพศชายและหญิง โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.30-4.31

ตารางที่ 4.30 การบันทึกผลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศชาย)

		ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)	ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)
สีใส (C1)	R1	0.4218	0.4950	0.5448	0.5820
	R2	0.4530	0.5154	0.5716	0.5606
สีส้ม (C2)	R1	0.5512	0.5698	0.5836	0.6636
	R2	0.5636	0.5842	0.6074	0.6696
สีขา (C3)	R1	0.5590	0.5570	0.5634	0.5868
	R2	0.5586	0.5846	0.5930	0.5584

ตารางที่ 4.31 การบันทึกผลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศหญิง)

		ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)	ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)
สีใส (C1)	R1	0.5414	0.5546	0.6248	0.6340
	R2	0.5274	0.5422	0.6194	0.6264
สีส้ม (C2)	R1	0.5956	0.6236	0.7274	0.7064
	R2	0.5884	0.6246	0.7198	0.7284
สีขาว (C3)	R1	0.5440	0.5882	0.6280	0.6528
	R2	0.5586	0.5820	0.6202	0.6364

กรณีที่ 1 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับรถจักรยานยนต์เพศชาย

1) ตรวจสอบความผันแปรจากการวัดค่า

การตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นด้วยการพิจารณาการกระจายของข้อมูล โดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย ซึ่งจะใช้ในการวัดความผันแปรของข้อมูล หากค่าพิสัยที่ได้มีค่าน้อย (ความผันแปรต่ำ) แสดงว่ากระบวนการทดลองคงที่ โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะได้ผลการทดลองที่มีความเที่ยงตรงมาก แต่ในทางตรงกันข้าม หากค่าพิสัยที่ได้มีค่ามาก (ความผันแปรสูง) แสดงว่ากระบวนการทดลองไม่คงที่ โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะได้ผลการทดลองที่มีความเที่ยงตรงน้อย

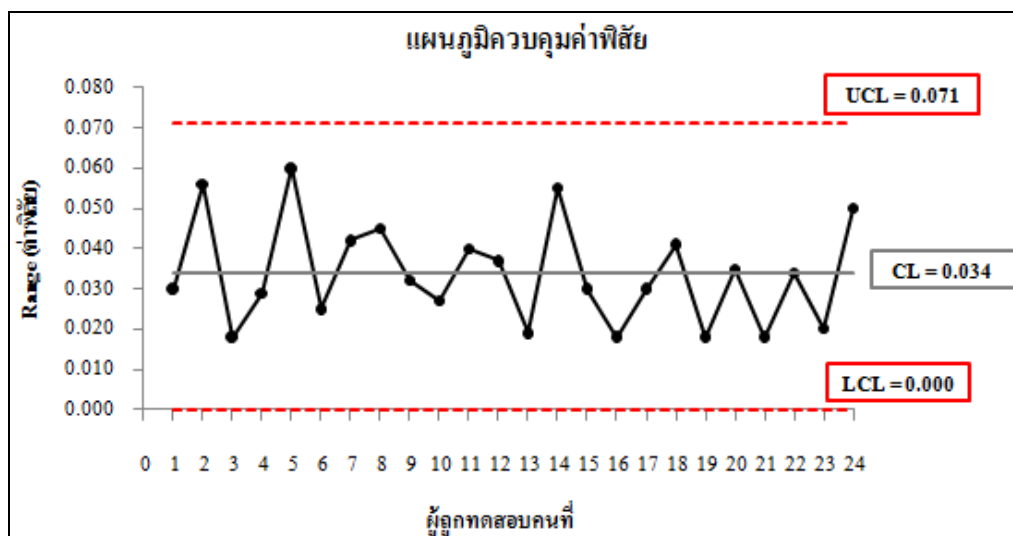
ผลการทดลองเพศชาย สามารถนำมาคำนวณหาค่าพิสัย (R) และค่าพิสัยเฉลี่ย (R bar) (ดังแสดงในภาคผนวก ข) เพื่อนำไปสร้างแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย โดยการกำหนดขอบเขตควบคุมในแผนภูมิสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$LCL = R \text{ bar} * D3 = 0.034 * 0 = 0$$

$$CL = R \text{ bar} = 0.034$$

$$UCL = R \text{ bar} * D4 = 0.034 * 2.114 = 0.071$$

ค่า D3 และ D4 สามารถหาได้จากตาราง Factor for control chart ในภาคผนวก ข



รูปที่ 4.2 แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (เพศชาย)

จากรูปที่ 4.2 พบว่าค่าพิสัย (R) ทุกค่าอยู่ในขอบเขตการควบคุม (Control limit) ถึงแม้ข้อมูลจะมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error) อยู่เล็กน้อย แต่ข้อมูลมาจากประชากรเดียวกัน ถือว่ามีความแตกต่างกันน้อยมากจนสามารถประมาณได้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน ฉะนั้นจึงสามารถนำข้อมูลทั้ง 5 ข้อมูล มาเฉลี่ยรวมกันได้

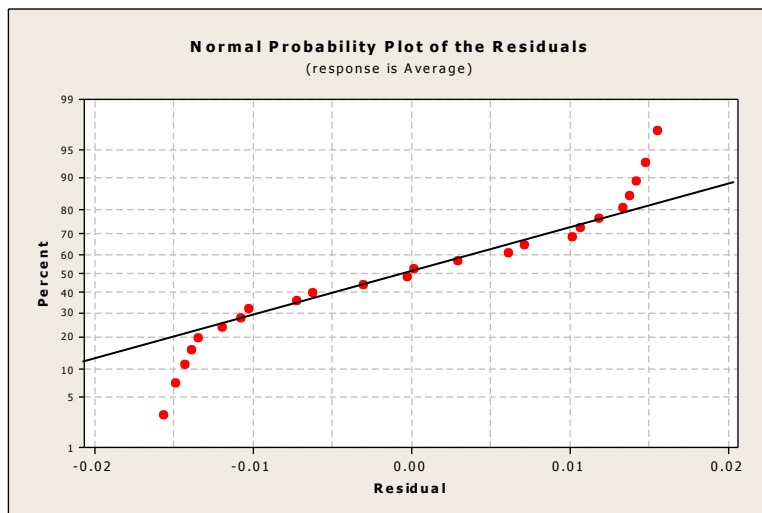
2) การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551) กล่าวว่าก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน ต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อสมมติเบื้องต้นของแบบจำลอง โดยตรวจสอบค่าความผิดพลาดหรือค่าคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Experimental error หรือ Residual, e_{ij}) กล่าวคือค่าความคลาดเคลื่อนจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ (Normally distributed) และเป็นอิสระต่อกัน (Independently distributed) ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ นอกจากนี้ค่าความแปรปรวนต้องคงที่ (Constant variance, σ^2) ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนจึงจะสามารถนำไปใช้ได้ โดยในงานวิจัยนี้มีผลการตรวจสอบค่า Residual ดังแสดงในตารางที่ 4.32 และนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปสร้างกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 4.3 - 4.5

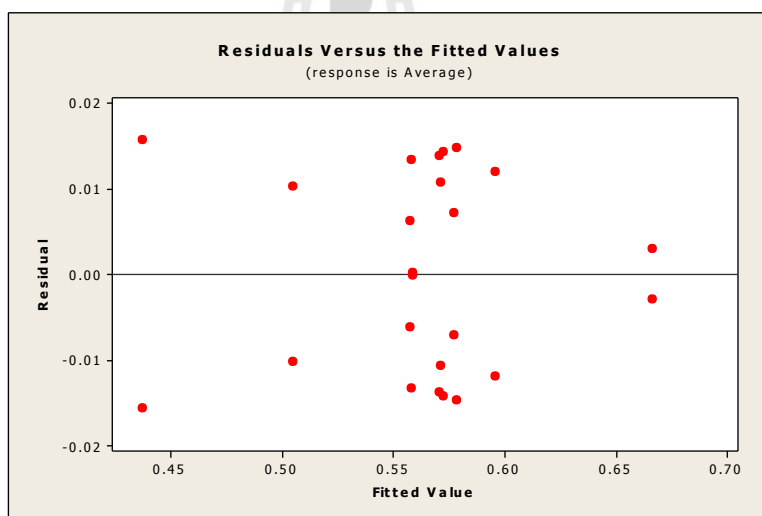
ตารางที่ 4.32 ค่าคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Residual) ของเพศชาย

		ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)	ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)
สีใส (C1)	R1	-0.0156	-0.0102	-0.0134	0.0107
	R2	0.0156	0.0102	0.0134	-0.0107
สีส้ม (C2)	R1	-0.0062	-0.0072	-0.0119	-0.0030
	R2	0.0062	0.0072	0.0119	0.0030
สีขา (C3)	R1	0.0002	-0.0138	-0.0148	0.0142
	R2	-0.0002	0.0138	0.0148	-0.0142

การตรวจสอบการแจกแจงหรือการกระจายตัวแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยการสร้างกราฟ ถ้าจุดพล็อตส่วนใหญ่อยู่ในแนวเส้นตรงคือระหว่างเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 และ 75 (ครอบคลุมประมาณ 50% ของข้อมูล) ถือได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีจำนวนตัวอย่างน้อย มักพบว่าการเบี่ยงเบนของข้อมูลจากแนวเส้นตรงบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของข้อมูลค่าต่ำ ๆ และในกลุ่มข้อมูลค่าสูง ๆ ซึ่งถือได้ว่าไม่ได้ฝ่าฝืนสมมติฐานของความเป็นปกติอย่างรุนแรง และอาจกล่าวได้ว่าการเบี่ยงเบนปานกลางจากความเป็นปกติไม่ใช่สิ่งที่ต้องกังวลมากนักเพราะจะมีผลน้อยมากสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผลกระทบบางที่ (Montgomery, 2001) โดยผลการตรวจสอบพบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงสามารถประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ เห็นได้จากรูปที่ 4.3 มีลักษณะเป็นเส้นตรง

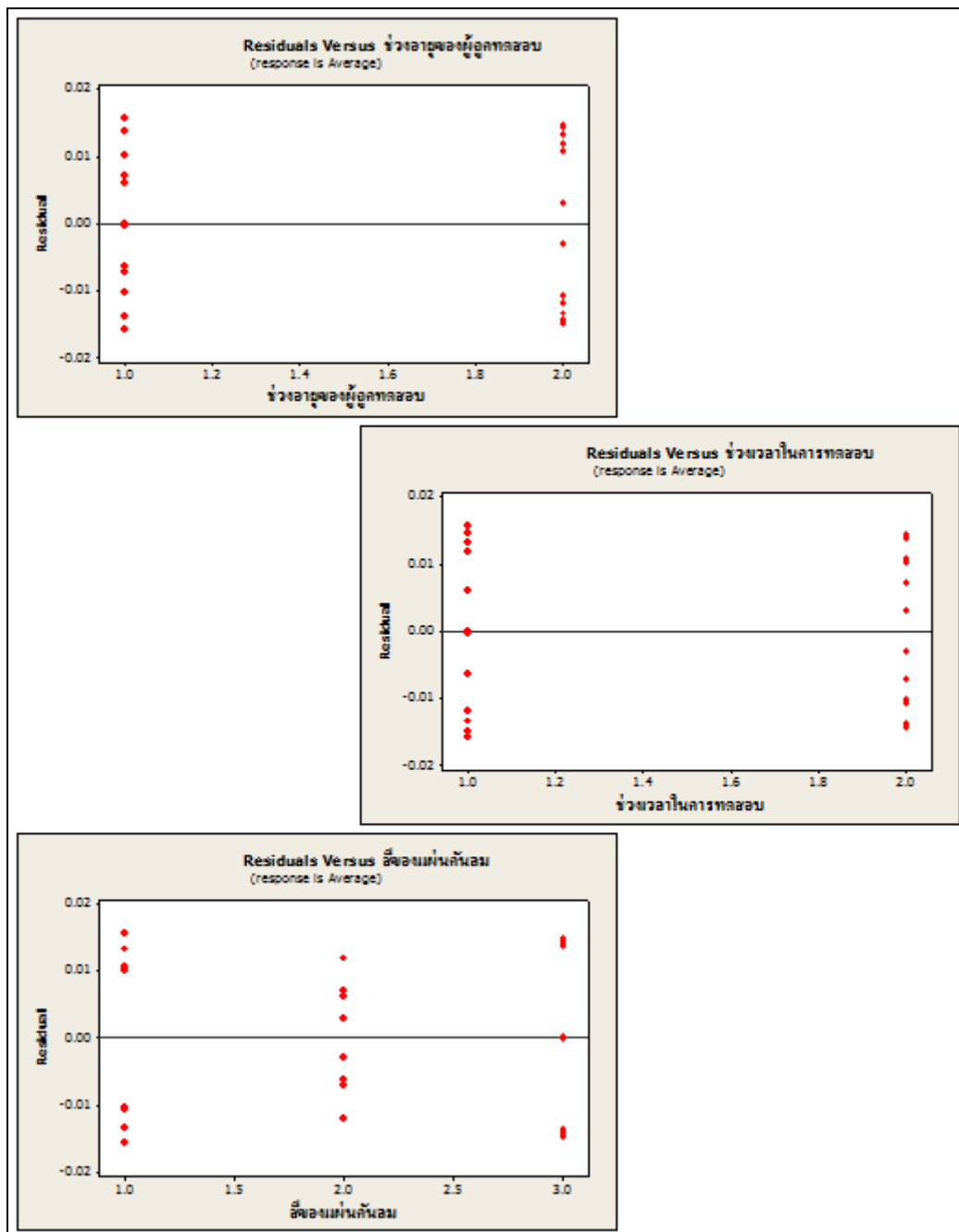


รูปที่ 4.3 กราฟความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศชาย



รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากสมการของข้อมูลเพศชาย

การตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ของข้อมูล พิจารณาได้จากรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากสมการของข้อมูลเพศชายจะพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน) สามารถประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกันและความแปรปรวนของส่วนตกค้างของข้อมูลคงที่



รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศชายเทียบกับปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย

การตรวจสอบค่าเฉลี่ยของส่วนตกค้าง โดยพิจารณารูปที่ 4.5 พบว่าค่าส่วนตกค้างในแต่ละระดับของแต่ละปัจจัยมีการกระจายตัวในด้านบวกและด้านลบอย่างสมดุลกันและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง -0.02 ถึง 0.02 ซึ่งไม่เกิน 3σ ($\cong 0.15$) ดังนั้นจึงสามารถประมาณได้ว่าค่าเฉลี่ยของส่วนตกค้างใกล้เคียงหรือเท่ากับศูนย์

3) การทดสอบสมมติฐานการทดลอง

ทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม ดังนี้

กรณีการทดสอบอิทธิพลหลัก

- 1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A)

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_A : (\tau_i) \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง } i$$

- 2) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B)

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$$H_A : (\alpha_j) \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง } j$$

- 3) ลีของแผ่นกั้นลม (C)

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_A : (\beta_k) \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง } k$$

กรณีการทดสอบอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย

- 4) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) และช่วงเวลาในการทดสอบ (B)

$$H_0 : (\tau\alpha)_{ij} = 0 \text{ ทุกค่าของ } i, j$$

$$H_A : (\tau\alpha)_{ij} \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่าของ } i, j$$

- 5) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) และลีของแผ่นกั้นลม (C)

$$H_0 : (\tau\beta)_{ik} = 0 \text{ ทุกค่าของ } i, k$$

$$H_A : (\tau\beta)_{ik} \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่าของ } i, k$$

- 6) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) และลีของแผ่นกั้นลม (C)

$$H_0 : (\alpha\beta)_{jk} = 0 \text{ ทุกค่าของ } j, k$$

$$H_A : (\alpha\beta)_{jk} \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่าของ } j, k$$

กรณีการทดสอบอิทธิพลร่วม 3 ปัจจัย

- 7) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) และลีของแผ่นกั้นลม (C)

$$H_0 : (\tau\alpha\beta)_{ijk} = 0 \text{ ทุกค่าของ } i, j, k$$

$$H_A : (\tau\alpha\beta)_{ijk} \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่าของ } i, j, k$$

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

จากตารางที่ 4.30 สามารถนำข้อมูลมาใส่ในตารางการออกแบบการทดลองที่ได้วางแผนไว้ และคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 ข้อมูลการทดลองเฉลี่ยค่าวัด 5 ค่า เพศชาย

ช่วงอายุ (A)	ช่วงเวลา (B)	สีแผ่นกั้นลม (C)	เวลาการ ตอบสนอง	Yijk.	Yij..	Yi...	Y....
18-39 ปี	กลางวัน	ใส	0.4218	0.8748	3.1072	6.4132	
			0.4530				
		ส้ม	0.5512	1.1148			
	ชา	0.5636	1.1176				
		0.5590					
	เย็น	ใส	0.5586	1.0104			
0.4950							
ส้ม		0.5154	1.1540				
	0.5698						
ชา	0.5842	1.1416					
40-60 ปี	กลางวัน	ใส	0.5570	1.1164	3.4638	7.0848	
			0.5846				
		ส้ม	0.5448	1.1910			
	ชา	0.5716	1.1564				
		0.5836					
	เย็น	ใส	0.6074	1.1426			
			0.5634				
		ส้ม	0.5930	1.3332			
	0.5820						
ชา	0.5606	1.1452					
		0.6636					
		0.6696					
		0.5868					
		0.5584					

ตารางที่ 4.34 การคำนวณ A x C (Y_{i.k.}) เพศชาย

ช่วงอายุ (A)	โต	ส้ม	ชา
18-39 ปี	1.8852	2.2688	2.2592
40-60 ปี	2.259	2.5242	2.3016

ตารางที่ 4.35 การคำนวณ B x C (Y_{.jk.}) เพศชาย

ช่วงเวลา (B)	โต	ส้ม	ชา
กลางวัน	1.9912	2.3058	2.2740
เย็น	2.1530	2.4872	2.2868

ตารางที่ 4.36 การคำนวณ B (Y_{.j.}) เพศชาย

ช่วงเวลา (B)	
กลางวัน	เย็น
6.5710	6.9270

ตารางที่ 4.37 การคำนวณ C (Y_{.k.}) เพศชาย

สีแผ่นกั้นลม (C)		
โต	ส้ม	ชา
4.1442	4.7930	4.5608

$$C = Y^2 \dots / abc_n = 13.498^2 / 2 \times 2 \times 3 \times 2 = 7.591500167$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{Total}} &= \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^n Y_{ijkl}^2 - C = (0.4218^2 + 0.4530^2 + \dots + 0.5584^2) - 7.591500167 \\ &= 7.65773176 - 7.591500167 \\ &= 0.066231593 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{1}{bc_n} \sum_i^a Y_{i\dots}^2 - C = \frac{1}{12} (6.4132^2 + 7.0848^2) - 7.591500167 \\ &= 7.610293773 - 7.591500167 \\ &= 0.018793606 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{1}{acn} \sum_j^b Y_{.j.}^2 - C = \frac{1}{12}(6.5710^2 + 6.9270^2) - 7.591500167 \\ &= 7.596780833 - 7.591500167 = 0.005280666 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_C &= \frac{1}{abn} \sum_k^c Y_{.k.}^2 - C = \frac{1}{8}(4.1442^2 + 4.7930^2 + 4.5608^2) - 7.591500167 \\ &= 7.61851741 - 7.591500167 \\ &= 0.027017243 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{AB} &= \frac{1}{cn} \sum_i^a \sum_j^b Y_{ij.}^2 - SS_A - SS_B - C = \frac{1}{6}(3.1072^2 + 3.3060^2 + 3.4638^2 + 3.6210^2) - SS_A - SS_B - C \\ &= 7.615646547 - 0.018793606 - 0.005280666 - 7.591500167 \\ &= 0.00007210767 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{AC} &= \frac{1}{bn} \sum_i^a \sum_k^c Y_{i.k.}^2 - SS_A - SS_C - C \\ &= \frac{1}{4}(1.8852^2 + 2.2688^2 + 2.2592^2 + 2.2590^2 + 2.5242^2 + 2.3016^2) - SS_A - SS_C - C \\ &= 7.64436158 - 0.018793606 - 0.027017243 - 7.591500167 \\ &= 0.007050564 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{BC} &= \frac{1}{an} \sum_j^b \sum_k^c Y_{.jk.}^2 - SS_B - SS_C - C \\ &= \frac{1}{4}(1.9912^2 + 2.3058^2 + 2.2740^2 + 2.1530^2 + 2.4872^2 + 2.2868^2) - SS_B - SS_C - C \\ &= 7.62592354 - 0.005280666 - 0.027017243 - 7.591500167 \\ &= 0.002125464 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{ABC} &= \frac{1}{n} \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c Y_{ijk.}^2 - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - C \\ &= \frac{1}{2}(0.8748^2 + 1.1148^2 + 1.1176^2 + 1.0104^2 + 1.1540^2 + 1.1416^2 + 1.1164^2 + 1.1910^2 + 1.1564^2 + 1.1426^2 \\ &\quad + 1.3332^2 + 1.1452^2) - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - C \\ &= 7.65474476 - 0.018793606 - 0.005280666 - 0.027017243 - 0.00007210767 - 0.007050564 \\ &\quad - 0.002125464 - 7.591500167 \\ &= 0.00290494233 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{Error} &= SS_{Total} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - SS_{ABC} \\ &= 0.066231593 - 0.018793606 - 0.005280666 - 0.027017243 - 0.00007210767 - \\ &\quad 0.007050564 - 0.002125464 - 0.00290494233 \\ &= 0.0029870 \end{aligned}$$

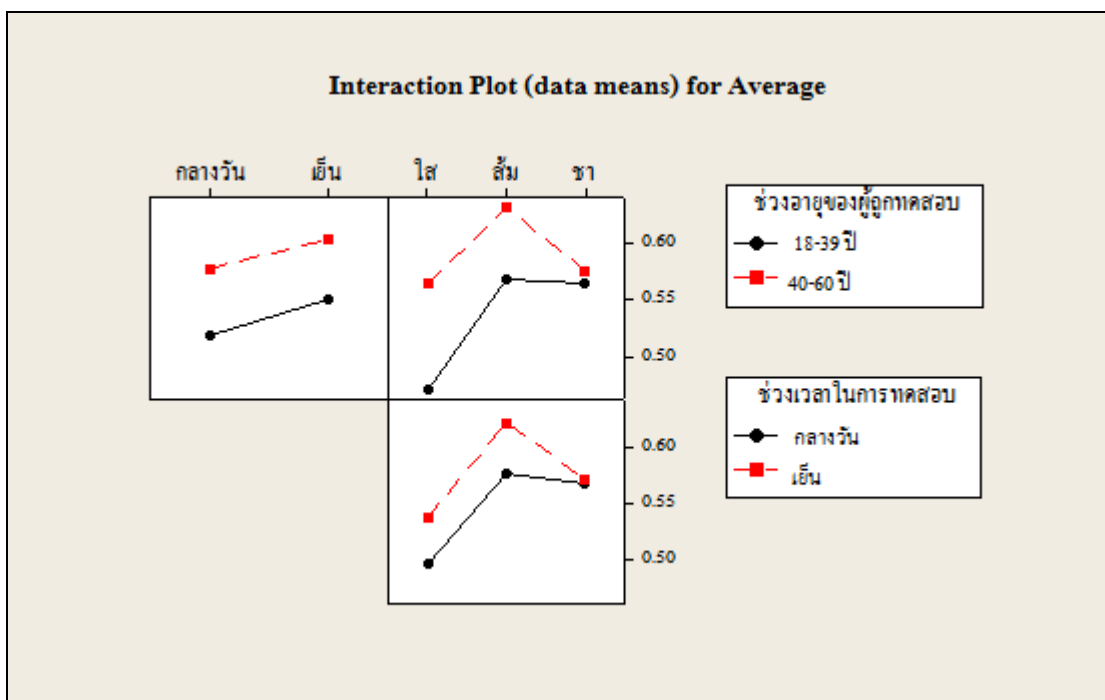
ค่าที่คำนวณได้เหล่านี้ สามารถสรุปเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.38

ตารางที่ 4.38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้ขับขี่
รถจักรยานยนต์เพศชาย โดยวิเคราะห์แบบแฟกทอเรียล

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง	ค่าเอฟ	ค่าที
ช่วงอายุ (A)	1	0.018794	0.018794	75.5016	0.000*
ช่วงเวลา (B)	1	0.005281	0.005281	21.2146	0.001*
สีแผ่นกันลม (C)	2	0.027017	0.013509	54.2697	0.000*
AB	1	0.000072	0.000072	0.2897	0.600
AC	2	0.007051	0.003525	14.1625	0.001*
BC	2	0.002126	0.001063	4.2694	0.040*
ABC	2	0.002905	0.001453	5.8352	0.017*
ความผิดพลาด (Error)	12	0.002987	0.000249	-	-
ผลรวม (Total)	23	0.066232	-	-	-

หมายเหตุ: * ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha=0.05$)

จากตารางที่ 4.38 จะเห็นว่าช่วงอายุของผู้ทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) สีของแผ่นกันลม (C) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (AC) อันตรกิริยาระหว่างช่วงเวลาในการทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (BC) และอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบและสีของแผ่นกันลม (ABC) มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ทดสอบกับช่วงเวลาในการทดสอบ (AB) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนจากรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักแต่ละคู่ (เพศชาย)

รูปที่ 4.6 **รูปแบบซ้าย** แสดงผลกระทบร่วมระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับช่วงเวลาในการทดสอบ ช่วงเวลากลางวันมีค่าเวลาการตอบสนองที่สั้นกว่าช่วงเวลาเย็น ทั้งช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี และ 40-60 ปี และช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี มีการตอบสนองที่รวดเร็วกว่าช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี ทั้งช่วงเวลากลางวันและช่วงเย็น **รูปแบบขวา** แสดงผลกระทบร่วมระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับสีของแผ่นกั้นลม แผ่นกั้นลมสีใสมีค่าเวลาการตอบสนองที่สั้นที่สุด รองลงมาคือ สีฟ้า และสีส้ม ตามลำดับ โดยช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี จะมีการตอบสนองที่รวดเร็วกว่าช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี ทั้งสีใส สีส้ม และสีฟ้า แต่อย่างไรก็ตามจากกราฟจะเห็นว่า ช่วงอายุทั้ง 2 ช่วง สามารถตอบสนองต่อแผ่นกั้นลมสีฟ้าได้ใกล้เคียงกัน **รูปล่าง** แสดงผลกระทบร่วมระหว่างช่วงเวลาในการทดสอบกับสีของแผ่นกั้นลม ซึ่งแผ่นกั้นลมสีใสมีค่าเวลาการตอบสนองที่สั้นที่สุด รองลงมาคือ สีฟ้า และสีส้ม ตามลำดับ โดยช่วงเวลากลางวันจะมีการตอบสนองที่รวดเร็วกว่าช่วงเย็น ทั้งสีใส สีส้ม และสีฟ้า แต่อย่างไรก็ตามจากกราฟจะเห็นว่า ช่วงอายุทั้ง 2 ช่วง สามารถตอบสนองต่อแผ่นกั้นลมสีฟ้าได้ใกล้เคียงกันมาก

5) การเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับของปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนอง โดยใช้วิธีทูกีย์ (Tukey's HSD test)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.38 พบว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) และสีของแผ่นกันลม (C) มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ปฏิเสธสมมติฐานหลัก) นั่นหมายถึงค่าเฉลี่ยของบางประชากรมีความแตกต่างไปจากประชากรอื่น ๆ แต่ไม่ทราบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรใดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้ต้องเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับปัจจัยและแต่ละแหล่งความแปรปรวนโดยใช้วิธีทูกีย์ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมมากในปัจจุบันสำหรับการเปรียบเทียบพหุคูณแบบภายหลัง มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่และจำนวนกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน โดยวิธีทูกีย์จะมีอำนาจการทดสอบมากกว่าวิธีอื่น ๆ เช่น วิธีคันแคน (Duncan's multiple rang test) และวิธีของเซฟเฟ (Scheffe) และจะสามารถควบคุมระดับความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) ได้ดีกว่า รวมถึงมีความผิดพลาดรวมต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, 2551)

ผลจากการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับของปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนอง (แสดงไว้ในภาคผนวก ญ) เป็นดังนี้

(1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี แตกต่างกับช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี อย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0001$) โดยช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี มีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.53443 วินาที ส่วนช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี มีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.59040 วินาที (แตกต่างกันเท่ากับ 0.05597 วินาที)

(2) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของช่วงเวลาในการทดสอบ ช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. แตกต่างกับช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. อย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0186$) โดยช่วงเวลากลางวันมีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.54758 วินาที ส่วนช่วงเวลากลางคืนมีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.57725 วินาที (แตกต่างกันเท่ากับ 0.02967 วินาที)

(3) สีของแผ่นกันลม (C) พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของสีที่แตกต่างกันจากสีส้มและสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0001$ และ 0.0042 ตามลำดับ) โดยค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีส้มเท่ากับ 0.51803 วินาที ค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีขาวเท่ากับ 0.59913 วินาที และค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีฟ้าเท่ากับ 0.57010 วินาที (สีฟ้าแตกต่างจากสีส้มเท่ากับ 0.08110 วินาที และสีฟ้าแตกต่างจากสีขาวเท่ากับ 0.05207วินาที) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นกันลมสีส้มกับสีขาวพบว่าค่าเวลาในการตอบสนอง

ต่อแสงกระตุ้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.1261$) (สีส้มแตกต่างจากสีขาวเท่ากับ 0.02903 วินาที)

กรณีที่ 2 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เพศหญิง

1) ตรวจสอบความผันแปรจากการการวัดค่า

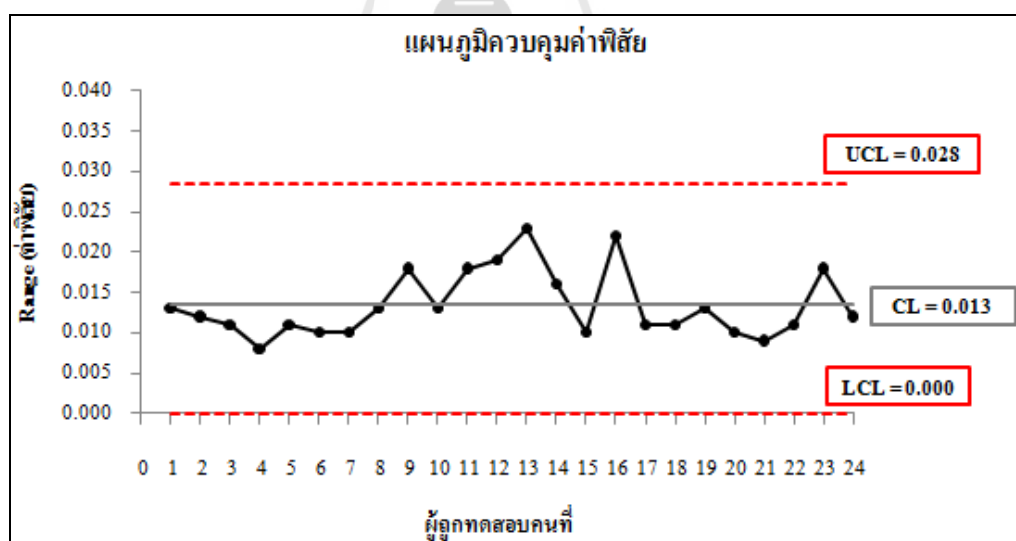
ผลจากการทดลองเพศหญิง สามารถนำมาคำนวณค่าพิสัย (R) และค่าพิสัยเฉลี่ย (R bar) (ดังแสดงในภาคผนวก ข) เพื่อนำไปสร้างแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย โดยการกำหนดขอบเขตควบคุมในแผนภูมิสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$LCL = R \text{ bar} * D3 = 0.013 * 0 = 0$$

$$CL = R \text{ bar} = 0.013$$

$$UCL = R \text{ bar} * D4 = 0.013 * 2.114 = 0.028$$

ค่า D3 และ D4 สามารถหาได้จากตาราง Factor for control chart ในภาคผนวก ข



รูปที่ 4.7 แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (เพศหญิง)

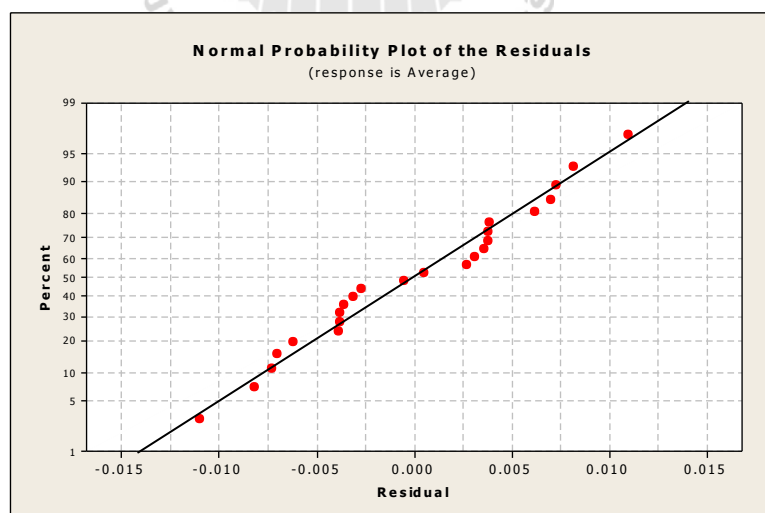
จากรูปที่ 4.7 พบว่าค่าพิสัยทุกค่าอยู่ในขอบเขตการควบคุมและมีค่าพิสัยที่น้อยมาก (ความผันแปรต่ำ) ถึงแม้ข้อมูลจะมีค่าความผันแปรอยู่บ้างเล็กน้อย แต่ข้อมูลมาจากประชากรเดียวกัน ถือว่ามีความแตกต่างกันน้อยมากจนสามารถประมาณได้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน

2) การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อสมมติเบื้องต้นของแบบจำลอง (เพศหญิง) โดยการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (ดังแสดงในตารางที่ 4.39) จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 - 4.10

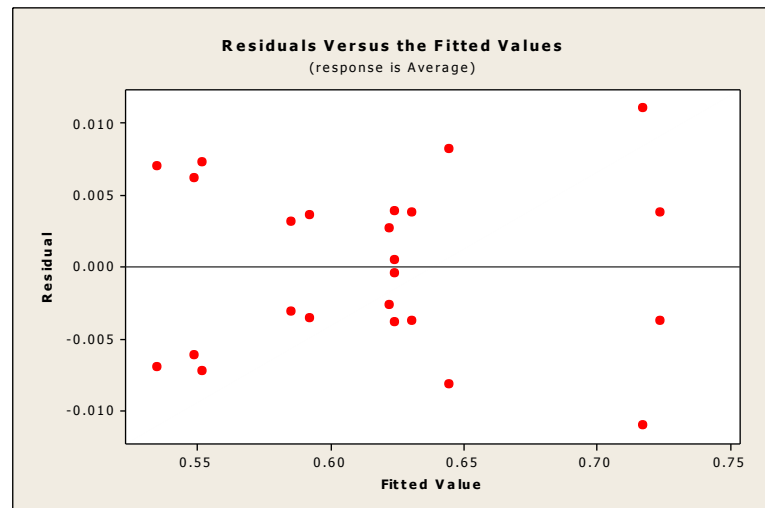
ตารางที่ 4.39 ค่าคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Residual) ของเพศหญิง

		ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)	ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)
สีใส (C1)	R1	0.0070	0.0062	0.0027	0.0038
	R2	-0.0070	-0.0062	-0.0027	-0.0038
สีส้ม (C2)	R1	0.0036	-0.0005	0.0038	-0.0110
	R2	-0.0036	0.0005	-0.0038	0.0110
สีขา (C3)	R1	-0.0073	0.0031	0.0039	0.0082
	R2	0.0073	-0.0031	-0.0039	-0.0082



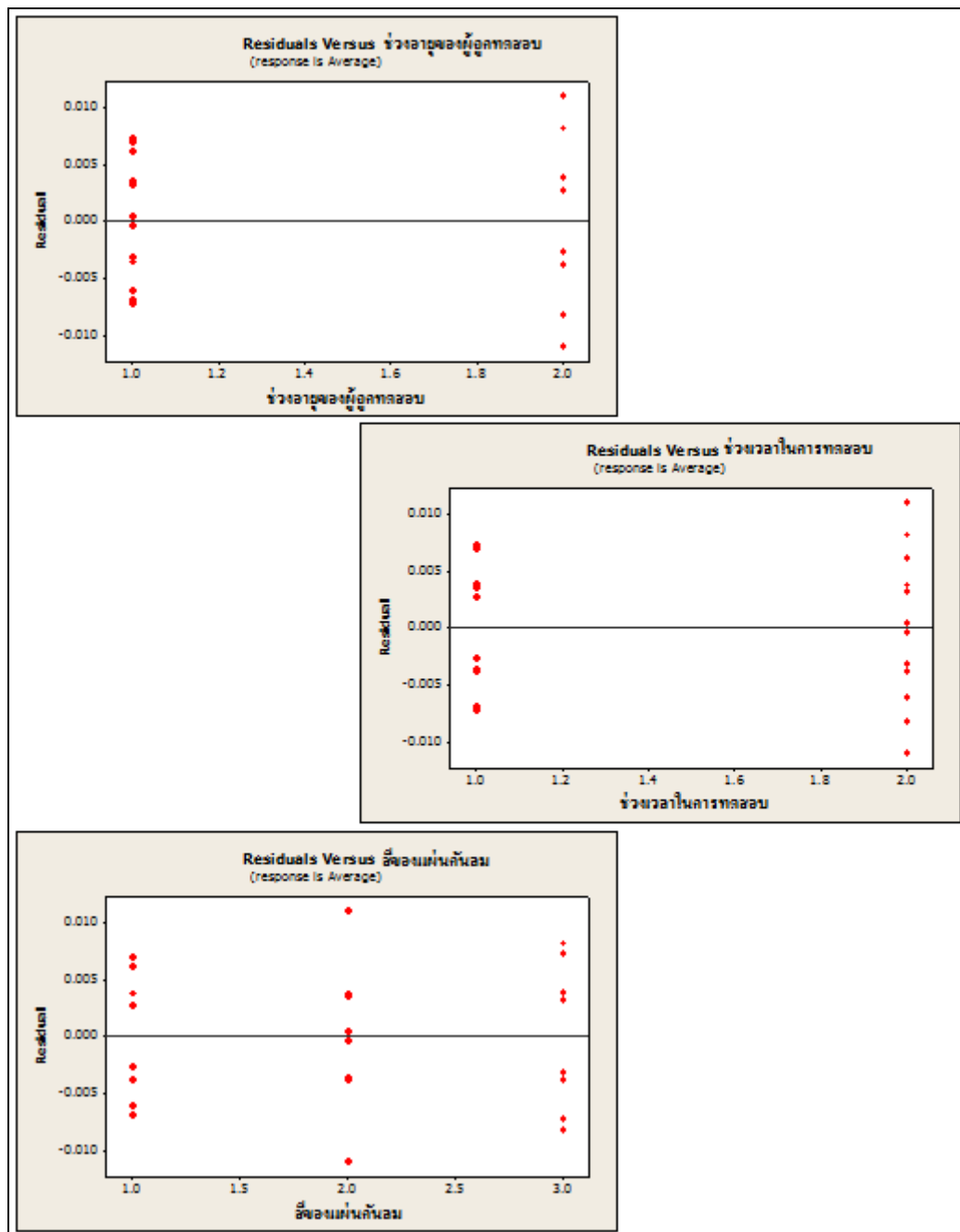
รูปที่ 4.8 กราฟความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศหญิง

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อสมมติเบื้องต้นของแบบจำลองในงานวิจัยนี้ แสดงในรูปที่ 4.8 พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบเส้นตรง หมายความว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 4.9 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากสมการของข้อมูลพิเศษหญิง

ค่าความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกันและค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนคงที่ หรือสามารถประมาณได้ว่า ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนเท่ากับศูนย์ เห็นได้จากรูปที่ 4.9 ซึ่งข้อมูลมีการกระจายไปทั่วทั้งกราฟแบบสุ่มโดยไม่แสดงรูปแบบ (Pattern) ใดๆ



รูปที่ 4.10 การกระจายตัวของส่วนตกค้างของข้อมูลเพศหญิงเทียบกับปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย

การตรวจสอบค่าเฉลี่ยของส่วนตกค้างโดยพิจารณารูปที่ 4.10 พบว่าค่าส่วนตกค้างในแต่ละระดับของแต่ละปัจจัยมีการกระจายตัวในด้านบวกและด้านลบอย่างสมดุลกันและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง -0.01 ถึง 0.01 ซึ่งไม่เกิน 3σ ($\cong 0.15$) ดังนั้นจึงสามารถประมาณได้ว่าค่าเฉลี่ยของส่วนตกค้างใกล้เคียงหรือเท่ากับศูนย์และไม่ขึ้นอยู่กับระดับความผันแปรของปัจจัยอื่น ๆ

3) การทดสอบสมมติฐานการทดลอง

ทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม ดังนี้

กรณีการทดสอบอิทธิพลหลัก

- 1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A)

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_A : (\tau_i) \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง } i$$

- 2) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B)

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$$H_A : (\alpha_j) \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง } j$$

- 3) ลีของแผ่นกั้นลม (C)

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_A : (\beta_k) \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง } k$$

กรณีการทดสอบอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย

- 4) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) และช่วงเวลาในการทดสอบ (B)

$$H_0 : (\tau\alpha)_{ij} = 0 \text{ ทุกค่าของ } i, j$$

$$H_A : (\tau\alpha)_{ij} \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่าของ } i, j$$

- 5) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) และลีของแผ่นกั้นลม (C)

$$H_0 : (\tau\beta)_{ik} = 0 \text{ ทุกค่าของ } i, k$$

$$H_A : (\tau\beta)_{ik} \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่าของ } i, k$$

- 6) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) และลีของแผ่นกั้นลม (C)

$$H_0 : (\alpha\beta)_{jk} = 0 \text{ ทุกค่าของ } j, k$$

$$H_A : (\alpha\beta)_{jk} \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่าของ } j, k$$

กรณีการทดสอบอิทธิพลร่วม 3 ปัจจัย

- 7) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) และลีของแผ่นกั้นลม (C)

$$H_0 : (\tau\alpha\beta)_{ijk} = 0 \text{ ทุกค่าของ } i, j, k$$

$$H_A : (\tau\alpha\beta)_{ijk} \neq 0 \text{ อย่างน้อยที่สุดหนึ่งค่าของ } i, j, k$$

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

จากตารางที่ 4.31 สามารถนำข้อมูลมาใส่ในตารางการออกแบบการทดลองที่ได้วางแผนไว้ และคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40 ข้อมูลการทดลองเฉลี่ยค่าวัด 5 ค่า เพศหญิง

ช่วงอายุ (A)	ช่วงเวลา (B)	สีแผ่นกั้นลม (C)	เวลาการ ตอบสนอง	Yijk.	Yij..	Yi...	Y....
18-39 ปี	กลางวัน	ใส	0.5414	1.0688	3.3554	6.8706	
			0.5274				
		ส้ม	0.5956	1.1840			
	0.5884						
	ชา	0.5440	1.1026				
		0.5586					
เย็น	ใส	ใส	0.5546	1.0968			
			0.5422				
		ส้ม	0.6236	1.2482			
	0.6246						
	ชา	0.5882	1.1702				
		0.5820					
40-60 ปี	กลางวัน	ใส	0.6248	1.2442	3.9396	7.9240	
			0.6194				
		ส้ม	0.7274	1.4472			
	0.7198						
	ชา	0.6280	1.2482				
		0.6202					
	เย็น	ใส	ใส	0.6340	1.2604		
				0.6264			
			ส้ม	0.7064	1.4348		
0.7284							
ชา		0.6528	1.2892				
		0.6364					

14.7946

ตารางที่ 4.41 การคำนวณ A x C (Y_{i.k.}) เพศหญิง

ช่วงอายุ (A)	โต	ส้ม	ชา
18-39 ปี	2.1656	2.4322	2.2728
40-60 ปี	2.5046	2.882	2.5374

ตารางที่ 4.42 การคำนวณ B x C (Y_{.jk.}) เพศหญิง

ช่วงเวลา (B)	โต	ส้ม	ชา
กลางวัน	2.3130	2.6312	2.3508
เย็น	2.3572	2.6830	2.4594

ตารางที่ 4.43 การคำนวณ B (Y_{.j.}) เพศหญิง

ช่วงเวลา (B)	
กลางวัน	เย็น
7.2950	7.4996

ตารางที่ 4.44 การคำนวณ C (Y_{.k.}) เพศหญิง

สีแผ่นกั้นลม (C)		
โต	ส้ม	ชา
4.6702	5.3142	4.8102

$$C = Y^2 \dots / abc_n = 14.7946^2 / 2 \times 2 \times 3 \times 2 = 9.120007882$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{Total}} &= \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^n Y_{ijkl}^2 - C = (0.5414^2 + 0.5956^2 + \dots + 0.6364^2) - 9.120007882 \\ &= 9.200795480 - 9.120007882 \\ &= 0.080787598 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{1}{bc_n} \sum_i^a Y_{i\dots}^2 - C = \frac{1}{12} (6.8706^2 + 7.9240^2) - 9.120007882 \\ &= 9.166243363 - 9.120007882 \\ &= 0.046235481 \end{aligned}$$

$$SS_B = \frac{1}{acn} \sum_j^b Y_{j..}^2 - C = \frac{1}{12}(7.2950^2 + 7.4996^2) - 9.120007882$$

$$= 9.121752097 - 9.120007882 = 0.001744214667$$

$$SS_C = \frac{1}{abn} \sum_k^c Y_{..k}^2 - C = \frac{1}{8}(4.6702^2 + 5.3142^2 + 4.8102^2) - 9.120007882$$

$$= 9.148689215 - 9.120007882$$

$$= 0.028681333$$

$$SS_{AB} = \frac{1}{cn} \sum_i^a \sum_j^b Y_{ij.}^2 - SS_A - SS_B - C = \frac{1}{6}(3.3554^2 + 3.5152^2 + 3.9396^2 + 3.9844^2) - SS_A - SS_B - C$$

$$= 9.16853862 - 0.046235481 - 0.001744214667 - 9.120007882$$

$$= 0.000551042333$$

$$SS_{AC} = \frac{1}{bn} \sum_i^a \sum_k^c Y_{i.k}^2 - SS_A - SS_C - C$$

$$= \frac{1}{4}(2.1656^2 + 2.4322^2 + 2.2728^2 + 2.5046^2 + 2.8820^2 + 2.5374^2) - SS_A - SS_C - C$$

$$= 9.19709599 - 0.046235481 - 0.028681333 - 9.120007882$$

$$= 0.002171294$$

$$SS_{BC} = \frac{1}{an} \sum_j^b \sum_k^c Y_{jk.}^2 - SS_B - SS_C - C$$

$$= \frac{1}{4}(2.3130^2 + 2.6312^2 + 2.3508^2 + 2.3572^2 + 2.6830^2 + 2.4594^2) - SS_B - SS_C - C$$

$$= 9.15074307 - 0.001744214667 - 0.028681333 - 9.120007882$$

$$= 0.000309640333$$

$$SS_{ABC} = \frac{1}{n} \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c Y_{ijk.}^2 - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - C$$

$$= \frac{1}{2}(1.0688^2 + 1.1840^2 + 1.1026^2 + 1.0968^2 + 1.2482^2 + 1.1702^2 + 1.2442^2 + 1.4472^2 + 1.2482^2 + 1.2604^2$$

$$+ 1.4348^2 + 1.2892^2) - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - C$$

$$= 9.199989140 - 0.046235481 - 0.001744214667 - 0.028681333 - 0.000551042333 -$$

$$0.002171294$$

$$- 0.000309640333 - 9.120007882$$

$$= 0.000288252667$$

$$SS_{Error} = SS_{Total} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - SS_{ABC}$$

$$= 0.080787598 - 0.046235481 - 0.001744214667 - 0.028681333 - 0.000551042333 -$$

$$0.002171294 - 0.000309640333 - 0.000288252667$$

$$= 0.00080634$$

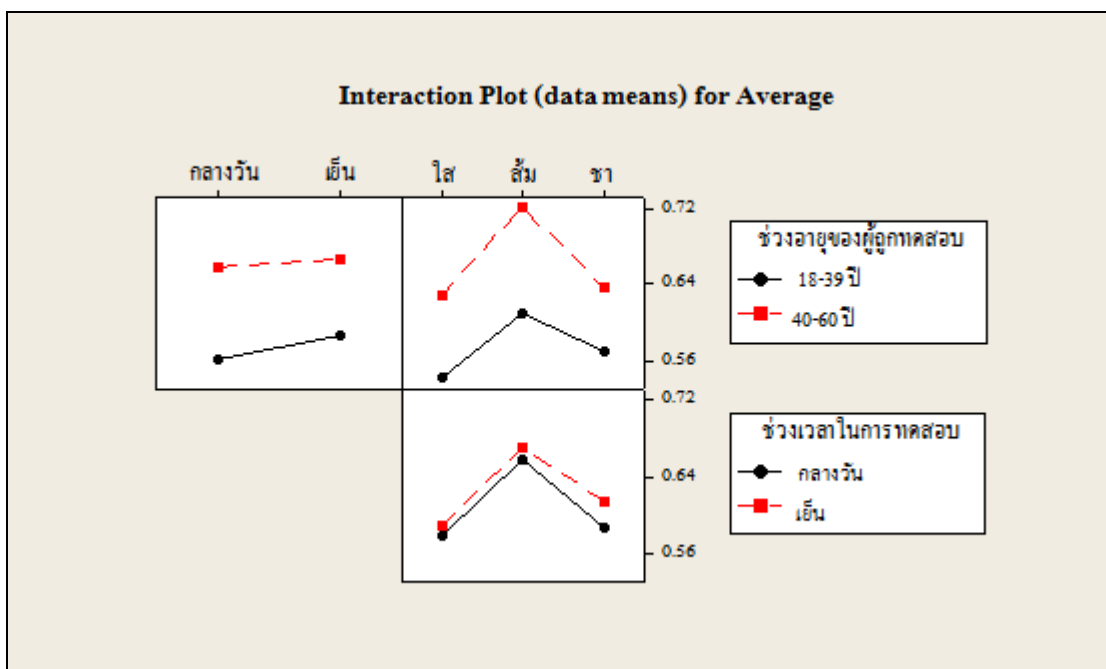
ค่าที่คำนวณได้เหล่านี้ สามารถสรุปเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.45

ตารางที่ 4.45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้ขับขี่
รถจักรยานยนต์เพศหญิง โดยวิเคราะห์แบบแฟกทอเรียล

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง	ค่าเอฟ	ค่าพี
ช่วงอายุ (A)	1	0.046236	0.046236	688.079187	0.000*
ช่วงเวลา (B)	1	0.001744	0.001744	25.957507	0.000*
สีแผ่นกันลม (C)	2	0.028681	0.014341	213.418647	0.000*
AB	1	0.000551	0.000551	8.200645	0.014*
AC	2	0.002171	0.001086	16.156663	0.000*
BC	2	0.000310	0.000155	2.304043	0.142
ABC	2	0.000288	0.000144	2.144897	0.160
ความผิดพลาด (Error)	12	0.000806	0.000067	-	-
ผลรวม (Total)	23	0.080788	-	-	-

หมายเหตุ: * ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha=0.05$)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.45 พบว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) สีของแผ่นกันลม (C) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับช่วงเวลาในการทดสอบ (AB) และอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (AC) มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอันตรกิริยาระหว่างช่วงเวลาในการทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (BC) และอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบและสีของแผ่นกันลม (ABC) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.11 กราฟอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักแต่ละคู่ (เพศหญิง)

รูปที่ 4.11 **รูปแบบซ้าย** แสดงผลกระทบรวมระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับช่วงเวลาในการทดสอบ ช่วงเวลากลางวันมีค่าเวลาการตอบสนองที่สั้นกว่าช่วงเวลาค่ำเย็น ทั้งช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี และ 40-60 ปี และช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี มีการตอบสนองที่รวดเร็วกว่าช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี ทั้งช่วงเวลากลางวันและช่วงเย็น **รูปแบบขวา** แสดงผลกระทบรวมระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับสีของแผ่นกันลม แผ่นกันลมสีใส่ตอบสนองได้รวดเร็ว รองลงมาคือ สีชา และสีส้ม ตามลำดับ โดยช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี จะมีการตอบสนองที่รวดเร็วกว่าช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี ทั้งสีใส่ สีส้ม และสีชา **รูปล่าง** แสดงผลกระทบรวมระหว่างช่วงเวลาในการทดสอบกับสีของแผ่นกันลม ซึ่งแผ่นกันลมสีใส่มีค่าเวลาการตอบสนองที่สั้นที่สุด รองลงมาคือ สีชา และสีส้ม ตามลำดับ โดยช่วงเวลากลางวันจะมีการตอบสนองที่รวดเร็วกว่าช่วงเย็น ทั้งสีใส่ สีส้ม และสีชา

5) การเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับของปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนอง โดยใช้วิธีทิวคีย์

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.45 พบว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) และสีของแผ่นกันลม (C) มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ปฏิเสธสมมติฐานหลัก) ดังนั้นจึงต้องเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับของปัจจัยที่มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนอง โดยผลจากการเปรียบเทียบ (แสดงไว้ในภาคผนวก ก) เป็นดังนี้

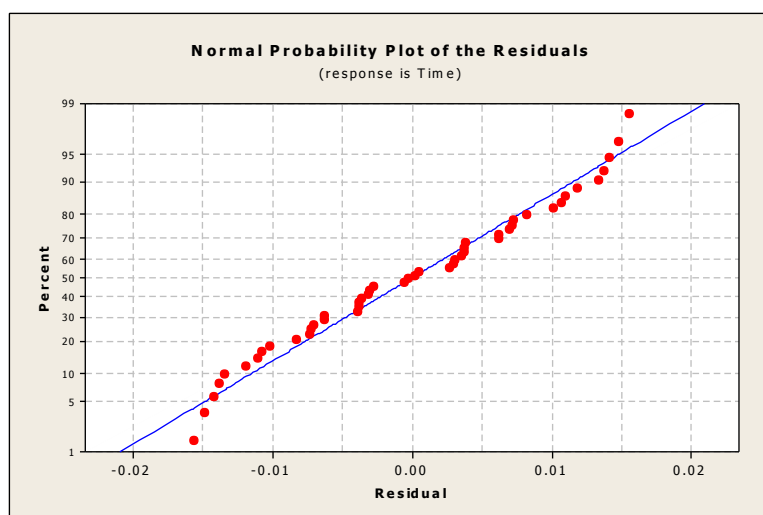
(1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี แตกต่างกับช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี อย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0000$) โดยช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี มีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.57255 วินาที ส่วนช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี มีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.66033 วินาที (แตกต่างกันเท่ากับ 0.08778 วินาที)

(2) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของช่วงเวลาในการทดสอบ ช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. แตกต่างกับช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. อย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0106$) โดยช่วงเวลากลางวันมีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.60792 วินาที ส่วนช่วงเวลากลางคืนมีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.62497 วินาที (แตกต่างกันเท่ากับ 0.01705 วินาที)

(3) สีของแผ่นกันลม (C) พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของสีใสแตกต่างจากสีส้ม อย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0000$) แต่ไม่แตกต่างจากสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0694$) โดยค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีใสเท่ากับ 0.58378 วินาที ค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีส้มเท่ากับ 0.66428 วินาที และค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีขาวเท่ากับ 0.60128 วินาที (สีใสแตกต่างจากสีส้มเท่ากับ 0.08050 วินาที และสีใสแตกต่างจากสีขาวกับ 0.01750วินาที) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นกันลมสีส้มกับสีขาวพบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0000$)

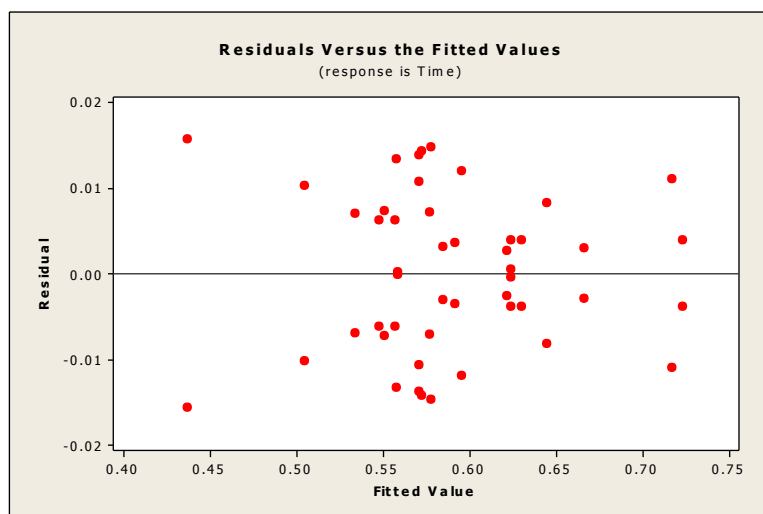
กรณีที่ 3 นำข้อมูลของบล็อกเพศชายและบล็อกเพศหญิงมาวิเคราะห์ร่วมกัน

ตรวจสอบความถูกต้องของข้อสมมติเบื้องต้นของแบบจำลอง โดยการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาพล็อตกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.12-4.13



รูปที่ 4.12 กราฟความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศชายและหญิง

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองโดยการนำเอาทั้งเพศชายและหญิงมาวิเคราะห์ร่วมกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.12 พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบเส้นตรง มีการแกว่งของข้อมูลเล็กน้อยจึงสามารถประมาณได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 4.13 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากสมการของข้อมูลเพศชายและหญิง

จากรูปที่ 4.13 เมื่อเปรียบเทียบค่าส่วนตกค้างกับค่าที่ได้จากสมการของทั้งเพศชายและหญิง จะพบว่าข้อมูลมีความเสถียรและไม่พบว่ารูปแบบการกระจายของข้อมูลเข้าข่ายกรวยปลายเปิดหรือรูปแบบลำโพง โดยข้อมูลมีการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน) ทำให้สามารถประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกันและความแปรปรวนของส่วนตกค้างคงที่

ข้อมูลผลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นจากตารางที่ 4.30-4.31 สามารถนำมาคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังนี้

$$C = Y^2 \dots / abcdn = 28.2926^2 / 2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 2 = 16.67648364$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{Total}} &= \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^d \sum_m^n Y_{ijklm}^2 - C = (0.4218^2 + 0.4530^2 + \dots + 0.6364^2) - 16.67648364 \\ &= 16.85852724 - 16.67648364 \\ &= 0.182043599 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{1}{bcdn} \sum_i^a Y_{i\dots}^2 - C = \frac{1}{24} (13.2838^2 + 15.0088^2) - 16.67648364 \\ &= 16.73847583 - 16.67648364 \\ &= 0.061992188 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{1}{acdn} \sum_j^b Y_{j...}^2 - C = \frac{1}{24}(13.8660^2 + 14.4266^2) - 16.67648364 \\ &= 16.68303098 - 16.67648364 \\ &= 0.0065473417 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_C &= \frac{1}{abdn} \sum_k^c Y_{...k.}^2 - C = \frac{1}{16}(8.8144^2 + 10.1072^2 + 9.3710^2) - 16.67648364 \\ &= 16.72904876 - 16.67648364 \\ &= 0.052565122 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_D &= \frac{1}{abcn} \sum_l^d Y_{...l.}^2 - C = \frac{1}{24}(13.4980^2 + 14.7946^2) - 16.67648364 \\ &= 16.71150805 - 16.67648364 \\ &= 0.035024408 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{AB} &= \frac{1}{cdn} \sum_i^a \sum_j^b Y_{ij...}^2 - SS_A - SS_B - C = \frac{1}{12}(6.4626^2 + 6.8212^2 + 7.4034^2 + 7.6054^2) \\ &\quad - SS_A - SS_B - C \\ &= 16.74553408 - 0.061992188 - 0.0065473417 - 16.67648364 \\ &= 0.000510907 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{AC} &= \frac{1}{bdn} \sum_i^a \sum_k^c Y_{i.k..}^2 - SS_A - SS_C - C \\ &= \frac{1}{8}(4.0508^2 + 4.7010^2 + 4.5320^2 + 4.7636^2 + 5.4062^2 + 4.8390^2) - SS_A - SS_C - C \\ &= 16.79777626 - 0.061992188 - 0.052565122 - 16.67648364 \\ &= 0.006735305 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{AD} &= \frac{1}{bcn} \sum_i^a \sum_l^d Y_{i..l.}^2 - SS_A - SS_D - C = \frac{1}{12}(6.4132^2 + 6.8706^2 + 7.0848^2 + 7.9240^2) - SS_A - SS_D - C \\ &= 16.77653714 - 0.061992188 - 0.035024408 - 16.67648364 \\ &= 0.0030369007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{BC} &= \frac{1}{adn} \sum_j^b \sum_k^c Y_{j.k..}^2 - SS_B - SS_C - C \\ &= \frac{1}{8}(4.3042^2 + 4.9370^2 + 4.6248^2 + 4.5102^2 + 5.1702^2 + 4.7462^2) - SS_B - SS_C - C \\ &= 16.73602103 - 0.0065473417 - 0.052565122 - 16.67648364 \\ &= 0.0004249213 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{BD} &= \frac{1}{acn} \sum_j^b \sum_l^d Y_{j..l.}^2 - SS_B - SS_D - C \\ &= \frac{1}{12}(6.5710^2 + 7.2950^2 + 6.9270^2 + 7.4996^2) - SS_B - SS_D - C \\ &= 16.71853293 - 0.0065473417 - 0.035024408 - 16.67648364 = 0.0004775403 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS_{CD} &= \frac{1}{abn} \sum_k^c \sum_l^d Y_{..kl}^2 - SS_C - SS_D - C \\
&= \frac{1}{8} (4.1442^2 + 4.6702^2 + 4.7930^2 + 5.3142^2 + 4.5608^2 + 4.8102^2) - SS_C - SS_D - C \\
&= 16.76720663 - 0.052565122 - 0.035024408 - 16.67648364 \\
&= 0.003133455
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS_{ABC} &= \frac{1}{dn} \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c Y_{ijk.}^2 - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - C \\
&= \frac{1}{4} (1.9436^2 + 2.2988^2 + 2.2202^2 + 2.1072^2 + 2.4022^2 + 2.3118^2 + 2.3606^2 + 2.6382^2 + 2.4046^2 + 2.4030^2 \\
&\quad + 2.7680^2 + 2.4344^2) - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - C \\
&= 16.80594887 - 0.061992188 - 0.0065473417 - 0.052565122 - 0.000510907 - \\
&\quad 0.006735305 - 0.0004249213 - 16.67648364 \\
&= 0.000689445
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS_{ABD} &= \frac{1}{cn} \sum_i^a \sum_j^b \sum_l^d Y_{ij.l}^2 - SS_A - SS_B - SS_D - SS_{AB} - SS_{AD} - SS_{BD} - C \\
&= \frac{1}{6} (3.1072^2 + 3.3554^2 + 3.3060^2 + 3.5152^2 + 3.4638^2 + 3.9396^2 + 3.6210^2 + 3.9844^2) - SS_A - SS_B - SS_D \\
&\quad - SS_{AB} - SS_{AD} - SS_{BD} - C \\
&= 16.78418517 - 0.061992188 - 0.0065473417 - 0.035024408 - 0.000510907 - \\
&\quad 0.0030369007 - 0.0004775403 - 16.67648364 \\
&= 0.000112241
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS_{ACD} &= \frac{1}{bn} \sum_i^a \sum_k^c \sum_l^d Y_{i.kl}^2 - SS_A - SS_C - SS_D - SS_{AC} - SS_{AD} - SS_{CD} - C \\
&= \frac{1}{4} (1.8852^2 + 2.1656^2 + 2.2688^2 + 2.4322^2 + 2.2592^2 + 2.2728^2 + 2.2590^2 + 2.5046^2 + 2.5242^2 + 2.8820^2 \\
&\quad + 2.3016^2 + 2.5374^2) - SS_A - SS_C - SS_D - SS_{AC} - SS_{AD} - SS_{CD} - C \\
&= 16.84145757 - 0.061992188 - 0.052565122 - 0.035024408 - 0.006735305 - \\
&\quad 0.0030369007 - 0.003133455 - 16.67648364 \\
&= 0.0024865513
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS_{BCD} &= \frac{1}{an} \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^d Y_{.jkl}^2 - SS_B - SS_C - SS_D - SS_{BC} - SS_{BD} - SS_{CD} - C \\
&= \frac{1}{4} (1.9912^2 + 2.3130^2 + 2.3058^2 + 2.6312^2 + 2.2740^2 + 2.3508^2 + 2.1530^2 + 2.3572^2 + 2.4872^2 + 2.6830^2 \\
&\quad + 2.2868^2 + 2.4594^2) - SS_B - SS_C - SS_D - SS_{BC} - SS_{BD} - SS_{CD} - C \\
&= 16.77666661 - 0.0065473417 - 0.052565122 - 0.035024408 - 0.0004249213 - \\
&\quad 0.0004775403 - 0.003133455 - 16.67648364 \\
&= 0.0020101817
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS_{ABCD} &= \frac{1}{n} \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^d Y_{ijkl}^2 - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{AD} - SS_{BC} - SS_{BD} - \\
&\quad SS_{CD} - SS_{ABC} - SS_{ABD} - SS_{ACD} - SS_{BCD} - C \\
&= \frac{1}{2} (0.8748^2 + 1.0688^2 + 1.1148^2 + 1.1840^2 + 1.1176^2 + 1.1026^2 + 1.0104^2 + 1.0968^2 + 1.1540^2 + 1.2482^2 \\
&\quad 1.1416^2 + 1.1702^2 + 1.1164^2 + 1.2442^2 + 1.1910^2 + 1.4472^2 + 1.1564^2 + 1.2482^2 + 1.1426^2 + 1.2604^2 \\
&\quad + 1.3332^2 + 1.4348^2 + 1.1452^2 + 1.2892^2) - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{AD} - SS_{BC} - \\
&\quad SS_{BD} - SS_{CD} - SS_{ABC} - SS_{ABD} - SS_{ACD} - SS_{BCD} - C \\
&= 16.8547339 - 0.061992188 - 0.0065473417 - 0.052565122 - 0.035024408 - \\
&\quad 0.000510907 - 0.00673505 - 0.0030369007 - 0.0004249213 - 0.0004775403 - \\
&\quad 0.003133455 - 0.000689445 - 0.000112241 - 0.0024865513 - 0.0020101817 - \\
&\quad 16.67648364 \\
&= 0.002504007 \\
SS_{Error} &= SS_{Total} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{AD} - SS_{BC} - SS_{BD} - SS_{CD} - SS_{ABC} - SS_{ABD} - \\
&\quad SS_{ACD} - SS_{BCD} - SS_{ABCD} \\
&= 0.182043599 - 0.061992188 - 0.0065473417 - 0.052565122 - 0.035024408 - \\
&\quad 0.00510907 - 0.006735305 - 0.0030369007 - 0.0004249213 - 0.0004775403 - \\
&\quad 0.003133455 - 0.000689445 - 0.000112241 - 0.0024865513 - 0.0020101817 \\
&= 0.003793084
\end{aligned}$$

ตารางที่ 4.46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้ขับขี่
รถจักรยานยนต์ทั้งเพศชายและหญิง โดยวิเคราะห์แบบแฟกทอเรียล

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง	ค่าเอฟ	ค่าพี
ช่วงอายุ (A)	1	0.061992	0.061992	392.22	0.000*
ช่วงเวลา (B)	1	0.006547	0.006547	41.42	0.000*
สีแผ่นกันลม (C)	2	0.052565	0.026283	166.29	0.000*
เพศ (D)	1	0.035024	0.035024	221.60	0.000*
AB	1	0.000511	0.000511	3.23	0.085
AC	2	0.006735	0.003368	21.31	0.000*
AD	1	0.003037	0.003037	19.21	0.000*
BC	2	0.000425	0.000213	1.34	0.280
BD	1	0.000478	0.000478	3.02	0.095
CD	2	0.003134	0.001567	9.91	0.001*
ABC	2	0.000690	0.000345	2.18	0.135
ABD	1	0.000112	0.000112	0.71	0.408
ACD	2	0.002487	0.001243	7.87	0.002*
BCD	2	0.002010	0.001005	6.36	0.006*
ABCD	2	0.002504	0.001252	7.92	0.002*
ความผิดพลาด (Error)	24	0.003793	0.000158	-	-
ผลรวม (Total)	47	0.182044	-	-	-

หมายเหตุ: * ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha=0.05$)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.46 จะเห็นว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) สีของแผ่นกันลม (C) เพศ (D) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (AC) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับเพศ (AD) อันตรกิริยาระหว่างสีของแผ่นกันลมกับเพศ (CD) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ สีของแผ่นกันลมและเพศ (ACD) อันตรกิริยาระหว่างช่วงเวลาในการทดสอบ สีของแผ่นกันลมและ

เพศ (BCD) และอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบ สีของแผ่น
กันลมและเพศ (ABCD) มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน
อันตรกิริยาอื่น ๆ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้อิทธิพลของเพศ (บล็อค) ปรากฏให้เห็นอย่างเด่นชัดแม้ว่าอิทธิพลนี้อาจได้รับ
ผลกระทบจากความแตกต่างในบรรยากาศโดยรอบของการทดลองอยู่บ้าง (มีความแตกต่างใน σ^2
ของบล็อคเพศชายและหญิง)



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อบ่งชี้ปัจจัยสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการตอบสนองจากสิ่งกระตุ้นของผู้ใช้หมวกนิรภัย และวัตถุประสงค์รอง เพื่อศึกษาเรื่องทั่วไปเกี่ยวกับการใช้หมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิจัยโดยการสำรวจและการวิจัยโดยการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ส่วนแรกคือการวิจัยโดยการสำรวจ ซึ่งทำการสำรวจและเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา จำนวนทั้งหมด 437 ตัวอย่าง ด้วยแบบสอบถามเพื่อการวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ 1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม 2) ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้รถจักรยานยนต์ 3) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัยและกฎหมายที่บังคับใช้หมวกนิรภัย 4) พฤติกรรมการเลือกซื้อหมวกนิรภัยและแผ่นกันลม และ 5) พฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย และส่วนที่สองคือการวิจัยโดยการทดลองวัดเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น โดยออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial design) ซึ่งมีปัจจัยในการทดลองทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ 1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) มี 2 ระดับ คือ ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี และช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี 2) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) มี 2 ระดับ คือ ช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. และช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. 3) สีของแผ่นกันลม (C) มี 3 ระดับ คือ สีใส สีส้ม และสีขาว โดยทำการศึกษาดทดลองทั้งเพศชายและเพศหญิง ส่วนตัวแปรตามคือ เวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น โดยการทดลองวัดเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น ผู้ถูกทดสอบจะต้องกดปุ่มทั้งหมด 50 ครั้ง โดยจะให้ผู้ถูกทดสอบทดลองกดเพื่อสร้างความคุ้นเคย แบ่งเป็นชุดแรก 20 ครั้ง จากนั้นพัก 1 นาที แล้วทดลองชุดที่สองอีก 30 ครั้ง และทำการบันทึกค่าเวลาเพื่อนำไปวิเคราะห์ทั้งหมด 5 ค่า (5 ค่าสุดท้าย) ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม โดยจากการสำรวจและเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จำนวนทั้งหมด 437 คน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชาย 246 คน (ร้อยละ 56.29) และเป็นเพศหญิง 191 คน (ร้อยละ 43.71) โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุอยู่

ระหว่าง 18-30 ปี (ร้อยละ 77.80) มีระดับการศึกษาสูงสุดคือปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 49.43 ซึ่งส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักศึกษาและพนักงานบริษัท ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่มีปัญหาความผิดปกติเกี่ยวกับสายตา (สายตาสั้น) คิดเป็นร้อยละ 71.85 ที่เหลืออีกร้อยละ 28.15 มีความผิดปกติทางสายตา เช่น สายตาสั้น สายตาเอียง ตาบอดสี เป็นต้น ความผิดปกติเหล่านี้อาจส่งผลให้ผู้ตอบแบบสอบถามมองเห็นวัตถุได้ไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถแยกแยะระหว่างแสงสีแดงและสีเขียวได้

2) ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้รถจักรยานยนต์ โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเจ้าของรถจักรยานยนต์เอง (ร้อยละ 69.34) มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ (ร้อยละ 66.13) และไม่มีใบอนุญาตขับขี่หรือใบอนุญาตขับขี่หมดอายุ คิดเป็นร้อยละ 33.87 ซึ่งถือว่าเป็นจำนวนที่ไม่น้อยและในทางกฎหมายถือว่ามีความผิด มีโทษปรับไม่เกิน 500 บาท มีประสบการณ์ในการขับขี่ตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 83.75) โดยขับขี่รถจักรยานยนต์ทุกวัน (ร้อยละ 68.42) เคยเกิดอุบัติเหตุตั้งแต่ 1 ครั้งขึ้นไป (ร้อยละ 69.34) และเคยถูกจับกุมในความผิดเกี่ยวกับหมวกนิรภัยคิดเป็น ร้อยละ 59.73

3) ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัยและกฎหมายที่บังคับใช้ โดยพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ทราบและมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัยและกฎหมายโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 81.34 โดยมีรายละเอียดคือ ผู้ตอบแบบสอบถามทราบว่าหมวกนิรภัยจัดทำขึ้นมาเพื่อป้องกันอันตรายจากการขับขี่และโดยสารรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 93.59 ผู้ตอบแบบสอบถามทราบว่าหมวกนิรภัยมี 3 แบบ คือ แบบครึ่งใบ แบบเต็มใบ และแบบปิดเต็มใบหน้า คิดเป็นร้อยละ 82.15 ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม ผู้ตอบแบบสอบถามทราบว่ากฎหมายบังคับใช้หมวกนิรภัย คิดเป็นร้อยละ 96.34 ซึ่งจะช่วยให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารรถจักรยานยนต์ตระหนักในเรื่องการใส่หมวกนิรภัยมากยิ่งขึ้น ผู้ตอบแบบสอบถามว่าถ้าฝ่าฝืนกฎหมายโดยไม่สวมหมวกนิรภัยจะมีโทษปรับไม่เกิน 500 บาท คิดเป็นร้อยละ 72.08 ซึ่งยังมีบางส่วนที่ไม่ทราบว่ามิโทษปรับอาจเพราะยังไม่เคยถูกจับปรับมาก่อน ผู้ตอบแบบสอบถามทราบว่ากฎหมายได้กำหนดว่าหมวกนิรภัยจะต้องได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) คิดเป็นร้อยละ 93.36 ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้รถจักรยานยนต์สามารถเลือกซื้อหมวกนิรภัยที่มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นได้ และสุดท้ายผู้ตอบแบบสอบถามว่ากฎหมายไม่ได้บังคับให้ภิกษุ สามเณร นักพรต หรือผู้ที่นับถือศาสนาที่ใช้ผ้าโพกศีรษะตามประเพณี เพียงแค่ร้อยละ 50.57 เท่านั้น ยังมีผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์อีกจำนวนมากที่ไม่ทราบ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ขับขี่เลียนแบบโดยไม่สวมใส่หมวกนิรภัยได้

4) ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเลือกซื้อหมวกนิรภัยและแผ่นกันลมในหมวกนิรภัย โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ใช้หมวกนิรภัยชนิดเต็มใบ (ร้อยละ 46.23) รองลงมาคือ ชนิดปิดเต็มใบหน้า คิดเป็นร้อยละ 40.73 ซึ่งจะช่วยให้ผู้ขับขี่มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นเมื่อประสบอุบัติเหตุเนื่องจากหมวกนิรภัยดังกล่าวสามารถครอบคลุมใบหน้าได้มากกว่าแบบครึ่งใบ โดยหมวกนิรภัยที่

ผู้ตอบแบบสอบถามใช้มีเครื่องหมาย มอก. รับรอง (ร้อยละ 92.45) หมวกนิรภัยสีดำ (ร้อยละ 48.05) ราคาเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อ (ร้อยละ 68.65) ซึ่งในบางครั้งอาจทำให้ผู้ใช้เลือกซื้อหมวกที่มีราคาถูกและไม่ได้มาตรฐาน นอกจากนี้ผู้ใช้หมวกนิรภัยคิดว่าเครื่องหมาย มอก. เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อ (ร้อยละ 83.75) แผ่นกันลมในหมวกนิรภัยที่เลือกใช้เป็นแบบปิดเต็มใบหน้า (ร้อยละ 86.50) โดยสีของแผ่นกันลมเป็นสีใส ร้อยละ 35.01 รองลงมาคือ สีดำ ร้อยละ 34.55 และสีขา ร้อยละ 24.94 ตามลำดับ ทั้งนี้ผลที่ได้จากแบบสอบถามอาจแตกต่างจากการทดลองวัดเวลาในการตอบสนองเล็กน้อย ซึ่งในการทดลองได้กำหนดระดับของปัจจัย C (สีของแผ่นกันลม) ออกเป็น 3 ระดับ คือ สีใส สีส้ม และสีขา เนื่องจากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามและการทดลองทำควบคู่กันไป และระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองได้กำหนดจากการสอบถามผู้ประกอบการร้านค้าที่ขายหมวกนิรภัยในอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ผลจากการสอบถามพบว่าแผ่นกันลม 3 สีดังกล่าวเป็นสีที่ขายดีและผู้บริโภคนิยมใช้มากที่สุดในช่วงนั้น ทำให้งานวิจัยนี้เลือกศึกษาแผ่นกันลม 3 สี คือ สีใส สีส้ม และสีขา

5) ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมสวมใส่หมวกนิรภัย โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ที่ เป็นผู้ขับขี่สวมใส่หมวกนิรภัยทุกครั้ง ร้อยละ 55.15 ผู้โดยสารสวมใส่หมวกนิรภัยบางครั้ง ร้อยละ 55.61 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกสวมใส่หมวกนิรภัยเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น คิดเป็นร้อยละ 78.26 เหตุผลที่ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามไม่สวมใส่หมวกนิรภัยคือ ใส่แล้วมองเห็นไม่ชัด คิดเป็นร้อยละ 39.82 รองลงมาคือ รู้สึกร้อน/อึดอัด ร้อยละ 33.18 และผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ร้อยละ 90.39 เห็นด้วยกับการรณรงค์ให้สวมใส่หมวกนิรภัยทั้งขณะขับขี่และโดยสารรถจักรยานยนต์

6) จากการทำการทดลอง ใช้ผู้ถูกทดสอบทั้งหมด 48 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 24 คน และเพศหญิง 24 คน โดยทั้งหมดจะมีอายุอยู่ระหว่าง 18-60 ปี ซึ่งผู้ถูกทดสอบเป็นผู้ที่มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ มีประสบการณ์ในการขับขี่เป็นอย่างดี รวมทั้งเป็นผู้ที่ไม่มีความผิดปกติทางสายตา คือ ตาบอดสี

7) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ทั้งเพศชายและหญิงมีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี ตอบสนองได้รวดเร็วกว่าช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการพัฒนาการของร่างกาย และช่วงอายุที่มากขึ้นอาจมีความไวต่อการตอบสนองช้าลงจึงทำให้มีการตอบสนองที่ช้ากว่าช่วงอายุน้อย

8) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) ทั้งเพศชายและหญิงมีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. ให้ค่าเวลาในการตอบสนอง

น้อยกว่าช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. เนื่องจากความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงสว่างเพียงพอจึงทำให้ผู้ถูกทดสอบตอบสนองได้เร็วกว่าช่วงเย็น

9) สีของแผ่นกั้นลม (C) ทั้งเพศชายและหญิงมีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือแผ่นกั้นลมสีใสให้ค่าเวลาการตอบสนองน้อยที่สุด รองลงมาคือแผ่นกั้นลมสีเทา และสีส้ม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lai และ Huang (2008) ที่พบว่าการใช้หมวกนิรภัยที่มีแผ่นกั้นลมสีต่าง ๆ ในขณะที่ขับจี้รถจักรยานยนต์มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นกั้นลมดังกล่าวไม่ได้ช่วยลดแสงสว่างโดยตรง แต่กลับส่งผลให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลงอย่างชัดเจน

10) เพศ พบว่าค่าเวลาการตอบสนองเพศชายจะน้อยกว่าเพศหญิง กล่าวคือเพศชายมีการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นสีแดงเร็วกว่าเพศหญิง แต่ในการศึกษาวิจัยของพรศิริ จงกล (2551) พบว่าเพศหญิงมีการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเร็วกว่าเพศชายเมื่อใช้แสงสีแดงและสีเขียวเป็นแสงกระตุ้น ซึ่งผลการศึกษาที่แย้งกันนี้อาจเป็นเพราะช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบที่แตกต่างกัน กล่าวคือในงานวิจัยของ พรศิริ จงกล (2551) ทำการทดสอบช่วงอายุตั้งแต่ 19 ถึง 27 ปี จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบ สีของแผ่นกั้นลม และเพศ มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผู้ขับจี้รถจักรยานยนต์ควรเลือกใช้หมวกนิรภัยชนิดเต็มใบที่มีแผ่นกั้นลมแบบปิดเต็มใบหน้าสีใส ซึ่งทำให้ตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเร็วที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) จากผลของการสำรวจ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 18-30 ปี และมีประสบการณ์ในการขับจี้รถจักรยานยนต์ตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป เคยเกิดอุบัติเหตุ และมีความเข้าใจในการใช้หมวกนิรภัย ดังนั้นในการศึกษาวิจัยต่อไปจึงควรมุ่งเน้นประชากรในส่วนนี้

2) ปัจจัยเกี่ยวกับสีของแสงกระตุ้นอาจทำให้ผลการทดลองแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา ดังนั้นจึงควรทำการทดลองโดยใช้แสงกระตุ้นมากกว่า 1 สี เพื่อยืนยันผลการทดลองที่ผ่านมาหรืออิทธิพลของสีของแสงกระตุ้น

3) ในการทดลองครั้งต่อไปเพื่อยืนยันผลการทดลองของวิทยานิพนธ์นี้ สามารถใช้ผลการทดลองที่ผ่านมาไปวิเคราะห์ร่วมกับผลการทดลองใหม่ได้ ถ้าการทดลองใหม่ใช้รูปแบบและเงื่อนไขของปัจจัย ตลอดจนวิธีการทดลองเดียวกัน โดยถือว่าเป็นการทดลองซ้ำ (Replication หรือ Block) อีกชุดหนึ่ง

รายการอ้างอิง

- จิราวัลย์ จิตรถเวช. (2552). การวางแผนและการวิเคราะห์การทดลอง. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์
ไทยพัฒนารายวันการพิมพ์ จำกัด. สมุทรสาคร.
- ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ. (2544). แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความ
สบายตาและเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต
สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงษ์ชนัน เหลืองไพบุลย์. (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การ
ทดลอง. สำนักพิมพ์ ท็อป จำกัด. กรุงเทพมหานคร.
- ปารเมศ ชูติมา. (2545). การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.
- พรศิริ จงกล. (2554). ผลกระทบของคุณลักษณะของแผ่นกั้นลมในหมวกนิรภัยที่มีต่อความพึงพอใจ
และการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี.
- พิชิต ภูมิจันทร์. (2535). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.
- เพ็ญจันทร์ ศรีสุขสวัสดิ์. (2546). เวลาปฏิกิริยาของบุคคลในแต่ละช่วงอายุทั้งชายและหญิง. วารสาร
ศึกษาศาสตร์ ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มิถุนายน-ตุลาคม 2546.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 369-2539. (2539). หมวกนิรภัยสำหรับผู้ใช้งานพาหนะ.
วันที่ค้นข้อมูล 14 มกราคม 2556, จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เว็บไซต์: <http://www2.dede.go.th/tis54/fulltext/TIS369-2539.pdf>
- ลัดดาวัลย์ ชูบุญ. (2551). ผลของการนวดแบบไทยประยุกต์ที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของ
นักกีฬาบอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทย. บัณฑิตวิทยาลัย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. (2539). สมรรถภาพทางกายและทางกีฬา. มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง. (2555). สถิติคดีจราจร (เฉพาะคดีที่เป็นอุบัติเหตุ).
วันที่ค้นข้อมูล 14 มกราคม 2556, จากสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
สำนักงานตำรวจแห่งชาติ เว็บไซต์: http://statistic.police.go.th/stat/traffic_year_54.pdf

- สุทธิ ศรีบุรพา. (2540). **เออร์گونอมิกส์: วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). กรุงเทพมหานคร.
- สุรภา โพธิ์ปัญญาศักดิ์. (2554). **ผลกระทบจากการทำงานทางกายต่อความล้าทางสายตาและการตัดสินใจโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีตรวจจับสัญญาณ**. การประชุมวิชาการช่างงาน วิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554.
- สุวัฒน์ วัฒนวงศ์. (2538). **จิตวิทยาการเรียนรู้ผู้ใหญ่**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.
- เสาวณิต ทองมี. (2550). **การใช้แสงธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่าง ภายในอาคารห้องสมุด: กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดประชาชน เฉลิมราชกุมารี**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. (2549). **วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- เอกสารการสอนชุดวิชาการยศาสตร์ = Ergonomic. (2552). **อุปกรณ์ควบคุมด้วยมือและสื่อแสดงข้อมูล**. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- เอมอร ทำน้ำตื้น. (2541). **การศึกษาเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของนักกีฬาประเภททีม ประเภทคู่ และประเภทเดี่ยวที่มีความรู้สึกเห็นคุณค่าในตนเองต่างกัน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Brebner, J. T., 1980. **Reaction time in personality theory**. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*. Academic Press, New York. 309-320.
- Buyan, M., Bruhwiler, P. A., Azens, A., Gustavsson, G., Karmhag, R., Granqvist, C. G., 2006. **Facial warming and tinted helmet visors**. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 36: 11-16.
- Freeman, G. L., 1933. **The facilitative and inhibitory effects of muscular tension upon performance**. *American Journal of Psychology*. 26: 602-608.
- Ichikawa, M., Chadbunchachai, W., Marui, E., 2003. **Effect of the helmet act for motorcyclists in Thailand**. *Accident Analysis and Prevention*. 35: 183-189.
- Karpovich, P.V., 1962. **Physiology of Muscular Activity**. W.B. Saunders Company, Philadelphia.
- Kelly, P., Sanson, T., Strange, G., Orsay, E., 1991. **A prospective study of the impact of helmet usage on motorcycle trauma**. *Annals of Emergency Medicine*. 20(8): 852-856.

- Kosinski, R. J., 2012. **A literature review on reaction time.** Clemson University. 14 January 2013. Online <http://biae.clemson.edu/bpc/bp/lab/110/reaction.htm>
- Kroll, W., 1973. **Effects of local muscular fatigue due to isotonic and isometric exercise upon fractionated reaction time components.** Journal of Motor Behavior. 5: 81-93.
- Lai, H-H., Huang, H., 2008. **Evaluation of visibility of tinted helmet visors for motorcycle riders.** Industrial Ergonomics. 38: 953-958.
- Luce, R. D., 1986. **Response times: Their role in inferring elementary mental Organization.** New York: Oxford University Press.
- McKnight, J. A., McKnight, S. A., 1995. **The Effect of motorcycle helmets upon seeing and hearing.** Accident Analysis and Prevention. 27(4): 493-501.
- Montgomery, D.C., 2001. **Design and analysis of experiments.** John Wiley & Sons. 5th edition.
- Nettelbeck, T., 1980. **Factors affecting reaction time: Mental retardation, brain damage, and other psychopathologies.** In A. T. Welford (Ed.), Reaction Times. Academic Press, New York. 355-401.
- Sandera, M. S., McCormick, E. J., 1992. **Human factors in engineering and design.** McGRAW-HILL International editions. 7th edition.
- Servadei, F., Begliomini, C., Gardini, E., Giustini, M., Taggi, F., Kraus, J., 2003. **Effect of Italy's motorcycle helmet law on traumatic brain injuries.** Injury Prevention. 9: 257-260.
- Singleton, W. T., 1953. **Deterioration of performance on a short-term perceptual-motor task.** In W. F. Floyd and A. T. Welford (Eds.), Symposium on Fatigue. H. K. Lewis and Co., London. 163-172.
- Teichner, W. H., and M. J. Krebs., 1974. **Laws of visual choice reaction time.** Psychological Review. 81: 75-98.
- Welford, A. T., 1980. **Choice reaction time: Basic concepts.** In A. T. Welford (Ed.), Reaction Times. Academic Press, New York. 73-128.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการตอบสนองของผู้ขับชีรจักรยานยนต์

วัตถุประสงค์และคำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความรู้และพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของผู้ขับชีรจักรยานยนต์ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

ข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ประกอบการทำงานวิจัยเท่านั้น และขอรับรองว่าคำตอบของท่านถือเป็นความลับและจะไม่มีผลกระทบใด ๆ เกิดขึ้นแก่ผู้ตอบแบบสอบถาม จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านให้ตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงที่สุด

โดยแบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้รจักรยานยนต์

ส่วนที่ 3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัยและกฎหมายที่บังคับใช้หมวกนิรภัย

ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการเลือกซื้อหมวกนิรภัยและแผ่นกันลม

ส่วนที่ 5 พฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย

ขอแสดงความนับถือ

เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง

ผู้วิจัย

แบบสอบถามงานวิจัย

คำชี้แจง: กรุณาตอบแบบสอบถาม โดยทำเครื่องหมาย ลงในช่อง หน้าข้อความที่ต้องการเลือก และ
เติม ข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริงมากที่สุด (กรุณาตอบทุกคำถาม)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ 1. ชาย 2. หญิง
2. อายุปี
3. ระดับการศึกษาสูงสุด

<input type="checkbox"/> 1. ประถมศึกษา	<input type="checkbox"/> 2. มัธยมศึกษาตอนต้น	<input type="checkbox"/> 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย
<input type="checkbox"/> 4. อนุปริญญา	<input type="checkbox"/> 5. ปริญญาตรี	<input type="checkbox"/> 6. สูงกว่าปริญญาตรี
4. อาชีพ

<input type="checkbox"/> 1. นักเรียน	<input type="checkbox"/> 2. นักศึกษา	<input type="checkbox"/> 3. ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ
<input type="checkbox"/> 4. พนักงานบริษัท	<input type="checkbox"/> 5. เกษตรกร	<input type="checkbox"/> 6. รับจ้างทั่วไป
<input type="checkbox"/> 7. อื่น ๆ (โปรดระบุ)		
5. ปัญหาเกี่ยวกับสายตา

<input type="checkbox"/> 1. สายตาสั้น	<input type="checkbox"/> 2. สายตาสั้น	<input type="checkbox"/> 3. สายตาวาย
<input type="checkbox"/> 4. สายตาเอียง	<input type="checkbox"/> 5. ตาบอดสี	<input type="checkbox"/> 6. อื่น ๆ (โปรดระบุ)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้รถจักรยานยนต์

6. รถจักรยานยนต์ที่ท่านใช้อยู่ในปัจจุบัน ท่านเป็นเจ้าของเองหรือไม่

<input type="checkbox"/> 1. เป็นเจ้าของเอง	<input type="checkbox"/> 2. ไม่ได้เป็นเจ้าของเอง
--	--
7. ท่านมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์หรือไม่

<input type="checkbox"/> 1. ไม่มี	<input type="checkbox"/> 2. มี	<input type="checkbox"/> 3. มีแต่หมดอายุ
-----------------------------------	--------------------------------	--
8. ท่านมีประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์นานเท่าใด

<input type="checkbox"/> 1. ไม่เกิน 1 ปี	<input type="checkbox"/> 2. 1-2 ปี	<input type="checkbox"/> 3. 3-4 ปี	<input type="checkbox"/> 4. 4 ปีขึ้นไป
--	------------------------------------	------------------------------------	--

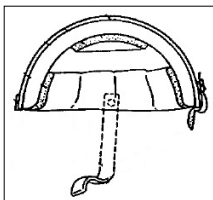
9. ท่านขับจักรยานยนต์บ่อยหรือไม่
1. ทุกวัน 2. 1-2 วัน/สัปดาห์ 3. 3-5 วัน/สัปดาห์ 4. อื่น ๆ (โปรดระบุ)
10. ที่ผ่านมา ท่านเคยประสบอุบัติเหตุจากรถจักรยานยนต์หรือไม่
1. ไม่เคย 2. เคย 1 ครั้ง 3. เคย 2 ครั้ง 4. เคยมากกว่า 2 ครั้ง
11. ที่ผ่านมา ท่านเคยถูกจับกุมความผิดเกี่ยวกับหมวกนิรภัยหรือไม่
1. ไม่เคย 2. เคย 1 ครั้ง 3. เคย 2 ครั้ง 4. เคยมากกว่า 2 ครั้ง

ส่วนที่ 3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหมวกนิรภัยและกฎหมายที่บังคับใช้หมวกนิรภัย

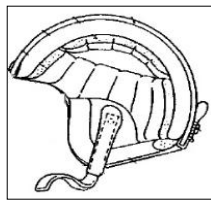
12. หมวกนิรภัย หมายถึง หมวกที่จัดทำขึ้นมาโดยเฉพาะ เพื่อป้องกันอันตรายในขณะขับขี่และโดยสารรถจักรยานยนต์ใช่หรือไม่
1. ใช่ 2. ไม่ใช่ 3. ไม่ทราบ
13. ลักษณะของหมวกนิรภัยแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ 1) แบบครึ่งใบ 2) แบบเต็มใบ 3) แบบปิดเต็มหน้าใช่หรือไม่
1. ใช่ 2. ไม่ใช่ 3. ไม่ทราบ
14. ปัจจุบันท่านคิดว่ามีกฎหมายบังคับใช้หมวกนิรภัยใช่หรือไม่
1. ใช่ 2. ไม่ใช่ 3. ไม่ทราบ
15. ผู้ใช้รถจักรยานยนต์ที่ฝ่าฝืนไม่สวมหมวกนิรภัยจะมีโทษปรับไม่เกิน 500 บาท ใช่หรือไม่
1. ใช่ 2. ไม่ใช่ 3. ไม่ทราบ
16. กฎหมายหมวกนิรภัยได้กำหนดไว้ว่าหมวกนิรภัยจะต้องได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ใช่หรือไม่
1. ใช่ 2. ไม่ใช่ 3. ไม่ทราบ
17. กฎหมายหมวกนิรภัย ไม่ ได้บังคับใช้กับภิกษุ สามเณร นักพรต หรือผู้นับถือศาสนาที่ใช้ผ้าโพกศีรษะตามประเพณี ใช่หรือไม่
1. ใช่ 2. ไม่ใช่ 3. ไม่ทราบ

ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการเลือกซื้อหมวกนิรภัยและแผ่นกันลม

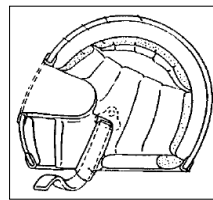
18. หมวกนิรภัยที่ท่านใช้อยู่ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นแบบใด



1. แบบครึ่งใบ



2. แบบเต็มใบ



3. แบบปิดเต็มหน้า

19. หมวกนิรภัยที่ท่านใช้อยู่ในปัจจุบันมีเครื่องหมาย มอก. รับรองหรือไม่



1. มี

2. ไม่มี

20. สีของหมวกนิรภัยที่ท่านใช้อยู่ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นสีใด

1. สีแดง 2. สีดำ 3. สีฟ้า 4. สีเขียว

5. หลากหลายสี/มีลวดลาย 6. อื่น ๆ (โปรดระบุ)

21. ราคาของหมวกนิรภัยเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อหมวกนิรภัยของท่านหรือไม่

1. เป็นปัจจัยสำคัญ

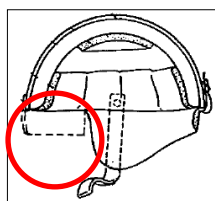
2. ไม่เป็นปัจจัยสำคัญ

22. เครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อหมวกนิรภัยของท่านหรือไม่

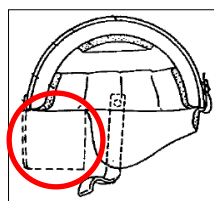
1. เป็นปัจจัยสำคัญ

2. ไม่เป็นปัจจัยสำคัญ

23. แผ่นกันลมในหมวกนิรภัยที่ท่านใช้อยู่ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นแบบใด



1. แบบปิดครึ่งใบหน้า



2. แบบปิดเต็มใบหน้า

24. สีของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยที่ท่านใช้อยู่ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นสีใด

1. สีแดง 2. สีดำ 3. สีขา 4. สีส้ม

5. สีใส 6. อื่น ๆ (โปรดระบุ)

25. ท่านทราบหรือไม่ว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) กำหนดให้แผ่นกันลมในหมวกนิรภัย จะต้องเป็นลักษณะโปร่งใส ไม่มีสี เท่านั้น
1. ทราบ 2. ไม่ทราบ
26. ท่านทราบหรือไม่ว่าควรเปลี่ยนหมวกนิรภัยทุก ๆ 3-5 ปี หรือเมื่อหมวกเคยได้รับแรงกระแทกจากการเกิดอุบัติเหตุ
1. ทราบ 2. ไม่ทราบ

ส่วนที่ 5 พฤติกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัย

27. ท่านสวมใส่หมวกนิรภัยในขณะที่ขับขี่รถจักรยานยนต์หรือไม่
1. สวมใส่ทุกครั้ง 2. สวมใส่บางครั้ง 3. ไม่เคยสวมใส่
28. ท่านสวมใส่หมวกนิรภัยในขณะที่โดยสารรถจักรยานยนต์หรือไม่
1. สวมใส่ทุกครั้ง 2. สวมใส่บางครั้ง 3. ไม่เคยสวมใส่
29. ท่านเดินทางโดยรถจักรยานยนต์ ท่านจะสวมใส่หมวกนิรภัยเมื่อใด
1. เดินทางในระยะใกล้ ๆ 2. เดินทางในระยะไกล ๆ
3. สวมใส่ทุกครั้ง 4. ไม่สวมใส่
30. เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ท่านสวมใส่หมวกนิรภัย
1. ป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น 2. ป้องกันการจับกุมของเจ้าหน้าที่ตำรวจ
3. เห็นคนอื่น ๆ ใส่ เลยอยากใส่ตาม 4. อื่น ๆ (โปรดระบุ)
31. เหตุผลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ท่าน ไม่ สวมใส่หมวกนิรภัย
1. ใส่แล้วมองเห็นไม่ชัด 2. ใส่แล้วได้ยินเสียงไม่ชัด 3. รู้สึกหนักศีรษะ
4. รู้สึกร้อน/อึดอัด 5. อื่น ๆ (โปรดระบุ)
32. ท่านรู้สึกอย่างไรกับการรณรงค์ให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารรถจักรยานยนต์สวมหมวกนิรภัย
1. เห็นด้วย 2. ไม่เห็นด้วย 3. รู้สึกเฉย ๆ

ภาคผนวก ข

การหาขนาดตัวอย่างของผู้ถูกทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 พื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐาน

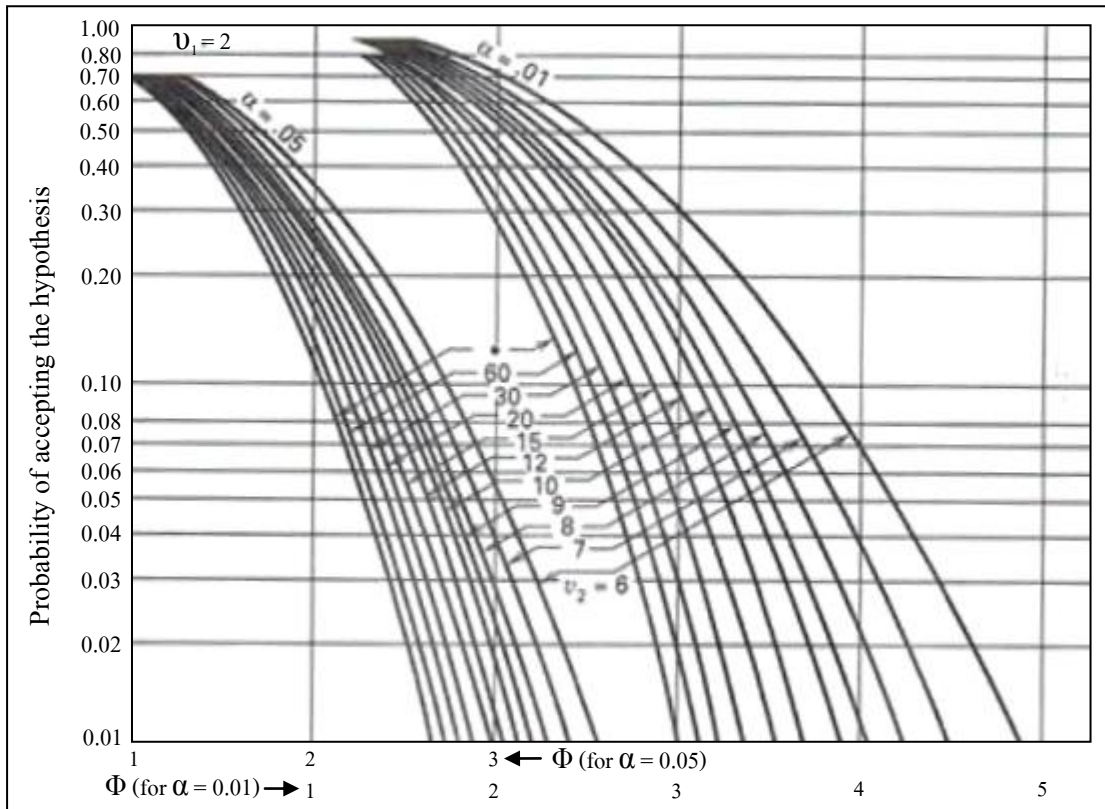
z	-0.09	-0.08	-0.07	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	-0.00	z
-3.9	0.000033	0.000034	0.000036	0.000037	0.000039	0.000041	0.000042	0.000044	0.000046	0.000048	-3.9
-3.8	0.000050	0.000052	0.000054	0.000057	0.000059	0.000062	0.000064	0.000067	0.000069	0.000072	-3.8
-3.7	0.000075	0.000078	0.000082	0.000085	0.000088	0.000092	0.000096	0.000100	0.000104	0.000108	-3.7
-3.6	0.000112	0.000117	0.000121	0.000126	0.000131	0.000136	0.000142	0.000147	0.000153	0.000159	-3.6
-3.5	0.000165	0.000172	0.000179	0.000185	0.000193	0.000200	0.000208	0.000216	0.000224	0.000233	-3.5
-3.4	0.000242	0.000251	0.000260	0.000270	0.000280	0.000291	0.000302	0.000313	0.000325	0.000337	-3.4
-3.3	0.000350	0.000362	0.000376	0.000390	0.000404	0.000419	0.000434	0.000450	0.000467	0.000483	-3.3
-3.2	0.000501	0.000519	0.000538	0.000557	0.000577	0.000598	0.000619	0.000641	0.000664	0.000687	-3.2
-3.1	0.000711	0.000736	0.000762	0.000789	0.000816	0.000845	0.000874	0.000904	0.000935	0.000968	-3.1
-3.0	0.001001	0.001035	0.001070	0.001107	0.001144	0.001183	0.001223	0.001264	0.001306	0.001350	-3.0
-2.9	0.001395	0.001441	0.001489	0.001538	0.001589	0.001641	0.001695	0.001750	0.001807	0.001866	-2.9
-2.8	0.001926	0.001988	0.002052	0.002118	0.002186	0.002256	0.002327	0.002401	0.002477	0.002555	-2.8
-2.7	0.002635	0.002718	0.002803	0.002890	0.002980	0.003072	0.003167	0.003264	0.003364	0.003467	-2.7
-2.6	0.003573	0.003681	0.003793	0.003907	0.004025	0.004145	0.004269	0.004396	0.004527	0.004661	-2.6
-2.5	0.004799	0.004940	0.005085	0.005234	0.005386	0.005543	0.005703	0.005868	0.006037	0.006210	-2.5
-2.4	0.006387	0.006569	0.006756	0.006947	0.007143	0.007344	0.007549	0.007760	0.007976	0.008198	-2.4
-2.3	0.008424	0.008656	0.008894	0.009137	0.009387	0.009642	0.009903	0.010170	0.010444	0.010724	-2.3
-2.2	0.011011	0.011304	0.011604	0.011911	0.012224	0.012545	0.012874	0.013209	0.013553	0.013903	-2.2
-2.1	0.014262	0.014629	0.015003	0.015386	0.015778	0.016177	0.016586	0.017003	0.017429	0.017864	-2.1
-2.0	0.018309	0.018763	0.019226	0.019699	0.020182	0.020675	0.021178	0.021692	0.022216	0.022750	-2.0
-1.9	0.023295	0.023852	0.024419	0.024998	0.025588	0.026190	0.026803	0.027429	0.028067	0.028717	-1.9
-1.8	0.029379	0.030054	0.030742	0.031443	0.032157	0.032884	0.033625	0.034379	0.035148	0.035930	-1.8
-1.7	0.036727	0.037538	0.038364	0.039204	0.040059	0.040929	0.041815	0.042716	0.043633	0.044565	-1.7
-1.6	0.045514	0.046479	0.047460	0.048457	0.049471	0.050503	0.051551	0.052616	0.053699	0.054799	-1.6
-1.5	0.055917	0.057053	0.058208	0.059380	0.060571	0.061780	0.063008	0.064256	0.065522	0.066807	-1.5
-1.4	0.068112	0.069437	0.070781	0.072145	0.073529	0.074934	0.076359	0.077804	0.079270	0.080757	-1.4
-1.3	0.082264	0.083793	0.085343	0.086915	0.088508	0.090123	0.091759	0.093418	0.095098	0.096801	-1.3
-1.2	0.098525	0.100273	0.102042	0.103835	0.105650	0.107488	0.109349	0.111233	0.113140	0.115070	-1.2
-1.1	0.117023	0.119000	0.121001	0.123024	0.125072	0.127143	0.129238	0.131357	0.133500	0.135666	-1.1
-1.0	0.137857	0.140071	0.142310	0.144572	0.146859	0.149170	0.151505	0.153864	0.156248	0.158655	-1.0
-0.9	0.161087	0.163543	0.166023	0.168528	0.171056	0.173609	0.176185	0.178786	0.181411	0.184060	-0.9
-0.8	0.186733	0.189430	0.192150	0.194894	0.197662	0.200454	0.203269	0.206108	0.208970	0.211855	-0.8
-0.7	0.214764	0.217695	0.220650	0.223627	0.226627	0.229650	0.232695	0.235762	0.238852	0.241964	-0.7
-0.6	0.245097	0.248252	0.251429	0.254627	0.257846	0.261086	0.264347	0.267629	0.270931	0.274253	-0.6
-0.5	0.277595	0.280957	0.284339	0.287740	0.291160	0.294599	0.298056	0.301532	0.305026	0.308538	-0.5
-0.4	0.312067	0.315614	0.319178	0.322758	0.326355	0.329969	0.333598	0.337243	0.340903	0.344578	-0.4
-0.3	0.348268	0.351973	0.355691	0.359424	0.363169	0.366928	0.370700	0.374484	0.378281	0.382089	-0.3
-0.2	0.385908	0.389739	0.393580	0.397432	0.401294	0.405165	0.409046	0.412936	0.416834	0.420740	-0.2
-0.1	0.424655	0.428576	0.432505	0.436441	0.440382	0.444330	0.448283	0.452242	0.456205	0.460172	-0.1
0.0	0.464144	0.468119	0.472097	0.476078	0.480061	0.484047	0.488033	0.492022	0.496011	0.500000	0.0

ที่มา: Montgomery, D.C., 2007.

ตารางที่ ข.1 พื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐาน (ต่อ)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	z
0.0	0.500000	0.503989	0.507978	0.511967	0.515953	0.519939	0.523922	0.527903	0.531881	0.535856	0.0
0.1	0.539828	0.543795	0.547758	0.551717	0.555670	0.559618	0.563559	0.567495	0.571424	0.575345	0.1
0.2	0.579260	0.583166	0.587064	0.590954	0.594835	0.598706	0.602568	0.606420	0.610261	0.614092	0.2
0.3	0.617911	0.621719	0.625516	0.629300	0.633072	0.636831	0.640576	0.644309	0.648027	0.651732	0.3
0.4	0.655422	0.659097	0.662757	0.666402	0.670031	0.673645	0.677242	0.680822	0.684386	0.687933	0.4
0.5	0.691462	0.694974	0.698468	0.701944	0.705401	0.708840	0.712260	0.715661	0.719043	0.722405	0.5
0.6	0.725747	0.729069	0.732371	0.735653	0.738914	0.742154	0.745373	0.748571	0.751748	0.754903	0.6
0.7	0.758036	0.761148	0.764238	0.767305	0.770350	0.773373	0.776373	0.779350	0.782305	0.785236	0.7
0.8	0.788145	0.791030	0.793892	0.796731	0.799546	0.802338	0.805106	0.807850	0.810570	0.813267	0.8
0.9	0.815940	0.818589	0.821214	0.823815	0.826391	0.828944	0.831472	0.833977	0.836457	0.838913	0.9
1.0	0.841345	0.843752	0.846136	0.848495	0.850830	0.853141	0.855428	0.857690	0.859929	0.862143	1.0
1.1	0.864334	0.866500	0.868643	0.870762	0.872857	0.874928	0.876976	0.878999	0.881000	0.882977	1.1
1.2	0.884930	0.886860	0.888767	0.890651	0.892512	0.894350	0.896165	0.897958	0.899727	0.901475	1.2
1.3	0.903199	0.904902	0.906582	0.908241	0.909877	0.911492	0.913085	0.914657	0.916207	0.917736	1.3
1.4	0.919243	0.920730	0.922196	0.923641	0.925066	0.926471	0.927855	0.929219	0.930563	0.931888	1.4
1.5	0.933193	0.934478	0.935744	0.936992	0.938220	0.939429	0.940620	0.941792	0.942947	0.944083	1.5
1.6	0.945201	0.946301	0.947384	0.948449	0.949497	0.950529	0.951543	0.952540	0.953521	0.954486	1.6
1.7	0.955435	0.956367	0.957284	0.958185	0.959071	0.959941	0.960796	0.961636	0.962462	0.963273	1.7
1.8	0.964070	0.964852	0.965621	0.966375	0.967116	0.967843	0.968557	0.969258	0.969946	0.970621	1.8
1.9	0.971283	0.971933	0.972571	0.973197	0.973810	0.974412	0.975002	0.975581	0.976148	0.976705	1.9
2.0	0.977250	0.977784	0.978308	0.978822	0.979325	0.979818	0.980301	0.980774	0.981237	0.981691	2.0
2.1	0.982136	0.982571	0.982997	0.983414	0.983823	0.984222	0.984614	0.984997	0.985371	0.985738	2.1
2.2	0.986097	0.986447	0.986791	0.987126	0.987455	0.987776	0.988089	0.988396	0.988696	0.988989	2.2
2.3	0.989276	0.989556	0.989830	0.990097	0.990358	0.990613	0.990863	0.991106	0.991344	0.991576	2.3
2.4	0.991802	0.992024	0.992240	0.992451	0.992656	0.992857	0.993053	0.993244	0.993431	0.993613	2.4
2.5	0.993790	0.993963	0.994132	0.994297	0.994457	0.994614	0.994766	0.994915	0.995060	0.995201	2.5
2.6	0.995339	0.995473	0.995604	0.995731	0.995855	0.995975	0.996093	0.996207	0.996319	0.996427	2.6
2.7	0.996533	0.996636	0.996736	0.996833	0.996928	0.997020	0.997110	0.997197	0.997282	0.997365	2.7
2.8	0.997445	0.997523	0.997599	0.997673	0.997744	0.997814	0.997882	0.997948	0.998012	0.998074	2.8
2.9	0.998134	0.998193	0.998250	0.998305	0.998359	0.998411	0.998462	0.998511	0.998559	0.998605	2.9
3.0	0.998650	0.998694	0.998736	0.998777	0.998817	0.998856	0.998893	0.998930	0.998965	0.998999	3.0
3.1	0.999032	0.999065	0.999096	0.999126	0.999155	0.999184	0.999211	0.999238	0.999264	0.999289	3.1
3.2	0.999313	0.999336	0.999359	0.999381	0.999402	0.999423	0.999443	0.999462	0.999481	0.999499	3.2
3.3	0.999517	0.999533	0.999550	0.999566	0.999581	0.999596	0.999610	0.999624	0.999638	0.999650	3.3
3.4	0.999663	0.999675	0.999687	0.999698	0.999709	0.999720	0.999730	0.999740	0.999749	0.999758	3.4
3.5	0.999767	0.999776	0.999784	0.999792	0.999800	0.999807	0.999815	0.999821	0.999828	0.999835	3.5
3.6	0.999841	0.999847	0.999853	0.999858	0.999864	0.999869	0.999874	0.999879	0.999883	0.999888	3.6
3.7	0.999892	0.999896	0.999900	0.999904	0.999908	0.999912	0.999915	0.999918	0.999922	0.999925	3.7
3.8	0.999928	0.999931	0.999933	0.999936	0.999938	0.999941	0.999943	0.999946	0.999948	0.999950	3.8
3.9	0.999952	0.999954	0.999956	0.999958	0.999959	0.999961	0.999963	0.999964	0.999966	0.999967	3.9

ที่มา: Montgomery, D.C., 2007.



รูปที่ ข.1 เส้นโค้งลักษณะสมบัติของการดำเนินการ (OC Curves) ที่ $v_1 = 2$ และ $\alpha = 0.05$

(Montgomery, D.C., 2009)

ภาคผนวก ค

การสู่มาตรฐานการทดลองและสรุปสู่มาตรฐานการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เปิดรับสมัครผู้ที่สนใจเข้าร่วมการทดสอบการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (โดยให้ผู้ที่สนใจเข้าร่วมลงชื่อในตารางที่ ค.1 สำหรับเพศชาย และ ค.4 สำหรับเพศหญิง) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วงอายุ คือ ช่วงอายุระหว่าง 18-39 ปี จะใช้รหัสเป็นอักษรไทย และช่วงอายุระหว่าง 40-60 ปี จะใช้รหัสเป็นอักษรลาติน จากนั้นทำการจับฉลากลำดับการทดลอง (ดังแสดงในตารางที่ ค.2 สำหรับเพศชาย และค.5 สำหรับเพศหญิง) ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางลำดับและจำนวนวันที่ทำการทดลองได้ดังแสดงในตารางที่ ค.3 สำหรับเพศชาย และค.6 สำหรับเพศหญิง

ตารางที่ ค.1 ลำดับหมายเลข รหัส ชื่อ-สกุล ของผู้ถูกทดสอบ (เพศชาย)

ลำดับที่	รหัส	ชื่อ-สกุล (18-39 ปี)	ลำดับที่	รหัส	ชื่อ-สกุล (40-60 ปี)
1	ก		13	A	
2	ข		14	B	
3	ฃ		15	C	
4	ค		16	D	
5	ค		17	E	
6	ฅ		18	F	
7	ง		19	G	
8	จ		20	H	
9	ฉ		21	I	
10	ช		22	J	
11	ช		23	K	
12	ฌ		24	L	

ตารางที่ ค.2 ผลการสุ่มลำดับการทดลองโดยวิธีจับฉลาก (เพศชาย)

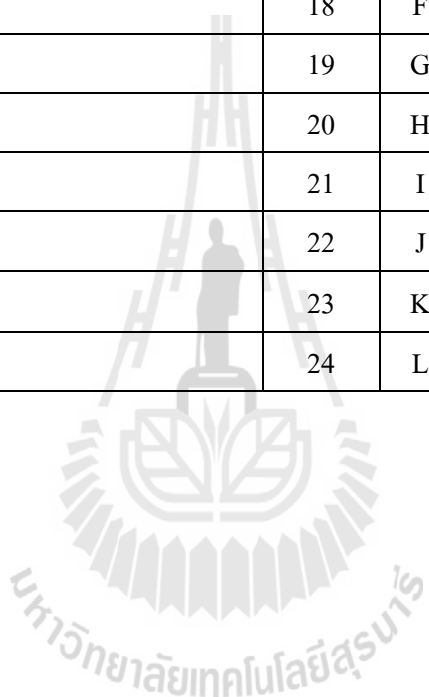
ลำดับการจับฉลาก	หมายเลข	รหัส	ลำดับการจับฉลาก	หมายเลข	รหัส
จับฉลากครั้งที่ 1 ได้	16	D	จับฉลากครั้งที่ 13 ได้	9	ฉ
จับฉลากครั้งที่ 2 ได้	10	ช	จับฉลากครั้งที่ 14 ได้	18	F
จับฉลากครั้งที่ 3 ได้	13	A	จับฉลากครั้งที่ 15 ได้	14	B
จับฉลากครั้งที่ 4 ได้	7	ง	จับฉลากครั้งที่ 16 ได้	15	C
จับฉลากครั้งที่ 5 ได้	19	G	จับฉลากครั้งที่ 17 ได้	5	ค
จับฉลากครั้งที่ 6 ได้	22	J	จับฉลากครั้งที่ 18 ได้	11	ช
จับฉลากครั้งที่ 7 ได้	21	I	จับฉลากครั้งที่ 19 ได้	8	จ
จับฉลากครั้งที่ 8 ได้	6	ฅ	จับฉลากครั้งที่ 20 ได้	1	ก
จับฉลากครั้งที่ 9 ได้	3	ข	จับฉลากครั้งที่ 21 ได้	2	ข
จับฉลากครั้งที่ 10 ได้	23	K	จับฉลากครั้งที่ 22 ได้	17	E
จับฉลากครั้งที่ 11 ได้	4	ค	จับฉลากครั้งที่ 23 ได้	12	ฉ
จับฉลากครั้งที่ 12 ได้	24	L	จับฉลากครั้งที่ 24 ได้	20	H

ตารางที่ ค.3 จำนวนวันที่ทำการทดลอง (เพศชาย)

จำนวนวันที่ทำการทดลอง	ช่วงกลางวัน	ช่วงเย็น
1.	-	1
2.	2,3	4,5
3.	6,7,8	9,10,11,12
4.	13,14,15	16
5.	17	18,19
6.	20,21,22	23,24

ตารางที่ ค.4 ลำดับหมายเลข รหัส ชื่อ-สกุล ของผู้ถูกทดสอบ (เพศหญิง)

ลำดับที่	รหัส	ชื่อ-สกุล (18-39 ปี)	ลำดับที่	รหัส	ชื่อ-สกุล (40-60 ปี)
1	ก		13	A	
2	ข		14	B	
3	ฃ		15	C	
4	ค		16	D	
5	ค		17	E	
6	ฅ		18	F	
7	ง		19	G	
8	จ		20	H	
9	ฉ		21	I	
10	ช		22	J	
11	ฌ		23	K	
12	ฉ		24	L	



ตารางที่ ค.5 ผลการสุ่มลำดับการทดลองโดยวิธีจับฉลาก (เพศหญิง)

ลำดับการจับฉลาก	หมายเลข	รหัส	ลำดับการจับฉลาก	หมายเลข	รหัส
จับฉลากครั้งที่ 1 ได้	12	ฉ	จับฉลากครั้งที่ 13 ได้	14	B
จับฉลากครั้งที่ 2 ได้	3	ง	จับฉลากครั้งที่ 14 ได้	9	ฉ
จับฉลากครั้งที่ 3 ได้	10	ช	จับฉลากครั้งที่ 15 ได้	19	G
จับฉลากครั้งที่ 4 ได้	13	A	จับฉลากครั้งที่ 16 ได้	22	J
จับฉลากครั้งที่ 5 ได้	6	ฉ	จับฉลากครั้งที่ 17 ได้	2	ง
จับฉลากครั้งที่ 6 ได้	20	H	จับฉลากครั้งที่ 18 ได้	17	E
จับฉลากครั้งที่ 7 ได้	8	จ	จับฉลากครั้งที่ 19 ได้	1	ก
จับฉลากครั้งที่ 8 ได้	16	D	จับฉลากครั้งที่ 20 ได้	15	C
จับฉลากครั้งที่ 9 ได้	18	F	จับฉลากครั้งที่ 21 ได้	4	ค
จับฉลากครั้งที่ 10 ได้	21	I	จับฉลากครั้งที่ 22 ได้	23	K
จับฉลากครั้งที่ 11 ได้	7	ง	จับฉลากครั้งที่ 23 ได้	24	L
จับฉลากครั้งที่ 12 ได้	11	ช	จับฉลากครั้งที่ 24 ได้	5	ค

ตารางที่ ค.6 จำนวนวันที่ทำการทดลอง (เพศหญิง)

จำนวนวันที่ทำการทดลอง	ช่วงกลางวัน	ช่วงเย็น
1.	-	1,2
2.	3,4,5	6,7,8
3.	9,10	11,12
4.	13,14	15
5.	16,17,18,19	20,21,22,23
6.	24	-



ภาคผนวก ง

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล

ตารางที่ ง.1 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล

ลำดับ	ข้อมูลก่อน ทดลอง 20 ค่า	พัก 1 นาที	ลำดับ	ข้อมูลก่อน ทดลอง 25 ค่า	ลำดับ	ข้อมูลการ ทดลองจริง 5 ค่า
1.			1.		1.	
2.			2.		2.	
3.			3.		3.	
4.			4.		4.	
5.			5.		5.	
6.			6.			
7.			7.			
8.			8.			
9.			9.			
10.			10.			
11.			11.			
12.			12.			
13.			13.			
14.			14.			
15.			15.			
16.			16.			
17.			17.			
18.			18.			
19.			19.			
20.			20.			
			21.			
			22.			
			23.			
			24.			
		25.				

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศชาย)

ครั้งที่	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
1	0.577	0.573	0.571	0.602	0.683	0.598	0.587	0.589	0.510	0.601	0.523	0.584
2	0.565	0.562	0.555	0.582	0.676	0.590	0.563	0.585	0.502	0.589	0.519	0.551
3	0.543	0.568	0.537	0.561	0.643	0.591	0.576	0.542	0.481	0.582	0.505	0.542
4	0.568	0.543	0.532	0.542	0.666	0.602	0.554	0.568	0.497	0.564	0.510	0.581
5	0.550	0.547	0.529	0.562	0.650	0.584	0.546	0.534	0.485	0.598	0.520	0.534
ค่าเฉลี่ย	0.561	0.559	0.545	0.570	0.664	0.593	0.565	0.564	0.495	0.587	0.515	0.558

ครั้งที่	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
1	0.568	0.618	0.582	0.596	0.583	0.569	0.600	0.435	0.451	0.609	0.597	0.679
2	0.568	0.616	0.577	0.580	0.545	0.564	0.592	0.426	0.459	0.594	0.594	0.670
3	0.557	0.607	0.564	0.581	0.536	0.558	0.586	0.418	0.443	0.570	0.602	0.672
4	0.552	0.583	0.568	0.569	0.565	0.544	0.573	0.425	0.462	0.581	0.561	0.668
5	0.550	0.613	0.567	0.584	0.527	0.550	0.570	0.405	0.450	0.564	0.569	0.659
ค่าเฉลี่ย	0.559	0.607	0.572	0.582	0.551	0.557	0.584	0.422	0.453	0.584	0.585	0.670

หมายเหตุ: ข้อมูลในตารางเป็นข้อมูลการทดลอง 5 ครั้งสุดท้าย

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศหญิง)

ครั้งที่	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
1	0.587	0.555	0.550	0.629	0.596	0.739	0.631	0.631	0.733	0.638	0.628	0.592
2	0.580	0.541	0.543	0.628	0.590	0.727	0.627	0.627	0.728	0.630	0.622	0.590
3	0.585	0.538	0.540	0.619	0.594	0.730	0.620	0.625	0.727	0.627	0.618	0.587
4	0.582	0.544	0.548	0.625	0.582	0.725	0.625	0.629	0.720	0.625	0.629	0.590
5	0.576	0.533	0.539	0.623	0.580	0.721	0.620	0.620	0.729	0.620	0.621	0.582
ค่าเฉลี่ย	0.582	0.542	0.544	0.625	0.588	0.728	0.625	0.626	0.727	0.628	0.624	0.588

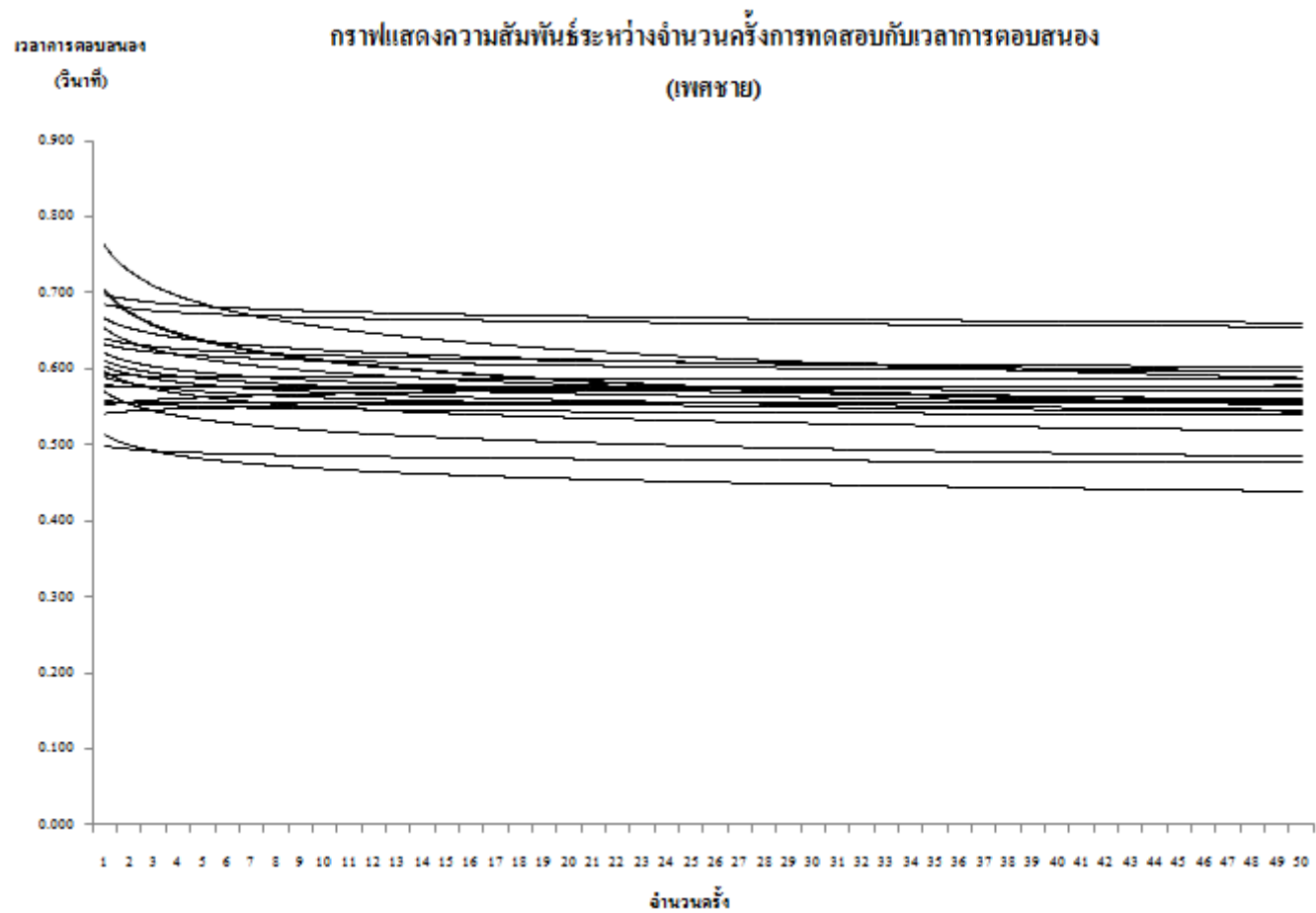
ครั้งที่	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
1	0.625	0.562	0.712	0.625	0.535	0.725	0.548	0.640	0.558	0.660	0.642	0.602
2	0.620	0.560	0.700	0.620	0.529	0.722	0.540	0.635	0.555	0.658	0.637	0.597
3	0.622	0.561	0.708	0.616	0.531	0.717	0.545	0.638	0.556	0.655	0.635	0.594
4	0.618	0.558	0.715	0.619	0.512	0.720	0.539	0.630	0.550	0.650	0.630	0.590
5	0.612	0.552	0.697	0.621	0.530	0.715	0.535	0.627	0.554	0.641	0.638	0.595
ค่าเฉลี่ย	0.619	0.559	0.706	0.620	0.527	0.720	0.541	0.634	0.555	0.653	0.636	0.596

หมายเหตุ: ข้อมูลในตารางเป็นข้อมูลการทดลอง 5 ครั้งสุดท้าย

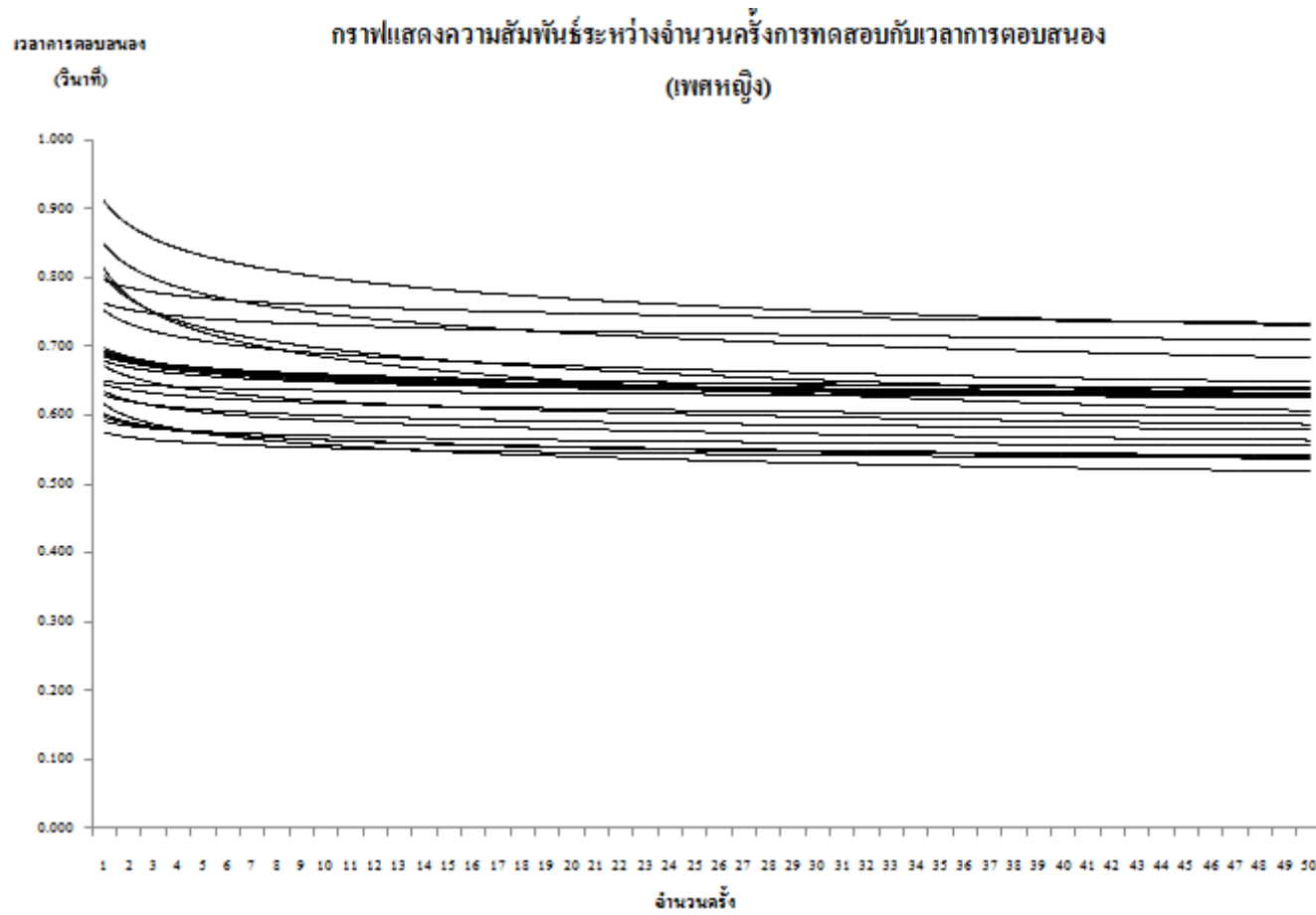
ภาคผนวก ฉ

กราฟการเรียนรู้ในการทดสอบเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ๑.1 กราฟในการเรียนรู้การทดสอบเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศชาย)



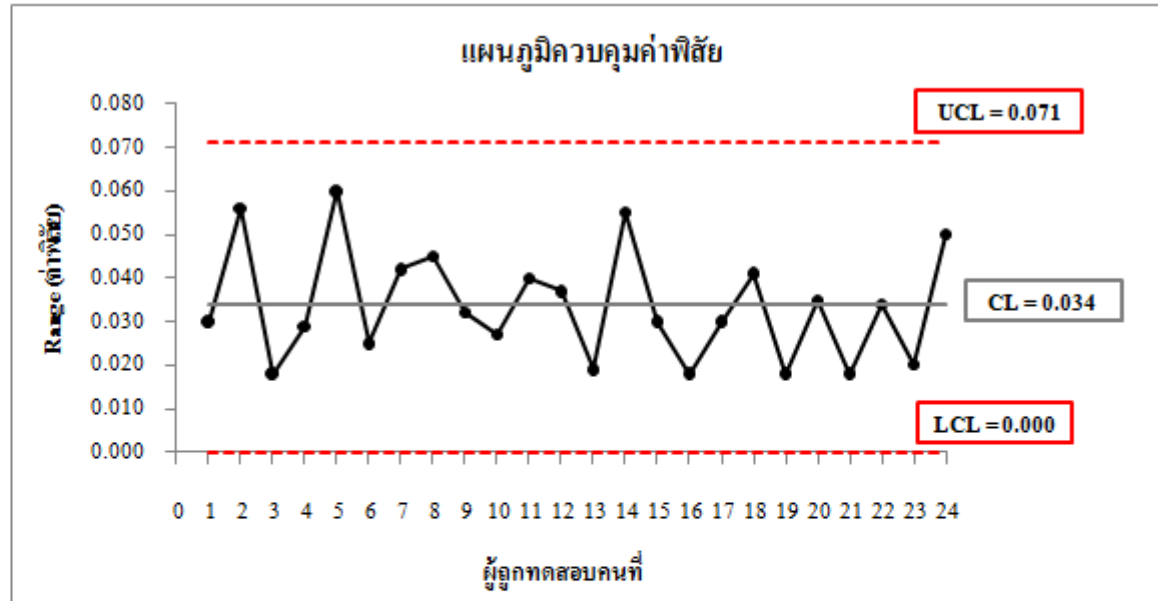
รูปที่ ๓.2 กราฟในการเรียนรู้การทดสอบเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศหญิง)

ภาคผนวก ข

ข้อมูลค่าพิสัยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

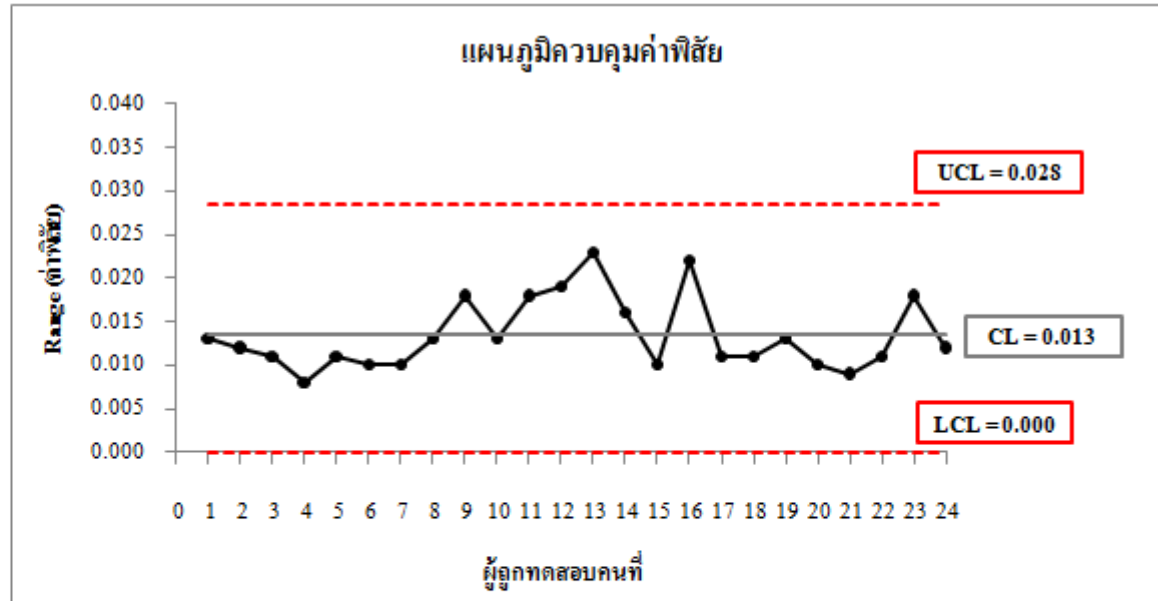
No	Range	LCL	CL	UCL
1	0.030	0	0.034	0.071
2	0.056	0	0.034	0.071
3	0.018	0	0.034	0.071
4	0.029	0	0.034	0.071
5	0.060	0	0.034	0.071
6	0.025	0	0.034	0.071
7	0.042	0	0.034	0.071
8	0.045	0	0.034	0.071
9	0.032	0	0.034	0.071
10	0.027	0	0.034	0.071
11	0.040	0	0.034	0.071
12	0.037	0	0.034	0.071
13	0.019	0	0.034	0.071
14	0.055	0	0.034	0.071
15	0.030	0	0.034	0.071
16	0.018	0	0.034	0.071
17	0.030	0	0.034	0.071
18	0.041	0	0.034	0.071
19	0.018	0	0.034	0.071
20	0.035	0	0.034	0.071
21	0.018	0	0.034	0.071
22	0.034	0	0.034	0.071
23	0.020	0	0.034	0.071
24	0.050	0	0.034	0.071



R bar	0.03371
Sigma	0.01449
Sigma sq	0.00021
LCL	D3*R bar = 0
CL	R bar = 0.034
UCL	D4*R bar = 0.071

รูปที่ ข.1 ข้อมูลค่าพิสัยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (เพศชาย)

No	Range	LCL	CL	UCL
1	0.013	0	0.013	0.028
2	0.012	0	0.013	0.028
3	0.011	0	0.013	0.028
4	0.008	0	0.013	0.028
5	0.011	0	0.013	0.028
6	0.010	0	0.013	0.028
7	0.010	0	0.013	0.028
8	0.013	0	0.013	0.028
9	0.018	0	0.013	0.028
10	0.013	0	0.013	0.028
11	0.018	0	0.013	0.028
12	0.019	0	0.013	0.028
13	0.023	0	0.013	0.028
14	0.016	0	0.013	0.028
15	0.010	0	0.013	0.028
16	0.022	0	0.013	0.028
17	0.011	0	0.013	0.028
18	0.011	0	0.013	0.028
19	0.013	0	0.013	0.028
20	0.010	0	0.013	0.028
21	0.009	0	0.013	0.028
22	0.011	0	0.013	0.028
23	0.018	0	0.013	0.028
24	0.012	0	0.013	0.028



R bar	0.01342
Sigma	0.00577
Sigma sq	0.00003
LCL	D3*R bar = 0
CL	R bar = 0.013
UCL	D4*R bar = 0.028

รูปที่ ข.2 ข้อมูลค่าพิสัยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (เพศหญิง)

ภาคผนวก ซ

ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ๗.1 ค่าคงที่สำหรับแผนภูมิควบคุม

Sample Size (m)	X-bar chart constants		for sigma estimate	R chart constants		S chart constants	
	A2	A3	d2	D3	D4	B3	B4
2	1.880	2.659	1.128	0.000	3.267	0.000	3.267
3	1.023	1.954	1.693	0.000	2.574	0.000	2.568
4	0.729	1.628	2.059	0.000	2.282	0.000	2.266
5	0.577	1.427	2.326	0.000	2.114	0.000	2.089
6	0.483	1.287	2.534	0.000	2.004	0.030	1.970
7	0.419	1.182	2.704	0.076	1.924	0.118	1.882
8	0.373	1.099	2.847	0.136	1.864	0.185	1.815
9	0.337	1.032	2.970	0.184	1.816	0.239	1.761
10	0.308	0.975	3.078	0.223	1.777	0.284	1.716
11	0.285	0.927	3.173	0.256	1.744	0.321	1.679
12	0.266	0.886	3.258	0.283	1.717	0.354	1.646
13	0.249	0.850	3.336	0.307	1.693	0.382	1.618
14	0.235	0.817	3.407	0.328	1.672	0.406	1.594
15	0.223	0.789	3.472	0.347	1.653	0.428	1.572
16	0.212	0.763	3.532	0.363	1.637	0.448	1.552
17	0.203	0.739	3.588	0.378	1.622	0.466	1.534
18	0.194	0.718	3.640	0.391	1.608	0.482	1.518
19	0.187	0.698	3.689	0.403	1.597	0.497	1.503
20	0.180	0.680	3.735	0.415	1.585	0.510	1.490
21	0.173	0.663	3.778	0.425	1.575	0.523	1.477
22	0.167	0.647	3.819	0.434	1.566	0.534	1.466
23	0.162	0.633	3.858	0.443	1.557	0.545	1.455
24	0.157	0.619	3.895	0.451	1.548	0.555	1.445
25	0.153	0.606	3.931	0.459	1.541	0.565	1.435

ที่มา: Montgomery, D.C., 2007.



ภาคผนวก ฅ

ตารางค่าคงที่ HSD


ตารางที่ ๗.1 ค่าคงที่ HSD

$(p) = 0.05$									
$df \backslash k$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18.0	27.0	32.8	37.1	40.4	43.1	45.4	47.4	49.1
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65
120	2.80	3.36	3.68	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56
∞	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47

ตารางที่ ฅ.1 ค่าคงที่ HSD (ต่อ)

(p) = 0.01									
$df \backslash k$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	90.0	135	164	186	202	216	227	237	246
2	13.90	19.02	22.56	25.37	27.76	29.86	31.73	33.41	34.93
3	8.26	10.62	12.17	13.32	14.24	15.00	15.65	16.21	16.71
4	6.51	8.12	9.17	9.96	10.58	11.10	11.54	11.92	12.26
5	5.70	6.98	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24
6	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10
7	4.95	5.92	6.54	7.00	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37
8	4.75	5.64	6.20	6.62	6.96	7.24	7.47	7.68	7.86
9	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.33	7.49
10	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21
11	4.39	5.15	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99
12	4.32	5.05	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81
13	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67
14	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54
15	4.17	4.84	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44
16	4.13	4.79	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35
17	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27
18	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20
19	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14
20	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09
24	3.96	4.55	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92
30	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76
40	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.26	5.39	5.50	5.60
60	3.76	4.28	4.59	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45
120	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30
∞	3.64	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16

ที่มา: www.stat.wisc.edu/courses/st571-ane/tables/tableQ.pdf.



ภาคผนวก ๑

ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับของปัจจัยที่มีผลต่อ
ค่าเวลาการตอบสนอง โดยใช้วิธีทูกีย์ (Tukey's HSD Test)

กรณีศึกษาที่ 1 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เพศชาย

ตารางที่ ๑.1 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบเพศชาย

One-way ANOVA: Average versus A					
Source	DF	SS	MS	F	P
A	1	0.01879	0.01879	8.72	0.007
Error	22	0.04744	0.00216		
Total	23	0.06623			

S = 0.04644 R-Sq = 28.38% R-Sq(adj) = 25.12%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev	
1	12	0.53443	0.05249	(- - - - - * - - - - -)	
2	12	0.59040	0.03946	(- - - - - * - - - - -)	

0.510 0.540 0.570 0.600

Pooled StDev = 0.04644

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable Average
All Pairwise Comparisons among Levels of A
A = 1 subtracted from:

A	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0.05597	0.01152	4.856	0.0001

***หมายเหตุ: A = ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ

1 = ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี

2 = ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี

ตารางที่ ๒.๒ ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการทดสอบเพศชาย

One-way ANOVA: Average versus B					
Source	DF	SS	MS	F	P
B	1	0.00528	0.00528	1.91	0.181
Error	22	0.06095	0.00277		
Total	23	0.06623			

S = 0.05264 R-Sq = 7.97% R-Sq(adj) = 3.79%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev		
1	12	0.54758	0.05482	(------*-----)	
2	12	0.57725	0.05035	(-----*-----)	
				0.525	0.550 0.575 0.600

Pooled StDev = 0.05264

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable Average
All Pairwise Comparisons among Levels of B
B = 1 subtracted from:

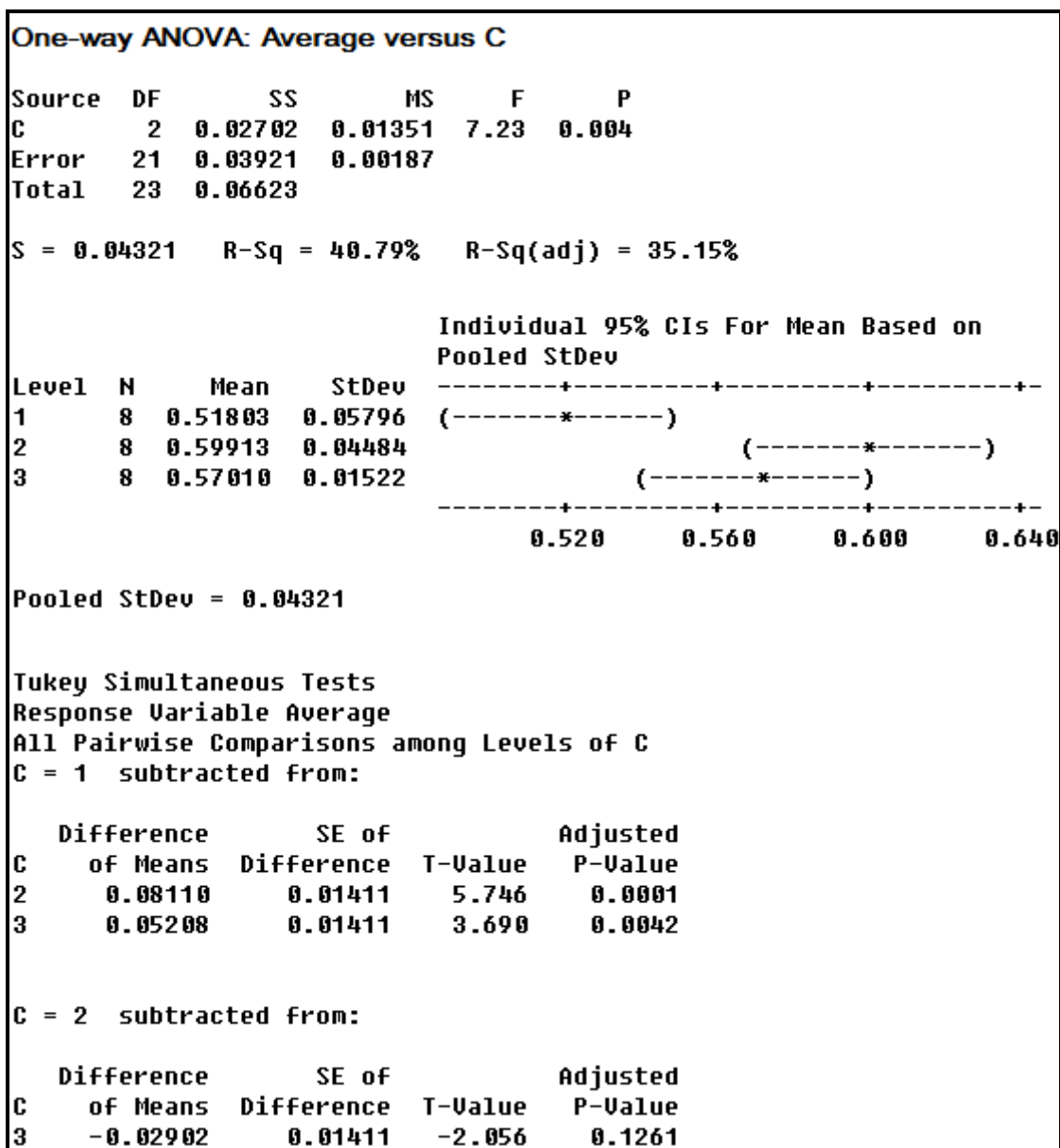
B	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0.02967	0.01152	2.574	0.0186

***หมายเหตุ: B = ช่วงเวลาในการทดสอบ ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ

1 = ช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น.

2 = ช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น.

ตารางที่ ๓.๓ ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสีของแผ่นกันลมเพศชาย



***หมายเหตุ: C = สีของแผ่นกันลม ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ

1 = สีใส

2 = สีส้ม

3 = สีชา

กรณีที่ 2 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เพศหญิง

ตารางที่ ๔.๔ ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง

One-way ANOVA: Average versus A					
Source	DF	SS	MS	F	P
A	1	0.04624	0.04624	29.44	0.000
Error	22	0.03455	0.00157		
Total	23	0.08079			

S = 0.03963 R-Sq = 57.23% R-Sq(adj) = 55.29%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev	
1	12	0.57255	0.03260	(- - - - - * - - - - -)	
2	12	0.66033	0.04559	(- - - - - * - - - - -)	

0.560 0.595 0.630 0.665

Pooled StDev = 0.03963

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable Average
All Pairwise Comparisons among Levels of A
A = 1 subtracted from:

A	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0.08778	0.006016	14.59	0.0000

***หมายเหตุ: A = ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ

1 = ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี

2 = ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี

ตารางที่ ๕.5 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการทดสอบเพศหญิง

One-way ANOVA: Average versus B					
Source	DF	SS	MS	F	P
B	1	0.00174	0.00174	0.49	0.493
Error	22	0.07904	0.00359		
Total	23	0.08079			

S = 0.05994 R-Sq = 2.16% R-Sq(adj) = 0.00%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev		
1	12	0.60792	0.06447	(------*-----)	
2	12	0.62497	0.05504	(-----*-----)	

0.575 0.600 0.625 0.650

Pooled StDev = 0.05994

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable Average
All Pairwise Comparisons among Levels of B
B = 1 subtracted from:

	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
B 2	0.01705	0.006016	2.834	0.0106

***หมายเหตุ: B = ช่วงเวลาในการทดสอบ ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ

1 = ช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น.

2 = ช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น.

ตารางที่ ๖.6 ผลการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสีของแผ่นกันลมเพศหญิง

One-way ANOVA: Average versus C					
Source	DF	SS	MS	F	P
C	2	0.02868	0.01434	5.78	0.010
Error	21	0.05211	0.00248		
Total	23	0.08079			

S = 0.04981 R-Sq = 35.50% R-Sq(adj) = 29.36%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----	
1	8	0.58378	0.04605	(-----*-----)	
2	8	0.66428	0.06171		(-----*-----)
3	8	0.60128	0.03892	(-----*-----)	
				-----+-----+-----+-----+-----	
				0.560	0.600 0.640 0.680

Pooled StDev = 0.04981

Tukey Simultaneous Tests
Response Variable Average
All Pairwise Comparisons among Levels of C
C = 1 subtracted from:

C	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
2	0.08050	0.007369	10.925	0.0000
3	0.01750	0.007369	2.375	0.0694

C = 2 subtracted from:

C	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
3	-0.06300	0.007369	-8.550	0.0000

***หมายเหตุ: C = สีของแผ่นกันลม ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ

1 = สีใส

2 = สีส้ม

3 = สีชา

ภาคผนวก ฎ

เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



**เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์ ประเภทพิจารณางานวิจัยที่มีความเสี่ยงต่ำ
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
ขอรับรองว่า**

โครงการ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการตอบสนองของผู้ขับซึ่รถจักรยานยนต์
รหัสโครงการ EC-56-19
ชื่อหัวหน้าโครงการ นายเพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง
สังกัด นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ว่าเป็นงานวิจัยที่มีความเสี่ยงต่ำ ไม่ขัดต่อหลักจริยธรรมสากล และเป็นไปตามคำประกาศเอลซิงกิ

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการที่เสนอได้ ณ วันที่ **4 ก.ย. 2556**

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สำนักงาน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์ 0-4422-4757
โทรสาร 0-4422-4750

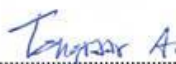


Ethics Committee
For
Researches Involving Human Subjects (Minimal Risk Review)
Suranaree University of Technology

.....

Title of Project : Study of Factor Affect Reaction Time of Motorcycle Riders
Project Code : EC-56-19
Principal Investigator: Mr. Phermsak Injong
Department : School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering

The aforementioned project has been reviewed and approved by Ethics Committee for Researches Involving Human Subjects, based on the Declaration of Helsinki.


..... Chairman
(Assoc. Prof. Dr. Anan Tongraar)

Ethics Committee for Researches Involving Human Subjects,
Suranaree University of Technology

Ethics Committee for Researches Involving Human Subjects, Suranaree University of Technology
Office : Institute of Research and Development, Suranaree University of Technology
Tel. : 0-4422-4757
Fax. : 0-4422-4750

ภาคผนวก ฎ

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง ปภากร พิทยชवाल และพรศิริ จงกล (2554). การออกแบบท่าทางการทำงานในกระบวนการผลิตไก่แปรรูปด้วยเทคนิค REBA. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2554. 20-21 ตุลาคม โรงแรมแอมบาสเดอร์ซีดี จอมเทียน จังหวัดชลบุรี. หน้า 353-358.

ธนากร เป้าทอง เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง ปภากร พิทยชवाल และปวีร์ ศิริรักษ์ (2554) การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2554. 20-21 ตุลาคม โรงแรมแอมบาสเดอร์ซีดี จอมเทียน จังหวัดชลบุรี. หน้า 1799-1804.

Jongkol, P., and Phimjong, P. (2012). **Assessment of Working Posture in Frozen-Cooked-Chicken Handling Task.** Second Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference. July 9-12, Meritus Pelangi Beach Resort & Spa, Langkawi, Malaysia. (3 หน้า).



การออกแบบท่าทางการทำงานในกระบวนการผลิตไก่แปรรูปด้วยเทคนิค REBA A Design of Operating Posture in a Poultry Process Using REBA

เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ้อง ปภากร พิชยชาวลั พรศิริ จงกล
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000
E-mail: paphakorn@g.sut.ac.th*

บทคัดย่อ

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่โรงงานอุตสาหกรรมใช้เพิ่มศักยภาพการแข่งขันในปัจจุบัน ซึ่งท่าทางการทำงานของพนักงานในสายการผลิตเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต จากการศึกษากระบวนการทำงานของพนักงานในสายการผลิตไก่ปรุงสุกแช่แข็ง พบว่าท่าทางการทำงานและการจัดพื้นที่ทำงานไม่เหมาะสม ส่งผลต่อเวลาการผลิตและก่อให้เกิดความเจ็บปวดในการทำงาน บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์การทำงานด้วยเทคนิค Rapid Entire Body Assessment (REBA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่นำมาวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเจ็บปวดของพนักงานในส่วนของร่างกายที่มีการเคลื่อนไหว ผลจากการวิเคราะห์พบว่าท่าทางการทำงานมีความเสี่ยงต่อการเจ็บปวดระดับ 11 คะแนน ซึ่งเป็นระดับที่มีความเสี่ยงสูงและมีความจำเป็นต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน และผลจากการออกแบบท่าทางการทำงานใหม่ พบว่า ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวดลดลงเหลือระดับ 7 คะแนน ส่งผลให้พนักงานลดความเมื่อยล้าจากการทำงานซ้ำๆกัน พนักงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำงานได้อย่างปลอดภัย รวมถึงกระบวนการผลิตมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 10.59 %

คำหลัก การออกแบบสถานีงาน, Rapid Entire Body Assessment (REBA), ท่าทางการทำงาน

1. บทนำ

การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเป็นการดำเนินการเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น สูญเสียเวลาในการผลิต สูญเสียผลิตภัณฑ์ที่ขาดคุณภาพ เป็นต้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต รวมไปถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน ได้แก่ ลดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงาน ลดอัตราการเจ็บป่วยที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงาน รวมถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้น การศึกษาการทำงาน (Work Study) จึงเป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาวิธีการทำงาน (Method) และการวัดผลงาน (Work Measurement) เพื่อออกแบบการทำงานของคนที่ดีขึ้น โดยพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพ และสภาพการทำงาน [1] แผนภูมิกระบวนการ (Flow process chart) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการทำงานในสายการผลิต

ซึ่งแผนภูมิดังกล่าวมีการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพ ซึ่งสามารถแสดงถึงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน [2]

อุตสาหกรรมไก่แปรรูปเป็นอุตสาหกรรมอาหารที่มีมูลค่าการส่งออกในปี 2553 ปริมาณสูงถึง 50,352.40 ล้านบาท [3] ซึ่งมูลค่าการส่งออกของไก่แปรรูปเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการในปีก่อนหน้านี้นี้ มีแนวโน้มความต้องการเพิ่มสูงขึ้น แต่ในตรงกันข้ามอุตสาหกรรมไก่แปรรูปได้รับผลกระทบจากปัจจัยที่เป็นวิกฤตทางด้านอาหารเป็นอย่างมาก เช่น โรคระบาด สารตกค้างจากกระบวนการผลิต ภัยธรรมชาติ รวมถึงมาตรการกีดกันทางการค้า เป็นต้น ส่งผลให้อุตสาหกรรมไก่แปรรูปในประเทศไทยมีความต้องการปรับปรุงและพัฒนาสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะด้านคุณภาพและความปลอดภัย เพื่อสร้างโอกาสในการแข่งขันทางการตลาดให้มีเพิ่มมากขึ้นด้วย นอกจากนี้แล้วการเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการในปัจจุบัน จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรบุคคลในสายการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด จากการศึกษาโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ท่าทางการทำงานและการจัดวางอุปกรณ์การทำงานของพนักงานไม่เหมาะสมเนื่องจากสายพานอยู่ด้านข้างลำตัวของพนักงาน ทำให้พนักงานทำงานโดยใช้มือข้างเดียวเป็นหลักและต้องมีการหันคออยู่ตลอดเวลาซึ่งทำให้เกิดความเมื่อยล้าและเกิดความล่าช้าในการทำงานรวมถึงส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานในสายการผลิตด้วย

การศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของพนักงานได้ถูกนำไปใช้กับการเพิ่มประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การศึกษาการทำงานของแคชเชียร์ในซูเปอร์มาร์เก็ตในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีโดยใช้สายวัด และวิเคราะห์ท่าทางการทำงานโดยวิธี REBA และแบบสำรวจ เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเจ็บปวดบริเวณส่วนต่างๆของร่างกายที่มีการเคลื่อนไหว [4] ดังนั้นการออกแบบท่าทางการเคลื่อนไหวของพนักงานจำเป็นต้องมีการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของพนักงานเพื่อให้สถานีงานที่ทำการออกแบบสอดคล้องกับตัวผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงต้องมีการจัดวางเครื่องมือและอุปกรณ์การทำงานต่างๆให้พนักงานสามารถทำงานได้สะดวกและเหมาะสมเพื่อเป็นการลดความเมื่อยล้าได้ [5]

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์และออกแบบท่าทางการทำงานของพนักงานในสายการผลิตไก่แปรรูป โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค REBA เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเจ็บปวดบริเวณต่างๆของร่างกายพนักงานที่เกิดจากการทำงานซ้ำๆกัน



อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน ผลจากการวิเคราะห์นำไปสู่การออกแบบท่าทางการทำงานเพื่อลดความเสี่ยงต่ออาการเจ็บปวดบริเวณต่างๆของร่างกายและลดเวลาการทำงาน

2. วิธีการคำนวณงานวิจัย

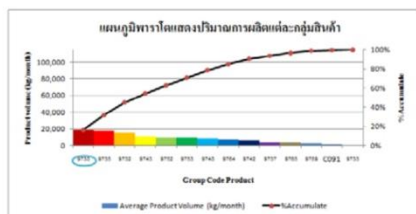
ในการศึกษาข้อมูลของโรงงานแปรรูปไก่พบว่า มีกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ดังนั้นจึงต้องคัดเลือกสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการผลิตสูงโดยใช้หลักการของการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาราโต จากนั้นศึกษากระบวนการผลิตเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน เก็บข้อมูลเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอน ศึกษาและวิเคราะห์ท่าทางการทำงานของพนักงาน โดยใช้วิธีการประเมินท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค REBA ซึ่งเป็นการพิจารณาให้คะแนนแยกตามส่วนต่างๆของร่างกาย เนื่องจากวิธีดังกล่าวเหมาะกับการทำงานแบบยืน ผลของการวิเคราะห์นำไปใช้ในการออกแบบและปรับปรุงท่าทางการทำงาน จากนั้นทำการทดลองให้พนักงานปฏิบัติตามท่าทางที่ได้ทำการออกแบบ เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างท่าการทำงานในรูปแบบเดิมและแบบใหม่

2.1 การเลือกผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ปริมาณการผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้า 3 มีย้อนหลัง สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาราโต พบว่าสินค้ารหัส 9730 เป็นรายการที่ลูกค้าต้องการมากถึง 20% ของปริมาณการผลิตสินค้าทั้งหมด ดังนั้น กระบวนการผลิตสินค้ารหัส 9730 จึงเป็นกระบวนการที่ได้นำมาศึกษาและปรับปรุงการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 1

2.2 กระบวนการผลิตไก่แปรรูป

กระบวนการผลิตสินค้ารหัส 9730 มีกระบวนการทำงานทั้งหมด 21 ขั้นตอน ใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด 71.25 วินาที (ไม่รวมเวลาในการขนส่ง) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยเริ่มต้นจากการรับไก่จากห้อง Chill room จากนั้นพนักงานหยิบถาดวางบนโต๊ะและตักไก่ใส่ถาด ซึ่งนำหนักไก่รวมกับแป้ง Predust ส่งไก่ไปเพื่อรอคลุก คลุกไก่รวมกับแป้ง Predust แล้วจึงส่งไก่ไปยังสายพาน จากนั้นหยิบไก่วางบนสายพาน แล้วประกบหนังกับเนื้อไก่ ตรวจสอบชิ้นไก่ก่อนชุบน้ำแป้งด้วยเครื่อง SUNMAX เมื่อชุบแป้งเสร็จจะมีการสุ่มตรวจอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 1 แสดงปริมาณการผลิตแต่ละกลุ่มสินค้า

และเรียงชิ้นไก่โดยพนักงานทำการกด 1 ครั้งเพื่อให้ชิ้นไก่มีขนาดเท่ากัน จากนั้นทำการสุ่มตรวจสอบก่อนกระบวนการทอด เพื่อทำให้เกิดสีและกลิ่น หลังจากนั้นพนักงานเรียงไก่และนำเข้าสู่กระบวนการย่างไก่ให้สุกด้วยลมร้อนหรือหนึ่งไอน้ำด้วยเครื่อง TSO

เวลามาตรฐานในการทำงานคำนวณได้จาก

$$ST = NT + (NT \times allowance) = NT \times (1+allowance) \quad (1)$$

โดยที่ ST: เวลามาตรฐานในการทำงาน

NT: เวลาปกติ

Allowance: เวลาเผื่อ

จากการจับเวลาขั้นตอนการผลิตทั้งหมดใช้เวลา 71.25 วินาที สามารถหาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการจับเวลาได้ 30 รอบ ดังแสดงในตารางที่ 2 [6]

ตารางที่ 1 ตารางแสดงกระบวนการทำงานก่อนปรับปรุง

Event Description	Symbol	Time (Sec)	Distance (Meters)	Method
รับไก่จากห้อง Chill room	○ →	-	-	
หยิบถาดวาง	○ →	-	-	
ตักไก่ใส่ถาด	○ →	3.26	-	
ส่งไก่ไปรอคลุกแป้ง	○ →	10.91	-	
คลุกไก่	○ →	-	-	1.00
ส่งไก่ไปรอประกบหนัง	○ →	26.94	-	
ประกบหนังกับเนื้อไก่	○ →	-	-	1.00
หยิบไก่ไปทอด	○ →	3.39	-	
เรียงไก่บนสายพาน	○ →	2.99	-	
ตรวจสอบชิ้นไก่ก่อนเข้าสู่เครื่อง	○ →	1.84	-	
ส่งไก่เข้าสู่เครื่อง	○ →	-	-	
สุ่มตรวจชิ้นไก่	○ →	-	-	
ส่งไก่ไปทอด	○ →	2.75	-	
สุกไก่	○ →	-	-	
หยิบไก่ไปทอด	○ →	2.17	-	
นำชิ้นไก่ใส่ถาด	○ →	2.04	-	
ตรวจสอบชิ้นไก่	○ →	2.35	-	
ส่งไก่ไปทอด	○ →	1.65	-	
เสร็จ	○ →	-	-	
รับไก่กลับเข้าห้อง Chill room	○ →	2.87	-	
เสร็จ TSO	○ →	-	-	

ตารางที่ 2 ตารางแนะนำจำนวนรอบการจับเวลาที่ใช้ในการสังเกต

ระยะเวลา(นาที)	จำนวนรอบในการจับเวลา
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00-above	3

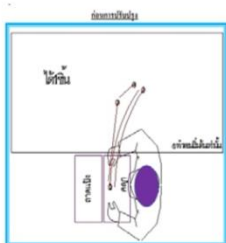


2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางเวลาสังเกต

จากการศึกษาเวลามาตรฐานการทำงานในแต่ละงานย่อยพบว่าขอขวดเกิดขึ้นที่ งานย่อยคลุกแป้ง Breader ซึ่งเป็นงานย่อยที่ใช้เวลาทำงานมากที่สุด คือ 3.19 วินาที/ชิ้น

ตารางที่ 3 แสดงเวลามาตรฐานในการทำงานก่อนปรับปรุง

ลำดับ	งานย่อย	เวลามาตรฐาน (วินาที/ชิ้น)
1.	ตักโกใส่ถาด	0.31
2.	ชั่งน้ำหนักโก	0.36
3.	คลุกแป้ง Predust	0.88
4.	เสิร์ฟโก	0.08
5.	หยิบโกใส่สายพาน	0.48
6.	ประกบหนังกับเนื้อโก	2.99
7.	คลุกแป้ง Breader	3.19



หมายเลข: พลังงานท่าทางเคลื่อนไหว
ค่าได้คะแนน: 1

รูปที่ 2 ท่างานสถานีงานย่อยคลุกแป้ง Breader ก่อนปรับปรุง

เมื่อวิเคราะห์ท่าทางการทำงานแล้วพบว่าพนักงานยังไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากเกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น มีการบิดตัวเพื่อหยิบและวางชิ้นโกบนสายพาน พนักงานทำงานด้วยมือขวาอย่างเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2

2.4 การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานจาก REBA

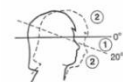
ในการเก็บข้อมูลการทำงานเพื่อการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค REBA นั้น อุปกรณ์ที่ใช้ คือ กล้องถ่ายวิดีโอ ซึ่งใช้สำหรับบันทึกภาพขณะพนักงานทำงานเพื่อนำมาวิเคราะห์ให้คะแนนลักษณะท่าทางการปฏิบัติงานของพนักงานบริเวณส่วนต่างๆของร่างกาย ได้แก่ คอ ลำตัว ขา แขนท่อนบน แขนท่อนล่างและข้อมือ เทคนิคของ REBA แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 บันทึกท่าทางการทรงตัวในขณะทำงานโดยพิจารณาร่างกายของพนักงานออกเป็น 2 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 โดยส่วน A ประกอบไปด้วย คอ ลำตัวและขา ส่วน B ประกอบไปด้วย แขนท่อนล่าง แขนท่อนบนและข้อมือ จากนั้นประเมินการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขซึ่งมีระดับความรุนแรงของปัญหาที่ต่างกัน โดยตัวเลขน้อยแสดงระดับความ

รุนแรงของปัญหาน้อยและระดับความรุนแรงของปัญหาเพิ่มมากขึ้นเมื่อตัวเลขเพิ่มมากขึ้น

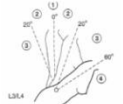
ขั้นตอนที่ 2 กำหนดคะแนนท่าทางการทรงตัวส่วน A และ B ดังนี้ ในส่วน A พิจารณาท่าทางของคอ ลำตัว และขา ร่วมกัน โดยใช้ตารางที่ 4 ค่าที่ได้จากการกำหนดนี้เป็นค่าคะแนนท่าทางการทรงตัวส่วน A ในขณะที่การกำหนดคะแนนท่าทางการทรงตัวในส่วน B เป็นการพิจารณาจากท่าทางของแขนส่วนล่างและบนรวมทั้งท่าทางของข้อมือ ดังแสดงในตารางที่ 5

ขั้นตอนที่ 3 หาคะแนนรวมทั้งหมดและประเมินผลของความเสี่ยงที่เกิดจากคะแนนที่ได้ในส่วน A และ B โดยใช้ตาราง C ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งระดับคะแนนรวมหรือ REBA Score ที่สูงขึ้นแสดงว่ามีระดับ ความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานสูง ดังแสดงในตารางที่ 7



+1 ถ้ามีการบิดหรือหันไปด้านข้าง

คะแนน ส่วนคอ _____



+1 ถ้ามีการบิดหรือหันไปด้านข้าง

คะแนน ส่วนหลัง _____

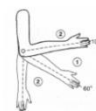
1 ถ้ารับน้ำหนักด้วยขาทั้ง 2 ข้าง / นั่ง

2 ถ้ารับน้ำหนักด้วยขาเพียงข้างเดียวหรือฐานไม่มั่นคง



คะแนน ส่วนขา _____

รูปที่ 3 แสดงท่าทางการทรงตัวส่วน A [7].



คะแนน แขนส่วนล่าง _____

+1 ถ้ามีการหุบ/กางแขนหรือมีการยกไหล่
-1 ถ้ามีที่รับน้ำหนักแขน

คะแนน แขนส่วนบน _____

+1 ถ้าเบนหรือหักข้อมือ

คะแนน ข้อมือ _____

รูปที่ 4 แสดงท่าทางการทรงตัวส่วน B [7].



ตารางที่ 4 คะแนนท่าทางการทรงตัวส่วน A

		ลำตัว					
		ขา	1	2	3	4	5
คอ = 1	1	1	2	2	3	4	
	2	2	3	4	5	6	
	3	3	4	5	6	7	
	4	4	5	6	7	8	
		ลำตัว					
		ขา	1	2	3	4	5
คอ = 2	1	1	3	4	5	6	
	2	2	4	5	6	7	
	3	3	5	6	7	8	
	4	4	6	7	8	9	
		ลำตัว					
		ขา	1	2	3	4	5
คอ = 3	1	3	4	5	6	7	
	2	3	5	6	7	8	
	3	5	6	7	8	9	
	4	6	7	8	9	9	

ตารางที่ 5 คะแนนท่าทางการทรงตัวส่วน B

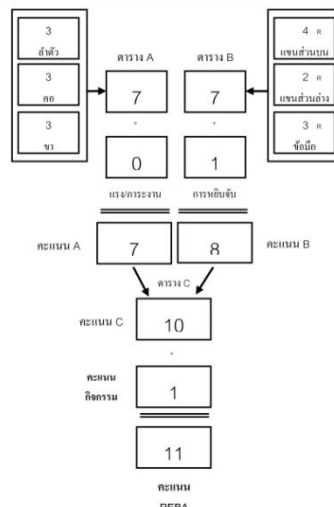
		แขนส่วนบน						
		ข้อมือ	1	2	3	4	5	6
แขนส่วนล่าง = 1	1	1	1	3	4	6	7	
	2	2	2	4	5	7	8	
	3	2	3	5	5	8	8	
		แขนส่วนบน						
		ข้อมือ	1	2	3	4	5	6
แขนส่วนล่าง = 2	1	1	2	4	5	7	8	
	2	2	3	5	6	8	9	
	3	3	4	5	7	8	8	

ตารางที่ 6 คะแนนรวมท่าทางการทรงตัวส่วน A และ B

		คะแนน B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
คะแนน A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

ตารางที่ 7 ระดับคะแนนความเสี่ยงโดยการประเมินการด้วย REBA

คะแนน	ปัจจัยเสี่ยง	มาตรการ
1	เล็กน้อยจนละทิ้งได้	ไม่ต้องมีมาตรการใดๆ
2-3	ต่ำ	อาจดำเนินการบางอย่าง
4-7	ปานกลาง	มีการพิจารณาเพื่อให้ความเสี่ยงลดลงต่อไป
8-10	สูง	ต้องมีมาตรการในเวลาอันใกล้
11-15	สูงมาก	ต้องหยุดการทำงานจนกระทั่งมีวิธีการทำงานใหม่ที่ปลอดภัยกว่าเดิม



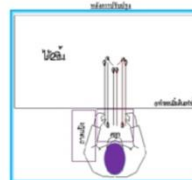
รูปที่ 5 REBA Score sheet ก่อนปรับปรุง

รูปที่ 5 แสดงผลจากการประเมินความเสี่ยงด้วยเทคนิค REBA การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค REBA ก่อนการปรับปรุง พบว่ามีระดับคะแนนเท่ากับ 11 ซึ่งหมายถึง มีความเสี่ยงสูงและมีความจำเป็นที่จะต้องแก้ไขปรับปรุงท่าทางการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างเร่งด่วน

3.ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

3.1 การออกแบบและปรับปรุงท่าทางการทำงานในขั้นตอนคลุกแป้ง

การออกแบบท่าทางการทำงานใหม่ คือ เปลี่ยนท่าทางการทำงานของพนักงานคลุกแป้ง โดยให้พนักงานหันหน้าเข้าหาสายพาน และให้พนักงานหยิบไก่จากสายพานครั้งละ 2 ชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 6

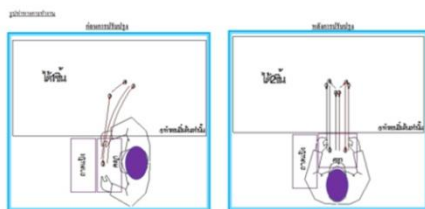


รูปที่ 6 ท่างานสถานีงานย่อยคลุกแป้ง Breader หลังปรับปรุง

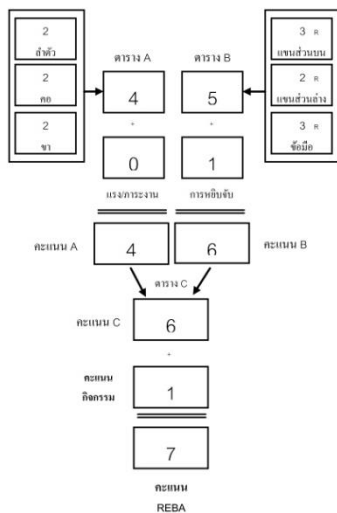


จากการเปรียบเทียบท่าทางการทำงาน ของพนักงานใน
สถานีนงานย่อยคลุกแป้ง Breader ก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า
แบบเดิมมีความเสี่ยงที่จะเกิดความเจ็บปวดจากการทำงาน
เนื่องจากลักษณะการทำงานเป็นการหันด้านข้างลำตัวให้สายพาน
โดยใช้มือขวาเป็นมือหลักในการทำงาน ต้องมีการบิดเอียงลำตัว
และคอบอยู่ตลอดเวลา ส่วนท่าทางการทำงานใหม่ช่วยลดความ
เจ็บปวดดังกล่าว คือ พนักงานหันหน้าเข้าหาสายพานมีการทำงาน
สองมือ โดยไม่ต้องบิดเอียงลำตัวหรือคอ ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 8 แสดงผลจากการประเมินหลังการปรับปรุง พบว่ามี
ระดับคะแนนเท่ากับ 7 ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงในการทำงานอยู่ใน
ระดับปานกลาง และการทำงานไม่ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าแบบ
เรื้อรัง



รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบการทำงานสถานีนงานย่อย
คลุกแป้ง Breader แบบเดิมและแบบใหม่



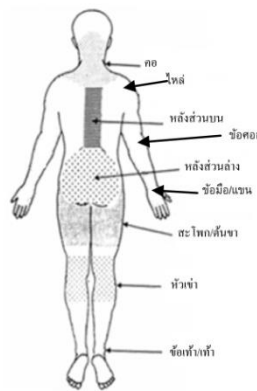
รูปที่ 8 REBA Score sheet หลังปรับปรุง

การปฏิบัติงานที่ไม่มีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานในการทำงาน
จะทำให้ผู้ปฏิบัติงาน ทำงานไม่สะดวก ซึ่งในกรณีศึกษาที่ พนักงาน
ต้องยืนปฏิบัติงานตลอดเวลา รวมถึงมีการหมุนตัว หันคอ ทำให้
เกิดการปวดเมื่อยตามส่วนต่างๆของร่างกาย เช่น คอ ไหล่ หลัง
ส่วนบน ข้อศอก หลังส่วนล่าง ข้อมือ/มือ สะโพก/ต้นขา เข่าและข้อ
เท้า/เท้า ดังแสดงในรูปที่ 9

จากการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้น จึงทำการปรับปรุงท่าทาง
การปฏิบัติงาน ซึ่งผลจากการปรับปรุงพบว่าพนักงานมีรูปแบบใน
การทำงานที่แน่นอน ท่าทางในการทำงานถูกต้องตามหลักของ
กายศาสตร์ (Ergonomics) ทำให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่าง
มีประสิทธิภาพ ลดความเมื่อยล้าที่เกิดจากการทำงานจากระดับ
ความเสี่ยงสูงเหลือระดับปานกลาง

3.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้า รหัส 9730

นอกจากการปรับปรุงท่าทางการทำงานแล้ว กระบวนการ
ผลิตสินค้ารหัส 9730 สามารถลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นใน
กระบวนการผลิต คือ ลดขั้นตอนการส่งไม้เพื่อรอการหยิบขึ้นไม้
วางบนสายพานเนื่องจากการจัดพื้นที่การทำงานแบบเดิมสถานีนงาน
ย่อยคลุกไกรวมกับแป้ง Predust กับหยิบไม้วางบนสายพานอยู่
ห่างกันจึงมีการจัดพื้นที่ทำงานใหม่ให้สถานีนงานทั้งสองอยู่ติดกันจึง
สามารถลดขั้นตอนดังกล่าวได้ และอีกขั้นตอนหนึ่งคือการสูบลม
ตรวจสอบขึ้นไม้ เนื่องจากพนักงานในสถานีนงานถัดไปมีการ
ตรวจสอบอยู่แล้ว จึงถือเป็นขั้นตอนการทำงานซ้ำซ้อน และ
สามารถลดขั้นตอนการตรวจสอบได้ ซึ่งหลังจากการลดขั้นตอนทั้ง
สองแล้วพบว่าพนักงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดัง
แสดงในตารางที่ 8



รูปที่ 9 ตำแหน่งที่เกิดอาการปวดเมื่อยของร่างกาย



ตารางที่ 8 ตารางแสดงกระบวนการทำงานหลังปรับปรุง

Event Description	Symbol	Time (Sec)	Distance (Dist)	Method	Recommendation
ปฏิบัติงานตามงาน	○ → □	-	-		
พักผ่อน	○ → □	3.26			
เดินไปเดิน	○ → □	10.81			
เดินไปเดินกับใช้เครื่องมือ	○ → □	26.14			
ดูงาน	○ → □				
ส่งงานไปรับงาน	○ → □		1.50		
เดินไปเดิน	○ → □	3.39			
ประกอบชิ้นงาน	○ → □	2.99			
ตรวจสอบชิ้นงาน	○ → □	1.98			
เดินดูงาน	○ → □	-			
เดินดูงาน	○ → □	-			
ดูงาน	○ → □	1.79			
ปฏิบัติงาน	○ → □	3.97			
เดินไปเดินกับใช้เครื่องมือ	○ → □	2.04			
ตรวจสอบชิ้นงาน	○ → □	2.15			
เดินไปเดิน	○ → □	1.43			
เดินไปเดิน	○ → □	-			
ปฏิบัติงานเสร็จสิ้น	○ → □	3.97			
เดินไปเดิน	○ → □	-			

ตารางที่ 9 แสดงเวลามาตรฐานในการทำงานหลังปรับปรุง

ลำดับ	งานย่อย	เวลามาตรฐาน (วินาที/ชิ้น)
1.	ตักโกใส่ถาด	0.31
2.	ซึ้งน้ำหนักโก	0.36
3.	คลุกแบ่ง Predust	0.88
4.	เสิร์ฟโก	0.08
5.	หยิบโกใส่สายพาน	0.48
6.	ประกบหนักกับเนื้อโก	2.99
7.	คลุกแบ่ง Breader	1.79

จากการทดลองพบว่า พนักงานสามารถทำงานได้สะดวกและเร็วขึ้น โดยดูจากเวลาในตารางเวลาสังเกตในงานย่อยที่เป็นคอขวด คือ จากการทำงานเดิมใช้เวลาในการต่อชิ้นเท่ากับ 3.19 วินาที หลังจากการปรับปรุงใช้เวลาต่อชิ้นเท่ากับ 1.79 วินาที สามารถเวลาในการทำงานได้ 1.40 วินาทีต่อชิ้น ส่งผลทำให้สามารถกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 10.59%

4.สรุปผลการวิจัย

การนำเทคนิค REBA มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อออกแบบท่าทางการทำงานของพนักงานในกระบวนการผลิตได้แปรรูปพบว่าสถานงานย่อยที่เกิดสภาวะคอขวดคือ สถานการคลุกแบ่ง Breader ซึ่งใช้เวลา 3.19 วินาทีต่อชิ้น และพนักงานมีอาการปวดเมื่อยจากการทำงาน ดังนั้น เพื่อลดอาการปวดเมื่อยที่ค่อยๆเพิ่มขึ้นแบบสะสมจนกลายเป็นแบบเรื้อรัง จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงเปลี่ยนท่าทางการทำงาน ผลจากการปรับปรุงพบว่าสามารถลดเวลาในการทำงานในงานย่อยคลุกแบ่ง Breader ลงเหลือ 1.79 วินาทีต่อชิ้น และลดความเมื่อยล้าจากการทำงานของพนักงาน ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น 10.59% อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมด้านความปลอดภัยในการทำงานอีกด้วย

5.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท บี.ฟู๊ดส์ โปรดัคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] เจริญ เจริญจิตร. 2535. การศึกษาการทำงานและการเพิ่มผลผลิตสำหรับระบบการผลิตชิ้นงานโลหะแผ่น. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธนบุรี.
- [2] ศราวุธ แจ่มเจริญ. 2550. การปรับปรุงสายการผลิตในกระบวนการผลิตเพลลา. กรุงเทพฯ : การประชุมวิชาการ "ธนบุรีวิจัย" มหาวิทยาลัยธนบุรี.
- [3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร. http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. วันที่เข้าใช้ 12/06/2011
- [4] Jongkol P., Thongsomrit T., and Nutkhum W. 2010. Assessment of Discomfort in Checkstand Cashiers. First Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference. Cebu city, Philippines, Dec.14-17, 2010.
- [5] Das B. and Sengupta A.K. 1996. Industrial workstation design:A systematic ergonomics approach, *Applied Ergonomics*. vol. 27, no. 3, pp. 157-163, June. 1996.
- [6] Niebel,B.W. and Freivalds,A. 2003. Methods Standard and Work Design. Eleventh Edition, Mc Graw-Hill.
- [7] Hignett,S. and McAtamney,L., 2000 "Rapid Entire Body Assessment (REBA)," *Applied Ergonomics*. 31(2), pp. 201-205.



การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ An Application of Computer Simulation for a Packaging Process Improvement

ชนาคาร เป้าทอง เพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ้อง ปภากร พิทยชวาล* ปวีร์ ศิริวิรักษ์
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000
E-mail: paphakhom@g.sut.ac.th*

บทคัดย่อ

การจัดสมดุลของสถานีงานในสายการผลิตและลดเวลาว่างของพนักงานในสายการผลิตเป็นแนวทางที่นำมาสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การทดลองปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการเพิ่มหรือลดพนักงานในแต่ละสถานีงานนั้นมีข้อจำกัด คือกระบวนการผลิตไม่สามารถหยุดกระบวนการเพื่อทำการทดลองตรวจสอบประสิทธิภาพระบบการทำงานของสถานีงานใหม่ได้ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation) จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่ง เพื่อวางแผนและวิเคราะห์จำนวนพนักงานและผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองเหตุการณ์ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์โดยการวัดประสิทธิภาพการทำงานด้วยจำนวนผลผลิต ระยะเวลาการว่างงานของพนักงาน โดยศึกษาเวลามาตรฐานการทำงานของกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์เมลามีนและสร้างทางเลือกแบบจำลองสายการบรรจุด้วยโปรแกรม Flexsim 4.0 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบรรจุผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงสายการบรรจุใหม่พบว่า การยกเลิกการใช้สายพานในกระบวนการบรรจุและเพิ่มพนักงานในสถานีงานที่มีการทำงานอย่างต่อเนื่องสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 47.23%

คำหลัก กระบวนการบรรจุ, แบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation), Flexsim 4.0

1. บทนำ

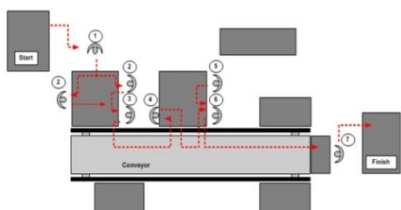
การจัดสมดุลของสถานีงานในสายการผลิตและลดเวลาว่างของพนักงานในสายการผลิตเป็นแนวทางที่นำมาสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งกระบวนการปรับปรุงสายการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรม ประกอบด้วย การศึกษากระบวนการทำงานปัจจุบันเพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานปัจจุบัน ก่อนที่จะออกแบบสายการผลิตที่แต่ละสถานีงานมีความสมดุลกัน โดยในแต่ละอุตสาหกรรมการออกแบบและวางสายการผลิตที่เหมาะสมอาจเกิดทางเลือกได้หลากหลาย การตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมต้องดำเนินการภายใต้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจัดสายการผลิต ดังนั้นการสร้างแบบจำลอง (Simulation) ในคอมพิวเตอร์จึงเป็นแนวทางที่ช่วยลดระยะเวลาในการออกแบบและวิเคราะห์สายการผลิตใหม่ รวมถึงการประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดลองกับสายการผลิตจริง[1] นอกจากนี้

แบบจำลองเหตุการณ์ยังถูกนำมาใช้ในการจัดสมดุลสายงานการผลิตเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและวิเคราะห์แบบจำลอง โดยการจัดสมดุลสามารถแก้ไขปัญหาคอขวด (Bottleneck) ของสายงานการผลิตประกอบส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของสายงานการผลิต[2] รวมถึงการเพิ่มความสามารถในการปรับตัวให้สายการผลิตโดยการปรับปรุงเป็นสายการผลิตแบบการผลิตหลายรูปแบบ (Multi-Model Production Line) การสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์เพื่อวางแผนการปรับปรุงสายการผลิตจึงเป็นอีกแนวทางในการวิเคราะห์สายการผลิตใหม่[3] แบบจำลองในคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้ในการสร้างความเชื่อมั่นของสายการผลิตใหม่ที่ถูกต้องแบบขึ้น รวมถึงเพื่อยืนยันความถูกต้องและการมีประสิทธิภาพของสายผลิตที่ถูกต้องแบบขึ้น[4] นอกจากนี้แล้ว แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ได้ถูกประยุกต์มาใช้ในระบบการสั่งซื้อสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตอย่างสูง โดยแบบจำลองถูกออกแบบมาให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตที่โรงงานสามารถผลิตสินค้าได้ทันต่อความต้องการของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แบบจำลองนี้สามารถกำหนดปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่สามารถตอบสนองต่อปริมาณการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของลูกค้า[5] การสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ยังถูกนำมาประยุกต์ในการจำลองระบบงานต่างๆ เช่น การวางแผนการผลิต การปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งแบบจำลองนี้จะสามารถช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจที่จะลงทุนได้ง่ายขึ้นเนื่องจากผลที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข[6]

บทความนี้เสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์เมลามีน โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบสถานีงานในสายการบรรจุให้มีความสมดุล เพื่อแก้ปัญหาคอขวดในสายการบรรจุและนำไปสู่การเพิ่มกำลังการผลิตในแผนบรรจุ แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบจำลองที่สร้างและวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Flexsim 4.0© หัวข้อต่อไปเสนอ วิธีการดำเนินงานวิจัย การออกแบบสายการบรรจุ ผลการวิเคราะห์สายการบรรจุจากแบบจำลองและสรุปสายการบรรจุที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

ตารางที่ 2 แสดงเวลาดำเนินงานในโรงงาน

หมายเลข	สถานีงาน	เวลาดำเนินงาน (วินาทีต่อชิ้น)
1.	เป่าทำความสะอาดชิ้นงาน	0.53
2.	ติดสติ๊กเกอร์ดวงที่ 1	1.96
3.	ติดสติ๊กเกอร์ดวงที่ 2	3.82
4.	รองกระดาษและบรรจุกล่อง	2.35
5.	พับขึ้นรูปกล่อง	1.69
6.	ปิดกล่องด้วยกระดาษทาบ	1.13
7.	จัดเรียงผลิตภัณฑ์	1.04



รูปที่ 2 แสดงผังสายการบรรจุในปัจจุบันและหมายเลขแสดงหน้าที่ของพนักงาน

ตารางที่ 3 แสดงหมายเลขสถานีงานในสายการบรรจุ

หมายเลข	สถานีงาน (หน้าที่)
1	พนักงานทำงานทำความสะอาดผลิตภัณฑ์
2	พนักงานติดสติ๊กเกอร์ดวงที่ 1
3	พนักงานติดสติ๊กเกอร์ดวงที่ 2
4	พนักงานรองกระดาษและบรรจุกล่อง
5	พนักงานขึ้นรูปกล่อง
6	พนักงานปิดกล่องด้วยเทป
7	พนักงานจัดเรียงผลิตภัณฑ์

2.3. สร้างแบบจำลองทางเลือก

ข้อมูลสายการบรรจุในปัจจุบันมีพนักงาน 8 คน พบว่าเกิดความไม่สมดุลในแต่ละสถานีงาน ทำให้พนักงานในบางสถานีงานทำไม่ต่อเนื่องเกิดการว่างงาน ในขณะที่พนักงานในบางสถานีงานทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา จากข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงสถานีงานเกิดเป็นแบบจำลอง 4 ทางเลือก ดังต่อไปนี้ คือ

- 1) ทางเลือกที่ 1 เป็นการปรับปรุงทำงานสายการบรรจุในปัจจุบันที่ใช้ประโยชน์จากสายพานไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงได้ปรับปรุงสายการบรรจุในปัจจุบันโดยเพิ่มพนักงานทำงาน 2 ตำแหน่งของสายพาน เพื่อการใช้ประโยชน์จากสายพานทั้ง 2 ด้าน รวมจำนวนพนักงานทั้งหมด 15 คน ดังแสดงในรูปที่ 3
- 2) ทางเลือกที่ 2 ได้ทำการจัดสมดุลสถานีงานจากทางเลือกที่ 1 โดยปรับปรุงสายการบรรจุกำหนดให้มีพนักงานขึ้นรูปกล่องและ

พนักงานปิดเทปกาวอย่างละ 1 คน รวมจำนวนพนักงานทั้งหมด 11 คน ดังแสดงในรูปที่ 4

3) ทางเลือกที่ 3 ได้ทำการจำลองการทำงานสายการบรรจุโดยไม่ใช้สายพาน เพื่อลดระยะทางและการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์ กำหนดให้มีจำนวนพนักงานเท่ากับสายการบรรจุปัจจุบันจำนวนรวมพนักงานทั้งหมด 8 คน ดังแสดงในรูปที่ 5

4) ทางเลือกที่ 4 ได้ทำการจัดสมดุลสถานีงานจากทางเลือกที่ 3 โดยเพิ่มพนักงานติดสติ๊กเกอร์ดวงที่ 2 จำนวน 1 คน รวมพนักงานรวมทั้งหมด 9 คน ดังแสดงในรูปที่ 6

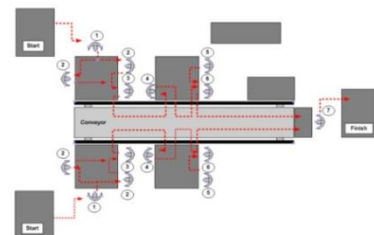
จำนวนพนักงานของแต่ละสถานีงานในแต่ละแบบจำลองแสดงในตารางที่ 3 แบบจำลองสายการบรรจุทั้ง 4 ทางเลือก ถูกสร้างและประมวลผลด้วยโปรแกรม Flexsim version 4.0© โดยใช้ข้อมูลเวลาดำเนินงานการทำงาน ในการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ กำหนดเวลาการทำงานในแต่ละรอบของแบบจำลองคือ 1 ชั่วโมง หรือ 3,600 วินาที และในแต่ละแบบจำลองมีการประมวลผลจำนวน 10 รอบ

3. ผลการทดลอง

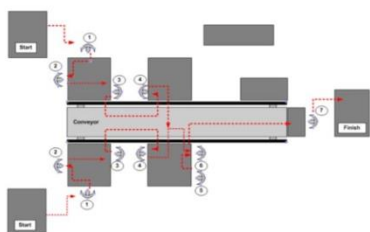
สายการบรรจุปัจจุบันสามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ 904 ชิ้นต่อชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่ามีเวลาการว่างงานมากกว่าเวลาทำงานคิดเป็น 22.08% จากผลการทดลองแบบจำลองทางเลือกที่ 1 พบว่าสามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ 1,876 ชิ้นต่อชั่วโมง แต่มีเวลาการว่างงานมากกว่าเวลาทำงานดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนพนักงานในแต่ละสถานีงาน

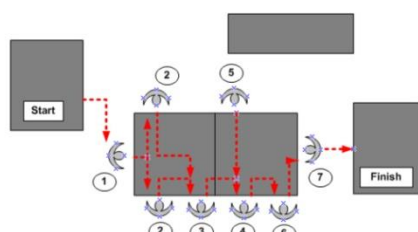
สถานีงาน \ แบบจำลอง	จำนวนพนักงานในแต่ละสถานีงาน (คน)							รวม (คน)
	1	2	3	4	5	6	7	
ปัจจุบัน	1	2	1	1	1	1	1	8
1	2	4	2	2	2	2	1	15
2	2	2	2	2	1	1	1	11
3	1	2	1	1	1	1	1	8
4	1	2	2	1	1	1	1	9



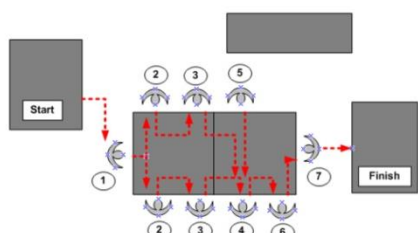
รูป 3 แบบจำลองทางเลือกที่ 1



รูป 4 แบบจำลองทางเลือกที่ 2



รูป 5 แบบจำลองทางเลือกที่ 3



รูป 6 แบบจำลองทางเลือกที่ 4

ที่ 6 แบบจำลองทางเลือกที่ 2 สามารถบรรลุผลิตภัณท์ได้ 1,874 ชิ้นต่อชั่วโมง และสามารถลดเวลาการว่างงาน ดังแสดงในตารางที่ 7 แบบจำลองทางเลือกที่ 3 พบว่าสามารถบรรลุผลิตภัณท์ได้ 939 ชิ้นต่อชั่วโมง และมีเวลาการว่างงานมากกว่าเวลาทำงาน เนื่องจากเกิดปัญหาคอขวดที่กระบวนการทำงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 8 แบบจำลองทางเลือกที่ 4 ผลการทดลองพบว่าสามารถบรรลุผลิตภัณท์ได้ 1,331 ชิ้นต่อชั่วโมง และไม่เกิดปัญหาคอขวดในกระบวนการติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 2 ได้ ดังแสดงในตารางที่ 9

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการจำลองสายการบรรจุปัจจุบันพบว่า มีอัตราการใช้งานของพนักงานเท่ากับ 38.96% ดังแสดงในตารางที่ 10 การปรับปรุงสถานีงานของสายการบรรจุผลิตภัณท์พบว่าแบบจำลองที่ 1 สามารถบรรลุผลิตภัณท์เพิ่มขึ้นจากการทำงานปัจจุบัน 107.25% แต่พบว่ามีเวลาการว่างงานมากกว่าเวลาทำงานคิดเป็น 5.08%

เนื่องจากสถานีงานมีจำนวนพนักงานมากเกินไป เช่น สถานีงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 1 สถานีงานขึ้นรูปกล่องและสถานีงานเปิดกล่องด้วยเทปกาว ดังนั้นทั้ง 3 สถานีงานนี้สามารถลดจำนวนพนักงานลงได้ ซึ่งแสดงผลได้ดั่งแบบจำลองทางเลือกที่ 2 ซึ่งปรับปรุงลดจำนวนพนักงานในสถานีงานทั้ง 3 ที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าเวลาการทำงานเพิ่มขึ้นและเวลาการว่างงานลดลง คิดเป็นอัตราการว่างงาน 33.77% ของเวลาทำงาน ส่วนที่แบบจำลองที่ 3 และแบบจำลองทางเลือกที่ 4 เป็นการจำลองการปรับปรุงสถานีการทำงานโดยไม่ใช่สายพานการผลิตทำให้สามารถลดการเคลื่อนที่ในสายการบรรจุลงได้ 4.55เมตร ส่งผลให้เกิดการทำงานอย่างต่อเนื่องและมีจำนวนพนักงานในสายการบรรจุน้อยกว่าแบบจำลองทางเลือกที่ 1 และ 2 ส่วนอัตราการว่างงานของแบบจำลองทางเลือกที่ 3 และแบบจำลองทางเลือกที่ 4 มีค่าเท่ากับ 52.48% และ 41.66% ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลการทดลองแบบสายการบรรจุปัจจุบัน

ลำดับหน้าที่การทำงาน	ผลผลิต (ชิ้นต่อชั่วโมง)	เวลาการว่างงาน (วินาที)	เวลาทำงาน (วินาที)
1 พนักงานทำความสะอาด	919.00	2,729.85	487.60
2 พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 1	459.00	938.80	2,661.20
พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 1	448.00	1000.29	2,599.71
3 พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 2	906.00	135.49	3,464.51
4 พนักงานขึ้นรูปกล่อง	906.00	2,067.17	1,532.83
5 พนักงานรองกระดาษและบรรจุ	905.00	1,471.77	2,128.23
6 พนักงานเปิดเทปกาว	905.00	2,396.35	1,203.65
7 พนักงานจัดเรียงผลิตภัณท์	904.00	331.55	3,268.45
ผลผลิต	904.00	-	-
รวม		11,071.27	17,346.18

ตารางที่ 6 ผลการทดลองแบบจำลองทางเลือกที่ 1

ลำดับหน้าที่การทำงาน	ผลผลิต (ชิ้นต่อชั่วโมง)	เวลาการว่างงาน (วินาที)	เวลาทำงาน (วินาที)
1 พนักงานทำความสะอาด	993.00	2,068.02	526.82
พนักงานทำความสะอาด	993.00	1,901.46	526.82
2 พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 1	2.00	3,594.12	5.88
พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 1	939.00	1,757.60	1,842.40
พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 1	2.00	3,594.12	5.88
พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 1	939.00	1,757.60	1,842.40
3 พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 2	940.00	5.57	3,594.38
พนักงานติดตั้งเคอร์คิวท์ที่ 2	940.00	5.40	3,594.60
4 พนักงานขึ้นรูปกล่อง	940.00	2,009.71	1,590.29
พนักงานขึ้นรูปกล่อง	940.00	2,009.71	1,590.29
5 พนักงานรองกระดาษและบรรจุ	939.00	1,391.66	2,208.34
พนักงานรองกระดาษและบรรจุ	939.00	1,391.88	2,208.12
6 พนักงานเปิดเทปกาว	939.00	2,351.13	1,248.87
พนักงานเปิดเทปกาว	939.00	2,351.13	1,248.87
7 พนักงานจัดเรียงผลิตภัณท์	1,876.00	1,038.91	2,561.09
ผลผลิต	1,876.00	-	-
รวม		27,228.03	24,595.04



ตารางที่ 7 ผลการทดลองแบบจำลองทางเลือกที่ 2

ลำดับหน้าที่การทำงาน	ผลผลิต (ชิ้นต่อชั่วโมง)	เวลาการว่างงาน (วินาที)	เวลาทำงาน (วินาที)
1 พนักงานทำความสะอาด	992.00	2,671.05	526.09
พนักงานทำความสะอาด	992.00	2,113.63	526.29
2 พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 1	941.00	1,753.68	1,846.32
พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 1	941.00	1,753.68	1,846.32
3 พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 2	940.00	5.62	3,594.38
พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 2	940.00	6.18	3,593.82
4 พนักงานขึ้นรูปกล่อง	1,880.00	421.89	3,178.11
พนักงานรองกระดาษและบรรจุ	939.00	1,392.44	2,207.56
5 พนักงานรองกระดาษและบรรจุ	939.00	1,391.88	2,208.12
6 พนักงานเปิดแพคเกจจิ้ง	1,877.00	1,102.68	2,497.32
7 พนักงานจัดเรียงผลิตภัณฑ์	1,874.00	298.62	3,301.38
ผลผลิต	1,874.00	-	-
รวม		12,911.35	25,325.71

ตารางที่ 8 ผลการทดลองแบบจำลองทางเลือกที่ 3

ลำดับหน้าที่การทำงาน	ผลผลิต (ชิ้นต่อชั่วโมง)	เวลาการว่างงาน (วินาที)	เวลาทำงาน (วินาที)
1 พนักงานทำความสะอาด	953.00	2,387.16	505.09
2 พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 1	467.00	2,682.72	917.28
พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 1	474.00	2,669.00	931.00
3 พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 2	940.00	5.95	3,594.05
พนักงานขึ้นรูปกล่อง	941.00	2,008.81	1,591.19
4 พนักงานรองกระดาษและบรรจุ	940.00	1,391.00	2,209.00
5 พนักงานเปิดแพคเกจจิ้ง	939.00	2,350.23	1,249.77
พนักงานจัดเรียงผลิตภัณฑ์	939.00	1,249.35	2,350.65
ผลผลิต	939.00	-	-
รวม		14,744.20	13,348.05

ตารางที่ 9 ผลการทดลองแบบจำลองทางเลือกที่ 4

ลำดับหน้าที่การทำงาน	ผลผลิต (ชิ้นต่อชั่วโมง)	เวลาการว่างงาน (วินาที)	เวลาทำงาน (วินาที)
1 พนักงานทำความสะอาด	1,336.00	2,891.92	708.08
2 พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 1	677.00	2,271.83	1,328.17
พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 1	658.00	2,310.32	1,289.68
3 พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 2	658.00	1,086.44	2,513.56
พนักงานสติ๊กเกอร์ตัวที่ 2	676.00	1,016.43	2,583.57
4 พนักงานขึ้นรูปกล่อง	1,333.00	1,345.54	2,254.46
5 พนักงานรองกระดาษและบรรจุ	1,332.00	467.67	3,132.33
6 พนักงานเปิดแพคเกจจิ้ง	1,332.00	1,828.44	1,771.56
7 พนักงานจัดเรียงผลิตภัณฑ์	1,331.00	280.63	3,319.37
ผลผลิต	1,331.00	-	-
รวม		13,499.21	18,900.79

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลอง

แบบจำลองที่	จำนวนพนักงาน(คน)	เวลาทำงาน (%)	เวลาการว่างงาน (%)	ผลผลิต(ชิ้นต่อชั่วโมง)	ผลผลิต(ชิ้นต่อคน)	% จำนวนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการทำงานแบบปัจจุบัน
ปัจจุบัน	8	61.04	38.96	904	6.28	-
1	15	47.46	52.54	1,876	13.03	107.52%
2	11	66.23	33.77	1,874	13.01	107.3%
3	8	47.52	52.48	939	6.52	3.87%
4	9	58.34	41.66	1,331	9.24	47.23%

Location :	Event	Present	Proposed	Savings
Activity : Packing	Operation	5		
Date : - / 2 / 2554	Transport	2		
Operator : Analyst :	Delay	2		
Circle appropriate Method and Type :	Inspection	0		
Method : (Present) Proposed :	Storage	2		
Type : Worker Material Machine	Time(min)			
Remarks :	Distance(metre)			
	Cost			
Even Description	Symbol	Time (min)	Distance (metre)	Method Recommendation
Product บรรจุบรรจุ	○ → □ D ✓			
Product ถูกทำความสะอาด	○ → □ D ✓			
Product บรรจุสติ๊กเกอร์	○ → □ D ✓			
Product ถูกสติ๊กเกอร์ตัวที่ 1	○ → □ D ✓			
Product บรรจุสติ๊กเกอร์ตัวที่ 2	○ → □ D ✓			
Product ถูกสติ๊กเกอร์ตัวที่ 2	○ → □ D ✓			
รอ Product รองกระดาษและบรรจุ	○ → □ D ✓			
เปิดแพคเกจจิ้ง	○ → □ D ✓			
Product ถูกเรียงเข้าใน Palet	○ → □ D ✓			
เคลื่อนย้าย Palet ไป Warehouse	○ → □ D ✓			
Finish Stock	○ → □ D ✓			

รูปที่ 7 ขั้นตอนการบรรจุหลังปรับปรุงสถานการณ์การทำงาน

4. สรุปผล

การประยุกต์ใช้แบบจำลองเหตุการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุเมลามีน พบว่าการปรับปรุงสถานการณ์การทำงานตามแบบจำลองทางเลือกที่ 2 ซึ่งกำหนดให้มีกระบวนการบรรจุทั้งสองฝั่งของสายพาน มีพนักงานทั้งหมด 11 คน สามารถเพิ่มผลผลิตได้ 107.30% เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับกรณีที่มีปริมาณการบรรจุเป็นจำนวนมากและมีการส่งผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการบรรจุจำนวนมากและทำให้สายพานถูกใช้งานอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ผลการปรับปรุงสถานการณ์การทำงานโดยการไม่ใช้สายพานลำเลียงตามแบบจำลองทางเลือกที่ 4 ซึ่งเพิ่มจำนวนพนักงานในกระบวนการทำงานติดสติ๊กเกอร์ตัวที่ 2 อีก 1 คน มีพนักงานรวม 9 คน สามารถเพิ่มผลผลิตได้ 47.23% เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้อยและมีขนาดผลิตภัณฑ์หลาย รวมถึงมีแต่ละชิ้นงานที่ตำแหน่งซึ่งแตกต่างกัน ทำให้พนักงานต้องมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการติดสติ๊กเกอร์ตลอดเวลา ดังนั้นพนักงานจำนวนน้อยจึงเหมาะสมกับการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต่อเนื่อง อีกทั้งยังลดการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์บนสายพานซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นในสายการบรรจุดังแสดงในรูปที่ 7 การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถประเมินประสิทธิภาพการทำงานของสายการผลิตโดยการวัด ผลผลิต เวลาการว่างงาน และ



เวลาทำงานของพนักงาน โดยสามารถลดระยะเวลาการทดลองจัด
สมดุลการผลิตได้ จึงไม่จำเป็นต้องหยุดการทำงานเพื่อทดลอง
นอกจากนี้แล้วการวิเคราะห์กระบวนการผลิตด้วยแบบจำลองทาง
คอมพิวเตอร์ เพื่อปรับปรุงและจัดสมดุลทุกสถานีงานของ
กระบวนการผลิตขณะมีผลเป็นจริงเป็นแนวทางการวิจัยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ศรีไทยซูเปอร์แวร์
จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธยา ภิรมย์ และ นิตกร ศิริวงศ์ไพศาล. 2550. "การประยุกต์ใช้แบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation) ในการวางแผนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป". เอกสารการประชุมวิชาการรายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2550.
- [2] Anhul G., Yuqiao Z., (2010). Research on Optimization for Balance of BSP Model Assembly Line Based on Flexsim, College of Engineering Technology Northeast Forestry University, Harbin, China.
- [3] CHEN H., YANGI D., SUN, H. (2009). Simulation Research of the Mixed-Model Production Line based on Flexsim, College Of Mechanical Engineering, Inner Mongolia University Of Technology, Huhhot, Inner Mongolia. China.
- [4] เกียรติขจร วรปรัชญา และ กวีภัทร์ บูรณธิตติ. 2551. "การสร้างแบบจำลองและการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการหล่อเหล็กแผ่นแบบต่อเนื่องสองสายพานการผลิต". เอกสารการประชุมวิชาการสร้างแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ ประจำปี 2551.
- [5] ศิริรัตน์ ถาวรสาร. 2551. "แบบจำลองพยากรณ์การสั่งซื้อสินค้าด้วยแบบจำลองเชิงสาเหตุ". สารนิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [6] ชนะ สุพัฒสร. 2548. "Simulation Software กับนักบริหาร". บริษัท เอ็มโฟกัส จำกัด.
- [7] Niebel,B.W. and Freivalds,A. 2003. Methods Standard and Work Design. Eleventh Edition, McGraw-Hill.

2012 Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES)

Assessment of Working Posture in Frozen-Cooked-Chicken Handling Task

Pornsiri Jongkol, Phermsak Phimjong

School of Industrial Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima, Thailand
pornsiri@sut.ac.th, phermsak_ie@windowslive.com

Abstract—Frozen-cooked-chicken industry plays an important role on economic development in Thailand. This industry requires workers to perform manual materials handling task which can lead to work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). The objective of this study was to assess working posture associated with discomfort of workers in production lines. Nine workers performed their task by pushing heavy trolley and scooping frozen-cook-chicken in the trolley and placing on the workbench. The questionnaire was used to obtain discomfort level placed on different body parts of the workers. Eight workers reported discomfort placed on upper and lower back area. The OWAS (Ovako Work Assessment System) was also used to assess worker postures on back, arm and legs. The results from this study can be used to improve work method of the workers.

Keywords—working posture; work-related musculoskeletal disorders (WMSDs); frozen-cooked-chicken handling task.

I. INTRODUCTION

Frozen-cooked-chicken industry is one of the most important businesses in Thailand. It was reported that the value of frozen-cooked chicken export was 57,114.43 Million Baths. Furthermore, the demand in this type of food has been substantially increased. This type of industry involves several steps of basic operations such as chicken cutting, deep frying, packing and handling. Therefore, it still needs human to perform repetitive task associated with strenuous working posture and movement. Furthermore, when combining with a heavy physical workload, it can lead to work-related musculoskeletal disorders (WMSDs).

WMSDs are recognized as a major cause of worker disability and absenteeism in many occupational groups [1]. A large number of inflammatory and degenerative conditions influencing muscles, tendons, ligaments, joints, peripheral nerves and blood vessels are found in these disorders. WMSDs have primarily impact the low back, neck, and upper limb [2]. Based on Thai Social Security Office, work-related injuries common to construction workers and food industry worker were musculoskeletal disorders caused by materials handling task. Physical risk factors of WMSDs included posture, manual handling high peak load, static load, vibration, repetitive work, contact stress, speed of movement [3].

To solve the problems of health and safety of the workers, it is necessary to find efficient methods to assess the extent of

risk exposure. Questionnaires and interviews are common active method to identify the occurrence of symptoms related to WMSDs among workers. Furthermore, the work factors associated with WMSDs are also evaluated using questionnaires [4]. The workers complaints about discomfort and pain are usually caused by inadequate postures during work activities. Therefore, working posture evaluation has been widely used to identify cause of work-related injury and obtain information for task improvement. The objective of this study was to assess working postures associated with discomfort of workers in production lines.

A. OVAKO Working Posture Analysis System (OWAS)

OWAS is a method used to evaluate postural load during work [5]. The OWAS method is based on a simple and systematic classification of work postures combined with observations of work tasks. The OWAS method collects simple observational information on worker postures (4 back, 3 arm, 7 leg) and loads (3 loads) according to a breakdown of work tasks. OWAS analyzing system is shown below.

- 1) *Back*
 - a) Straight.
 - b) Forward back ward bending.
 - c) Side rotation or bending.
 - d) Both rotation and bending.
- 2) *Legs*
 - a) Sitting posture.
 - b) Straight standing.
 - c) Standing and bodyweight pressure on one leg.
 - d) Standing and bending knees.
 - e) Standing and one bending leg.
 - f) Sitting on both legs.
 - g) Movement and walking.
- 3) *Arms*
 - a) Two arms lower than shoulder.
 - b) One arm upper than shoulder.
 - c) Two arms upper/ or on the level of shoulder.
- 4) *Loads*
 - a) Weight < 10 kg
 - b) 10< weight <20 kg

Copyright of this paper belongs to the author(s).

c) Weight > 20 kg

These data are then standardized and the individual activities are rated into four action categories in order of their strain (no harmful effect, some harmful effect, distinctly deleterious effect and extremely deleterious effect) as shown in Fig 1. The four action codes are defined as follows:

- Action category 1: change not required,
- Action category 2: change required in the near future,
- Action category 3: change required as soon as possible,
- Action category 4: change required immediately.

Back	Arms							Legs	Load Handled										
	1	2	3	4	5	6	7												
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
4	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
5	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	2
6	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2
7	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1
8	2	2	2	3	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1
9	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	1	1	1	1
10	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3
11	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3
12	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Number 1 to 4 in the box show the OWAS Action Category
 1 – Category 1
 2 – Category 2
 3 – Category 3
 4 – Category 4

Figure 1. Four action codes of OWAS.

II. METHOD

A. Worker Health Exploration

Worker health exploration was carried out to identify tasks associated with WMSDs. Based on history of health record in the plant, the supporting workers showed the highest frequency of medical department visit with the symptoms of body discomfort. This suggested that the supporting worker was the subject of this study.

B. Observation of Handling Task

Prior to study, the task performed by the workers was observed. For each work cycle, the worker pushed an empty cart from the cart storage area to the tumblers, moved seasoned chicken from the tumblers to the cart, pushed the full cart (250-300 kg) to the chilling room and to the production line, moved the seasoned chicken to the machine in front of the production line, then pushed the empty cart to the cart storage area. It was noticed that the supporting workers performed other tasks during the day such as moving ingredients from the warehouse to the production department, cleaning the carts. This was due to the small numbers of supporting workers.

C. Posture Data Collection Using Video Recorder

One of the workers with highest percentage of pain or discomfort during work was selected as a subject. Working postures of the subject were recorded using video recorder. The benefit of using this equipment was that recall of actual work situations was made since it could be time consuming for posture observation.

D. Identify the Awkward Postures from OWAS Analysis

Results obtained from OWAS analysis were used to identify the awkward postures. Then, body segments with discomfort and pain were concluded.

III. RESULT AND DISCUSSION

A. Posture Selection from the Original Video Image

After recording the work method, nine postures were chosen from the original video image and placed in frames. Fig 2 shows nine postures selected from the original video and Table 1 illustrates the activities of these postures.



Figure 2. Nine postures selected from the original video image.

TABLE 1. ACTIVITIES OF THE SUBJECT FOR EACH POSTURE.

Postures	Activities
1	Subject prepared himself for pulling the cart backwards.
2	Subject pulled the cart backwards, while the cart started moving.
3	Subject turned the cart to the right direction.
4	Subject stopped the cart.
5	Subject pushed the cart and leaved the chilling room.
6	Subject stopped the cart.
7	Subject pushed the cart to the machine.
8	Subject put the seasoned chicken into the machine.
9	Subject pushed the empty cart back to the tumbler

2012 Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES)

B. OWAS Analysis

Table 2 shows the result obtained from OWAS. It indicated that posture 1 and 5 had harmful effect on the musculoskeletal system and corrective actions should be done as soon as possible. Moreover, posture 9 was assessed as action category 2. This pointed out some harmful effect on the musculoskeletal system and corrective actions required in the near future.

TABLE 2. OWAS ACTION CATEGORY FOR EACH POSTURE.

Posture	OWAS Code				Action Category
	Back	Arm	Leg	Load	
1.	2	1	4	3	3
2.	1	1	2	3	1
3.	1	1	2	3	1
4.	1	1	2	3	1
5.	2	1	7	3	3
6.	1	1	2	1	1
7.	1	1	2	3	1
8.	1	1	2	1	1
9.	2	1	7	2	2

C. Discussion

From OWAS analysis, handling task involved poor postures and unnecessary activities. To reduce the harmful effect of these postures, work improvement can be done as follows.

- 1) Use of cart handle with proper height can reduce the extent of back bending found in postures 1 and 5. The handles should be placed at the elbow height of the workers.
- 2) The friction between the wheel and the floor should be improved in order to decrease force required to overcome the full cart.
- 3) The layout of the cart in the chilling room should be revised. To eliminate unnecessary activities, the cart should be aligned such a manner that the front of the

cart faces to the gate of the chilling room as shown in Fig 3. Therefore, activities 2, 3, and 4 were eliminated.

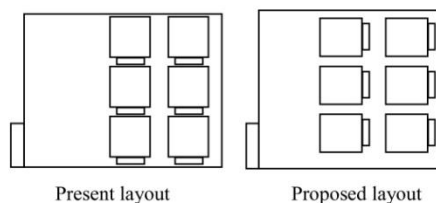


Figure 3. Layout of the chilling room

IV. CONCLUSION

This study presented posture assessment of the supporting workers during performing handling tasks. The results showed that this task involved poor postures and corrective actions were required. Suggestion was made to improve work method of the workers.

ACKNOWLEDGMENT

This research was funded by Suranaree University of Technology. Special thanks are given to all subjects participated in this study.

REFERENCES

- [1] L. Merlino, J.C. Rosecrance, D. Anton, T.M. Cook, "Symptoms of musculoskeletal disorders among apprentice construction workers." *Appl. Occup. Environ. Hyg.* Vol. 18, No.1, 57-64, 2003.
- [2] T.R. Waters, "National efforts to identify research issues related to prevention of work-related musculoskeletal disorders." *J. Electromyogr. Kinesiol.* Vol. 14, 7-12, 2004.
- [3] S. Pinzke and L. Kopp, "Marker-less systems for tracking working postures: results from twp experiment." *Appl Ergon.* Vol. 32, pp. 461-471, 2001.
- [4] M. Z.O. Coluci, N. M.C. Alexandre, J. Rosecrance. "Reliability and validity of an ergonomics-related Job Factors Questionnaire." *Int. J. Ind. Ergon.* Vol. 39, 995-1001, 2009.
- [5] O. Karhu, P. Kanski, I. Kuorinka, "Correcting working posture in industry: a practica method for analysis." *Appl Ergon.* Vol. 8, pp. 199-201, 1977.

ประวัติผู้เขียน

นายเพิ่มศักดิ์ พิมพ์จ่อง เกิดเมื่อวันที่ 31 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2531 ณ จังหวัดมหาสารคาม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ในปีการศึกษา 2549 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2553 หลังจากสำเร็จการศึกษา ก็ได้เข้าศึกษาต่อปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทั้งนี้ ในขณะที่ศึกษาอยู่ได้มีโอกาสปฏิบัติงานเป็นผู้สอนปฏิบัติการรายวิชา ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิต ในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และในระหว่างศึกษามีผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่จำนวน 3 เรื่อง ดังนี้

1) ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554 (20-21 ตุลาคม 2554) ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี เรื่อง **การออกแบบท่าทางการทำงานในกระบวนการผลิตไก่แปรรูปด้วยเทคนิค REBA**

2) ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554 (20-21 ตุลาคม 2554) ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี เรื่อง **การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์**

3) ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการ Southeast Asian Network of Ergonomics Societies (SEANES) ณ เกาะลังกาวิ ประเทศมาเลเซีย ในปี พ.ศ. 2555 เรื่อง **Assessment of Working Posture in Frozen-Cooked-Chicken Handling Task**