

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

Study of Factors Affecting Reaction Time of Motorcycle Riders

พรศิริ จงกล * เพิ่มศักดิ์ พิมพจ้อง

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Pornsiri Jongkol * Phemsak Phimjong

School of Industrial Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

111 University Avenue, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000

Tel: 0-4422-4264 E-mail: pornsiri@sut.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อบ่งชี้ปัจจัยสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการตอบสนองจากสิ่งกระตุ้นของผู้ใช้หมวกนิรภัย การออกแบบการทดลองของงานวิจัยนี้เป็นแบบแฟกทอเรียลเต็มรูป ปัจจัยในการทดลอง 3 ปัจจัย มีดังนี้คือ 1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ 2) ช่วงเวลาในการทดสอบ และ 3) สีของแผ่นกันลมของหมวกนิรภัย ส่วนตัวแปรตามคือ เวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น ผลจากการศึกษา พบว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบมีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี ตอบสนองได้รวดเร็วที่สุดกว่าช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี ช่วงเวลาในการทดสอบมีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. ตอบสนองได้รวดเร็วที่สุดกว่าช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. สีของแผ่นกันลมของหมวกนิรภัยมีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นกันลมสีฟ้าตอบสนองได้รวดเร็วที่สุด รองลงมาคือ แผ่นกันลมสีขาว และสีส้มตามลำดับ เพศชายมีการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นสีแดงเร็วกว่าเพศหญิง

คำหลัก เวลาการตอบสนอง แผ่นกันลมในหมวกนิรภัย ความสามารถในการมองเห็นได้ ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มรูป

Abstract

The objective of this study was to point out the significance of factors that affect reaction time of helmet users. The experimental design was full factorial. The independent variables were age of subjects, time period of the experiment, and color of the visor. The dependent variable was reaction time. The results showed that age, time period of experiment, and color visor had a significant effect on reaction time. The age group of 18-39 years old responded to stimulus faster than that of 40-60 years old. The subject responded to stimulus in daytime faster than in the evening. Clear visor was associated with the smallest reaction time. Males responded to the red light faster than females.

Keywords: reaction time, helmet visor, visibility, motorcycle rider, full factorial design

1. บทนำ

การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ การดำเนินกิจกรรมบางอย่างต้องอาศัยกระบวนการมองเห็นและการตอบสนอง เช่น การขับขี่รถจักรยานยนต์ ผู้ขับขี่จำเป็นต้องมีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ชัดเจน เมื่อเห็นสัญญาณไฟจราจรหรือป้ายจราจรต้องใช้กระบวนการตัดสินใจ และเบรกห้ามล้อเมื่อ

เห็นสัญญาณไฟจราจรเป็นสีแดง ถ้าผู้ขับขี่มีเวลาในการตอบสนองที่รวดเร็วจะสามารถช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งจากสถิติการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนของยานพาหนะทั้งหมดในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2555 พบว่ารถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.57 ของอุบัติเหตุทั้งหมด [1]

การสวมหมวกนิรภัยเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดความรุนแรงของการบาดเจ็บเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น จากการศึกษางานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา พบว่าการสวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์สามารถช่วยลดอันตรายจากการบาดเจ็บและลดแรงกระแทกบริเวณศีรษะและลำคอได้มากกว่ากรณีที่ไม่สวมหมวกนิรภัยเมื่อประสบอุบัติเหตุ [2-3] อีกทั้งยังสามารถลดการบาดเจ็บทางสมองได้ร้อยละ 30 [4] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและมาตรฐานของหมวกนิรภัยด้วย ในปัจจุบันหมวกนิรภัยที่มีการผลิตและวางจำหน่ายตามท้องตลาดมีหลากหลายประเภทแตกต่างกันไป ทั้งประเภทที่มีคุณภาพสามารถป้องกันการบาดเจ็บได้ และประเภทที่ไม่มีคุณภาพที่นอกจากจะไม่สามารถป้องกันการบาดเจ็บได้ยังอาจเพิ่มอันตรายได้อีกด้วย เช่น ถ้าหมวกหรือแผ่นกันลมแตกหัก เศษวัสดุอาจบาดที่ใบหน้า ดวงตา หรือบริเวณศีรษะ เป็นต้น อย่างไรก็ตามจากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้หมวกนิรภัยในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการเลือกใช้หมวกนิรภัยที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยเฉพาะการเลือกใช้หมวกนิรภัยที่มีแผ่นกันลมสีต่าง ๆ มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการเลือกซื้อตามกระแสนิยมมากกว่าการคำนึงถึงประโยชน์จากการใช้งานจริง ทั้งนี้การเลือกใช้แผ่นกันลมเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเพราะการมองเห็นที่ชัดเจนจะช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุได้

Kapovich [5] พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาในการตอบสนองมีหลายปัจจัย เช่น ความพร้อมที่จะตอบสนอง เพศ อายุ อิทธิพลของสัญญาณเตือน อิทธิพลของความเข้มของสิ่งกระตุ้น การมองเห็น ฯลฯ ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จึงเป็นเรื่องสำคัญ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันอันตรายของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการตอบสนองจากสิ่งกระตุ้นของผู้ใช้หมวกนิรภัยในการขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยมุ่งหวังว่าผลจากการศึกษาวิจัยนี้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อช่วยในการ

เลือกใช้แผ่นกันลมที่มีสีที่เหมาะสมกับการใช้งานและทำให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ตระหนักถึงความปลอดภัย รวมถึงเพิ่มความระมัดระวังมากขึ้นเมื่อขับขี่ในช่วงเวลาเย็น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คุณลักษณะของหมวกนิรภัยที่ดีนั้นจะต้องทำให้ผู้ใช้มีความปลอดภัยมากที่สุดและรู้สึกสบายในขณะที่สวมใส่ ในปัจจุบันพบว่าได้มีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องคุณลักษณะของหมวกนิรภัยมากขึ้น เช่น McKnight [6] ได้ศึกษาผลกระทบต่อการมองเห็นและการได้ยินขณะสวมใส่หมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ผลการศึกษาปรากฏว่าการสวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ส่งผลต่อทัศนวิสัยในการมองเห็นของผู้ขับขี่อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่ส่งผลใด ๆ ต่อการได้ยิน ซึ่งสอดคล้องกับเสาวณิต [7] ที่พบว่าทัศนวิสัยในการมองเห็นส่งผลต่อการตอบสนองและการตัดสินใจ โดยขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ ถ้ามีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ดี ป้ายจราจรมีคุณสมบัติที่ดีจะมีส่วนช่วยให้ผู้ขับขี่มีช่วงเวลาและระยะของการมองเห็นเพื่ออ่านทำความเข้าใจตัดสินใจ อีกทั้งมีปฏิกิริยาตอบสนองได้อย่างทันท่วงที และทำให้การขับขี่มีความปลอดภัยมากขึ้น

นอกจากนี้ Buyan และคณะ [8] ได้ศึกษาถึงคุณลักษณะของหมวกนิรภัยที่มีระดับสีต่าง ๆ โดยการปรับระดับความเข้มของสีแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยและใช้เทคนิคการเปลี่ยนระดับของสีอย่างรวดเร็ว ผลการศึกษาปรากฏว่าขณะมีแสงสว่างจ้า แผ่นกันลมจะเปลี่ยนระดับเป็นสีเข้ม ซึ่งเทคนิคนี้จะช่วยให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์รู้สึกสบายมากขึ้น ไม่รู้สึกร้อนขณะสวมหมวกนิรภัย รวมถึงสามารถลดความล่าช้าในการมองเห็นภายใต้เงื่อนไขของแสงและลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้อีกด้วย อีกทั้ง Lai และ Huang [9] ยังได้ศึกษาถึงผลกระทบของการมองเห็นผ่านแผ่นกันลมในหมวกนิรภัย โดยใช้ผู้ทดลองที่มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์จำนวน 20 คน แบ่งเป็นเพศชาย 14 คน และเพศหญิง 6 คน มีอายุอยู่ในช่วง 19-26 ปี การทดลองใช้แผ่นกันลมทั้งหมด 4 สี คือ สีโปร่งใส สีดำ สีเหลือง และสีแดง โดยทดลองเทียบกับคนที่สายตาปกติที่ไม่ได้ใช้แผ่นกันลม เงื่อนไขในการทดลองคือ การใช้แสงกระตุ้น 3 สี คือ ไม่มีสี สีเหลือง และสีขาว ผู้ทำ

การทดลองต้องขับรถจักรยานยนต์ด้วยระยะทาง 2.2 กิโลเมตร จำกัดความเร็วที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และทำการทดลอง 2 ช่วงเวลาต่อวัน คือ เวลา 13.00 น. และเวลา 20.00 น. เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสีของแผ่นกันลมในหมวดนิรภัยเวลากลางวันและเวลากลางคืน ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของแผ่นกันลมสีโปร่งใสดีกว่าทุกสีที่ได้ทำการทดลอง แผ่นกันลมสีต่าง ๆ ไม่ได้ช่วยลดแสงสว่างโดยตรงแต่กลับส่งผลกระทบให้ประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง และยังพบว่าในการใช้แผ่นกันลมสีโปร่งใสให้ผลดีที่สุดในการมองเห็นในช่วงเวลากลางคืน ส่วนแผ่นกันลมสีเหลืองไม่มีผลต่อการมองเห็น ในขณะที่แผ่นกันลมสีดำและแดงมีผลการตอบสนองที่ด้อยที่สุด ถึงแม้ว่าแผ่นกันลมที่มีสีเข้มจะช่วยให้ผู้ใช้รู้สึกสบายมากขึ้น ไม่รู้สึกร้อนขณะสวมหมวกนิรภัย แต่ก็ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรศิริ [10] ที่พบว่าสีของแผ่นกันลมมีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น การใช้แผ่นกันลมมีผลทำให้ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นมากกว่าการใช้แผ่นกันลม สีของแสงกระตุ้นสีแดงให้ค่าเวลาในการตอบสนองน้อยกว่าสีเขียว และเพศหญิงมีความไวในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเร็วกว่าเพศชาย นอกจากนี้ Luce [11] ยังพบว่าสิ่งกระตุ้นหรือสิ่งเร้าอย่างอ่อน เช่น แสงกระตุ้นที่เรือนรางมาก จะให้ค่าเวลาในการตอบสนองช้ากว่าแสงกระตุ้นที่เข้ม รวมทั้ง Buchsbner และ Calloway ตามที่อ้างถึงในงานวิจัยของเอมอร์ [12] พบว่าเวลาในการตอบสนองจะเร็วมากขึ้นเมื่อสิ่งกระตุ้นนั้นปรากฏให้มองเห็นขณะหายใจออกมากกว่าหายใจเข้า

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากรถจักรยานยนต์ ข้อมูลการสวมหมวกนิรภัยของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ในประเทศไทย รวมถึงการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จากนั้นวางแผนและเตรียมการทดลอง โดยรับสมัครกลุ่มตัวอย่างและคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ขั้นตอนต่อมาทำการเลือกแผนการทดลองที่เหมาะสมและเริ่มทำการทดลอง จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบการตอบสนองต่อสัญญาณกระตุ้นใช้กลุ่มตัวอย่างจากประชากรของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในจังหวัดนครราชสีมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอเมือง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีใบอนุญาตขับขี่ อายุตั้งแต่ 18-60 ปี ทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 48 คน แบ่งเป็นเพศละ 24 คน ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี จำนวน 12 คน และช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี จำนวน 12 คน โดยผู้ถูกทดสอบทั้งหมดไม่เป็นผู้ที่มีตาบอดสี

3.2 การวางแผนและเตรียมการทดลอง

การทดลองนี้ใช้แผนการออกแบบแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ โดยแบ่งการทดลองออกเป็นบล็อกเพศชายและบล็อกเพศหญิง การทดลองนี้มีตัวแปรตามคือ เวลาในการตอบสนองตั้งแต่ปล่อยสัญญาณออกไปจนกระทั่งสิ้นสุดการกดปุ่มเพื่อหยุดเวลา ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาการตอบสนองมีหลายปัจจัยทั้งจากภายนอกและภายในตัวผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เอง โดยปัจจัยที่น่าสนใจนอกจากเพศแล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ช่วงอายุ ช่วงเวลา และสีของแผ่นกันลมในหมวดนิรภัย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 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.
สีของแผ่นกันลม (C)	สีใส สีส้ม สีขาว

การทดลองนี้ได้กำหนดปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยเพื่อประเมินอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วม ดังนี้

1) ปัจจัยช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) มี 2 ระดับ คือ ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี และช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี เนื่องจากเป็นวัยที่นิยมใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทางสูงและจากการศึกษาพัฒนาการทางร่างกายพบว่าวัยผู้ใหญ่ (adulthood) มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนไม่ว่าจะเป็นในด้านของการมองเห็นและในด้านการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น ทั้งนี้ สุวัฒน์ [13] ได้แบ่งการพัฒนาการของบุคคลในวัยผู้ใหญ่ออกเป็น 2 ช่วง

อายุ 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

3) สีของแผ่นกันลม (C) มี 3 ระดับ คือ สีใส สีส้ม และสีชา จากการสอบถามและสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่าแผ่นกันลมทั้ง 3 สี เป็นสีที่นิยมใช้มากที่สุด

3.3 การหาจำนวนการทดลองซ้ำ

งานวิจัยนี้หาจำนวนทำการทดสอบซ้ำ โดยใช้ค่าอำนาจในการทดสอบสมมติฐาน (power of test) หรือ $(1-\beta)$ เป็นเกณฑ์ ซึ่งจะต้องพิจารณาในส่วนของคุณค่าความน่าจะเป็นที่จะยอมรับสมมติฐานหลัก เมื่อสมมติฐานหลักไม่เป็นจริงเสียก่อน นั่นคือค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 (type II error หรือ β) และเมื่อได้ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 แล้ว จึงนำมาหาค่าอำนาจการทดสอบ $(1-\beta)$ [14-15] ซึ่งวิธีการคำนวณหาค่าอำนาจการทดสอบสมมติฐานสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$\Phi^2 = \frac{nabD^2}{2c\sigma^2} \quad (1)$$

โดย n = จำนวนทดลองซ้ำ (replication)

a = ระดับของปัจจัยช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ซึ่งเท่ากับ 2

b = ระดับของปัจจัยช่วงเวลาในการทดสอบ ซึ่งเท่ากับ 2

c = ระดับของปัจจัยสีของแผ่นกันลม ซึ่งเท่ากับ 3

D = ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

σ^2 = ค่าความแปรปรวน ซึ่งหาได้จากการทดลองที่ เคยทำมาแล้วหรือได้จากการทดลองนำร่อง

โดยอาศัย σ จากการทดสอบนำร่อง เท่ากับ 0.06 วินาที และกำหนดให้ $D \cong 3\sigma \cong 0.15$ และใช้

$\alpha = 0.05$ ซึ่งเมื่อแทนค่าเหล่านี้ในสมการที่ (1) จะได้ผลดังสมการที่ 2

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

ตารางที่ 2 แสดงการคำนวณอำนาจการทดสอบข้อมูลไว้ทั้งหมด 3 ค่า จากนั้นจึงใช้ตาราง Operating characteristic curves โดยกำหนดให้ $\alpha = 0.05$, $V1 = 2$ พบว่าเมื่อ $n = 2$ ได้ค่าอำนาจการทดสอบข้อมูลมากที่สุด จึงเลือกจำนวนการทดลองซ้ำเท่ากับ 2 ครั้ง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการทดลองแบบแฟกทอเรียลของแต่ละบล็อกใช้จำนวนทดสอบทั้งหมดเท่ากับ $2 \times 12 = 24$ การทดสอบ

ตารางที่ 2 การคำนวณอำนาจการทดสอบข้อมูล (กำหนดให้ $\alpha = 0.05$, $V1 = 2$)

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	-	-

ตัวแบบสมการเชิงเส้นของตัวแปรตามแสดงในสมการที่ (3) ดังนี้

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

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 และการทดลองซ้ำครั้งที่ 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 τ_i ; α_j และ β_k

ε_{ijkn} = องค์ประกอบของความผิดพลาดแบบสุ่ม

3.4 ขั้นตอนในการทดลอง

การทดสอบหาค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสง กระตุ้นของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เปิดรับสมัครผู้ที่สนใจเข้าร่วมในการทดสอบการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นขณะสวมหมวกนิรภัย

2) อธิบายและสาธิตเกี่ยวกับวิธีการทดสอบ รวมถึงวัตถุประสงค์ของการทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างฟังอย่างละเอียดเพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการทดลองที่อาจเกิดขึ้นจากความไม่เข้าใจ

3) สุ่มลำดับการทดสอบของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน

4) เริ่มทำการทดสอบตามลำดับ โดยให้ผู้ถูกทดสอบนั่งเก้าอี้ที่จัดเตรียมไว้ในท่าทางที่สบาย จากนั้นนำแขนข้างที่ถนัดวางบนโต๊ะในท่าทางที่นิ้วชี้วางใกล้กับปุ่มกด เพื่อให้สามารถกดได้ถนัด ตามผังการจัดพื้นที่ทดสอบในรูปที่ 1 และรูปที่ 2

5) ให้ผู้ถูกทดสอบสวมหมวกนิรภัยที่มีแผ่นกันลมเป็นสีต่าง ๆ เช่น สีใส สีส้ม และสีขาว (ถอดเปลี่ยนสีได้)

6) วัดเวลาการตอบสนอง โดยใช้แสงสีแดงเป็นสิ่งกระตุ้นด้วยเครื่องทดสอบการตอบสนองแบบที่ต้องเลือก (deluxe multi-choice reaction time apparatus model: 63013)

7) ก่อนเริ่มทำการทดสอบแต่ละครั้งต้องทำการตรวจสอบความสว่างของแสงรอบ ๆ บริเวณพื้นที่ทดสอบ และให้ผู้ถูกทดสอบทดลองกดประมาณ 5-10 นาที เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับลักษณะการทดลอง

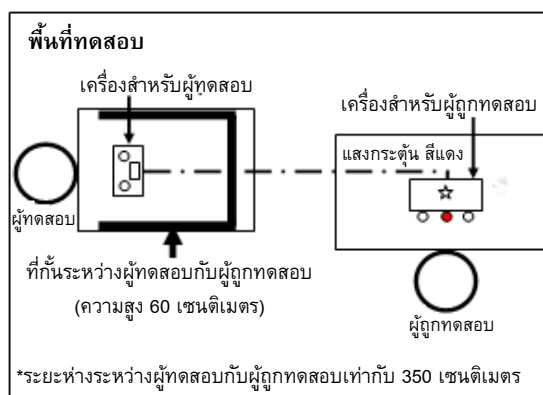
8) ทำการทดสอบ 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. และช่วงเย็นเวลา 19.00-20.00 น. เนื่องจากต้องการศึกษาในช่วงเวลาที่มีแสงสว่างแตกต่างกันอย่างชัดเจน

9) เริ่มทำการทดสอบและเก็บข้อมูลไปเรื่อย ๆ จนครบตามแผนการทดลองที่วางไว้ การบันทึกเวลาการตอบสนองเริ่มตั้งแต่สัญญาณไฟกระตุ้นติดจนถึงผู้ถูกทดสอบกดปุ่มที่เครื่องวัดเสร็จสิ้น และเวลามีหน่วยเป็นวินาที

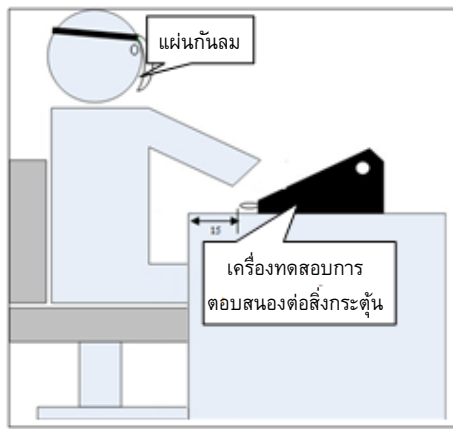
10) ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนทำการทดลองทั้งหมด 50 ครั้ง (ผู้ถูกทดสอบ 1 คน ต่อ 1 เงื่อนไขการทดลอง) โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกทำการทดลองต่อเนื่อง 20 ครั้ง จากนั้นพัก 1 นาที แล้วทำการทดลองช่วงที่สองอีก 30 ครั้งต่อเนื่องเช่นกัน

11) นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบผู้ถูกทดสอบแต่ละคน คนละ 50 ค่า ไปสร้างกราฟเส้นโค้งการเรียนรู้ พบว่าค่าเวลา 5 ครั้งหลังสุด (ครั้งที่ 46-50) ข้อมูลจะคงที่และเป็นช่วงที่เหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

12) ในการทดลองนี้ได้กระทำเป็น 2 ชุด แยกจากกันคือ ชุดของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศชายและเพศหญิง โดยไม่ถือว่าเป็นการทดลองเดียวกัน เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์จึงเกี่ยวข้องกับแต่ละกลุ่มเท่านั้น หรือกล่าวได้ว่าการทดสอบประกอบด้วย 2 บล็อกคือ บล็อกของเพศชายและบล็อกของเพศหญิง ทั้งนี้เพื่อให้เงื่อนไขในแต่ละบล็อกที่ไม่สามารถควบคุมได้สม่ำเสมอให้มีการรวมอยู่ในบล็อกเดียวกันจึงได้กำหนดให้การทดลองเป็นแบบบล็อก



รูปที่ 1 การจำลองตำแหน่งการนั่งของผู้ทดสอบและผู้ถูกทดสอบ



รูปที่ 2 การจำลองลักษณะการนั่งทดสอบของผู้ถูกทดสอบ

4. ผลการวิจัย

หลังจากทำการทดลองเวลาการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นตามที่ได้ออกแบบไว้ ผลการวิจัยสามารถแบ่งออกได้ 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศชาย กรณีที่ 2 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศหญิง และกรณีที่ 3 นำข้อมูลของบล็อกเพศชายและหญิงมาวิเคราะห์ร่วมกัน โดยแต่ละกรณีมีรายละเอียดดังนี้

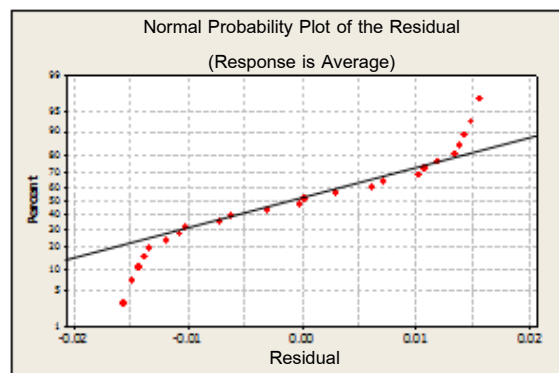
4.1 กรณีที่ 1 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศชาย

ตารางที่ 3 แสดงการบันทึกผลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศชาย) ก่อนวิเคราะห์ความแปรปรวนต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อสมมติเบื้องต้นของแบบจำลอง โดยตรวจสอบค่าความผิดพลาดหรือค่าคลาดเคลื่อนในการทดลอง (experimental error หรือ residual, e_{ij}) กล่าวคือค่าความคลาดเคลื่อนจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ (normally distributed) และเป็นอิสระต่อกัน (independently distributed) ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ นอกจากนี้ค่าความแปรปรวนต้องคงที่ (constant variance, σ^2) ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนจึงจะสามารถนำไปใช้ได้ [16]

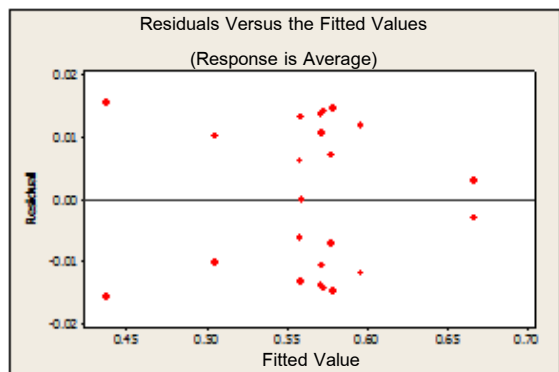
ตารางที่ 3 การบันทึกผลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศชาย)

ทดลองซ้ำ	ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
			ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)	ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)
สี่สิบ (C1)	1	0.4218	0.4950	0.5448	0.5820	
	2	0.4530	0.5154	0.5716	0.5606	
สี่สิบสาม (C2)	1	0.5512	0.5698	0.5836	0.6636	
	2	0.5636	0.5842	0.6074	0.6696	
สี่สิบห้า (C3)	1	0.5590	0.5570	0.5634	0.5868	
	2	0.5586	0.5846	0.5930	0.5584	

ผลจากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงมีการแกว่งของข้อมูลเล็กน้อย สามารถประมาณได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศชาย



รูปที่ 4 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากการสมการของข้อมูลเพศชาย

การตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ของข้อมูล พบว่าค่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกันและความแปรปรวนของค่าส่วนตกค้างคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 4 หรือสามารถ

ประมาณได้ว่าค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนเท่ากับศูนย์ เห็นได้จากรูปด้านบน ซึ่งข้อมูลมีการกระจายไปทั่วทั้งกราฟแบบสุ่มโดยไม่แสดงรูปแบบ (pattern) ใด ๆ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศชาย โดยวิเคราะห์แบบแฟกทอเรียล

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง	ค่าเอฟ	ค่าพี
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	0.01453	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 แสดงให้เห็นว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) สีของแผ่นกันลม (C) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (AC) อันตรกิริยาระหว่างช่วงเวลาในการทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (BC) และอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบ และสีของแผ่นกันลม (ABC) มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับช่วงเวลาในการทดสอบ (AB) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของทูเคย์ (Tukey) สรุปได้ดังนี้

1) ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของช่วงอายุตั้งแต่ 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

2) ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของช่วง

เวลาการทดสอบช่วงกลางวัน 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

3) ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของแผ่นกันลมสีแตกต่างจากสีส้มและสีขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0001$ และ 0.0042 ตามลำดับ) โดยค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีฟ้าเท่ากับ 0.51803 วินาที ค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีส้มเท่ากับ 0.59913 วินาที และค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีขาวเท่ากับ 0.57010 วินาที และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นกันลมสีส้มกับสีขาว พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.1261$)

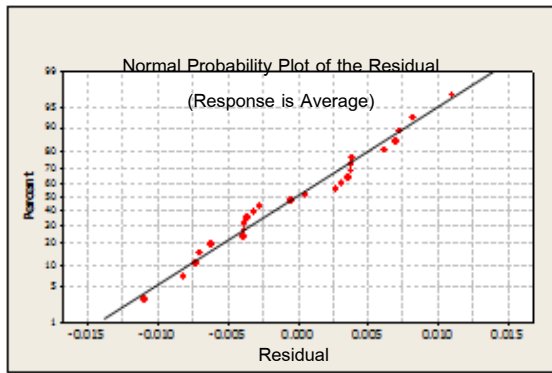
4.2 กรณีที่ 2 การทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศหญิง

ผลจากการทดสอบเวลาการตอบสนองของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์ (แสดงในตารางที่ 5) สามารถนำไปตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของแบบจำลอง (แสดงในรูปที่ 5-6) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (แสดงในตารางที่ 6) โดยมีรายละเอียดดังนี้

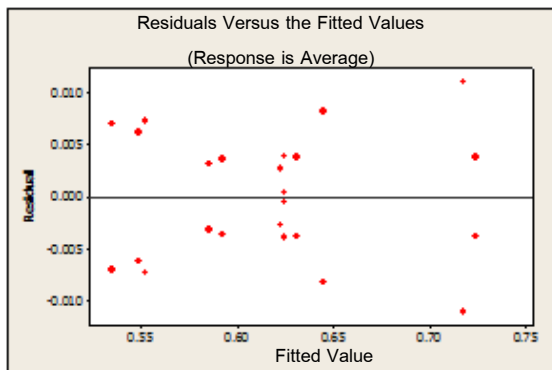
ตารางที่ 5 การบันทึกผลการทดลองเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้น (เพศหญิง)

	ทดลองซ้ำ	ช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี (A1)		ช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี (A2)	
		ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)	ช่วงกลางวัน (B1)	ช่วงเย็น (B2)
สีฟ้า (C1)	1	0.5414	0.5546	0.6248	0.6340
	2	0.5274	0.5422	0.6194	0.6264
สีส้ม (C2)	1	0.5956	0.6236	0.7274	0.7064
	2	0.5884	0.6246	0.7198	0.7284
สีขาว (C3)	1	0.5440	0.5882	0.6280	0.6528
	2	0.5586	0.5820	0.6202	0.6364

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองเพศหญิง (แสดงในรูปที่ 5) พบว่าค่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีการแจกแจงแบบเส้นตรง หมายความว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ การตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ของข้อมูลพิจารณาได้จากรูปที่ 6 จะพบว่าความแปรปรวนของส่วนตกค้างคงที่



รูปที่ 5 ความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศหญิง



รูปที่ 6 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากสมการของข้อมูลเพศหญิง

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์เพศหญิง โดยวิเคราะห์แบบแฟกทอเรียล

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมของค่ากำลังสอง	ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสอง	ค่าเอฟ	ค่าพี
ช่วงอายุ (A)	1	0.046236	0.046236	688.079	0.000*
ช่วงเวลา (B)	1	0.001744	0.001744	25.958	0.000*
สีแผ่นกันลม (C)	2	0.028681	0.014341	213.419	0.000*
AB	1	0.000551	0.000551	8.201	0.014*
AC	2	0.002171	0.001086	16.157	0.000*
BC	2	0.000310	0.000155	2.304	0.142
ABC	2	0.000288	0.000144	2.145	0.160
ความผิดพลาด (Error)	12	0.000806	0.000067	-	-
ผลรวม (Total)	23	0.080788	-	-	-

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

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ในตารางที่ 6 พบว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) สีของแผ่นกันลม (C) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับช่วงเวลาในการทดสอบ (AB)

และอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (AC) มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอันตรกิริยาระหว่างช่วงเวลาในการทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (BC) และอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบและสีของแผ่นกันลม (ABC) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย เป็นดังนี้

1) ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของช่วงอายุตั้งแต่ 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

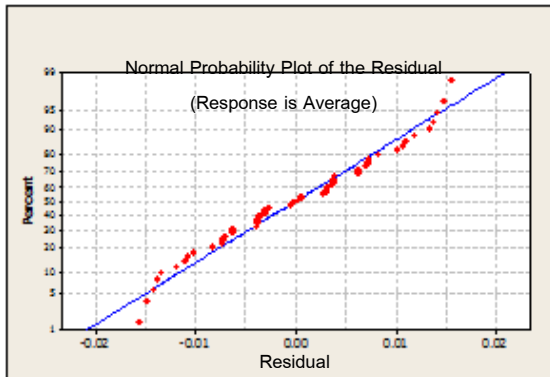
2) ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของช่วงเวลาในการทดสอบช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. แตกต่างกับช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. อย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0106$) โดยช่วงเวลากลางวันมีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.60792 วินาที ส่วนช่วงเวลากลางคืนมีค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.62497 วินาที

3) ค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของแผ่นกันลมสีฟ้าแตกต่างจากสีส้มอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0000$) แต่ไม่แตกต่างจากสีขาอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0694$) โดยค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีฟ้าเท่ากับ 0.58378 วินาที ค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีส้มเท่ากับ 0.66428 วินาที และค่าเวลาในการตอบสนองเฉลี่ยของแผ่นกันลมสีขาวเท่ากับ 0.60128 วินาที และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นกันลมสีส้มกับสีฟ้า พบว่าค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.0000$)

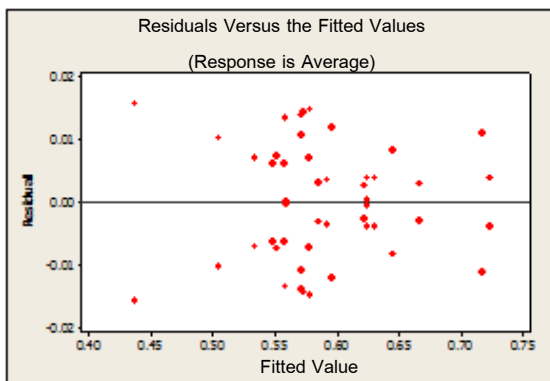
4.3 กรณีที่ 3 นำข้อมูลของบล็อคเพศชายและหญิงมาวิเคราะห์ร่วมกัน

ผลการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของแบบจำลอง โดยการนำเอาทั้งเพศชายและหญิงมาวิเคราะห์ร่วมกัน (แสดงในรูปที่ 7) พบว่าค่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีการแจกแจงแบบเส้นตรง จึงสามารถประมาณได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และการตรวจสอบ

ความคงที่ของค่าความแปรปรวนของส่วนตกค้างของข้อมูลพิจารณาได้จากรูปที่ 8 พบว่าความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 7 ความน่าจะเป็นของค่าส่วนตกค้างของข้อมูลเพศชายและหญิง



รูปที่ 8 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ได้จากการสมการของข้อมูลเพศชายและหญิง

ผลจากตารางที่ 7 ซึ่งวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) สีของแผ่นกันลม (C) เพศ (D) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับสีของแผ่นกันลม (AC) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบกับเพศ (AD) อันตรกิริยาระหว่างสีของแผ่นกันลมกับเพศ (CD) อันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ สีของแผ่นกันลมและเพศ (ACD) อันตรกิริยาระหว่างช่วงเวลาในการทดสอบ สีของแผ่นกันลมและเพศ (BCD) และอันตรกิริยาระหว่างช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบ สีของแผ่นกันลมและเพศ (ABCD) มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอันตรกิริยาอื่นๆไม่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ทั้งเพศชายและหญิง 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 ($\alpha=0.05$)

5. การอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1) ช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ (A) ทั้งเพศชายและหญิงมีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงอายุตั้งแต่ 18-39 ปี ตอบสนองได้เร็วกว่าช่วงอายุตั้งแต่ 40-60 ปี ทั้งนี้เนื่องจากจากการพัฒนาการของร่างกาย และช่วงอายุที่มากขึ้นอาจมีความไวต่อการกระตุ้นช้าลง จึงทำให้มีการตอบสนองที่ช้ากว่าช่วงอายุน้อย

2) ช่วงเวลาในการทดสอบ (B) ทั้งเพศชายและหญิงมีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงกลางวัน เวลา 12.00-13.00 น. ให้ค่าเวลาในการตอบสนองน้อยกว่าช่วงเย็น เวลา 19.00-20.00 น. เนื่องจากความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงสว่างเพียงพอ จึงทำให้ผู้ถูกทดสอบสามารถตอบสนองได้เร็วกว่าช่วงเวลากลางคืน

3) สีของแผ่นกันลม (C) ทั้งเพศชายและหญิงมีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นกันลมสีฟ้าให้ค่าเวลาการตอบสนองน้อยที่สุด รองลงมาคือ แผ่นกันลมสีขาว และสีส้มตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Lai และHuang [9] ที่

พบว่าการใช้หมวกนิรภัยที่มีแผ่นกันลมสีต่าง ๆ ในขณะขับขี่รถจักรยานยนต์มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นกันลมดังกล่าวไม่ได้ช่วยลดแสงสว่างโดยตรงแต่กลับส่งผลให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลงอย่างชัดเจน

4) เพศ พบว่าค่าเวลาการตอบสนองเพศชายจะน้อยกว่าเพศหญิง กล่าวคือเพศชายมีการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นสีแดงเร็วกว่าเพศหญิง แต่ในการศึกษาวิจัยของพรศิริ [10] พบว่าเพศหญิงมีการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นสีแดงเร็วกว่าเพศชายเมื่อใช้แสงสีแดงและสีเขียวเป็นแสงกระตุ้น ซึ่งผลการศึกษานี้ยังกันนี้อาจเป็นเพราะช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบที่แตกต่างกัน กล่าวคือในงานวิจัยของพรศิริ [10] ทำการทดสอบช่วงอายุตั้งแต่ 19 ถึง 27 ปี จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน

6. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าช่วงอายุของผู้ถูกทดสอบ ช่วงเวลาในการทดสอบ สีของแผ่นกันลม และเพศ มีผลต่อค่าเวลาในการตอบสนองต่อแสงกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ควรเลือกใช้หมวกนิรภัยชนิดเต็มใบที่มีแผ่นกันลมแบบปิดเต็มใบหน้าสีใส ซึ่งทำให้ตอบสนองต่อแสงกระตุ้นเร็วที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง . สถิติคดีจราจร (เฉพาะคดีที่เป็นอุบัติเหตุ). [ออนไลน์]. 2555. [อ้างอิง; 14 ม.ค. 2556] เข้าถึงได้จาก: http://statistic.police.go.th/stat/traffic_year_54.pdf
- [2] Kelly, P., Sanson, T., Strange, G. and Orsay, E. 1991. A prospective study of the impact of helmet usage on motorcycle trauma. *Annals of Emergency Medicine*. 20(8): 852-856.
- [3] Ichikawa, M., Chadbunchachai, W. and Marui, E. 2003. Effect of the helmet act for motorcyclists in

Thailand. *Accident Analysis and Prevention*. 35: 183-189.

- [4] Servadei, F., Begliomini, C., Gardini, E., Giustini, M., Taggi, F. and Kraus, J. 2003. Effect of Italy's motorcycle helmet law on traumatic brain injuries. *Injury Prevention*. 9: 257-260.
- [5] Kapovich, P. V. 1962. *Physiology of muscular activity*. W. B. Saunders company, Philadelphia.
- [6] McKnight, J. A. and McKnight, S. A. 1995. The Effect of motorcycle helmets upon seeing and hearing. *Accident Analysis and Prevention*. 27 (4): 493-501.
- [7] เสาวณิต ทองมี. 2550. การใช้แสงธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในอาคารห้องสมุด: กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดประชาชน เฉลิมราชกุมารี. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [8] Buyan, M., Brühwiler, P. A., Azens, A., Karmhag, R., Gustavsson, G. and Granqvist, C. G. 2006. Facial warming and tinted helmet visors. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 36: 11-16.
- [9] Lai, H-H. and Huang, H. 2008. Evaluation of visibility of tinted helmet visors for motorcycle riders. *Industrial Ergonomics*. 38: 953-958.
- [10] พรศิริ จงกล. 2554. ผลกระทบของคุณลักษณะของแผ่นกันลมในหมวกนิรภัยที่มีต่อความพึงพอใจและการตอบสนองของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [11] Luce, R. D. 1986. *Response times: Their role in inferring elementary mental Organization*. New York: Oxford University Press.
- [12] เอมอร ทำน้าต้น. 2541. การศึกษาเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของนักกีฬาประเภททีม ประเภทคู่ และประเภทเดี่ยวที่มีความรู้สึกเห็นคุณค่าในตนเองต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- [13] สุวัฒน์ วัฒนวงศ์. 2538. จิตวิทยาการเรียนรู้วัยผู้ใหญ่. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.
- [14] จิราวัลย์ จิตรถเวช. 2552. การวางแผนและการวิเคราะห์การทดลอง. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์ ไทยพัฒนรายวันการพิมพ์ จำกัด. สมุทรสาคร.
- [15] Montgomery, D.C. 2001. Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons. 5th edition.
- [16] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. 2551. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. สำนักพิมพ์ ท็อป จำกัด. กรุงเทพมหานคร.