ขอบเขตของสีน้ำเงินที่ยอมรับได้บนป้ายจราจร
สำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ

BOUNDARY OF ACCEPTABLE BLUE COLOR IN TRAFFIC SIGN FOR ELDERLY VISION

นฤพนธ์ เขียวพิลาภ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ขอบเขตของสีน้ำเงินที่ยอมรับได้บนป้ายจราจร สำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ

นฤพนธ์ เขียวพิลาภ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ขอบเขตของสีน้ำเงินที่ยอมรับได้บนป้ายจราจร สำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ Boundary of Acceptable Blue Color in Traffic Sign for Elderly Vision
ชื่อ-นามสกุล	นายนฤพนธ์ เขียวพิลาภ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์กิติโรจน์ รัตนเกษมสุข, Ph.D.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐวิภา สินสุวรรณ, นศ.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญชัย วลีธรชีพสวัสดิ์, วท.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุรวิศ ตั้งกิจวิวัฒน์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์กิติโรจน์ รัตนเกษมสุข, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ ไก่ฟ้า, กศ.ม.)
วันที่ 5 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ขอบเขตของสีน้ำเงินที่ยอมรับได้บนป้ายจราจร
สำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ
ชื่อ - นามสกุล นายนฤพนธ์ เขียวพิลาภ
สาขาวิชา เทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กิติโรจน์ รัตนเกษมสุข, Ph.D.
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ต้องการศึกษาขอบเขตของสีน้ำเงินที่ยอมรับได้บนป้ายจราจรสำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้เป็นผู้ที่ไม่มีความบกพร่องทางการมองเห็นสีและมีความสามารถในการมองเห็นปกติหรือได้รับการแก้ไขแล้วจำนวน 30 คน โดยผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่าง “วัยรุ่น” มีอายุระหว่าง 18 – 35 ปี และกลุ่มตัวอย่าง “ผู้สูงอายุจำลอง” ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใส่แว่นจำลองสายตาของผู้สูงอายุ แผ่นทดสอบที่นำมาใช้ในการทดลองประกอบด้วยสัญลักษณ์บนป้ายจราจรประเภทบังคับจำนวน 18 แผ่นป้าย และสีพื้นหลังจำนวน 52 สีซึ่งมีที่มาจากการพิกัดบนแผนภูมิ CIE 1931 xy chromaticity ความสว่างของสีพื้นหลังแต่ละสีถูกกำหนดจากการเปรียบเทียบความสว่าง (Brightness Matching) กับสีน้ำเงินอ้างอิง (Yxy = 16.26, 0.141, 0.063)

การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองการยอมรับสีน้ำเงินและการทดลองการระบุชื่อสี จากการทดลองแรก ผู้วิจัยต้องการทราบถึงสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรภายใต้สภาวะความสว่างเท่ากับ 0 ลักซ์ โดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบคำถามว่าสีที่มองเห็นบนจอแสดงผลคือสีน้ำเงินบนป้ายจราจรหรือไม่ สำหรับการทดลองการระบุสี กลุ่มตัวอย่างต้องระบุชื่อสีที่มองเห็นบนจอแสดงผลจากคำเรียกสีพื้นฐาน (Basic Color Terms) ทั้ง 11 สี คือ สีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเขียว สีฟ้า สีม่วง สีชมพู สีน้ำตาล สีเทา สีดำ และสีขาว

ผลการทดลองพบว่า สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรมากกว่า 50 % โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” มีจำนวนใกล้เคียงกันคือ 14 สี และ 15 สีตามลำดับ แสดงว่า ผู้สูงอายุไม่มีปัญหาเรื่องการมองเห็นป้ายจราจรพื้นหลังสีน้ำเงินตามที่ผู้วิจัยคาดไว้ และสีพื้นหลังบางส่วนที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรโดย “ผู้สูงอายุจำลอง”และ “วัยรุ่น” ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตมาตรฐานมอก. 635-2554 แสดงว่าหากเปลี่ยนแปลงสีบนป้ายจราจร

จนอยู่นอกเหนือขอบเขตมาตรฐานมอก. 635-2554 แต่ยังคงอยู่ภายใต้ขอบเขตสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรโดย “ผู้สูงอายุจำลอง”และ “วัยรุ่น” มนุษย์ยังคงรับรู้ได้ว่าสีดังกล่าวคือสีน้ำเงินบนป้ายจราจร นอกจากนี้ สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรโดย “ผู้สูงอายุจำลอง”และ “วัยรุ่น” สามารถนำมาใช้ทำสีพื้นหลังบนป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับสีน้ำเงินได้

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ การมองเห็น ป้ายจราจร ขอบเขตสีน้ำเงิน การระบุสี

Thesis Title	Boundary of Acceptable Blue Color in Traffic Sign for Elderly Vision
Name - Surname	Mr.Narupon Keawpilab
Program	Mass Communication Technology
Thesis Advisor	Mr.Kitirochna Rattanakasamsuk, Ph.D.
Academic Year	2016

ABSTRACT

This research aimed to study the range of blue colors that are acceptable on traffic signs for elderly vision. The subjects were 30 people who have no visual impairment and have normal or corrected to normal visual acuity. The researcher defined 2 groups of sample: 1) the "Young" aged between 18 to 35 years old, and 2) the "Simulated Elderly" wearing the cataract in experiencing goggles. The test patch used in this experiment consisted of 18 mandatory road signs with 52 background colors, which came from the CIE 1931 xy chromaticity diagram. The luminance of each background color was determined by the Brightness Matching with the reference of blue (Yxy = 16.26, 0.141, 0.063).

The experiment was divided into two parts: the experiment of the acceptability blue color and the experiment of color category naming. For the first experiment, the purpose was to find the background color that was accepted as blue on the traffic sign under the 0 lux illuminance. The subjects were asked whether the visible color on the display was blue on the traffic sign or not. For the experiment of color category naming, the subjects were asked to categorize the colors on the display from the following 11 basic color terms: red, orange, yellow, green, blue, purple, pink, brown, gray, black, and white.

The results showed that the background colors recognized and categorized as blue on the traffic signs by "Simulated Elderly" and "Young" were similar, 14 colors and 15 colors, respectively. This means that the elderly do not have problems seeing the blue background color on the traffic signs as questioned by the researcher. Some of the background colors recognized and categorized as blue on the traffic signs by the "Simulated Elderly" and "Young" are beyond Thai Industrial Standards (TIS) 635-2554. This shows that, if there is a change in the color of the traffic signs beyond the TIS

635-2554, but still remain within the acceptable background color range and was categorized as blue on the traffic signs by the “Simulated Elderly” and “Young”, we will still see the colors of the traffic signs as blue. In addition, all of the background colors accepted and categorized as blue on the traffic signs by the “Simulated Elderly” and “Young” can be used as the background colors on the traffic signs.

Keywords: elderly, vision, traffic sign, blue boundary, color category naming

กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์ของอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กิติโรจน์ รัตนเกษมสุข เปรียบเหมือนเป็นผู้ขัดเกลาคนสำคัญที่คอยชี้นำทางให้แก่ผู้วิจัย ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขในทุก ๆ เรื่องจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุญคุณและคำสอนที่อาจารย์ที่ปรึกษามอบให้แก่ผู้วิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณคณะครู-อาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ช่วยอบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้าได้มีวิชาความรู้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่มอบโอกาสดี ๆ ทางการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชนที่ทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ที่ดีอันแสนมีค่า ขอขอบคุณครอบครัวที่ไม่ปิดกั้นโอกาสทางการศึกษา เป็นแรงผลักดันทำให้ผู้วิจัยก้าวขึ้นมาถึงจุดนี้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนให้ผู้วิจัยไม่ยอมแพ้และไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคจนสำเร็จไปได้ด้วยดี ความสำเร็จในครั้งนี้จะเกิดขึ้นไม่ได้หากผู้วิจัยไม่มีความเพียรพยายาม และที่สำคัญขอขอบคุณ พ่อไพฑูรย์ เขียวพิลาภ บิดาของผู้วิจัยที่คอยอยู่เคียงข้างผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะมีประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้า เพราะผู้วิจัยมีความตั้งใจจริงในการทำงานวิจัยฉบับนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยมา ณ โอกาสนี้

นฤพนธ์ เขียวพิลาภ

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (5)

กิตติกรรมประกาศ ..... (7)

สารบัญ ..... (8)

สารบัญตาราง ..... (10)

สารบัญภาพ ..... (11)

บทที่ 1 บทนำ 14

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 14

1.2 วัตถุประสงค์ 15

1.3 ขอบเขตการวิจัย 15

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 15

1.5 นิยามศัพท์ 16

บทที่ 2 ทฤษฎีหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

2.1 แสง 17

2.2 ดวงตา 19

2.3 สี 20

2.4 ป้ายจราจร 28

2.5 ผู้สูงอายุ 31

2.6 สภาพการมองเห็นของผู้สูงอายุ 31

2.7 ภาพติดตา 38

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 40

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 48

3.1 การทดลองที่ 1 การทดลองเพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงิน 49

3.2 การทดลองที่ 2 การทดลองเพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงิน โดยการกำหนดระยะเวลาการพักการทดลองเป็น 10 วินาที 57

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล 59

4.1 ผลการทดลองที่ 1 การทดลองเพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงิน 59

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การทดลองเพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงิน โดยการกำหนดระยะเวลาการพักการทดลองเป็น 10 วินาที 67

4.3 เปรียบเทียบผลการทดลองระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที กับ 10 วินาที 71

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 74

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 75

5.1 สรุปผลการทดลอง 75

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต 76

บรรณานุกรม 77

ภาคผนวก 81

ภาคผนวก ก ผลการทดลอง 82

ภาคผนวก ข แบบสอบถาม 91

ประวัติผู้เขียน 94

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการตั้งค่าจอแสดงผล Eizo รุ่น Color Edge CX271 49

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดสภาวะการทดลอง 52

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการตั้งค่าจอแสดงผล Eizo รุ่น Color Edge CG223W 58

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 17
ภาพที่ 2.2 แสงสีขาวที่ถูกหักเหออก 18
ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของนัยน์ตา 19
ภาพที่ 2.4 ภาพวาดแสดงการทดลองปริซึมแสง 20
ภาพที่ 2.5 การทดลองด้วยปริซึมของนิวตัน 21
ภาพที่ 2.6 การกระจายพลังงานของแสง 21
ภาพที่ 2.7 การจำลองการทดลองเปรียบเทียบสี 22
ภาพที่ 2.8 แถบสเปกตรัมของแสง 23
ภาพที่ 2.9 กราฟสามมิติ 24
ภาพที่ 2.10 แถบสเปกตรัมของ XYZ 25
ภาพที่ 2.11 แผนภูมิโครมาติกซิตี 26
ภาพที่ 2.12 รายละเอียดต่าง ๆ CIE Diagram 27
ภาพที่ 2.13 ป้ายบังคับทั้งหมด 28
ภาพที่ 2.14 ป้ายเตือนทั้งหมด 29
ภาพที่ 2.15 ป้ายแนะนำทั้งหมด 30
ภาพที่ 2.16 การมองเห็นของคนเป็นต้อกระจก 33
ภาพที่ 2.17 การมองเห็นของคนเป็นต้อหิน 34
ภาพที่ 2.18 การมองเห็นของคนเป็นจอตาเสื่อมในผู้สูงวัย 35
ภาพที่ 2.19 การมองเห็นของคนเป็นเบาหวานขึ้นตา 36
ภาพที่ 2.20 ความดำเชิงแสงของคริสทัลลีนเลนส์ 36
ภาพที่ 2.21 การทดลองภาพติดตาที่ 1 38
ภาพที่ 2.22 การทดลองภาพติดตาที่ 2 39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 48
ภาพที่ 3.2 แว่นตาจำลองสายตาผู้สูงอายุ 50
ภาพที่ 3.3 การส่องผ่านแสงของแว่นตาจำลองสายตาผู้สูงอายุ 50
ภาพที่ 3.4 เครื่องวัดความส่องสว่างและสียี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CS-100A 51
ภาพที่ 3.5 ภาพจำลองห้องทดลอง 51
ภาพที่ 3.6 พิกัดสีทั้ง 52 สี บนแผนภูมิโครมาติกซิตี 53
ภาพที่ 3.7 ส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานของการปรับค่าความสว่างสี 53
ภาพที่ 3.8 ป้ายจราจรที่มีสีพื้นหลังเป็นสีน้ำเงิน 54
ภาพที่ 3.9 ภาพจำลองส่วนติดต่อผู้ใช้งานของโปรแกรมสำหรับการทดลอง 54
ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน 55
ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการทดลองระบุชื่อสี 56
ภาพที่ 4.1 ผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินโดย (ก) “วัยรุ่น” และ (ข) “ผู้สูงอายุจำลอง” 59
ภาพที่ 4.2 สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” 62
ภาพที่ 4.3 ผลการทดลองระบุชื่อสีโดย (ก) “วัยรุ่น” และ (ข) “ผู้สูงอายุจำลอง” 64
ภาพที่ 4.4 สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงิน 66
ภาพที่ 4.5 ภาพที่ 4.5 ผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที โดย (ก) “วัยรุ่น” และ (ข) “ผู้สูงอายุจำลอง” 68
ภาพที่ 4.6 ภาพที่ 4.6 ผลการทดลองระบุชื่อสีด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที โดย (ก) “วัยรุ่น” และ (ข) “ผู้สูงอายุจำลอง” 69
ภาพที่ 4.7 สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงิน ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที 70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน 72

ภาพที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบการทดลองระบุชื่อสี 5 วินาที และ 10 วินาที..... 73

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มีงานวิจัยที่กล่าวถึงป้ายจราจรที่ไม่มีความชัดเจนจนส่งผลกระทบต่อการกระทำผิดกฎจราจรของผู้ขับขี่ยานพาหนะโดยไม่ได้ตั้งใจ [1] จากสาเหตุของการกระทำผิดกฎจราจรเพราะป้ายจราจรที่ไม่มีความชัดเจนและทุกวันนี้ประเทศไทยไม่มีมาตรฐานการใช้งานป้ายจราจรอย่างเป็นระบบ จึงมีหลายหน่วยงานต้องการให้ป้ายจราจรมีมาตรฐานเดียวกันทั่วทั้งประเทศ เพื่อจะได้มีระบบและระเบียบเป็นมาตรฐานสากล โดยลักษณะป้ายจราจรที่จะนำมาใช้ใหม่จะมีสีพื้นหลังเป็นสีน้ำเงินและสัญลักษณ์ของป้ายเป็นสีขาวมีจำนวนทั้งหมด 18 แผ่นป้าย

นอกจากนี้ป้ายจราจรที่ติดตั้งแล้วเป็นระยะเวลานานอาจมีการเสื่อมสภาพของตัวป้ายจราจรได้ เช่น ได้รับความเสียหาย ผุพัง หักงอ สีบนป้ายจราจรเปลี่ยนไป ข้อความบนป้ายหาย ฯลฯ จนทำให้ไม่สามารถสื่อความหมายของป้ายจราจรได้ จากประเด็นการเปลี่ยนแปลงของสีบนป้ายจราจรทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาขอบเขตของสีน้ำเงินที่ยอมรับได้บนป้ายจราจร หากสีน้ำเงินบนป้ายจราจรมีการเปลี่ยนแปลงไป ผู้สังเกตจะยังคงรับรู้ได้ถึงสีน้ำเงินบนป้ายจราจรหรือไม่ เพื่อป้องกันปัญหาป้ายจราจรที่ไม่มีความชัดเจนจนส่งผลกระทบทำให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะกระทำผิดกฎจราจร

ในด้านของประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย จากสถิติพบว่า ผู้สูงอายุมีจำนวนเพิ่มขึ้นมาก และเมื่อย้อนกลับไปในปี พ.ศ. 2537 ประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยมีจำนวน 4 ล้านคนเท่านั้น แต่ในปัจจุบันนี้ ผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเป็น 10 ล้านคน ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากและมีการคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2564 สังคมไทยจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ สำหรับข้อมูลที่น่าเป็นกังวลเพิ่มเติม คือ จำนวนผู้สูงอายุที่ต้องอาศัยอยู่คนเดียวมีแนวโน้มสูงขึ้นจากร้อยละ 3.6 ในปี พ.ศ. 2537 เป็นร้อยละ 10.4 ในปี พ.ศ. 2557 [2]

หนึ่งในปัญหาที่น่าเป็นกังวลของผู้สูงอายุ คือ “ปัญหาของการมองเห็น” ส่วนใหญ่เกิดจากผู้สูงอายุมีปัญหาการเสื่อมสภาพของดวงตาตามอายุและนอกจากนี้อาจเกิดจากความผิดปกติของดวงตาในผู้สูงอายุ เช่น โรคต้อหิน โรคต้อกระจก โรคจอตาเสื่อม โรคเบาหวานขึ้นตา เป็นต้น อาการเหล่านี้ล้วนมีผลกระทบต่อการมองเห็นของผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังมีการทดลองเกี่ยวกับการมองเห็นของผู้สูงอายุ เรื่อง การส่องผ่านแสงของเลนส์แก้วตา [3] การทดลองชี้ให้เห็นว่า ช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-440 นาโนเมตร จะมีการส่องผ่านแสงได้น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงความยาวคลื่นในช่วงอื่น ๆ ถ้าการส่องผ่านแสงทำได้น้อยจะแสดงว่าการมองเห็นในช่วงความยาวคลื่นนั้น ๆ จะทำได้ไม่ดี

และในช่วงความยาวคลื่น 400-440 นาโนเมตร เป็นช่วงของสีน้ำเงิน ทำให้สรุปได้ว่า การมองเห็นสีน้ำเงินของคนเราจะทำได้ไม่ดี และเมื่ออายุมากขึ้นการส่องผ่านแสงจะยิ่งทำได้ลดน้อยลง จึงเลือกนำประเด็นดังกล่าวมาศึกษาเรื่องการมองเห็นสีน้ำเงินของผู้สูงอายุ

จากประเด็นทั้งสองที่ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญ ได้แก่ เรื่องการเปลี่ยนแปลงสีบนป้ายจราจร และเรื่องการมองเห็นสีน้ำเงินของผู้สูงอายุ ที่สืบเนื่องมาจากความกังวลต่อปัญหาในการมองเห็นสีของผู้สูงอายุและป้ายจราจรที่ถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานใหม่ซึ่งมีลักษณะสีที่แตกต่างจากเดิม ผู้วิจัยมีความต้องการศึกษาเรื่องขอบเขตของสีน้ำเงินที่ยอมรับได้บนป้ายจราจรสำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาขอบเขตของสีพื้นหลังสีน้ำเงินบนป้ายจราจรที่ยอมรับได้สำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ

1.3 ขอบเขต

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเรื่อง ขอบเขตสีพื้นหลังสีน้ำเงินบนป้ายจราจรที่เหมาะสมสำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ โดยเลือกสีจากการกำหนดพิกัดบนแผนภูมิ CIE 1931 xy chromaticity จำนวน 52 สีมาใช้ในการศึกษา สำหรับป้ายจราจรที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นป้ายจราจรประเภทบังคับ จำนวน 18 แผ่นป้าย และภายในห้องทดลองถูกควบคุมความสว่างเอาไว้ ไม่ให้แสงสว่างเข้ามารบกวนในระหว่างการทดลอง กลุ่มตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้มีอายุระหว่าง 18-35 ปี และเป็นผู้ที่ไม่มีปัญหาในการมองเห็นสีจำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างนี้ถูกทดลองในสองเงื่อนไข ได้แก่ กลุ่ม “วัยรุ่น” คือกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่แว่นตาจำลองสายตาของผู้สูงอายุ และกลุ่ม “ผู้สูงอายุจำลอง” คือกลุ่มตัวอย่างที่ใส่แว่นจำลองสายตาของผู้สูงอายุ สาเหตุที่เลือก “ผู้สูงอายุจำลอง” ทำการทดลองเนื่องจากสถานที่และวิธีการทดลองมีความไม่สะดวกต่อการนำกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุมาทำการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยไปกำหนดขอบเขตสีน้ำเงินบนป้ายจราจรที่เหมาะสมสำหรับการมองเห็นของวัยรุ่นและผู้สูงอายุ

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 “วัยรุ่น” หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่สภาพการมองเห็นปกติ ไม่มีปัญหาสภาพการมองเห็นที่เกิดในผู้สูงอายุ เช่น สายตายาว ต้อกระจก ฯลฯ

1.5.2 “ผู้สูงอายุจำลอง” หมายถึง กลุ่มตัวอย่าง“วัยรุ่น” ที่ใส่แว่นจำลองสายตาของผู้สูงอายุ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรของผู้สูงอายุ มีเอกสารที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งตามหัวข้อเรื่องได้ดังนี้

2.1 แสง

2.2 ดวงตา

2.3 สี

2.4 ป้ายจราจร

2.5 ผู้สูงอายุ

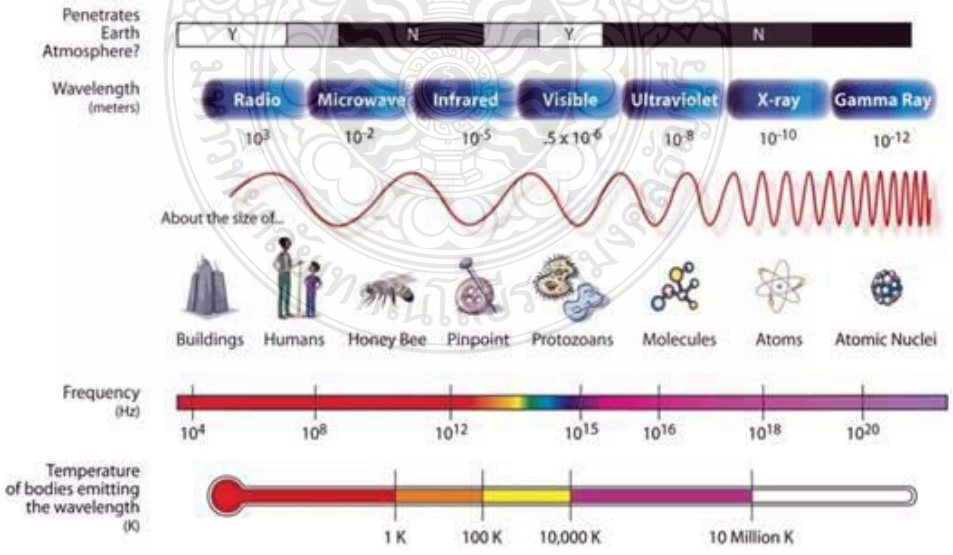
2.6 สภาพการมองเห็นของผู้สูงอายุ

2.7 ภาพติดตา

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

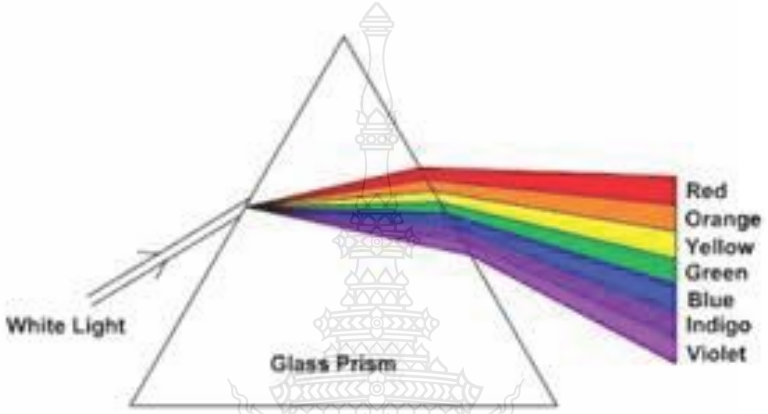
2.1. แสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง มีช่วงความถี่ที่หลากหลายดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [4]

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์มองเห็นเรียกว่า แสงที่ตามองเห็น (Visible Light) โดยที่ตาของมนุษย์สามารถรับรู้ได้ตั้งแต่ช่วงความยาวคลื่นที่อยู่ระหว่าง 400-700 นาโนเมตร หากนำแท่งแก้วปริซึม (Prism) มาหักเหแสงอาทิตย์ ทำให้แสงสีขาวถูกหักเหออกเป็น สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง เรียกว่า “สเปกตรัม” (Spectrum) ดังภาพที่ 2.2 แสงแต่ละสีมีความยาวคลื่นแตกต่างกัน แสงสีม่วงมีความยาวคลื่นน้อยที่สุด และแสงสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด



ภาพที่ 2.2 แสงสีขาวที่ถูกหักเหออก [5]

2.1.4 คุณสมบัติของแสง

1) แสงเดินทางเป็นเส้นตรง ด้วยอัตราเร็ว $3x10^{10}$ เซนติเมตรต่อวินาที

2) การสะท้อนแสง

3) การหักเหแสง

2.1.3 แม่สีของแสง

1) สีแดง

2) สีเขียว

3) สีน้ำเงิน

2.1.4 ความส่องสว่างและความสว่าง

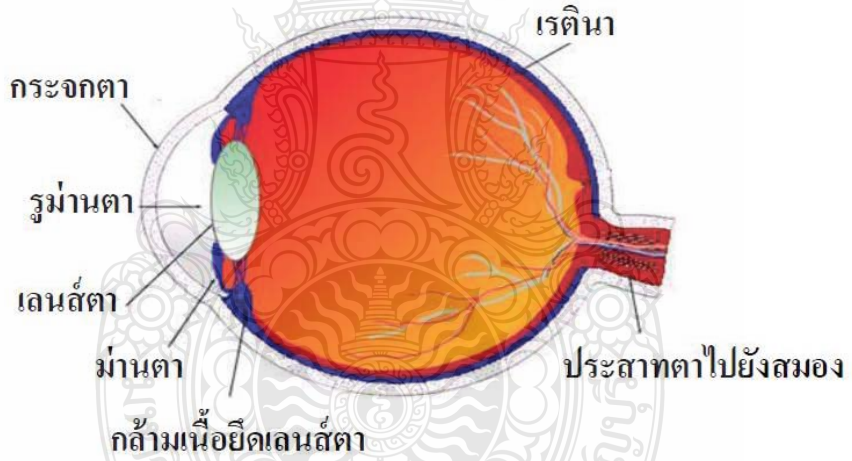
1) ความสว่าง (Illuminance, E) หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร (Lumen/m^2) หรือ ลักซ์ (Lux)

2) ความส่องสว่าง (Luminance, L) หมายถึง ปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ มีหน่วยเป็น แคนเดอลาต่อตารางเมตร (cd/m^2)

2.2 ดวงตา

ดวงตา คือ อวัยวะที่เราใช้รับรู้สิ่งต่าง ๆ ผ่านการมองเห็น ส่วนประกอบของนัยน์ตา ลูกตามีลักษณะเกือบเป็นทรงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ตัวลูกตามีกล้ามเนื้อยึดอยู่ 6 มัด สามารถช่วยให้กรอกตาซ้ายขวาขึ้นลงได้ ลักษณะสำคัญของลูกตาจะเห็นได้ชัดจากแผนภาพที่วาดผ่าครึ่งลูกตาเพื่อจะได้เห็นส่วนต่าง ๆ ภายในตามลำดับดังต่อไปนี้

1) กระจกตา (Cornea) ทำหน้าที่เป็นส่วนป้องกันลูกตา
2) เลนส์ตา (Lens) ทำหน้าที่รับแสงจากวัตถุ
3) กล้ามเนื้อยึดเลนส์ตา (Ciliary Muscle) ทำหน้าที่ให้นัยน์ตากลอกไปมาได้
4) ม่านตา (Iris) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่จะผ่านเข้าสู่เลนส์ตา
5) รูม่านตา (Pupil) ทำหน้าที่รับแสงผ่านเข้าสู่เลนส์ตา
6) เรตินา (Retina) ทำหน้าที่รับภาพจากแก้วตาที่ส่งมาเป็นพลังงานแสง



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของนัยน์ตา [6]

2.2.1 เซลล์รับแสงมี 2 ชนิด คือ

1) เซลล์รูปแท่ง (Rod Cell) ทำหน้าที่รับแสงสว่าง เซลล์รูปแท่งจะไวต่อแสง โดยจะไม่สามารถจำแนกสีของแสงนั้นได้

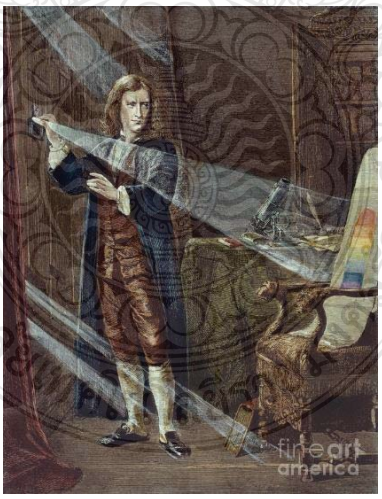
2) เซลล์รูปกรวย (Cone Cell) ทำหน้าที่รับแสงสีต่าง ๆ สามารถจำแนกแสงแต่ละสีได้ด้วย เซลล์รูปกรวยมี 3 ชนิด แต่ละชนิดจะมีความไวต่อแสงสีปฐมภูมิต่างกัน ชนิดที่ 1 มีความไวสูงสุดต่อแสงสีน้ำเงิน ชนิดที่ 2 มีความไวสูงสุดต่อแสงสีเขียว ชนิดที่ 3 มีความไวสูงสุดต่อแสงสีแดง

2.3 สี

สี มีความหมายดังต่อไปนี้ ลักษณะของแสงสว่าง ปรากฏแก่ตาให้เห็นเป็น ขาว ดำ แดง เขียว เป็นต้น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2554)

สี หมายถึง ลักษณะของแสงสว่างที่เกิดจากคลื่นแสงกระทบกับวัตถุ ซึ่งเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น สีแดง สีเหลือง สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็นต้น (สำนักมาตรฐานและประเมินผล, 2550)

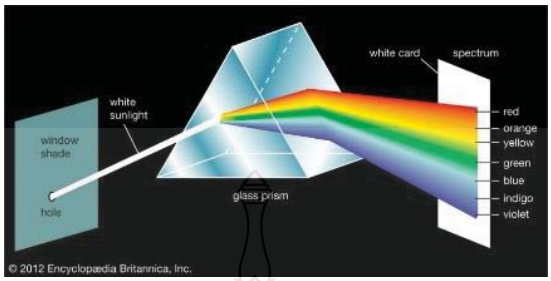
สี สามารถอธิบายในแง่ของสีกับความสว่างและความอิ่มตัวของสีในทางฟิสิกส์ สีมีความเกี่ยวข้องกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงของความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ด้วยตาของมนุษย์ ความยาวคลื่นดังกล่าวถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าที่เรียกว่า แสงที่มนุษย์มองเห็น และแสงจะทำให้สีปรากฏ แสงไฟเป็นสิ่งสำคัญต่อการรับรู้สี สุดท้ายสมองจะตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากการมองเห็นแล้วทำการวิเคราะห์ แม้ภายใต้สภาวะเหมือนกัน วัตถุเดียวกันอาจปรากฏเป็นสีแดง แต่อีกคนอาจเห็นเป็นสีส้มก็ได้ เห็นได้ชัดว่าการรับรู้สีขึ้นอยู่กับการมองเห็นและการตีความของแต่ละบุคคล ความเข้าใจของสีเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์และจิตวิทยา วัตถุจะปรากฏเป็นสีสืบเนื่องจากมีความสัมพันธ์ร่วมกับแสง สีและแสง อริสโตเติลมองว่าสีเป็นส่วนผสมของสีขาวและสีดำ และนี่คือความเชื่อที่แพร่หลายจนกระทั่ง ค.ศ. 1666 เมื่อไอแซคนิวตันทดลองปริซึมแสงโดยใช้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับความเข้าใจของสี ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ภาพวาดแสดงการทดลองปริซึมแสง [7]

นิวตันแสดงให้เห็นว่าปริซึมสามารถทำให้แสงสีขาวกลายเป็นช่วงของสีที่เขาเรียกว่าสเปกตรัม (ภาพที่ 2.5) และการรวมตัวของสีสเปกตรัมเหล่านี้จะสร้างแสงสีขาวอีกครั้ง นอกจากนี้

นิวตันยังได้กล่าวถึงสีอื่น ๆ ไว้ว่า “ทุกสีในจักรวาลที่ทำด้วยแสงไม่ว่าจะเป็นสีใด ๆ จะเป็นสีที่อยู่ในสเปกตรัมทั้งหมด”



ภาพที่ 2.5 การทดลองด้วยปริซึมของนิวตัน [8]

2.3.1 การระบุสี

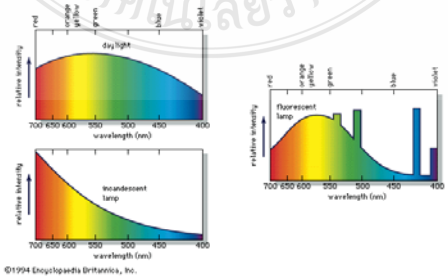
1) ความสว่าง (Lightness)-สว่างหรือมืด

2) ฮิว (Hue)-สีแดง, สีส้ม, สีเหลือง, สีเขียว, สีฟ้า, สีม่วง

3) ความอิ่มตัวของสี (Saturation)-สีชมพู-สีแดง, ฟ้าอ่อน-ฟ้าเข้ม แต่บางตำราใช้ความอิ่มตัวของสี (Saturation) แทนด้วยความเข้มของสี (Chroma)

2.3.2 การวัดสี

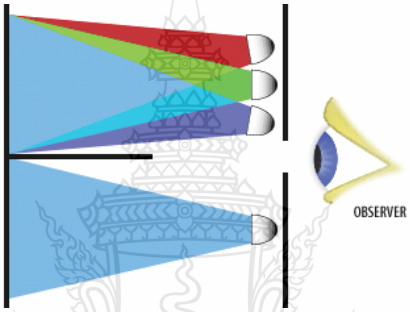
เรียกว่า Colorimetry โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometers) ใช้สำหรับวิเคราะห์แสงในแง่ของปริมาณพลังงานที่มีอยู่ในแต่ละช่วงความยาวคลื่น ความยาวคลื่นจะมีความแตกต่างกันโดยที่ สีน้ำเงิน มีความยาวคลื่นที่ 430-460 นาโนเมตร สีเขียว มีความยาวคลื่นที่ 500-580 นาโนเมตร สีแดง มีความยาวคลื่นที่ 620-780 นาโนเมตร ตัวอย่างจากการวัดโดยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ แสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การกระจายพลังงานของแสง [9]

2.3.3 ไตรโครมาซี

ระบบที่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบจากการมองเห็นของมนุษย์ สามารถกล่าวได้ว่ามนุษย์เรามองเห็นสีต่าง ๆ จากสามสีอิสระผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ในชีวิตประจำวันเราได้นำคุณสมบัติไตรโครมาซีดังกล่าวมาใช้อยู่บ่อยครั้ง เช่น การนำมาประยุกต์ใช้ระบบสีในโทรทัศน์ และโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น นอกจากนี้มีการทดลองเพื่อต้องการทราบถึงการใช้แม่สีแต่ละสี ว่าใช้ปริมาณเท่าไหร่ถึงจะผลิตสีใดสีหนึ่งได้ ในการทดลองได้แบ่งพื้นที่เป็นซีกซ้ายและขวา ไม่ให้แสงรบกวนซึ่งกันและกัน ขณะที่ส่องแสงสีใดสีหนึ่งไปทางด้านซ้าย และเราจำเป็นต้องผลิตสีทางด้านขวาให้ได้เหมือนกับสีทางด้านซ้าย แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การจำลองการทดลองเปรียบเทียบสี [10]

การผลิตสีทางด้านขวาให้ได้เหมือนกับสีทางด้านซ้าย ด้วยวิธีการปรับปริมาณความสว่างของแสงสี 3 สี ได้แก่ สีน้ำเงิน สีแดง และสีเขียว ให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสมกัน การทำเช่นนี้เรียกว่า ไตรโครมาซี ความสัมพันธ์ของแม่สีทั้ง 3 ในการเปรียบเทียบแสดงได้ดังสมการนี้

$$C[C] \equiv R[R]+G[G]+B[B] \qquad (2.1)$$

ตัวอักษรในวงเล็บ บอกถึง สี

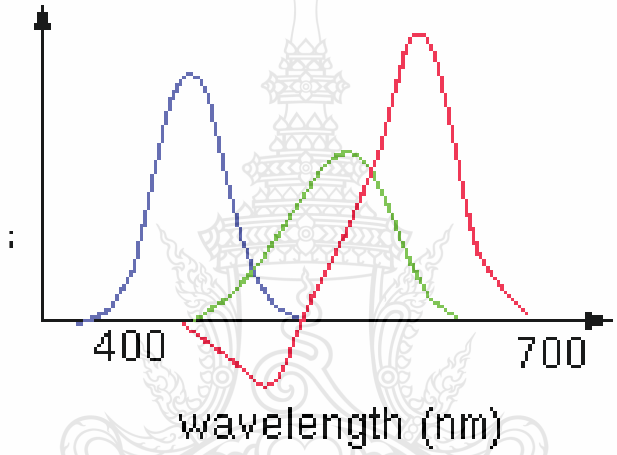
ตัวอักษรนอกวงเล็บ บอกถึง ปริมาณของสี

$\equiv$ หมายถึง Metameric Match แปลว่า ด้านซ้ายและด้านขวาเหมือนกันแต่องค์ประกอบต่างกัน

ในสมการที่ (2.1) ปริมาณสีของแต่ละสีมีค่าเท่ากับค่าใด ๆ ก็ตาม เช่นค่า R,G,B, เท่ากับ 20,30,10 ทำให้สามารถระบุสีเป็น (20,30,10) ซึ่งเราเรียกว่า สัญกรณ์สี (Color Notation) ในภายหลังระบบนี้ถูกเรียกว่า CIEXYZ

2.3.4 แม่สีปฐมภูมิและค่าไตรสติมูลัสของแม่สี

ในการทดลองวัดค่าสีโดยใช้เครื่องมือทดลองที่สร้างขึ้นเองและสะดวกสบาย อาจเกิดปัญหาเรื่องความเที่ยงตรงของการวัดค่าสีในแต่ละเครื่อง เพราะแหล่งกำเนิดแสง R,G,B มาจากคนละแหล่งกันผลที่ได้จึงนำมาเปรียบเทียบกันไม่ได้ ดังนั้นเราจึงจำเป็นจะต้องใช้แม่สีปฐมภูมิที่เหมือนกันโดยให้สีที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร เป็นแสงสีแดง ความยาวคลื่น 546.1 นาโนเมตร เป็นแสงสีเขียว และความยาวคลื่น 435.8 นาโนเมตร เป็นแสงสีน้ำเงิน แสดงช่วงความยาวคลื่นในรูปแบบแถบสเปกตรัมของแสงดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แถบสเปกตรัมของแสง [10]

แสงที่มีความยาวคลื่นดังกล่าว [R],[G],[B] เรียกว่าแม่สีปฐมภูมิ (Primaries) หรือสติมูไลสีอ้างอิง (Reference Color Stimuli)

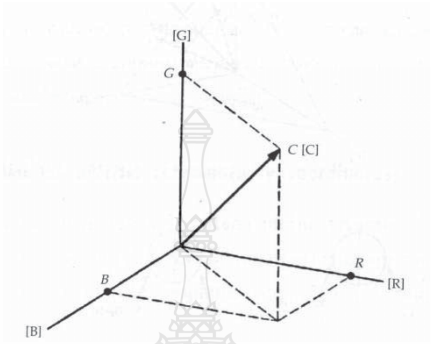
สติมูลัสสี (Color Stimulus) หมายถึง พลังงานการแผ่รังสีที่กระทบเข้าสู่ตาแล้วทำให้เกิดความรู้สึกเกี่ยวกับสี [11]

ค่าไตรสติมูลัส (Tristimulus Value) หมายถึง ปริมาณของสติมูลัสสีอ้างอิงทั้งสามที่เทียบได้กับสติมูลัสสีในระบบไตรโครมาติก [11]

โคออร์ดิเนตของรงคภาวะ (Chromaticity Coordinate) หมายถึง อัตราส่วนของค่าไตรสติมูลัสแต่ละค่าต่อผลรวมของค่าไตรสติมูลัสทั้งสาม [11]

2.3.5 การนำเสนอด้วยกราฟ

เมื่อสี C ประกอบไปด้วยค่าไตรสติมูลัส R,G,B สามารถนำเสนอได้ในรูปแบบกราฟสามมิติดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 กราฟสามมิติ [12]

2.3.4 พิกัดโครมาติก

ถ้าเราสนใจแต่เรื่องสี ไม่สนใจเรื่องความสว่าง การแสดงค่าปริมาณสัมพันธ์ของค่าไตรสติมูลัส R,G,B ก็เพียงพอดังสมการต่อไปนี้

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad g = \frac{G}{R+G+B} \quad b = \frac{B}{R+G+B} \qquad (2.2)$$

สำคัญว่า $r + g + b = 1$ (2.3)

r,g,b ในสมการที่ (2.2) เรียกว่าโครมาติกซิตีออดิเนต หรือพิกัดโครมาติกซิตีใช้ในการระบุสีต่าง ๆ และจากสมการที่ (2.3) ทำให้เราสามารถระบุสีได้โดยใช้ค่า 2 ตัวเท่านั้น เรามักนิยม r,g ในการระบุสีต่าง ๆ ข้อดีของ 2 ค่านี้ ทำให้เราสามารถใช้แผนภูมิสองมิติได้ที่แกน r,g เรียกว่าแผนภูมิโครมาติกซิตี บนแกนมี [R],[G] ตามลำดับ

2.3.6 CIE (International Commission On Illumination)

อีกชื่อหนึ่งคือ Commission Internationale De L'eclairage เป็นหน่วยงานที่ก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1931 ตั้งอยู่ในเมือง เวียนนา ประเทศออสเตรีย เพื่อกำหนดมาตรฐานของการส่องสว่างของแสงและสี โดยมีประเทศที่ใช้มาตรฐานของ CIE ถึง 40 ประเทศทั่วโลก

2.3.7 ระบบ CIE XYZ

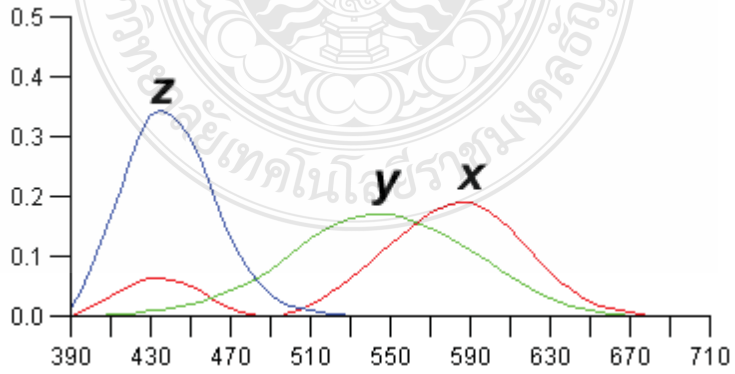
เนื่องจากระบบแม่สีปฐมภูมิ RGB มีความไม่สะดวกอยู่ 2 ประการ ได้แก่ ฟังก์ชันการเปรียบเทียบสีบางสีมีค่าติดลบทำให้คำนวณหาค่าไตรสติมูลัสผิดพลาด และอีกประการหนึ่งคือ ไม่สามารถสร้างอุปกรณ์ทางออปติคล้วนที่วัดสีได้ สถาบัน CIE ได้เลือกแม่สีปฐมภูมิใหม่อีก 2 แกน [X], [Z] ในแนวระนาบเดียวกัน และอีกหนึ่งแม่สีปฐมภูมิ [Y] อยู่คนละแนวระนาบ เมื่อกำหนดให้ [X], [Z] ไม่มีความสว่างดังนั้นค่าความส่องสว่างของสีใด ๆ L_c ในระบบ XYZ หาได้จากสมการนี้

$$L_c = l_x X + l_y Y + l_z Z$$

เมื่อ $l_x, l_z = 0$

$$L_c = l_y Y \tag{2.4}$$

ฉะนั้นวิธีนี้จะช่วยให้หาค่าความส่องสว่างได้ง่ายเพราะค่าความส่องสว่างจะมีค่ามาจากค่า Y เท่านั้น ตำแหน่งของปฐมภูมิ [X], [Z] ในแนวระนาบนี้จะอยู่บนเส้นตรงที่มีความสว่างเท่ากับ 0 เส้นตรงนี้เรียกว่า แอลิกเน จากนั้นจึงกำหนด [X], [Y] ในด้านนี้จะมีเวกเตอร์ความยาวคลื่นยาว การเลือกแบบนี้เพราะตำแหน่งปฐมภูมิชุดนี้ [Z] จะมีค่าเป็น 0 เสมอ ต่อไปเป็นการกำหนดให้ [Y], [Z] อยู่ด้านนอกใกล้กับเวกเตอร์ของแสงเอกรงค์ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 500 นาโนเมตร การทำเช่นนี้ทำให้สีที่มีอยู่จริงอยู่ในบริเวณบวกของ XYZ แสดงในรูปแบบแถบสเปกตรัมดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แถบสเปกตรัมของ XYZ [10]

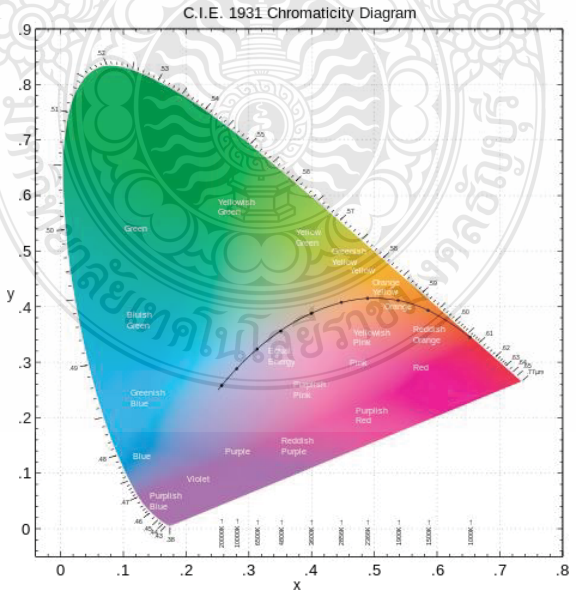
ระบบ Tristimulus Value คือปริมาณของ R, G, B ที่ทำให้เกิดสีใดสีหนึ่ง เขียนเป็น X, Y, Z ตามลำดับ เราสามารถแสดงข้อมูลในแผนภูมิโคมาติกซิตีได้ ข้อมูลบนแผนภูมิโคมาติกซิตีขึ้นอยู่กับค่าของ x, y และ z โดยที่

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \qquad y = \frac{X}{X+Y+Z} \qquad z = \frac{X}{X+Y+Z} \qquad (2.5)$$

จากทั้งสามสมการ $x + y + z = 1$

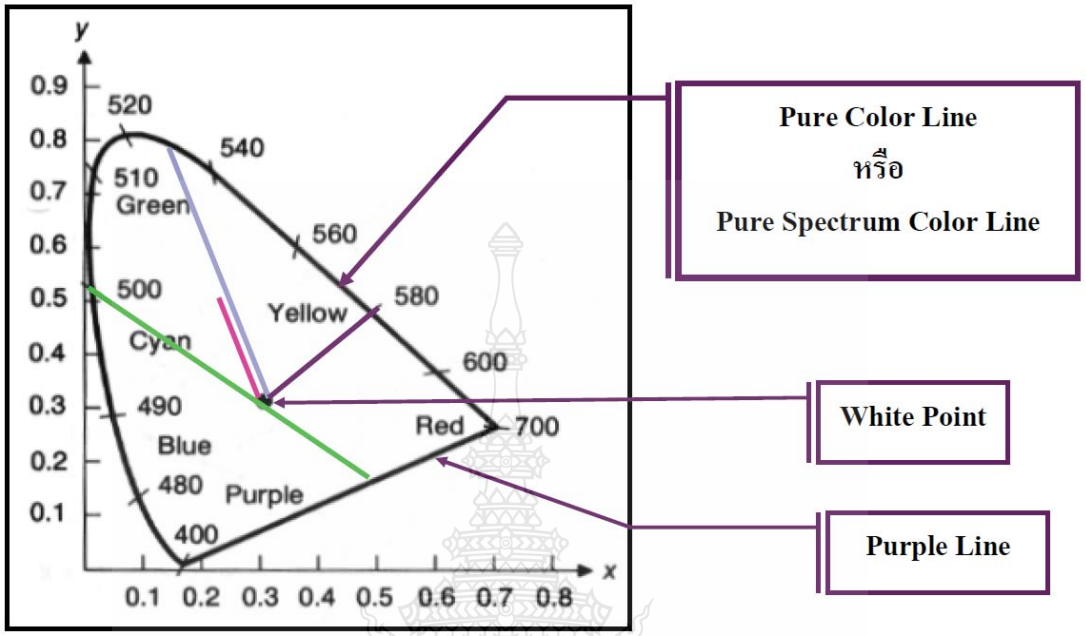
2.3.8 CIE Yxy

เกิดจากดวงตาของมนุษย์มีเซลล์ไวแสงสามสี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ที่ตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน เมื่อนำสีที่มองเห็นมาทำเป็นกราฟสามมิติ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ความส่องสว่าง (Luminance) และ แผนภูมิโครมาติกซิตี (Chromaticity) (ภาพที่ 2.11) ยกตัวอย่าง เช่น สีในตำแหน่งบนแผนภูมิโครมาติกซิตีเหมือนกัน แต่ความสว่างของสี ไม่เท่ากัน สีที่ได้ก็จะคนละสีกัน CIE Yxy ได้รับการออกแบบโดยเจตนาเพื่อให้พารามิเตอร์ Y เป็นตัวชี้วัดของความส่องสว่าง ส่วนตำแหน่งบนแผนภูมิโครมาติกซิตีของสีจะถูกระบุโดยพารามิเตอร์ x และ y ระบบสีนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อของระบบสี CIE Yxy และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการระบุสีในทางปฏิบัติ



ภาพที่ 2.11 แผนภูมิโครมาติกซิตี

2.3.9 การใช้ CIE Diagram



ภาพที่ 2.12 รายละเอียดต่าง ๆ CIE Diagram [10]

2.3.9.1 การหาค่า Dominant Wavelength ของสีบน CIE Diagram

1) โดยลากเส้นจาก White Point ไปยัง Pure Color Line

2) แต่หากไม่สามารถสร้างเส้นผ่าน White point ได้ให้ลากเส้นตรงจากจุดของสีนั้นไปยัง Purple Line แล้วย้อยกลับไปผ่าน White Point แล้วระบุค่า C ต่อท้ายค่านั้นเพื่อแสดงว่าเป็นค่า Complement

2.3.9.2 การหาค่าความบริสุทธิ์ของสี (Purity) ของสีบน CIE Diagram หาได้จากการคำนวนดังต่อไปนี้

$$\frac{d1}{d2} \times 100 \qquad (2.6)$$

1) โดยที่ d1 หมายถึง ระยะทางจาก White Point ถึงสีที่กำหนด

2) และ d2 หมายถึง ระยะทางจาก White Point ถึง Pure Color Line

2.3.10 คำเรียกสีพื้นฐาน

เบอร์ลินและเคย์ได้ให้คำเรียกสีพื้นฐาน (Basic Color Terms) มี 11 สี ดังต่อไปนี้ สีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเขียว สีฟ้า สีม่วง สีชมพู สีน้ำตาล สีเทา สีดำและสีขาว [13]

2.4 ป้ายจราจร

ป้ายจราจร (Traffic Sign) หมายถึง ป้ายสะท้อนแสงที่แสดงเครื่องหมายจราจรแบบถาวร (Permanent Traffic Signs) ประกอบด้วยแผ่นหลังป้าย (Sign Plate) เป็นแผ่นอะลูมิเนียมหรือแผ่นเหล็กอาบสังกะสีหน้าป้าย (Sign Face) ติดด้วยแผ่นสะท้อนแสงที่พิมพ์ซิลค์สกรีนแสดงเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ด้วยหมึกพิมพ์เท่านั้น [11]

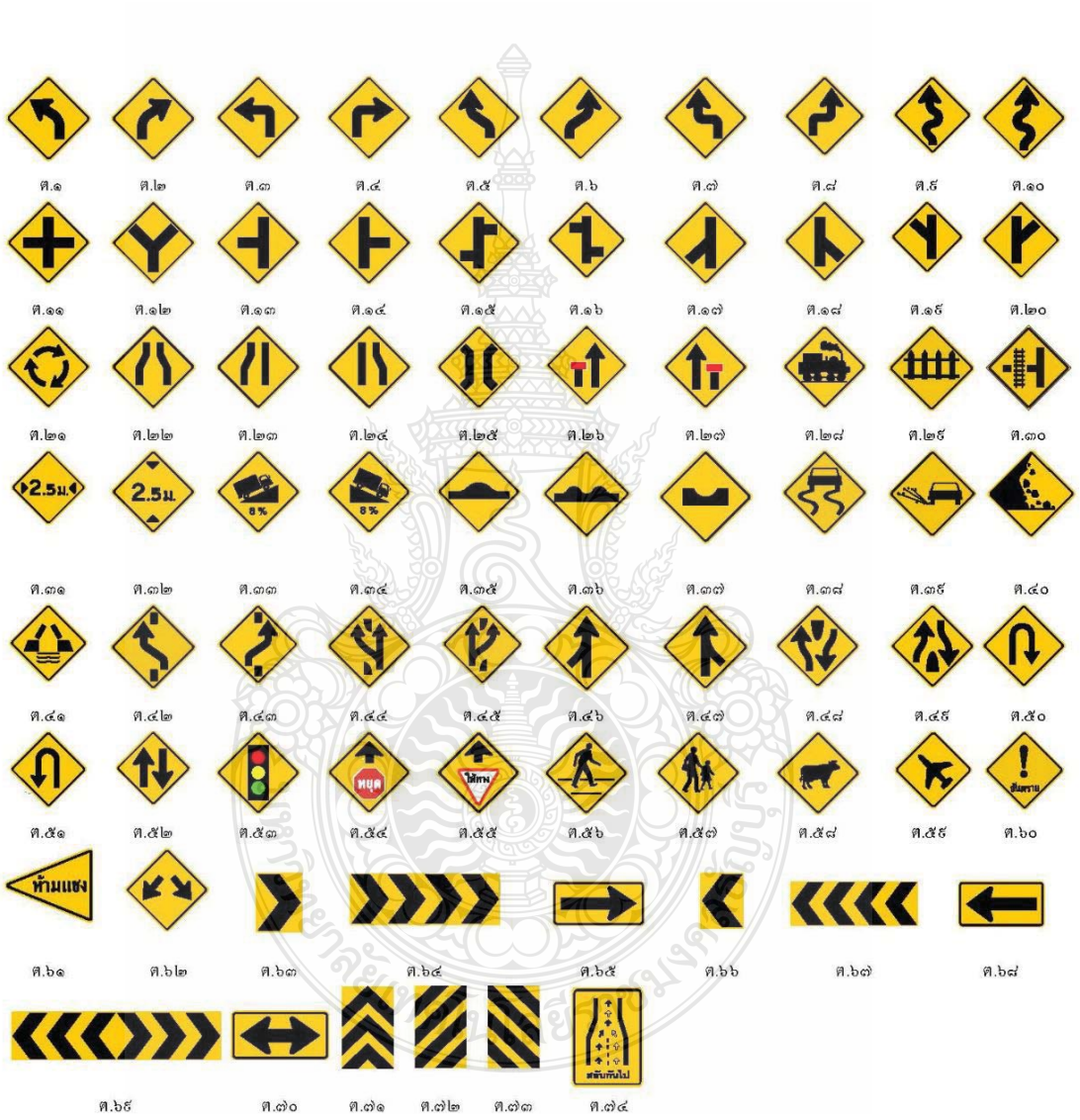
2.4.1 ป้ายจราจรประเภทบังคับ

ป้ายจราจรที่มีความหมายเป็นการบังคับให้ผู้ใช้ทางปฏิบัติตามความหมายของเครื่องหมายจราจรที่ปรากฏอยู่ในป้ายนั้น ๆ โดยการกำหนดให้ผู้ใช้ทางต้องกระทำการงดเว้นหรือจำกัดการกระทำในบางประการ ป้ายบังคับทั้งหมดแสดงในภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13 ป้ายบังคับทั้งหมด [14]

2.4.2 ป้ายจราจรประเภทเตือน

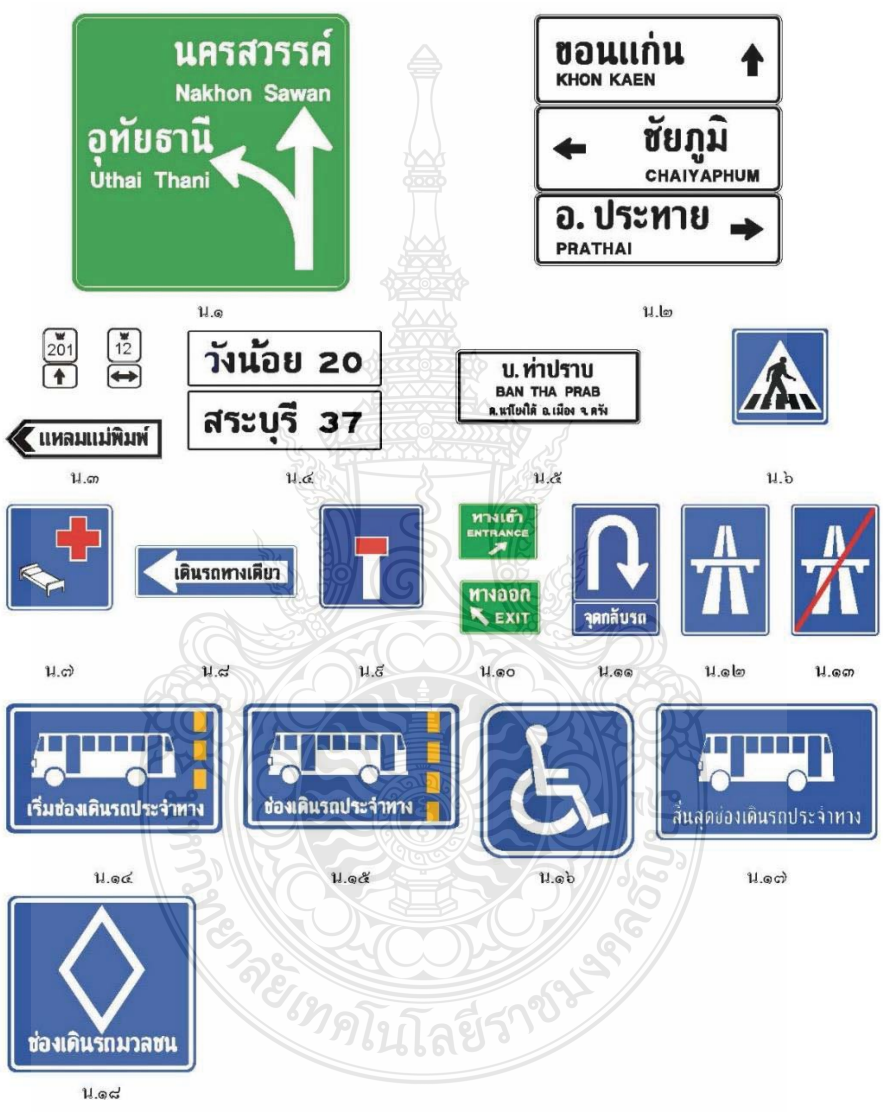
ป้ายจราจรที่มีความหมายเป็นการเตือนผู้ใช้ทางให้ทราบล่วงหน้าถึงสภาพทางหรือข้อมูลอย่างอื่นที่เกิดขึ้นในทางหรือทางหลวงข้างหน้า ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุขึ้นได้ เพื่อให้ผู้ใช้ทางใช้ความระมัดระวังในการใช้ทางซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุ ป้ายเตือนทั้งหมดแสดงในภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 ป้ายเตือนทั้งหมด [14]

2.4.3 ป้ายจราจรประเภทแนะนำ

ป้ายจราจรที่มีความหมายเป็นการแนะนำให้ผู้ใช้ ทราบข้อมูลอันเกี่ยวกับการเดินทางและการจราจร เช่น เส้นทางที่จะใช้ ทิศทาง ระยะทาง สถานที่ รวมทั้ง ข้อมูลอื่น เป็นต้น เพื่อประโยชน์ในการเดินทางและการจราจร ป้ายแนะนำทั้งหมดแสดงในภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 ป้ายแนะนำทั้งหมด [14]

2.5 ผู้สูงอายุ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging Society) คำจำกัดความของคำว่าสังคมผู้สูงอายุ คือ การมีจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นมากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมด [2]

2.7.1 จำนวนผู้สูงอายุ

มีจำนวนทั้งหมด 10,014,705 คน เป็นชาย 4,514,815 คน และหญิง 5,499,890 คน หรือคิดเป็นชายร้อยละ 45.1 และหญิงร้อยละ 54.9 ของผู้สูงอายุทั้งหมด [2]

2.7.2 รายได้หลักในการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุ

ส่วนใหญ่ได้รับจากบุตร (ร้อยละ 36.7) รองลงมา คือ รายได้จากการทำงานของ. ผู้สูงอายุเอง (ร้อยละ 33.9) จากเบี้ยยังชีพจากทางราชการ (ร้อยละ 14.8) จากเงินบำเหน็จบำนาญ (ร้อยละ 4.9) จากคู่สมรส (ร้อยละ 4.3) และจากดอกเบี้ยเงินออมที่ผู้สูงอำยุได้เก็บออม เงินออม การขายทรัพย์สินที่มีอยู่ (ร้อยละ 3.9) สำหรับผู้สูงอายุชายแหล่งรายได้หลักที่สำคัญ คือ รายได้จากการทำงาน ในขณะที่ผู้สูงอายุหญิงมีรายได้จากบุตร เป็นรายได้หลักในการดำรงชีวิต นอกจากนี้ยังมีข้อมูลว่า เมื่อสูงวัยขึ้นจะมีรายได้น้อยลงเพราะไม่ได้ทำงานและผู้ที่มีรายได้สูงส่วนใหญ่คือผู้สูงอายุวัยต้น ผู้สูงอายุเพศชายมีรายได้เฉลี่ยต่อปีสูงกว่าเพศหญิง [2]

2.7.3 ลักษณะการอยู่อาศัยของผู้สูงอายุ

สัดส่วนของผู้สูงอายุที่อยู่คนเดียวตามลำพังในครัวเรือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากการสำรวจมีผู้สูงอายุอยู่คนเดียวตามลำพังเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 8.7 [2]

2.7.4 ภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุความสามารถในการมองเห็นของผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุมากกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 54.1) สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ร้อยละ 31.1 มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อต้องใส่แว่นหรือเลนส์ตา ร้อยละ 14.4 มองเห็นไม่ชัดเจน และร้อยละ 0.4 มองไม่เห็นเลย [2]

2.6 สภาพการมองเห็นของผู้สูงอายุ

สภาพการมองเห็นของผู้สูงอายุ อาจเกิดจากการเสื่อมของดวงตาไปตามวัย ทำให้ผู้สูงอายุมีปัญหาในการมองเห็น คือ มีอาการตามัว หรือ ตามองเห็นไม่ชัด ซึ่งเป็นผลมาจาก สายตายาว ต้อกระจก ต้อหิน และจอรับภาพเสื่อม การเปลี่ยนแปลงของตาในผู้สูงอายุสามารถแบ่งออกได้ดังนี

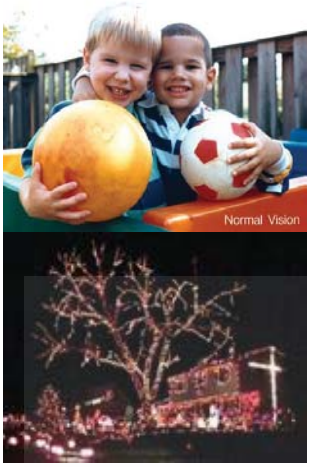
2.6.1 ภาวะสายตายาวของผู้สูงอายุ

เริ่มมีอาการตั้งแต่อายุ 40 ปีขึ้นไป จะอ่านหนังสือในระยะใกล้ไม่ชัดเจน บางคนอาจมีอาการตาพร่าหรืออาการปวดตา การแก้ไขปัญหาสายตายาวของผู้สูงอายุ สามารถทำได้ด้วยวิธีการใส่แว่นหรือการผ่าตัด เป็นต้น

2.6.2 ความผิดปกติของดวงตา

1) โรคตาแห้ง เป็นโรคที่พบได้บ่อยมาก ส่วนหนึ่งเกิดจากอายุที่มากขึ้นและการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน รวมถึงโรคต่าง ๆ เช่น เบาหวาน รูมาตอยด์ ไทรอยด์ ต้อกระจก หรือในคนที่ทำเลสิก ใส่คอนแทคเลนส์มานานเป็นสิบปี นอกจากนี้ยาบางชนิด เช่น ยาแก้แพ้ ยาลดความดันโลหิต ก็ทำให้เกิดตาแห้งได้เช่นกัน อาการส่วนใหญ่ผู้ป่วยจะมีอาการเคืองตา คันตา ไม่สบายตาหรือตาแดง รู้สึกเคืองตา คันตา เมื่อทำงานหน้าคอมพิวเตอร์นาน ในบางรายอาจมีน้ำตาไหลตลอดเวลา ซึ่งมักเป็นอาการที่ทำให้ผู้ป่วยสงสัยเมื่อได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นตาแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากภาวะตาแห้งทำให้มีการระคายเคืองตา เมื่อมีการระคายเคืองเรื่อย ๆ จะไปกระตุ้นปฏิกิริยาของร่างกายให้มีการสร้างน้ำตาขึ้นมา ดังนั้นสาเหตุของการมีน้ำตาไหลคือตาแห้ง ผู้ป่วยจึงจำเป็นต้องหยอดน้ำตาเทียมเพื่อรักษาอาการน้ำตาไหลที่เกิดเนื่องจากภาวะตาแห้ง วิธีการรักษา ผู้ป่วยสามารถเริ่มต้นได้จากการป้องกันดวงตาด้วยตนเอง เช่น กะพริบตาบ่อย ๆ ในขณะอ่านหนังสือหรือทำงานกับคอมพิวเตอร์ ใส่แว่นตากันลม หลีกเลี่ยงการสัมผัสฝุ่นและควัน และหยอดน้ำตาเทียม ซึ่งในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีสารกันเสีย ส่วนใหญ่จะใช้ในคนที่เป็นไม่มาก และชนิดที่ไม่มีสารกันเสียใช้ในผู้ป่วยที่ต้องหยอดตาบ่อย ๆ ในกรณีที่ใช้น้ำตาเทียมแล้วผู้ป่วยยังมีอาการตาแห้งรุนแรงอยู่ แพทย์อาจพิจารณารักษาโดยการอุดท่อน้ำตาเพื่อลดการระบายออกของน้ำตา ในรายที่เป็นไม่มากอาจใช้การอุดแบบชั่วคราว แต่ถ้าเป็นรุนแรงมากอาจใช้วิธีการอุดแบบถาวร [15]

2) ต้อกระจก คือ ภาวะที่เลนส์ตาเกิดการขุ่น (ภาวะปกติจะใส) ทำให้แสงผ่านเข้าตาได้น้อยลง จึงมองเห็นได้ไม่ชัดเจน อาจมีสาเหตุจากอายุ หรือปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ เช่น เบาหวาน อาการขึ้นอยู่กับความรุนแรงของโรค แล้วแต่ว่าเลนส์ตาขุ่นมากน้อยเพียงใด อาการที่พบได้ เช่น มองเห็นสีทึม ไม่สดใส มองเห็นได้ไม่ชัดเจนเหมือนเคยในที่ที่มีแสงเท่าเดิม มองเห็นภาพซ้อน มองไม่เห็นเมื่อมีแสงจ้าหรือสู้แสงไม่ได้ ขับรถแล้วมองแสงไฟสะท้อนจากรถฝั่งตรงข้ามไม่ได้ เป็นต้น วิธีการรักษาทำได้โดยการผ่าตัดต้อกระจกแล้วใส่เลนส์แก้วตาเทียมเข้าไปแทน วิธีที่นิยมใช้ในการรักษา คือ การสลายต้อกระจกด้วยอัลตราซาวนด์แล้วใส่เลนส์แก้วตาเทียมเข้าไป วิธีนี้ส่วนใหญ่ไม่ต้องเย็บแผล จึงสามารถฟื้นตัวได้เร็ว [15] การมองเห็นของคนที่เป็นอาการดังกล่าวเปรียบเทียบกับการมองเห็นของตาปกติได้จากในภาพที่ 2.16



การมองเห็นของตาปกติ

การมองเห็นของคนเป็นต้อกระจก

ภาพที่ 2.16 การมองเห็นของคนเป็นต้อกระจก [16]

3) ต้อหิน เป็นโรคที่มีการทำลายของเส้นประสาทตา โดยส่วนใหญ่เกิดจากความดันในลูกตาสูง จัดเป็นโรคที่เป็นภัยเงียบเพราะสามารถทำให้ตาบอดอย่างช้า ๆ ได้ ผู้ที่มีโอกาสเสี่ยงจะเป็นต้อหิน ได้แก่ ผู้ที่มีประวัติคนในครอบครัวเป็นโรคต้อหินมาก่อน ผู้ที่มีอายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป มีโรคประจำตัว เช่น เบาหวาน ใช้ยาบางอย่าง เช่น สเตียรอยด์ (การใช้ยาหยอดตาสเตียรอยด์ควรใช้ในขนาดและตามเวลาที่แพทย์สั่งเท่านั้น อย่าซื้อยามาใช้เอง เพราะการใช้ยาหยอดตาที่มีสเตียรอยด์ต่อเนื่องกันนาน ๆ อาจทำให้เกิดต้อหินได้) อาการผู้ป่วยมักไม่ทราบว่าตนเองเป็นโรคต้อหิน เนื่องจากโรคจะค่อย ๆ ดำเนินไปอย่างช้า ๆ โดยเริ่มจากการมองเห็นที่ลดลงทางด้านข้าง (ยังมองเห็นตรงกลางได้ชัดเจน) จนตาบอดสนิทได้ในผู้ป่วยต้อหินระยะสุดท้าย ในผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการปวดตาเล็กน้อย เมื่อรับประทานยาก็หาย จึงไม่ได้ให้ความสำคัญ สำหรับผู้ป่วยที่มีความดันตาสูงมากเฉียบพลัน อาจมีอาการปวดศีรษะรุนแรง ตาแดง อาเจียน มองเห็นไฟเป็นดวง ๆ กระจัดกระจาย แต่พบกรณีนี้ได้น้อยกว่าผู้ที่มีความดันตาสูงกว่าปกติเพียงเล็กน้อย การมองเห็นของคนที่เป็นอาการดังกล่าวเปรียบเทียบกับการมองเห็นของตาปกติได้จากในภาพที่ 2.17 วิธีการรักษา ทำได้โดยการรักษาด้วยยาหยอดตาเพื่อรักษาสมดุลของความดันตา โดยอาจจะลดการสร้างน้ำในลูกตาหรือทำให้มีการระบายน้ำมากขึ้น ในผู้ป่วยบางราย แพทย์อาจพิจารณาการรักษาด้วยการทำเลเซอร์ สำหรับผู้ป่วยที่ไม่ตอบสนองต่อการใช้ยาหรือมีอาการรุนแรง แพทย์อาจต้องรักษาด้วยการผ่าตัด ทั้งนี้โรคต้อหินหากเริ่มต้นรักษาได้เร็วจะช่วยหยุดความรุนแรงของโรคได้มากขึ้น ถ้าปล่อยไว้จนตาบอดจะไม่สามารถแก้ไขได้ [15]

การมองเห็นของตาปกติ

การมองเห็นของคนเป็นต้อหิน

ภาพที่ 2.17 การมองเห็นของคนเป็นต้อหิน [16]

4) จอตาเสื่อมในผู้สูงวัย เป็นโรคที่เกิดจากความเสื่อมของจุดศูนย์กลางของจอตา ซึ่งเป็นจุดรับภาพที่ทำให้เรามองเห็น โรคนี้แบ่งออกเป็นชนิดแห้งและชนิดเปียก โดยชนิดแห้งเป็นชนิดที่พบได้มากกว่า เซลล์ประสาทตาบริเวณจุดรับภาพจะค่อย ๆ เสื่อมไปเรื่อย ๆ อย่างช้า ๆ ตามอายุ ใช้เวลานาน จนถึงระยะสุดท้าย ผู้ป่วยจะมองไม่เห็นตรงกลาง แต่จะมองเห็นด้านข้างได้ (ตรงกันข้ามกับต้อหิน) ส่วนชนิดเปียก พบได้น้อยกว่าแต่รุนแรงกว่าชนิดแห้ง เนื่องจากมีการเสื่อมของจอตาร่วมกับมีการสร้างเส้นเลือดผิดปกติใต้จอตา ทำให้จอตาบวมและมีเลือดออกได้ ส่งผลให้ตามัวเฉียบพลัน ผู้ป่วยอาจมองไม่เห็นทันทีได้ ปัจจัยเสี่ยงของจอตาเสื่อมในผู้สูงวัย ได้แก่ อายุที่มากขึ้น มีประวัติคนในครอบครัวเป็นโรคนี้มาก่อน (ในรุ่นลูกจะมีความเสี่ยงที่จะเป็นในอายุที่ลดลงมา เช่น คุณพ่อคุณแม่เป็นเมื่ออายุ 60 ปี ลูกอาจมีโอกาสเป็นในขณะอายุ 50 ปี) ผู้ที่ต้องอยู่กลางแดดนาน ๆ เช่น วิศวกรที่ทำงานกลางแดดตลอดเวลา ผู้ที่สูบบุหรี่ อ้วน เป็นโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น โดยโรคนี้จะพบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย อาการขึ้นกับชนิดที่เป็น ผู้ป่วยที่เป็นจอตาเสื่อมชนิดแห้ง อาจมีอาการมองไม่เห็นส่วนกลางของภาพหรือเห็นภาพบิดเบี้ยว ไม่สามารถอ่านหนังสือได้ ส่วนผู้ป่วยที่เป็นจอตาเสื่อมชนิดเปียก อาจมีอาการตามัวเฉียบพลัน มองไม่เห็นในทันทีได้ การมองเห็นของคนที่เป็นอาการดังกล่าวเปรียบเทียบกับการมองเห็นของตาปกติได้จากในภาพที่ 2.18 วิธีการรักษา เนื่องจากโรคนี้ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ การรักษาจึงมีจุดประสงค์เพื่อยับยั้งไม่ให้โรคดำเนินต่อ ลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นให้ได้มากที่สุด วิธีการรักษามีหลายวิธี เช่น การใช้เลเซอร์ทำลายเส้นเลือดที่ผิดปกติ การผ่าตัด

วิธีที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน คือ การฉีดยาเข้าในน้ำวุ้นตาโดยตรงเพื่อยับยั้งการหลั่งสารที่กระตุ้นให้เกิดการสร้างเส้นเลือดที่ผิดปกติ ซึ่งพบว่าวิธีนี้นอกจากจะช่วยลดการสูญเสียการมองเห็นแล้ว ยังช่วยให้การมองเห็นดีขึ้นในผู้ป่วยบางรายด้วย แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือ ต้องฉีดยาซ้ำ โดยแพทย์จะเป็นผู้พิจารณาการรักษาตามการตอบสนองของผู้ป่วยและความรุนแรงของโรค [15]

การมองเห็นของตาปกติ การมองเห็นของคนเป็นจอตาเสื่อมในผู้สูงวัย

ภาพที่ 2.18 การมองเห็นของคนเป็นจอตาเสื่อมในผู้สูงวัย [16]

5) เบาหวานขึ้นตา แม้โรคนี้จะไม่ขึ้นกับความเสื่อมโดยตรงจากอายุ แต่พบว่าเมื่ออายุมากขึ้น ความเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวานก็มากขึ้น และโรคเบาหวานเองก็เป็นโรคที่ทำร้ายสุขภาพของดวงตาอย่างมาก โดยสามารถทำให้เกิดโรคตาแห้ง ทำให้เกิดต้อกระจกได้มากขึ้น และทำให้มีความเสี่ยงของต้อหินมากกว่าคนปกติ แต่ที่เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยเบาหวานคือเบาหวานขึ้นจอประสาทตา อาการ ผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่มีอาการผิดปกติใด ๆ บางรายอาจมาด้วยอาการตามัว มองเห็นภาพตรงกลางบิดเบี้ยว เห็นเงาดำลอยไปมา ในรายที่เป็นต้อหินจากเบาหวาน อาจมีอาการปวดตาร่วมด้วย การรักษาแพทย์จะทำการตรวจดูว่าผู้ป่วยมีความผิดปกติอย่างไรและให้การรักษาที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย เช่น ผู้ป่วยที่มีเลือดออกหรือจุดรับภาพบวม อาจต้องใช้การรักษาด้วยเลเซอร์หรือฉีดยาเข้าน้ำวุ้นตา ผู้ป่วยที่มีพังผืดดึงรั้งทำให้เกิดการหลุดลอกของจอประสาทตาอาจต้องรักษาด้วยการผ่าตัด เป็นต้น [15] การมองเห็นของคนที่เป็นอาการดังกล่าวเปรียบเทียบกับการมองเห็นของตาปกติได้จากในภาพที่ 2.19

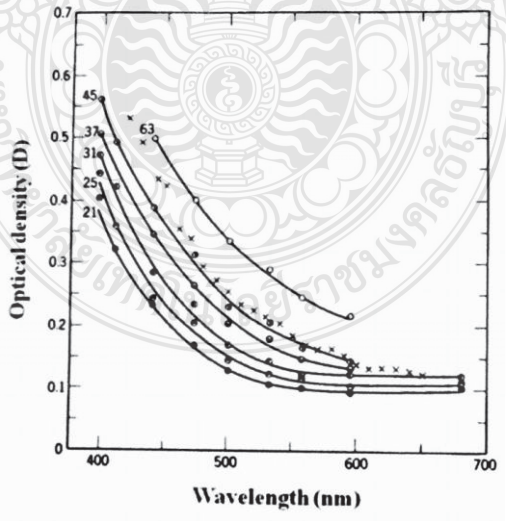
การมองเห็นของตาปกติ

การมองเห็นของคนเป็นเบาหวานขึ้นตา

ภาพที่ 2.19 การมองเห็นของคนเป็นเบาหวานขึ้นตา [16]

2.6.3 การส่องผ่านแสงของเลนส์แก้วตา

ดวงตาจำเป็นต้องมีความโปร่งแสงที่ดีจากกระจกตาไปถึงเรตินาถ้าหากความโปร่งแสงต่ำ ความยาวคลื่นในช่วง 440 นาโนเมตรหรือสีฟ้าจะทำให้มีปัญหาในการมองเห็นได้ และในส่วนความยาวคลื่นในช่วงอื่น ๆ จะไม่มีผลกระทบอะไร โดยปกติเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นความโปร่งแสงจะลดลง มีนักวิจัยมากมายที่ทำการศึกษาในเรื่องนี้ หนึ่งในนั้นต้องการศึกษาความดำเชิงแสงของคริสทัลลีนเลนส์ (ภาพที่ 2.20)



ภาพที่ 2.20 ความดำเชิงแสงของคริสทัลลีนเลนส์ [3]

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในช่วงความยาวคลื่น 400-440 นาโนเมตร มีความดำสูงมาก ความดำที่เพิ่มขึ้นในบริเวณนี้ หมายถึง การลดลงของการส่องผ่านแสงในช่วงสีน้ำเงิน และในการทดลองครั้งนี้มีการเปรียบเทียบระหว่างคนที่อายุ 63 ปี กับ คนที่อายุ 23 ปี เห็นได้ว่าการส่องผ่านแสงของคนที่อายุ 63 ปี มีค่าเป็นเท่าครึ่งของคนที่อายุ 23 ปี ผลการทดลองเหมือนกับว่า ผู้สูงอายุจะต้องประสบปัญหากับการมองเห็น นอกจากนี้ในการทดลองได้ตรวจเช็คการเพิ่มขึ้นของความดำในช่วง 680 นาโนเมตร ปรากฏว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของความดำ แต่ในช่วงความยาวคลื่น 400-440 นาโนเมตร กลับมีการเพิ่มขึ้นของความดำอย่างมาก ข้อมูลข้างต้นเป็นสาเหตุที่ทำให้สีน้ำเงินมีความเข้มมากขึ้นและเมื่อในอยู่สภาวะความสว่างต่ำทำให้มีโอกาสมองเห็นสีน้ำเงินเป็นสีดำได้

2.6.4 โรคตาที่สัมพันธ์กับอายุ (Age-Related Eye Diseases)

1) รูม่านตามีขนาดเล็กและไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง (The Pupil Becomes Smaller And Less Responsive To Variations In Light) ผลกระทบจะสืบเนื่องจากรูม่านตาควบคุมปริมาณแสงที่มาถึงเรตินาส่งผลต่อวิสัยทัศน์ในหลาย ๆ ด้าน ประการแรกเมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูม่านตาลดลง การมองเห็นแสงสลัวจะทำให้มีปัญหามากขึ้น นอกจากนี้ความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแสงที่แตกต่างกันจะทำได้น้อยลง ความสามารถในการทนต่อแสงสะท้อนทำได้น้อยลงและยิ่งยากขึ้นเมื่อต้องปรับตัวจากห้องมืดไปสู่สถานที่กลางแจ้ง

2) เลนส์ของดวงตาเริ่มขาดความยืดหยุ่น (The Lens Of The Eye Begins To Lose Elasticity) ผลกระทบในลักษณะเดียวกับการสูญเสียความยืดหยุ่นในเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อทำให้ร่างกายเคลื่อนที่ได้ยากขึ้น การสูญเสียความยืดหยุ่นของเลนส์ทำให้เลนส์โค้งงอได้ยากขึ้น การจ้องมองวัตถุที่จัดไว้อย่างใกล้ชิดจะทำได้ยากเพราะสูญเสียความสามารถในการโฟกัส เป็นที่รู้จักกันในโรคสายตายาว

3) เลนส์ของดวงตาที่เปลี่ยนเป็นเหลืองเมื่ออายุมากขึ้น (The Lens Of The Eye Gradually Yellows With Age) เลนส์ตาที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองจะส่งผลต่อการรับรู้สี ตัวอย่างเช่นเลนส์สีเหลืองมีแนวโน้มที่จะดูดซับและกระจายแสงสีฟ้า ทำให้มองเห็นความแตกต่างของเฉดสีฟ้า สีเขียว และสีม่วง ได้ยากยิ่งขึ้น สีอาจดูจืดชืดและความคมชัดระหว่างสีจะไม่ค่อยเด่นชัด ซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนเมื่อเลือกเสื้อผ้าหรือปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่ต้องใช้การรับรู้สี นอกจากนี้ยังอาจกลายเป็นเรื่องยากในการใช้ชีวิตประจำวันเพราะไม่สามารถแยกแยะสีต่าง ๆ ได้ แต่ปัจจุบันมีการแก้ไขปัญหา เช่น การเลือกหลอดฮาโลเจนหรือหลอดนีออนที่ออกแบบมาเพื่อปรับปรุงการแสดงผลสี หลอดภาพที่มีดัชนีการแสดงผลสี CRI (Color-Rendering Index) สูงกว่า 80 ช่วยทำให้ดวงตาของผู้สูงอายุแยกแยะสีได้ดียิ่งขึ้น

2.7 ภาพติดตา

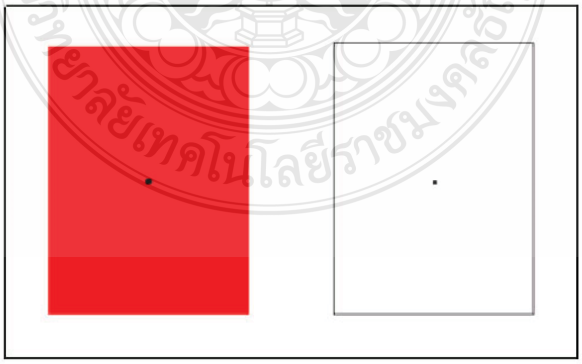
ภาพติดตา หรือในภาษาอังกฤษ เรียกว่า (Afterimage) โดยปกติแล้ว ภาพติดตาคือหนึ่งในอาการที่เราสามารถมองเห็นได้จากการเกิดขึ้นในดวงตาของเราเอง เราจะจะเรียกว่า Entoptic Phenomena ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษากรีซ แปลว่า การมองเห็นภายในดวงตา [17]

ภาพติดตา คือ ภาพลวงตาที่แสดงผลบนจอประสาทตายังคงมองเห็นอยู่หลังจากการหายไปของตัวกระตุ้น เชื่อว่าจะเกิดขึ้นจากความต่อเนื่องของการทำงานของระบบการมองเห็น โดยปกติแล้วภาพติดตาจะสามารถสังเกตเห็นได้ง่ายในชีวิตประจำวันหรือมีชื่ออื่น ๆ เช่น Aftersensations, Aftereffects [18]

ภาพติดตา (Afterimage) หรือในอีกชื่อเรียก Aftereffect, Ghost Image, Image Burn-In นิยามความหมายได้ว่า ภาพติดตาเป็นภาพที่รับรู้ได้หลังจากสิ่งกระตุ้นทางกายภาพที่เกิดขึ้นได้หายไปจากการมองเห็นของผู้สังเกต [19]

ภาพติดตา (Afterimage) หมายถึง ปฏิกริยาของสีที่มีผลกับการมองเห็นที่สำคัญประการหนึ่ง คือ เรื่องของภาพติดตา (Afterimage) เช่น ถ้าเราจ้องมองสีใดสีหนึ่ง ประมาณ 30 นาที แล้วเคลื่อนสายตามามองพื้นกระดาษสีขาวหรือสีเทาทันทีทันใด เราจะมองเห็นสีคู่ตรงข้าม (Complementary Color) ของสีนั้นปรากฏขึ้นบนพื้นสีขาวหรือพื้นสีเทานั้น ภาพที่เห็นภายหลังนี้ เรียกว่า ภาพติดตา (Afterimage) [20]

การทดลองภาพติดตา (ภาพที่ 2.21) ให้เพ่งมองจุดสีดำ บนพื้นสี่เหลี่ยมสีแดง ในภาพซ้ายมือ ระยะห่างประมาณ 30 ซ.ม. หรือ 12 นิ้ว ประมาณ 30 วินาที หลังจากนั้น เลื่อนสายตามายังจุดสีดำในภาพขวามือ [21]



ภาพที่ 2.21 การทดลองภาพติดตาที่ 1 [21]

ภาพที่ปรากฏจากการทดลองดังกล่าวไม่ใช่ภาพลวงตา (Hallucinating) แต่เป็นภาพติดตา (Afterimage) สิ่งที่เกิดขึ้นนี้ สามารถอธิบายเหตผลทางวิทยาศาสตร์ได้ คือ ดวงตาของมนุษย์เรามีเซลล์รูปกรวยสำหรับถอดรหัสสี (Decode Cones) จำนวน 250,000 โคน และ จำนวน 83,000 โคน (Cones) ได้ถูกกระตุ้นในการถอดรหัสสีแดง ขณะที่เพ่งมองพื้นสี่เหลี่ยมสีแดงนั้น เป็นระยะเวลา ประมาณ 30 วินาที ทำให้เกิดความเมื่อยล้า ขณะเดียวกันโคนที่อยู่ตรงกันข้ามของสีแดงก็เกิดปฏิกิริยาสร้างสีขึ้นทำให้มองเห็นเป็นสีเขียวหรือสีน้ำเงิน เหมือนกับมีแผ่นใสของสีดังกล่าวทาบทับบนพื้นสีขาว หลังจากละสายตาจากพื้นสีแดงแล้ว เรียกที่ปรากฏว่า ภาพติดตา (Afterimage) ต่อไปนี้เป็นการทดลองอีกภาพหนึ่งที่มีลักษณะแตกต่างกันกับภาพก่อน ภาพนี้เป็นภาพสีที่ตัดกันโดยน้ำหนัก (Value Contrast) คือเป็นการตัดกันระหว่างสีขาวและสีดำ วิธีทดลอง (ภาพที่ 2.22) ให้เพ่งมองจุดสีดำบนพื้นรูปดาวสีขาวในภาพซ้ายมือ ระยะห่างประมาณ 30 ซ.ม. หรือ 12 นิ้ว ประมาณ 30 วินาที หลังจากนั้นเลื่อนสายตามายังจุดสีดำในภาพขวามือ [21]

ภาพที่ 2.22 การทดลองภาพติดตาที่ 2 [21]

ประเภทของภาพติดตาโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้ดังต่อไปนี้

2.7.1 ภาพติดตาแบบบวก (Positive Afterimages)

หลังจากการจ้องมองวัตถุในระยะเวลาหนึ่ง แล้ววัตถุนั้นหายไป จะมีลักษณะการมองเห็นสีที่เหมือนเดิมและรูปร่างวัตถุยังคงเดิมในตำแหน่งที่เราจ้องมองวัตถุนั้นในระยะเวลาสั้น ๆ

2.7.2 ภาพติดตาแบบลบ (Negative Afterimage)

โดยส่วนใหญ่ภาพติดตาแบบลบมีลักษณะการมองเห็นสีที่เปลี่ยนแปลงไปหรือเห็นสีที่ตรงข้ามกับสีเดิม ในส่วนเรื่องสีนี้ยังคงมีข้อถกเถียงกันในวงกว้างถึงสีที่เปลี่ยนแปลงไปของภาพติดตาแบบลบเป็นสีอะไร เนื่องจากยังไม่มีข้อสรุป และนอกจากนี้ประเด็นเรื่องรูปร่างของวัตถุที่มองเห็นในภาพติดตาแบบลบยังคงมองเห็นรูปร่างของวัตถุนั้นคงเดิมในตำแหน่งที่เราจ้องมองวัตถุนั้นอยู่

สุดท้ายประเด็นในเรื่องระยะเวลาของการมองเห็นภาพติดตาแบบลบ ได้มีนักวิจัยทำการทดลองพบว่า ระยะเวลาของภาพติดตาแบบลบมีระยะเวลาประมาณ 4-8 วินาที ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการทดลองของวิลสัน ที่ได้พิสูจน์ว่าระยะเวลาของภาพติดตาแบบลบมีระยะเวลาประมาณ 7-8 วินาที ด้วยเช่นกัน แต่ในงานวิจัยเรื่อง ความบกพร่องของผู้ป่วยพากินสันกับระยะเวลาที่ลดลงของภาพติดตาแบบลบ ผลการทดลองของกลุ่มควบคุม (ผู้ปกติทางสายตาที่ไม่ได้เป็นโรคพากินสัน) ระยะเวลาการมองเห็นภาพติดตาแบบลบเฉลี่ยอยู่ที่ 9.15 วินาที ซึ่งถือว่ามีระยะเวลามากกว่าผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ประมาณ 1-2 วินาที [22]

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุและป้ายจราจร

Tamar Ben-Bassat และ David Shinar [23] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลกระทบของบริบทบนทางหลวงกับความเข้าใจป้ายจราจรของผู้สูงอายุ ประเด็นที่พวกเขาได้นำมาศึกษา คือ บริเวณสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ป้ายจราจร มีผลต่อการรับรู้หรือไม่ นอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงความแตกต่างในการรับรู้ของบุคคลทั่วไปกับผู้สูงอายุ โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้ ขั้นแรกนำป้ายจราจรทั้งหมด 28 แผ่นป้าย ที่ใช้สำหรับทดสอบ มาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม หลังจากนั้นศึกษาหาความแตกต่างของการรับรู้แบบมีสิ่งแวดล้อม และ แบบไม่มีสิ่งแวดล้อม ผลการทดลองของบุคคลทั่วไป แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ของบุคคลทั่วไประหว่างการรับรู้แบบมีสิ่งแวดล้อมและการรับรู้แบบไม่มีสิ่งแวดล้อมไม่มีความแตกต่างกัน เพราะข้อมูลจากผลการทดลองทั้งสองมีลักษณะเหมือนกัน แต่เมื่อนำผลการทดลองของบุคคลทั่วไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองของผู้สูงอายุปรากฏว่า ผู้สูงอายุมีความเข้าใจในความหมายของป้ายจราจรน้อยกว่าบุคคลทั่วไป ข้อเสนอแนะของการทดลองครั้งนี้จึงเห็นควรนำผู้ขับขี่ยานพาหนะกลับมาอบรมหรือทบทวนความจำเกี่ยวกับป้ายสัญญาณจราจรอีกครั้งหลังจากการขับขี่ยานพาหนะมาเป็นเวลานาน

Hashim Al-Madani และ Abdul Rahman Al-Janahi [24]ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความเข้าใจในสัญลักษณ์บนป้ายจราจรของผู้สูงอายุ โดยมีการเปรียบเทียบความเข้าใจป้ายจราจรในแต่ละช่วงวัย วิธีการทดลองเลือกใช้แบบสอบถามโดยให้ดูป้ายสัญญาณจราจรแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องจากแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบได้เลือกประชากรจากหลายประเทศในกลุ่มอาหรับ ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างโดยส่วนใหญ่มีความเข้าใจป้ายจราจรไม่มากนักและไม่ได้เข้าใจถึงความหมายของป้ายจราจรทั้งหมด ผลการทดลองในแต่ช่วงอายุชี้ให้เห็นได้ว่า

กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อยช่วงอายุ 24 ปี มีความเข้าใจในความหมายของป้ายจราจรน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ 35 ปีขึ้นไป

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยทั้งสองมีความขัดแย้งกันในเรื่องการทำความเข้าใจความหมายป้ายจราจรของผู้สูงอายุและบุคคลทั่วไปที่ไม่สอดคล้องกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามหากป้ายจราจรมีความไม่ชัดเจนจากการชำรุดเสียหายอาจส่งผลให้เกิดการทำผิดกฎจราจรดังงานวิจัยของปัญญา จันทรสุขโข [1] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการกระทำผิดกฎจราจรของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ผลการสำรวจปรากฏว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา จำนวนครั้งที่เคยกระทำผิดกฎจราจรและถูกเจ้าหน้าที่ตำรวจจับ การมีหรือไม่มีใบอนุญาตขับขี่ จำนวนปีที่มีใบอนุญาตขับขี่แหล่งที่ได้รับความรู้เกี่ยวกับกฎหมายจราจร เป็นปัจจัยส่วนบุคคลที่ไม่มีความสัมพันธ์กับการกระทำผิดกฎจราจร ผลการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยด้านวิศวกรรมการจราจรพบว่าความไม่ชัดเจนของสัญญาณไฟจราจรและความไม่ชัดเจนของเครื่องหมายจราจร และผลวิจัยจากการสัมภาษณ์ที่ชี้ว่า สาเหตุสำคัญที่ทำให้กลุ่มตัวอย่างกระทำผิดกฎจราจรในระดับสูงเกิดจากความไม่ชัดเจนของสัญญาณไฟจราจร และความไม่ชัดเจนของเครื่องหมายจราจรมีความสัมพันธ์กับการกระทำผิดกฎจราจรอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยด้านพฤติกรรมการขับขี่ พบว่า การไม่เห็นเจ้าพนักงานตำรวจจราจร เมาสุรา ไม่เคารพกฎจราจร การไม่ชำนาญเส้นทาง ความรีบร้อน ไม่มีเจตนาหรือเพราะความไม่รู้ ไม่มีความสัมพันธ์กับการกระทำผิดกฎจราจร สรุปปัญหาเกิดจากการที่สัญญาณป้ายแสดงเครื่องหมายจราจรไม่มีความชัดเจน จึงทำให้ผู้กระทำผิดกฎจราจรกระทำความผิดโดยไม่ได้ตั้งใจ นอกจากนี้ผู้กระทำผิดยังยอมรับว่า เพราะต้องการความสะดวก และความรวดเร็วจึงทำให้ฝ่าฝืนกฎจราจรโดยการขับรถย้อนศร

Robyn Robertson และ Ward Vanlaar [25] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความกังวลของประชากรต่อการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ การอธิบายผลจากแคนาดาโพล ที่สำรวจความคิดเห็นของประชาชนเกี่ยวกับการขับขี่ยานพาหนะของผู้สูงอายุ โดยทำการสำรวจกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากรในประเทศแคนาดา เหตุผลที่ทำการสำรวจเกิดจากความกังวลต่อการขับขี่ยานพาหนะของผู้สูงอายุ เพราะจากสถิติแสดงให้เห็นว่าผู้สูงอายุมีความผิดพลาดในการขับขี่ยานพาหนะสูงและมีอัตราการเสียชีวิตสูงเช่นกัน เมื่อเทียบกับช่วงอายุวัยอื่น ๆ ผลที่ได้จากการสำรวจครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าประชาชนไม่ได้กังวลกับการขับขี่ยานพาหนะของผู้สูงอายุมากเท่าที่คาดการณ์ไว้เมื่อเทียบกับปัญหาการจราจรอื่น ๆ

2.8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุและการมองเห็น

Ronald Klein [26] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความบกพร่องทางการมองเห็นกับการขับขี่ยานพาหนะของผู้สูงอายุ จากการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่ได้มีการมองเห็นที่แย่ แต่ถึงอย่างไรก็ตามผู้สูงอายุยังมีโอกาสขับขี่ยานพาหนะผิดพลาดจนนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้ ขนาดป้ายจราจรและแสงสว่างจะมีประโยชน์ต่อการขับขี่ของคนขับรถผู้สูงอายุ นอกจากนั้นข้อควรระวังเกี่ยวกับการขับขี่ในที่มืดหรือในสภาพแวดล้อมไม่คุ้นเคยอาจส่งผลต่อการขับขี่ยานพาหนะ สำหรับผู้ขับขี่ที่เป็นผู้สูงอายุและมีโรคเกี่ยวข้องกับสายตาหรือการมองเห็นมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุและมีความเสี่ยงสูงจากปัจจัยในการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับตาหรือการมองเห็นจะส่งผลต่อความสามารถในการขับขี่ยานพาหนะของผู้สูงอายุ

Cynthia Owsley และคณะ [27] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การมองเห็นที่ขาดประสิทธิภาพโรคที่เกี่ยวข้องกับตาและการเกิดอุบัติเหตุจากยานพาหนะในผู้สูงอายุ โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษา คือ การระบุปัจจัยเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุจากยานพาหนะ ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การมองเห็นที่ขาดประสิทธิภาพและโรคต้อหินเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่ยานพาหนะของผู้สูงอายุจนส่งผลให้ได้รับการบาดเจ็บ

Salvi [28] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางสายตาของผู้สูงอายุ โดยได้อธิบายไว้ว่า เมื่อมุนษย์เราอายุมากขึ้น เลนส์ตาจะดูดซับแสงสีฟ้ามากขึ้น (ช่วง 410 นาโนเมตร) เนื่องจากคริสตัลลีนเลนส์มีความเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองมากขึ้น การส่องผ่านแสงสีฟ้าทำได้น้อยลง อาการดังกล่าวเป็นหนึ่งในอาการของผู้ป่วยโรคต้อกระจก ซึ่งในผู้ป่วยบางรายที่ไม่ได้รับการดูแลรักษาในท้ายที่สุดทำให้เกิดอาการที่เรียกว่า "ตาบอดสีน้ำเงิน"

นพมาศ อุตะมะ [29] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความบกพร่องทางการมองเห็น วิธีการเผชิญความเครียด และคุณภาพชีวิตที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นของผู้สูงอายุที่เป็นต้อกระจก กลุ่มตัวอย่างที่เลือกใช้ในงานวิจัยเป็นผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป ที่เป็นต้อกระจกและมารับบริการตรวจและรักษาที่โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ระหว่างเดือนตุลาคม 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 จำนวน 236 คน ทำการวัดคุณภาพชีวิตที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น โดยเลือกใช้แบบสอบถามซึ่งมีคะแนนคำตอบให้เลือกจาก 1-4 ตามลำดับจากการมองไม่เห็นไปถึงมองเห็นชัดเจนดี ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่เป็นต้อกระจกจำแนกตามระดับความบกพร่องทางการมองเห็น ร้อยละ 65.25 หรือ 154 คน บอกว่ามีความบกพร่องทางการมองเห็นเล็กน้อยหรือไม่มีความบกพร่องทางการมองเห็นเลย รองลงมาคือมีความบกพร่องทางการมองเห็นปานกลาง ร้อยละ 30.51 หรือ 72 คน ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะเดียวกับหลายการศึกษาที่พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วน

ใหญ่มีความบกพร่องทางการมองเห็นเล็กน้อย หรือไม่มีความบกพร่องทางการมองเห็น เนื่องจากต้อกระจกเป็นโรคทางตาที่เกิดขึ้นจากความเสื่อมตามอายุเมื่อเป็นต้อกระจกระยะเริ่มแรกผู้ป่วยอาจมีความบกพร่องทางการมองเห็นเล็กน้อย

มุกดา เดชประพนธ์ และ ปิยวดี ทองยศ [30] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัญหาทางตาที่พบบ่อยและการสร้างเสริมสุขภาพตาในผู้สูงอายุ ข้อมูลของงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าผู้สูงอายุจะมีความยากลำบากในการมองเห็นอันเกิดจากหลายสาเหตุดังต่อไปนี้ กล้ามเนื้อตา (Ocular Muscle) ของผู้สูงอายุมีภาวะกล้ามเนื้อตาอ่อนแรง (Blepharocharasis) ส่งผลทำให้การจ้องมองภาพในระยะใกล้ไม่ชัด และจากการที่กล้ามเนื้อตาทำงานได้น้อยลงในผู้สูงอายุ การปรับความโค้งนูนของเลนส์ตาเพื่อการรวมแสงจะทำได้น้อยลง จึงทำให้เกิดปัญหาที่เรียกว่า สายตายาวในผู้สูงอายุ (Presbyopia) ส่วนต่อมาคือกระจกตา (Cornea) เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ เซลล์ที่บุกระจกตาลดจำนวนลงเนื่องจากไม่มีการสร้างขึ้นมาทดแทนเซลล์เก่าที่สูญเสียไป นอกจากนี้จะเกิดการสะสมของไขมันแทรกตามชั้นต่าง ๆ ของกระจกตา ทำให้มองเห็นเป็นวงขาว ๆ หรือเหลืองรอบบริเวณขอบกระจกตา (Limbus) เรียกว่า Arcus Senilis ถัดมาคือเลนส์ตาหรือแก้วตา (Lens) ในผู้สูงอายุ เส้นใยโปรตีนในเนื้อเลนส์ตาจะหนาตัวมีความแข็งมากขึ้น ความยืดหยุ่นลดลง และมีสีเข้มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เกิดความขุ่นมัว ส่งผลให้แสงผ่านได้น้อยลงมองภาพไม่ชัด ระดับการมองเห็นลดลง เกิดภาวะที่เรียกว่า ต้อกระจก ซึ่งเป็นโรคตาที่พบมากในผู้สูงอายุ พบถึงร้อยละ 50 ในผู้สูงอายุกลุ่ม 65-75 ปี และพบมากถึงร้อยละ 70 ในกลุ่มอายุเกิน 75 ปี และนอกจากนี้น้ำวุ้นตา (Vitreous) ของผู้สูงอายุมักมีความเสื่อมของน้ำวุ้นตา ทำให้มองเห็นเป็นจุดดำลอยไปมาในตา สุดท้ายคือรูม่านตา (Pupil) ในผู้สูงอายุจะมีการเสื่อมของกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหดหรือขยายรูม่านตา รวมทั้งรูม่านตามีขนาดลดลง แสงสว่างผ่านเข้าดวงตาลดลง ดังนั้นปฏิกิริยาต่อแสงจะช้าลง ทำให้การปรับตัวเพื่อมองในที่มืดช้ากว่าคนในวัยอื่น ผู้สูงอายุจึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดการพลัดตกหรือหกล้มและบาดเจ็บได้ง่าย นอกจากนี้การมองเห็นด้านข้างจะลดลงตามอายุที่มากขึ้น ผู้สูงอายุมีความยากลำบากในการมองหาสิ่งของที่อยู่นอกลานสายตาและการขับรถในเวลากลางคืน

จิรัชยา เจียวก๊ก สุภาวี หมัดอะด้ำ และ เขมริฐสา เข็มมะลวน [31] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความรู้ความสามารถของครอบครัวในการดูแลผู้สูงอายุหลังผ่าตัดต้อกระจก ได้อธิบายถึงโรคต้อกระจก (Cataract) ไว้ว่าเป็นโรคที่เกิดจากเลนส์แก้วตาขุ่น ทำให้แสงผ่านเข้าไปในลูกตาไม่ได้ ทำให้การมองเห็นลดลงมักเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ สาเหตุของต้อกระจกร้อยละ 95 เกิดจากการเสื่อมตามวัย และมีปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เป็นต้อกระจก

ศักดิ์ชัย วงศกิตติรักษ์ [32] ได้ทำการศึกษาเรื่อง สภาวะสุขภาพตาและโรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกของโรคทางตาที่พบบ่อย และค่าความดันตาของผู้สูงอายุ เพื่อนำมาวางแผนการดูแลรักษา วิธีการศึกษาให้ผู้สูงอายุตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป ตรวจสุขภาพตา ผลการศึกษาพบว่า ผู้ที่อายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 137 คน มีค่าแรงดันลูกตาเฉลี่ย 13.4 mmHg ซึ่งถ้าค่าแรงดันลูกตาสูงกว่า 21 mmHg มีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคต้อหิน โดยตรวจพบสภาวะสายตาผิดปกติ ร้อยละ 62.0 เป็นต้อลม ร้อยละ 76.6 เป็นต้อกระจก ร้อยละ 34.3 และพบว่าเป็นต้อกระจกทั้งสองตาถึง ร้อยละ 26.3 โรคต้อกระจกมีผลกระทบต่อความสามารถในการมองเห็น เพราะผู้สูงอายุที่มีเลนส์ตาขุ่นซึ่งมีผลกระทบต่อการมองเห็น โดยสามารถสรุปได้ว่า ผู้สูงอายุเป็นวัยที่ตรวจพบโรคทางตาได้ค้อนข้างมาก จึงควรวางแผนในการดูแลรักษาให้เหมาะสม โรคทางตาอาจเกิดได้กับบุคคล ทุกเพศ ทุกวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัยสูงอายุ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพชีวิตทั้งตัวผู้สูงอายุเองและครอบครัวเป็นอย่างมาก โรคต้อกระจกยังคงเป็นปัญหาที่สาธารณสุขให้ความสำคัญเป็นอันดับหนึ่งเพราะคือสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะตาบอดในผู้สูงอายุ รวมทั้งโรคต้อหินที่มีสาเหตุมาจากแรงดันลูกตาสูงด้วย

บุญชัย วลีธรชีพสวัสดิ์ [33] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ประจักษภาพของตัวอักษรไทยขนาดเล็กบนแผ่นพิมพ์ภายใต้ความสว่างต่าง ๆ โดยใช้แว่นจำลองสายตาผู้เป็นต้อกระจก มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะของอักษรไทยในด้านต่าง ๆ เช่น ขนาด ประเภท ความเปรียบต่าง ที่มีผลต่อความชัดเจนในการมองเห็นของผู้สูงอายุ และเพื่อศึกษาความเหมาะสมของสภาพแสงสว่างที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ ผลการทดลองพบว่า เมื่อใส่แว่นจำลองสายตาผู้เป็นต้อกระจกในสภาพความสว่างน้อย คุณภาพการมองเห็นจะลดน้อยลงไปมาก ส่วนเรื่องตัวอักษรที่ต่างกันไม่มีผลต่อการมองเห็นของผู้สูงอายุ และตัวอักษรที่มีความเปรียบต่างต่ำจะทำให้คุณภาพการมองเห็นของผู้สูงอายุถดถอยลดลง นอกจากนี้สภาวะสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการมองเห็นของผู้สูงอายุควรเป็นแบบป้องกันการฟุ้งกระจายของแสงที่เข้าตา

นารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา รัชนีภรณ์ ทรัพย์กรานนท์ พรทวี พึ่งรัศมี ชมนาด สุ่มเงิน และ โทโมโกะ โอบามา [34] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความสามารถในการมองเห็นสีของผู้สูงอายุภายใต้ระดับความสว่างที่แตกต่างกันในงานวิจัยดังกล่าวได้อธิบายถึง ความสามารถในการมองเห็นสีของผู้สูงอายุภายใต้ความสว่างน้อยหรือต่ำกว่า 300 ลักซ์ ผลการทดลองพบว่า สีพื้นหลังที่ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่ ร้อยละ 20 สามารถมองเห็นได้ชัดเจนมากที่สุด คือ สีแดง สีฟ้า สีเหลือง สีม่วง และสีน้ำเงิน ตามลำดับ ส่วนสีพื้นหลังที่ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนน้อยที่สุด ได้แก่ สีขาว และ สีส้ม

ธิดาวรรณ ไชยมณี [35] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุที่เป็นต้อกระจกระหว่างก่อนกับหลังผ่าตัดต้อกระจกและใส่เลนส์แก้วตาเทียมโรงพยาบาลศิริราช ได้อธิบายถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุที่เป็นต้อกระจกด้านความพิการทางการมองเห็น เนื่องจากโรคต้อกระจกทำให้มองเห็นวัตถุต่าง ๆ ไม่ชัดเจนหรือผิดปกติ โดยในระยะแรกจะรู้สึกตามัว เหมือนมีหมอกบัง มองเห็นในที่มืดชัดกว่าที่สว่าง แต่เวลาถูกแสงสว่างจะรู้สึกตาพร่ามัว สู้แสงไม่ได้ บางครั้งอาจมองเห็นเป็นภาพซ้อน

2.8.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุและความล้าของสายตา

จรูญ ชิดนายี วิรงค์รอง จารุชาต และ ศศิธร ชิดนายี [36] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความล้าของสายตากับการตรวจสมรรถภาพทางสายตาในกลุ่มผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาลอุตรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกความล้าของสายตาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความล้าของสายตาและสมรรถภาพทางสายตา กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยเป็นผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์มากกว่า 1 ชั่วโมงต่อวันในโรงพยาบาลอุตรดิตถ์ จำนวน 127 คน เครื่องมือที่เลือกใช้ในงานวิจัยประกอบไปด้วย แบบสอบถามเกี่ยวกับสายตา และเครื่องมือทดสอบสมรรถภาพทางสายตา (TITMUS 2a) เมื่อทำการเก็บข้อมูลที่ได้เรียบร้อยแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงวิเคราะห์ประกอบกัน ผลการทดลองที่ได้พบว่า ความชุกของการเกิดความล้าของสายตาขณะใช้งานคอมพิวเตอร์ ร้อยละ 11.0 มีอาการตาพร่ามัว รองลงมาเป็นอาการตาแห้งและคันตาร้อยละ 6.3 และอายุมีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพทางสายตาโดยผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ที่มีอายุตั้งแต่ 40 ปี ขึ้นไป มีสมรรถภาพทางสายตาไม่เหมาะสมกับงานเมื่อเทียบกับผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ที่มีอายุน้อยกว่า 40 ปี จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า อายุและระยะเวลาเริ่มใช้คอมพิวเตอร์มีผลต่อสมรรถภาพทางสายตา และสมรรถภาพทางสายตามีความสัมพันธ์ต่อความล้าของสายตา นอกจากนี้ในกลุ่มบุคคลที่มีความเสี่ยงจากอาการล้าของสายตาควรได้รับการดูแลและใส่ใจเพิ่มมากขึ้นด้วยการพักสายตา กระพริบตาบ่อย ๆ หรือพบจักษุแพทย์

จารี สอนบุตร พิชญา พรรคทองสุข และ สุภาภรณ์ เต็งไตรสรณ์ [37] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความชุกและปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาในผู้ที่ปฏิบัติงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ของคณะแพทย์ศาสตร์ มหาลัยสงขลานครินทร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกของการเกิดความล้าตาและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดความล้าของตา กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานธุรการของคณะแพทย์ศาสตร์ มหาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 169 คน ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและยินดีเข้าร่วมการวิจัย วิธีการวิจัยได้มีการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามและใช้เครื่องมือวัดความล้าของตา (Flicker Fusion Model 12021) หลังจากนั้นทำการจดบันทึกสมรรถภาพการมองเห็นของกลุ่มตัวอย่างก่อนนำไป

วิเคราะห์ผล โดยผลการทดลองจำแนกอาการล้าของตาได้ 3 อันดับแรก เรียงกันตามลำดับดังต่อไปนี้ แสบตา ปวดตา มองเห็นภาพไม่ชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ไม่มีแสงสว่างมากเพียงพอ (แสงน้อยกว่า 300 ลักซ์) มีความสัมพันธ์กับการเกิดความล้าของตาร้อยละ 64.5 และการทำงานหน้าคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานหรือมากกว่า 2 ชั่วโมง จะยิ่งเป็นปัจจัยหลักทำให้เกิดอาการล้าของดวงตามากยิ่งขึ้น

2.8.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องอื่น ๆ

ปิยนันท์ สุรินทร์รัตน์ อลงกต เอมะสิทธิ์ และ น้อมจิตต์ นวลเนตร์ [38] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประเมินความคมชัดของการมองในผู้ที่เมารถ ผู้ร่วมทดลองครั้งนี้ได้อาสาสมัครไทยเพศชายหรือหญิงสุขภาพดีแต่มีประวัติเมารถ อายุ 18-50 ปี การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบความคมชัดของการมองระหว่างกลุ่มที่ไวและไม่ไวต่อการเมารถ ณ ความถี่ 1 และ 2 เฮิรตซ์ ผลพบว่าค่าคะแนนความคมชัดของการมองของทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปประเด็นความคมชัดของการมองของผู้ที่ไวต่อการเมารถไม่ได้ลดลงขณะส่ายศีรษะ

ไพรัตน์ ฤทัยประเสริฐศรี [39] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การดูดกลืนแสงของเลนส์ต้อกระจก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสเปกตรัมแถบดูดกลืนแสง (Absorption Band) ของโรคต้อกระจก ว่ามีปริมาณเท่าใดในช่วงคลื่นแสงที่เรามองเห็น เพื่อนำไปสู่การยับยั้งอาการกำเริบของโรคนี้ เพราะอาการของโรคที่ปรากฏ จะมีลักษณะสายตามัว ซึ่งเป็นการแสดงถึงการดูดกลืนแสงของโรคต้อกระจกในเลนส์ตา โดยใช้วิธีการบันทึกแถบดูดกลืนแสง แล้วนำมาหาปริมาณการดูดกลืนแสง สรุปผลการทดลองการหาปริมาณการดูดกลืน พบว่าแถบสเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของเลนส์ที่เป็นต้อกระจกปรากฏในช่วง 3572-6660 แองสตรอม เพราะช่วงดังกล่าวแสดงแนวโน้มชัดเจนว่าค่าการดูดกลืนมีค่าสูงกว่าเลนส์ตาปกติ สันนิษฐานว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสารบางชนิดในเลนส์แก้วตา เมื่อเกิดอาการเป็นต้อกระจก

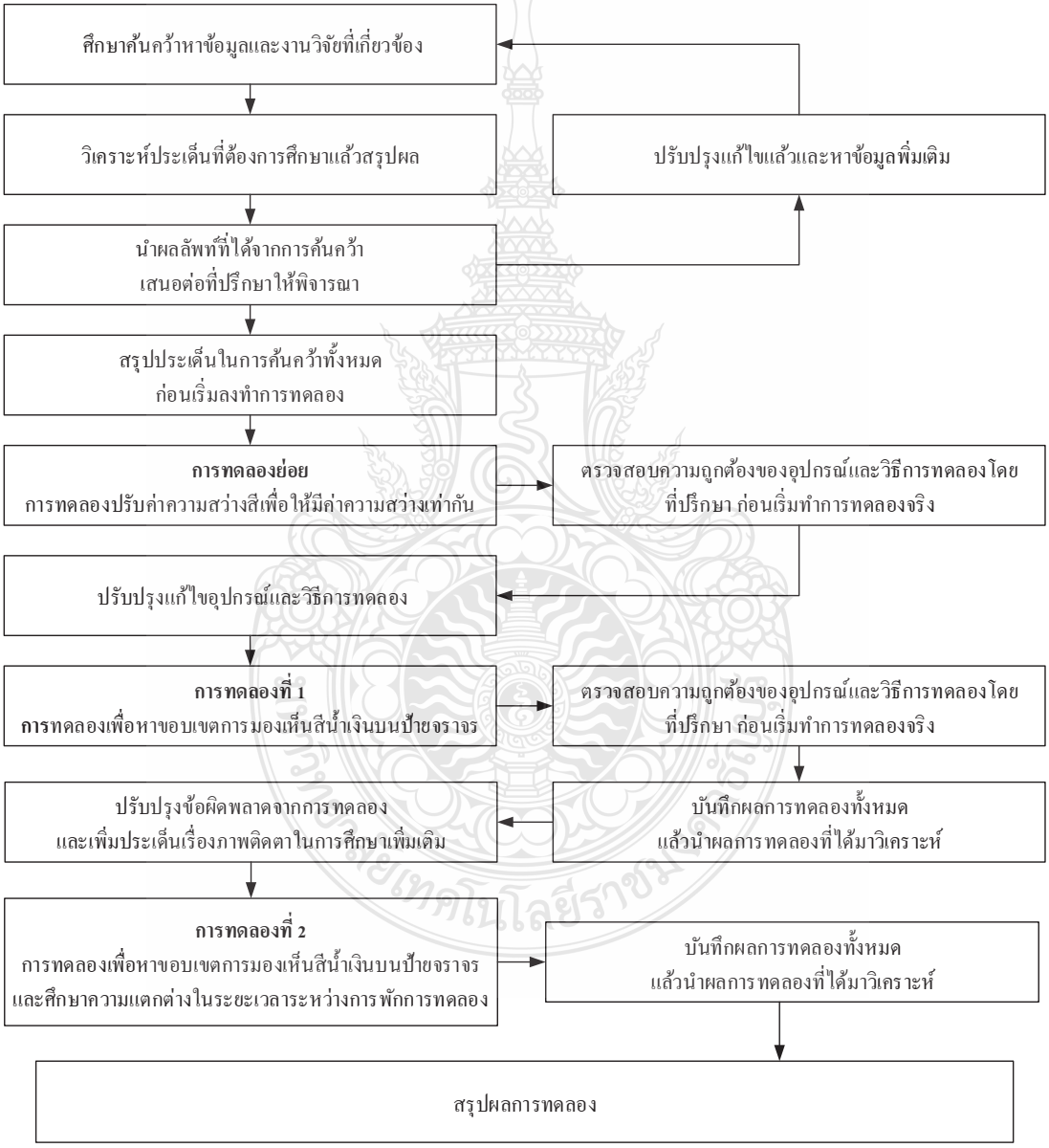
จันทร์จิรา สินทนะโยธิน [40] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การจำลองการมองเห็นและปรับเปลี่ยนสีสำหรับผู้ที่ตาบอดสี ได้กล่าวไว้ว่า บุคคลทั่วไปจะสามารถมองเห็นได้จากการกระตุ้นของแสงในบริเวณจอประสาทตา ซึ่งบริเวณดังกล่าวมี เซลล์ไวต่อแสงที่เรียกว่า รอดส์และโคนส์ โดยรอดส์จะไม่สามารถแยกแยะสีได้ แต่ช่วยในการมองเห็นในที่มืด ส่วนโคนส์ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อที่มีความไวต่อแสงในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยปกติคนทั่วไปจะสามารถมองเห็นแสงสีแดง เขียว และน้ำเงินได้หากไม่มีความผิดปกติในการมองเห็นสี นอกจากนี้อัตราส่วนของคนที่มีความผิดปกติในการมองเห็นสีพบว่าร้อยละ 5-8 เป็นผู้ชาย และมักมีอาการตาบอดสีแดง-เขียวเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นตามความเป็นจริงผู้ที่ตาบอดสีควรจะถูกเรียกว่าผู้ที่มีความผิดปกติในการมองเห็นสี (Color Deficiencies)

อิสเรส สุขเสนี [41] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของคู่สีตัวอักษรกับสีพื้นหลังที่มีผลต่อคุณภาพการมองเห็นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงเฉดสีที่นิยมใช้ในการออกแบบสีพื้นหลังและตัวอักษรบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และคู่สีตัวอักษรกับสีพื้นหลังที่มีผลต่อคุณภาพในการมองเห็นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยเป็นนักออกแบบกราฟิก และกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ วิธีการทดสอบคุณภาพในการมองเห็นสีตัวอักษรบนสีพื้นหลัง ให้กลุ่มตัวอย่างเลือกลำดับความพึงพอใจคู่สีต่าง ๆ ที่นิยมใช้ และในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้สีในโมเดลของมันเซลล์ จำนวน 55 สี พบว่าสีที่นิยมใช้ในการออกแบบสีตัวอักษรและสีพื้นหลังมีจำนวน 10 สี ผลการศึกษาพบว่าสีตัวอักษรที่เหมาะสมที่สุดคือสีดำบนพื้นหลังสีอ่อน และตัวอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีเข้ม ส่วนการออกแบบตัวอักษรสีโทนร้อนบนพื้นหลังสีที่มีความเปรียบต่างดีกว่าการออกแบบตัวอักษรสีโทนเย็นบนพื้นหลังสีโทนร้อน นอกจากนี้สีพื้นหลังสีน้ำเงินคู่กับสีตัวอักษรสีดำ สีขาวและสีแดง จัดเป็นสีตัวอักษรที่มีคุณภาพในการมองเห็นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ดี

Fatemeh Khadjevand Sohrab Shahzadi และ Abdolhossein Abbassian [22] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความบกพร่องของผู้ป่วยพากินสันกับระยะเวลาที่ลดลงของภาพติดตาแบบลบ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาเฉลี่ยการมองเห็นภาพติดตาแบบลบเฉลี่ยอยู่ที่ 9.15 วินาที จากการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาภาพติดตาแบบลบของกลุ่มตัวอย่างปกติและอาสาสมัครที่เป็นพาร์กินสัน ด้วยวิธีการขอให้อาสาสมัครกดปุ่มเมื่อใดก็ตามที่พวกเขาเห็นภาพติดตาแบบลบและปล่อยมือจากปุ่มเมื่อไม่เห็นภาพติดตาแบบลบแล้ว โดยระยะเวลาภาพติดตาแบบลบของอาสาสมัครที่เป็นพาร์กินสันมีระยะเวลาในการมองเห็นภาพติดตาแบบลบประมาณ 4-5 วินาที ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างปกติ โดยกลุ่มตัวอย่างปกติมีระยะเวลาในการมองเห็นภาพติดตาแบบลบอยู่ที่ประมาณ 9-10 วินาที

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่อง ขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ เป็นงานวิจัยประเภทการทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 การทดลองเพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงิน

การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุด้วยวิธีการทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

3.1.1.1 จอแสดงผล Eizo รุ่น Color Edge CX271

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการตั้งค่าจอแสดงผล Eizo รุ่น Color Edge CX271

รายละเอียด	ค่าที่ปรับ
Brightness	300 cd/m^2
Temperature	5800 K
Gamma	1.8
Color Gamut	sRGB
Gain Red	100
Gain Green	91
Gain Blue	89
Port	HDMI

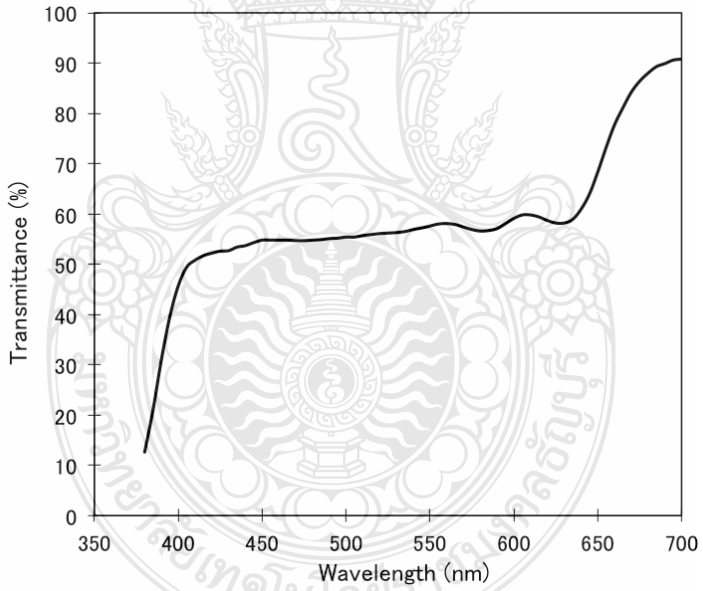
3.1.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับพกพา ACER รุ่น Aspire E5-551G-F4U1

3.1.1.3 แว่นตาจำลองสายตาผู้สูงอายุ (ภาพที่ 3.2) หรือ Panasonic Cataract Experiencing Goggles [42] ส่วนประกอบของแว่นตาประกอบไปด้วยฟิลเตอร์ 3 ชนิดที่ให้ความสำคัญในเรื่องขององค์ประกอบดังต่อไปนี้

1) ฟิลเตอร์หมอกค่าความขุ่นเท่ากับ 14% แทนองค์ประกอบด้านความขุ่น
2) ฟิลเตอร์เทาที่มีค่าความดำเท่ากับ 0.2 แทนองค์ประกอบด้านความสว่าง
3) ฟิลเตอร์สีเพื่อลดการส่องผ่านแสงของสีน้ำเงินแทนองค์ประกอบด้านสี

ภาพที่ 3.2 แว่นตาจำลองสายตาผู้สูงอายุ

ในการทดลองของผู้สูงอายุได้ใช้แว่นตาจำลองสายตาผู้สูงอายุกับกลุ่มอาสาสมัครผู้เข้าร่วมการทดลอง เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มาจากสายตาของผู้สูงอายุ ในส่วนถัดมาคือสเปกตรัมการส่องผ่านแสงของแว่นตาจำลองสายตาผู้สูงอายุแสดงไว้ดังภาพที่ 3.3

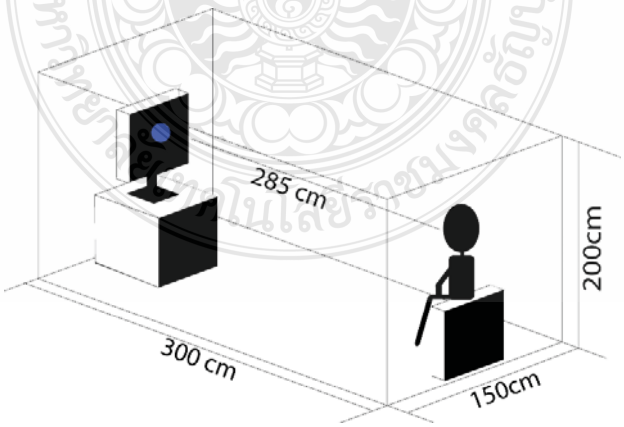


ภาพที่ 3.3 การส่องผ่านแสงของแว่นตาจำลองสายตาผู้สูงอายุ [3]

3.1.1.4 เครื่องวัดความส่องสว่างและสี Konica Minolta รุ่น CS-100A

ภาพที่ 3.4 เครื่องวัดความส่องสว่างและสียี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CS-100A

3.1.1.5 ห้องทดลองมีขนาด 180 × 360 × 200 เซนติเมตร (กว้าง× ยาว × สูง) ห้องทดลองถูกคลุมด้วยม่านสีดำเพื่อควบคุมความสว่างที่ 0 ลักซ์ จอแสดงผลที่ใช้สำหรับการทดลองถูกจัดวางอยู่ภายในห้องทดลอง โดยมีระยะห่างจากที่นั่งของกลุ่มตัวอย่าง 285 เซนติเมตร บนจอแสดงผลมีการจัดแสดงสีพื้นหลังที่ใช้ในการทดลองไว้ มีลักษณะเป็นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร แล้วทำการติดตั้งอุปกรณ์กันแสงรบกวนไว้บริเวณหน้าจอแสดงผล โดยเจาะรูเป็นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร เพื่อป้องกันแสงรบกวนจากส่วนอื่นของจอแสดงผล



ภาพที่ 3.5 ภาพจำลองห้องทดลอง

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครจำนวน 30 คน ที่ไม่มีปัญหาทางการมองเห็นหรือได้รับการแก้ไขปัญหาทางการมองเห็นแล้ว นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างต้องทำการทดสอบความบกพร่องทางการมองเห็นสีด้วยชุดทดสอบตาบอดสี (Ishihara's Test) กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็นสองกลุ่มได้แก่

3.1.2.1 “วัยรุ่น” (Young) คือ อาสาสมัครที่มีอายุตั้งแต่ 18 – 35 ปี

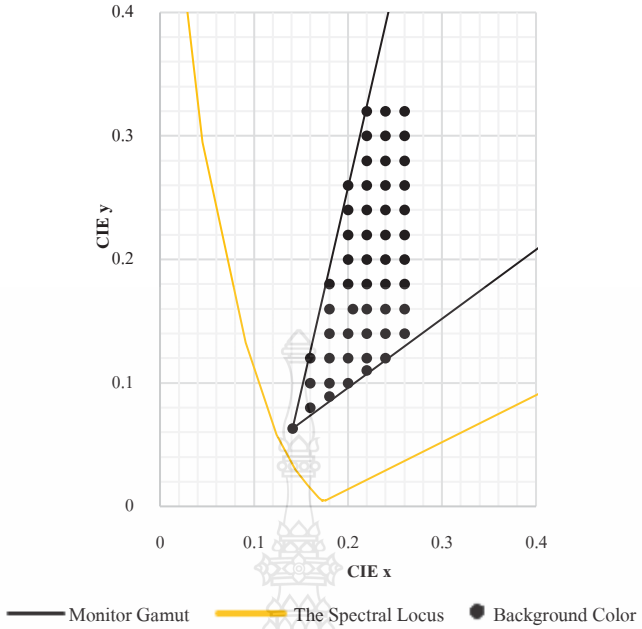
3.1.2.2 “ผู้สูงอายุจำลอง” (Simulated Elderly) คือ “วัยรุ่น” ที่ใส่แว่นตาจำลองสายตาผู้สูงอายุ

3.1.3 สภาวะการทดลอง

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดสภาวะการทดลอง

ข้อกำหนด	รายละเอียด
สีพื้นหลังบนป้ายจราจร	52 สี
สัญลักษณ์ป้ายจราจร	18 สัญลักษณ์
ความสว่างของห้องทดลอง	0 ลักซ์
ระยะเวลาในการพักสายตาระหว่างการทดลอง	5 วินาที

3.1.3.1 สีพื้นหลังบนป้ายจราจร 52 สี (ภาพที่ 3.6) มีที่มาจากขนาดขอบเขตของสี (Gamut) ที่จอแสดงผลทำได้ โดยกำหนดค่า RGB บนจอแสดงผลให้เป็น (255,0,0) ซึ่งเป็นค่าสีน้ำเงินสูงสุดที่จอแสดงผลทำได้ และค่าสีดังกล่าวเป็นตำแหน่งเริ่มต้นในการพิกัดสีให้ครอบคลุมพื้นที่สีน้ำเงินบนแผนภูมิ xy Chromaticity เพื่อนำมาใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ความส่องสว่างสีพื้นหลังทั้ง 52 สี มีที่มาจากการทดลองการเปรียบเทียบความสว่าง (Brightness Matching) กับสีน้ำเงินอ้างอิง (Yxy = 16.26, 0.141, 0.063) ก่อนนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป สามารถดูรายละเอียดผลการทดลองการเปรียบเทียบความสว่าง และ ค่าความส่องสว่าง CIE x และ CIE y ของแต่ละสีได้ที่ภาคผนวก ก

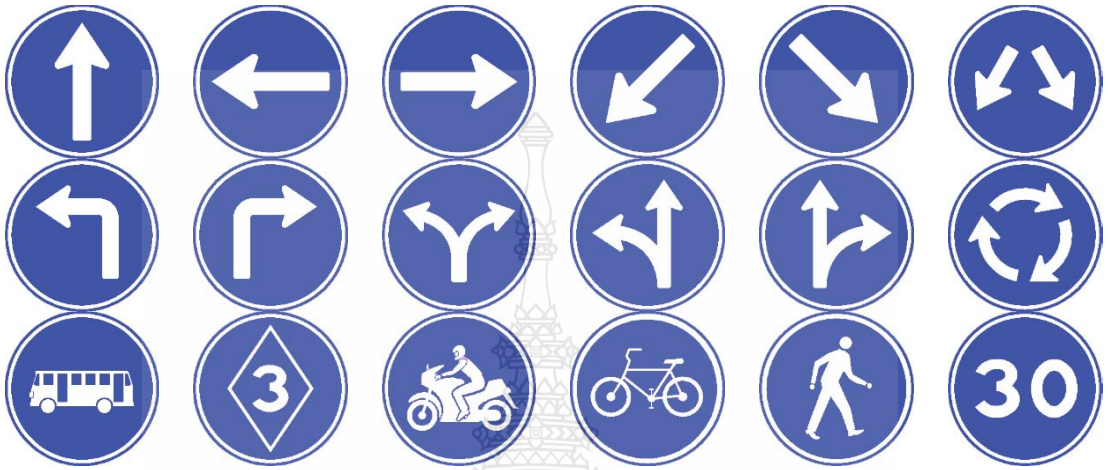


ภาพที่ 3.6 พิกัดสีทั้ง 52 สี บนแผนภูมิโครมาติกซิตี

การปรับค่าความสว่างสี (ภาพที่ 3.7) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ให้กลุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบสีอ้างอิงทางซ้ายมือกับสีทางขวามือ แล้วทำการปรับความสว่างสีทางขวามือด้วยการกดปุ่มขึ้นลงบนแป้นพิมพ์เพื่อเพิ่มและลดความสว่างให้มีความสว่างเท่ากับสีอ้างอิงทางซ้ายมือ ทำการปรับทั้ง52สี ทุกสีจะถูกสุ่มแสดงแบบไม่ซ้ำ

ภาพที่ 3.7 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานของการปรับค่าความสว่างสี

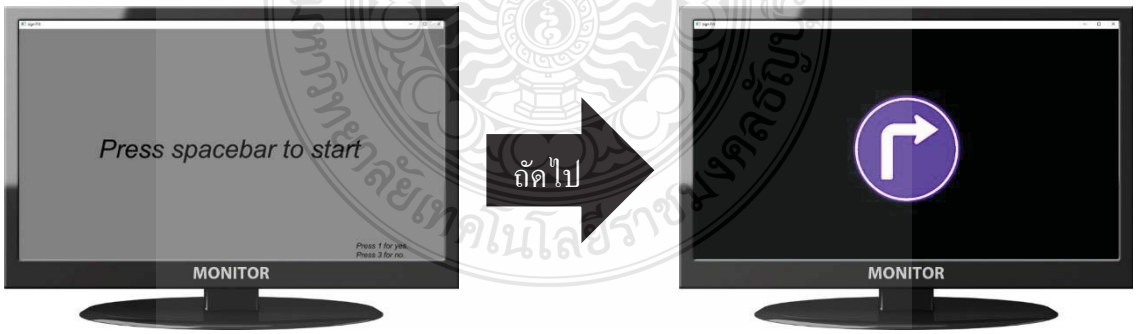
3.1.3.2 สัญลักษณ์ป้ายจราจรในประเทศไทย ที่มีสีพื้นหลังเป็นสีน้ำเงินมีจำนวน 18 แผ่นป้าย โดยป้ายจราจรที่มีสีพื้นหลังเป็นสีน้ำเงินทั้งหมด (ภาพที่ 3.8) เป็นป้ายประเภทบังคับ ผู้วิจัยเลือกป้ายจราจรดังกล่าวเพราะต้องการศึกษาเรื่องสีน้ำเงินที่มีผลต่อการมองเห็นของผู้สูงอายุ



ภาพที่ 3.8 ป้ายจราจรที่มีสีพื้นหลังเป็นสีน้ำเงิน

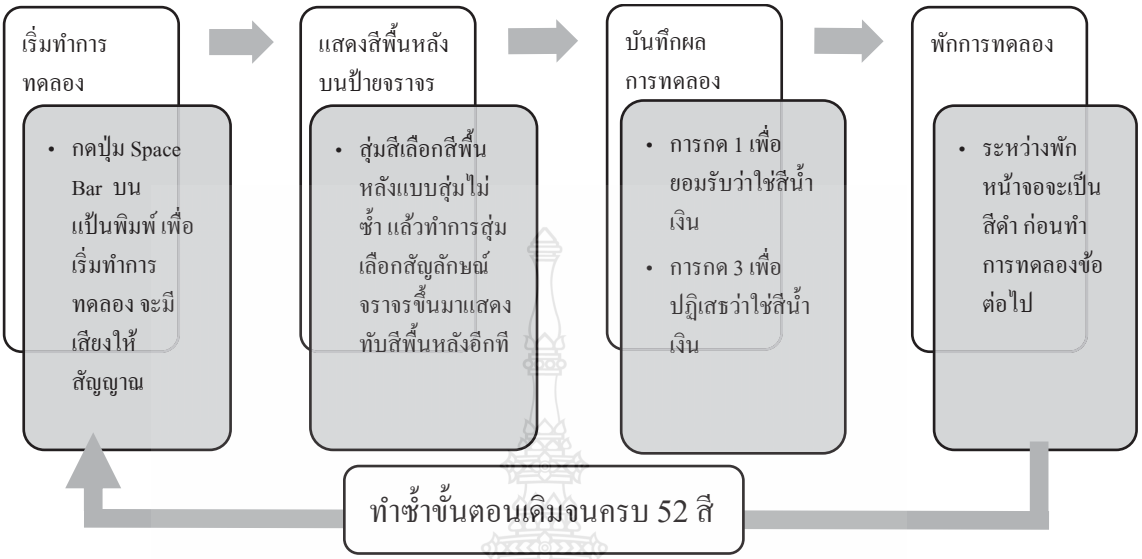
3.1.4 ขั้นตอนการทดลอง

ส่วนติดต่อผู้ใช้งานของการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินและการทดลองระบุสีน้ำเงิน ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ภาพจำลองส่วนติดต่อผู้ใช้งานของโปรแกรมสำหรับการทดลอง

3.1.4.1 การทดลองยอมรับสีน้ำเงิน มีขั้นตอนดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน

1) ขั้นตอนเตรียมการทดลอง กรอกแบบสอบถามและตรวจสอบการมองเห็นสีของกลุ่มตัวอย่างรายบุคคล อบรมและอธิบายขั้นตอนในการทดลอง เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนทำการทดลองจริง โดยมีคำถามการทดลองในครั้งนี้ได้ถามว่า "สีที่มองเห็นบนจอแสดงผลใช่สีน้ำเงินบนป้ายจราจรหรือไม่"

2) ขั้นตอนเริ่มทำการทดลอง ให้กลุ่มตัวอย่างกดปุ่ม Space Bar บนแป้นพิมพ์ จะมีเสียงสัญญาณนับเวลาถอยหลังเป็นเวลา 5 วินาที ก่อนแสดงสีพื้นหลังที่ใช้ในการทดลอง

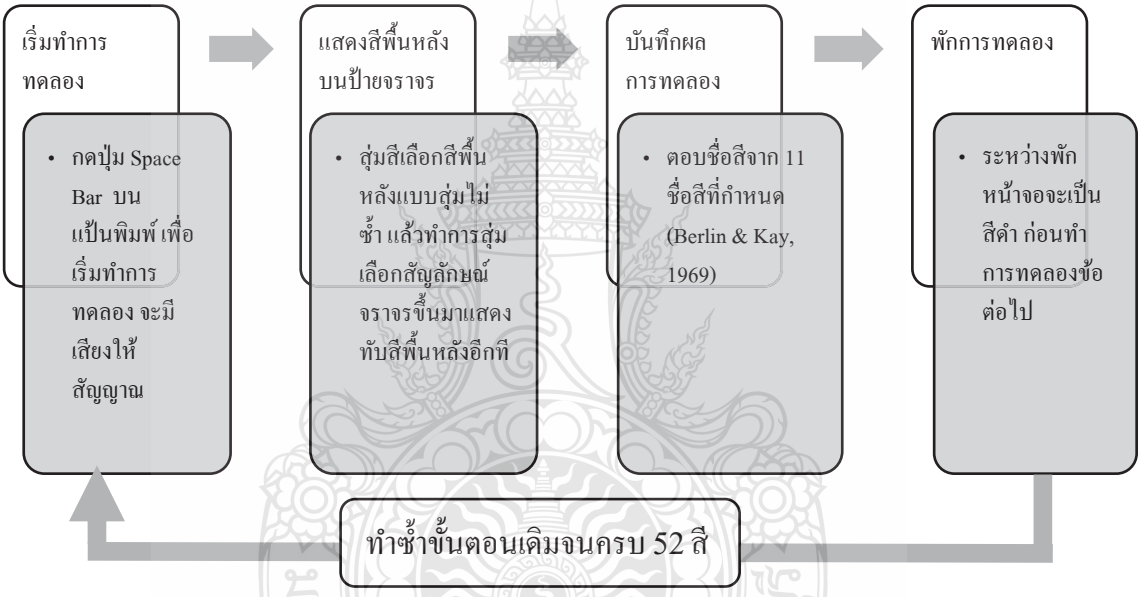
3) ขั้นตอนแสดงสีพื้นหลังที่ใช้ในการทดลอง เมื่อครบระยะเวลาพักหน้าจอตามที่กำหนดแล้ว จะปรากฏสีพื้นหลังขึ้นมาแบบสุ่ม สีพื้นหลังทั้ง 52 สีจะถูกสุ่มแสดงแบบไม่ซ้ำกันทีละสีและในการสุ่มแต่ละครั้งจะสุ่มเลือกสัญลักษณ์ป้ายจราจรมา 1 สัญลักษณ์ จากสัญลักษณ์บนป้ายจราจรทั้งหมด 18 สัญลักษณ์ แสดงผลขึ้นมาทับสีพื้นหลังที่ถูกสุ่มเลือกโดยที่สัญลักษณ์บนป้ายจราจรสามารถเลือกซ้ำกันได้และไม่จำกัดเวลาในการดูสีเพื่อตอบคำถาม

4) ขั้นตอนบันทึกผลการทดลอง เมื่อกลุ่มตัวอย่างพิจารณาสีพื้นหลังบนป้ายจราจรเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการกดปุ่มตอบคำถาม กด 1 สำหรับการยอมรับว่าสีพื้นหลังบน

จอแสดงผลคือสีน้ำเงินบนแผ่นป้ายจราจร กด 3 สำหรับการไม่ยอมรับว่าสีพื้นหลังบนจอแสดงผลคือสีน้ำเงินบนแผ่นป้ายจราจร

5) ขั้นตอนทำการทดลองซ้ำ เมื่อตอบคำถามเสร็จแล้วจะมีระยะเวลาการพักหน้าจอตามที่กำหนดในแต่ละการทดลองแสดงขึ้นมา หน้าจอจะแสดงผลเป็นสีดำว่างเปล่า และมีเสียงสัญญาณนับเวลาถอยหลังเป็นเวลา 5 วินาที ก่อนที่สีพื้นหลังถัดไปจะแสดงผลออกมาให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง หลังจากนั้นเมื่อทำการทดลองครบทั้ง 52 สี โปรแกรมจะทำการจดบันทึกคำตอบ

3.1.4.2 การทดลองระบุชื่อสี มีขั้นตอนดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการทดลองระบุชื่อสี

1) ขั้นตอนเตรียมการทดลอง มีลักษณะเดียวกันกับการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน แต่คำถามในการทดลองในครั้งนี้ได้ถามว่า "สีที่มองเห็นบนจอแสดงผลคือสีอะไร"

2) ขั้นตอนเริ่มทำการทดลอง มีลักษณะเดียวกันกับการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน

3) ขั้นตอนแสดงสีพื้นหลังที่ใช้ในการทดลอง มีลักษณะเดียวกันกับการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน

4) ขั้นตอนบันทึกผลการทดลอง เมื่อกลุ่มตัวอย่างพิจารณาสีพื้นหลังบนป้ายจราจรเรียบร้อยแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างเลือกคำเรียกชื่อสีจากคำเรียกชื่อพื้นฐาน หรือ Basic Color Terms ได้แก่ สีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเขียว สีน้ำเงิน สีม่วง สีชมพู สีน้ำตาล สีเทา สีดำ และ สีขาว [13]

5) ขั้นตอนทำการทดลองซ้ำ มีลักษณะเดียวกันกับการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน เมื่อได้ผลการทดลองจากการทดลองทั้งสองแล้วนำผลการทดลองมาทำการคัดเลือกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ก่อนนำไปวิเคราะห์ผลในขั้นถัดไป

3.2 การทดลองที่ 2 การทดลองเพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงิน โดยการกำหนดระยะเวลาการพักการทดลองเป็น 10 วินาที

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุโดยกำหนดระยะเวลาการพักหน้าจอเป็น 10 วินาที เนื่องจากต้องการศึกษาความแตกต่างของระยะเวลาการพักหน้าจอ 10 วินาที และ 5 วินาที เพราะผลการทดลองที่ 1 (สามารถดูได้ในบทที่ 4) มีความแตกต่างกับข้อมูลที่ได้ศึกษามา เพราะงานวิจัยที่ได้ศึกษามาได้ระบุไว้ว่า การส่องผ่านแสงของคริสทัลลีนเลนส์จะต่ำลงสำหรับแสงในช่วงสีน้ำเงินโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออายุเพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุให้วัตถุสีน้ำเงินดูแล้วมีสีเข้มขึ้น [3] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางสายตาของผู้สูงอายุ ได้อธิบายเอาไว้ว่า เมื่อเราอายุมากขึ้น เลนส์ตาจะดูดซับแสงสีฟ้ามากขึ้น (410 นาโนเมตร) เนื่องจากคริสตัลลีนเลนส์มีความเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองมากขึ้น การส่องผ่านของแสงสีฟ้าจึงทำได้น้อยลง [28]

ซึ่งจากงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษามาสามารถสรุปได้ว่า การมองเห็นสีน้ำเงินของผู้สูงอายุจะมีความยากลำบากมากกว่าวัยรุ่น ซึ่งความความขัดแย้งของข้อมูลที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากระยะเวลาการพักหน้าจอที่น้อยเกินไปจนทำให้เกิดภาพติดตา เพราะมีข้อมูลจากการศึกษางานวิจัยเพิ่มเติม ชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาเฉลี่ยการมองเห็นภาพติดตาแบบลบเฉลี่ยอยู่ที่ 9.15 วินาที จากการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาภาพติดตาแบบลบของกลุ่มตัวอย่างปกติ และ อาสาสมัครที่เป็นพาร์กินสัน ด้วยวิธีการขอให้อาสาสมัครกดปุ่มเมื่อใดก็ตามที่พวกเขาเห็นภาพติดตาแบบลบและปล่อยมือจากปุ่ม เมื่อไม่เห็นภาพติดตาแบบลบแล้ว โดยระยะเวลาภาพติดตาแบบลบของอาสาสมัครที่เป็นพาร์กินสันมีระยะเวลาในการมองเห็นภาพติดตาแบบลบประมาณ 4-5 วินาที ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างปกติ โดยกลุ่มตัวอย่างปกติมีระยะเวลาในการมองเห็นภาพติดตาแบบลบอยู่ที่ประมาณ 9-10 [22] แต่ในการทดลองที่ 1 ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาการพักหน้าจอเพียง 5 วินาทีเท่านั้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผลการทดลองไม่ได้เป็นไปตามที่ศึกษาเอาไว้

3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

ในการทดลองที่ 2 อุปกรณ์สำหรับการทดลองเป็นลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 1 ยกเว้นแต่จอแสดงผลเป็น Eizo รุ่น Color Edge CG223W ตั้งค่าจอแสดงผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการตั้งค่าจอแสดงผล Eizo รุ่น Color Edge CG223W

รายละเอียด	ค่าที่ปรับ
Brightness	100%
Temperature	6000K
Gamma	1.8
Color Gamut	sRGB
Port	HDMI

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

ในการทดลองที่ 2 มีวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 1

3.2.3 สภาวะการทดลอง

ในการทดลองที่ 2 สภาวะการทดลองเป็นลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 1 ยกเว้นการกำหนดระยะเวลาการพักหน้าจอเป็น 10 วินาที

3.2.4 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองที่ 2 ขั้นตอนการทดลองเป็นลักษณะเดียวกันกับการทดลองที่ 1

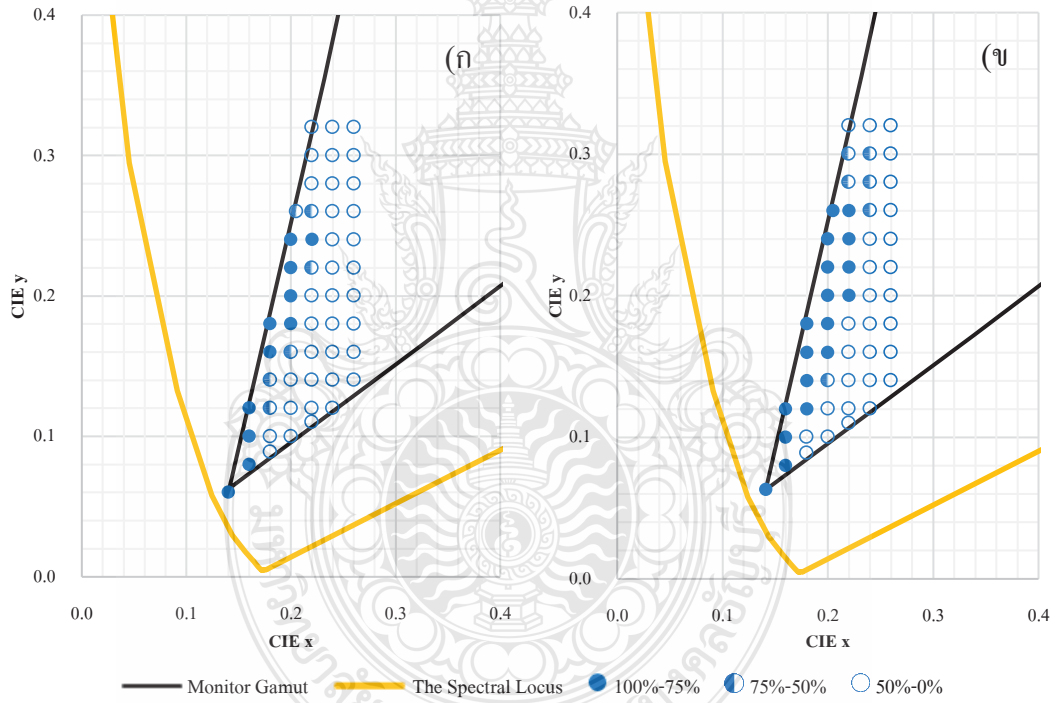
บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

การวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยในแต่ละการทดลองประกอบไปด้วย การทดลองการยอมรับสีน้ำเงินและการทดลองระบุชื่อสี

4.1 ผลการทดลองที่ 1 การทดลองเพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงิน

4.1.1 ผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.1 ผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินโดย (ก) “วัยรุ่น” และ (ข) “ผู้สูงอายุจำลอง”

ภาพที่ 4.1 แสดงผลการทดลองเรื่อง การยอมรับสีน้ำเงินโดย “วัยรุ่น” และ “ผู้สูงอายุจำลอง” โดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.1 แทนความหมายดังต่อไปนี้

● สัญลักษณ์วงกลมสีน้ำเงินแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 75%

◐ สัญลักษณ์ครึ่งวงกลมสีน้ำเงินแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่างระหว่าง 75-50%

○ สัญลักษณ์วงกลมโปร่งแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 50%

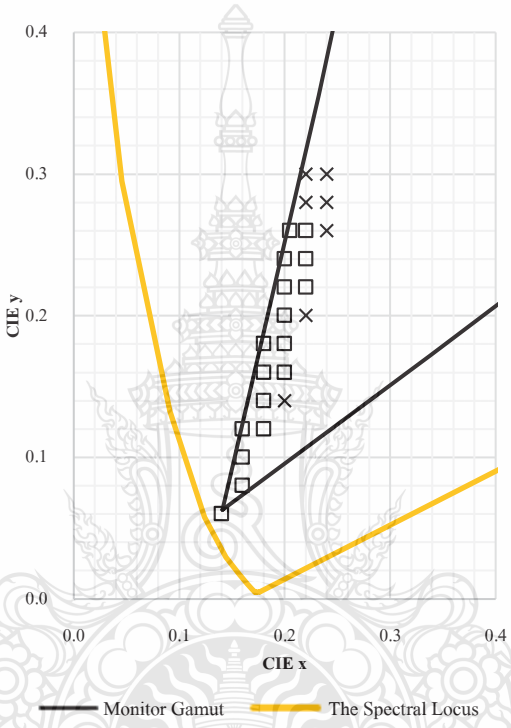
โดยที่ผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินแสดงให้เห็นถึงจำนวนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “วัยรุ่น” มี 17 สีพื้นหลัง (ภาพที่ 4.1 ก) และสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” มีจำนวน 24 สีพื้นหลัง (ภาพที่ 4.1 ข) ซึ่งมากกว่าสีที่ได้รับการยอมโดย “วัยรุ่น” จำนวน 7 สีพื้นหลัง

จากผลการทดลองดังกล่าวไม่ได้เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ เนื่องจากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ศึกษามาพบว่า จำนวนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” ควรน้อยกว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “วัยรุ่น” เพราะมีงานวิจัยจำนวนมากที่อธิบายถึงสภาพการมองเห็นและปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้สูงอายุมีความยากลำบากในการมองเห็น หนึ่งในงานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่อง ปัญหาทางตาที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ ได้อธิบายให้เห็นว่า ผู้สูงอายุมีความยากลำบากในการมองเห็นอันเกิดจากหลากหลายสาเหตุ แต่หนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายุมองเห็นไม่ชัดเจนคือ กระจกตา (Cornea) เกิดการสะสมของไขมันแทรกตามชั้นต่าง ๆ ของกระจกตา ทำให้มองเห็นเป็นวงขาว ๆ หรือเหลืองรอบบริเวณขอบกระจกตา (Limbus) นอกจากนี้เลนส์ตา (Lens) ในผู้สูงอายุ เส้นใยโปรตีนในเนื้อเลนส์ตาจะหนาตัวมีความแข็งมากขึ้น และมีสีเข้มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เกิดความขุ่นมัว ส่งผลให้แสงผ่านได้น้อยลงมองภาพไม่ชัด ระดับการมองเห็นลดลง เกิดภาวะที่เรียกว่า ต้อกระจก [30] จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ชัดว่าองค์ประกอบส่วนต่าง ๆ ในตาของผู้สูงอายุมีการเสื่อมสภาพ ทำให้มีผลต่อการมองเห็น และงานวิจัยต่อมาที่สนับสนุนกรอบความคิดของผู้วิจัยให้เชื่อว่า จำนวนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” ควรน้อยกว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “วัยรุ่น” คือ งานวิจัยเรื่อง สภาวะสุขภาพตาและโรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ ในงานวิจัยดังกล่าวได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลโรคทางตาในผู้สูงอายุพบว่า ผู้สูงอายุมีสภาวะสายตาผิดปกติ ร้อยละ 62.0 เป็นต้อลม ร้อยละ 76.6 เป็นต้อกระจก ร้อยละ 34.3 และพบว่าเป็นต้อกระจกทั้งสองตาถึง ร้อยละ 26.3 นอกจากนี้โรคต้อกระจกมีผลกระทบต่อความสามารถในการมองเห็นอย่างมากในผู้สูงอายุ เพราะผู้สูงอายุที่มีเลนส์ตาขุ่นทำให้มีผลกระทบต่อการมองเห็นและโรคทางตาอาจเกิดได้กับทุกคน

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัยสูงอายุ ซึ่งโรคทางตามีผลต่อคุณภาพชีวิตทั้งตัวผู้สูงอายุเองและครอบครัวเป็นอย่างมาก โรคต้อกระจกยังคงเป็นปัญหาที่สาธารณสุขให้ความสำคัญเป็นอันดับหนึ่งเพราะคือสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะตาบอดในผู้สูงอายุ [32] จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนการประสบปัญหาในการมองเห็นของผู้สูงอายุจากโรคทางตามีสัดส่วนค่อนข้างสูงและยังส่งผลถึงคุณภาพในการมองเห็นของผู้สูงอายุ

และหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้เชื่อว่าสีน้ำเงินคือสีที่ผู้สูงอายุได้รับผลกระทบจากการมองเห็น คือ งานวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางสายตาของผู้สูงอายุ ในงานวิจัยดังกล่าวได้อธิบายไว้ว่า เมื่อมนุษย์เราอายุมากขึ้น เลนส์ตาจะดูดซับแสงสีฟ้ามากขึ้น (ช่วง 410 นาโนเมตร) เนื่องจากคริสตัลลีนเลนส์มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองมากขึ้น การส่องผ่านของแสงสีฟ้าจึงทำได้น้อยลง อาการดังกล่าวเป็นหนึ่งในอาการของผู้ป่วยโรคต้อกระจก ในผู้ป่วยบางรายที่ไม่ได้รับการดูแลรักษาและปล่อยอาการดังกล่าวทิ้งไว้ในท้ายที่สุดทำให้เกิดอาการที่เรียกว่า "ตาบอดสีน้ำเงิน" [28] และนอกจากนี้ยังมีหนังสือชื่อ ไซโคฟิสิกส์ด้านการมองเห็นพื้นฐานและการประยุกต์ ได้อธิบายเกี่ยวกับการส่องผ่านแสงของคริสทัลลีนเลนส์ ไว้ในเนื้อหาเรื่อง การมองเห็นตามอายุ ได้อธิบายไว้ดังนี้ การส่องผ่านแสงของคริสทัลลีนเลนส์จะต่ำลงสำหรับแสงในช่วงสีน้ำเงินโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออายุเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุให้วัตถุสีน้ำเงินดูแล้วมีสีเข้มขึ้น [3] จากข้อมูลที่นำมาอ้างอิงแสดงให้เห็นได้ว่าผู้สูงอายุต้องเผชิญหน้ากับปัญหาการมองเห็นแสงสีน้ำเงิน ตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ในข้างต้น และหากปล่อยไว้ไม่ได้รับการดูแลรักษา อาการดังกล่าวจะมีความรุนแรงขึ้น นอกจากสาเหตุเรื่องความบกพร่องทางการมองเห็นของผู้สูงอายุแล้ว ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการตัดสินใจของผู้สูงอายุ ที่ทำให้ผู้วิจัยเชื่อได้ว่าผู้สูงอายุจะประสบปัญหาในการตอบคำถามเกี่ยวกับป้ายจราจร โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ศึกษาถึงผลกระทบของบริบทบนทางหลวงกับความเข้าใจป้ายจราจรของผู้สูงอายุ ได้มีการเปรียบเทียบความเข้าใจในป้ายจราจรของบุคคลทั่วไปกับผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุมีความเข้าใจในป้ายจราจรน้อยกว่าบุคคลทั่วไป จากผลการทดลองดังกล่าว เห็นสมควรให้มีการนำผู้ขับขี่ยานพาหนะกลับมาอบรมหรือทบทวนความจำเกี่ยวกับป้ายสัญญาณจราจรหลังจากการขับขี่ยานพาหนะมาเป็นระยะเวลานาน ๆ [23] แม้ว่างานวิจัยดังกล่าวอาจไม่ได้อธิบายถึงการมองเห็นของผู้สูงอายุโดยตรง แต่จะเห็นได้จากผลการทดลองระหว่างบุคคลทั่วไปกับผู้สูงอายุว่าผู้สูงอายุไม่สามารถทำความเข้าใจในป้ายจราจรได้เทียบเท่ากับบุคคลทั่วไป งานวิจัยต่อมาคืองานวิจัย เรื่อง ความบกพร่องทางการมองเห็นกับการขับขี่ยานพาหนะของผู้สูงอายุ โดยงานวิจัยนี้ได้อธิบายถึง โอกาสและความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากปัจจัยด้านการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับตาหรือการมองเห็นจะมีผลต่อความสามารถในการขับขี่ยานพาหนะของผู้สูงอายุ [26] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเรื่อง การมองเห็นที่ขาดประสิทธิภาพ โรคที่

เกี่ยวข้องกับตาและการเกิดอุบัติเหตุจากยานพาหนะในผู้สูงอายุ วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ การระบุปัจจัยเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุจากยานพาหนะ ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการมองเห็นที่ขาดประสิทธิภาพ และโรคต้อหินอาจมีบทบาทสำคัญในสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากยานพาหนะในผู้สูงอายุส่งผลให้ได้รับบาดเจ็บ [27] ข้อมูลที่ได้กล่าวอ้างมาทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของผู้สูงอายุที่มีการเสื่อมสภาพในด้านต่าง ๆ จนส่งผลต่อการดำเนินชีวิต



□ สีพื้นหลังที่ “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” ให้การยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงิน × สีพื้นหลังที่ “ผู้สูงอายุจำลอง” เท่านั้นให้การยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงิน

ภาพที่ 4.2 สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น”

โดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.2 แทนความหมายดังต่อไปนี้

□ สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมโปร่งแทนสีพื้นหลังที่ให้การยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น”

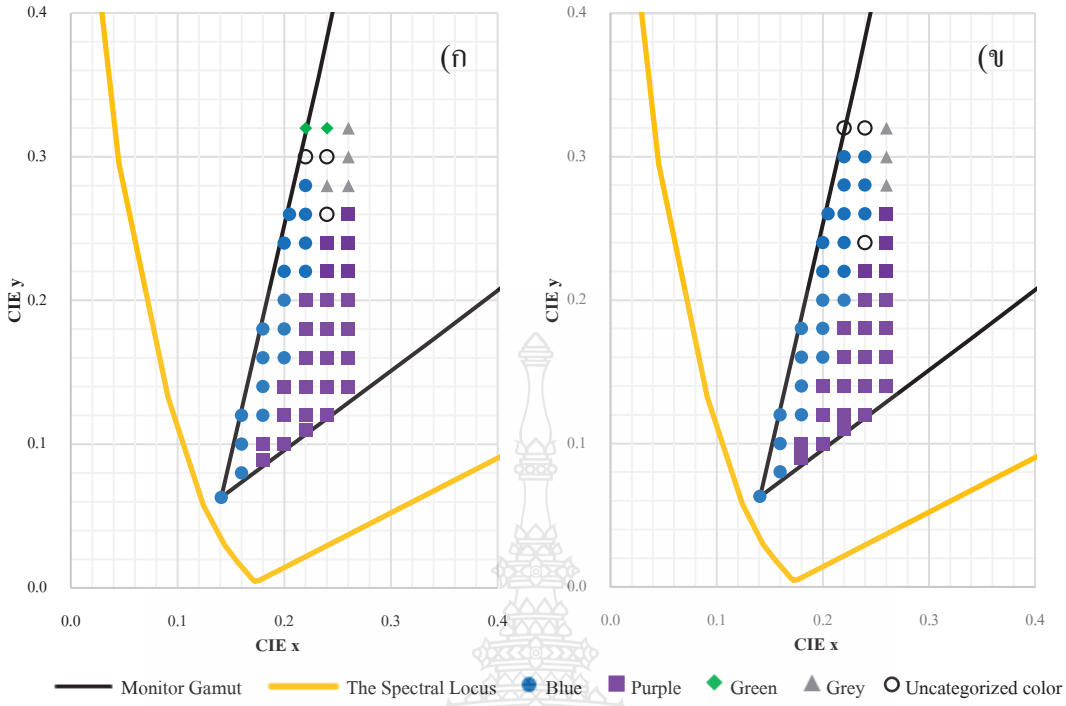
× สัญลักษณ์กากบาทแทนสีที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง”

จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์พบว่า สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” มีจำนวน 24 สีพื้นหลัง (ภาพที่ 4.1 ข) ซึ่งมากกว่าสีที่ได้รับการยอมรับโดย “วัยรุ่น” จำนวน 7 สีพื้นหลัง ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมว่า เพราะเหตุใดสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50 % โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” จึงมากกว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50 % โดย “วัยรุ่น” ผู้วิจัยทบทวนข้อมูลที่ศึกษามาพบว่า มีข้อมูลสถิติแสดงให้เห็นว่าผู้สูงอายุไม่มีปัญหาการมองเห็น [29] ตามที่งานวิจัยอื่น ๆ ได้คาดการณ์ไว้ แต่จากข้อมูลดังกล่าวไม่สามารถอธิบายถึงสาเหตุดังกล่าวได้ว่า สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50 % โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” จึงมากกว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50 % โดย “วัยรุ่น”

หากให้สรุปถึงสาเหตุที่เกิดเป็นเพราะแว่นตาจำลองการเป็นต้อกระจก คงไม่สามารถสรุปเช่นนั้นได้เนื่องจาก มีผลการทดลองของแว่นตาจำลองการเป็นต้อกระจกที่แสดงให้เห็นว่า สีลดความอิ่มตัวลงด้วยแว่นตาจำลองการเป็นต้อกระจก [3] ถ้าเป็นตามข้อมูลที่ศึกษามา สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” ควรน้อยกว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “วัยรุ่น” หลังจากนั้นผู้วิจัยได้สอบถามกับผู้เชี่ยวชาญแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ผู้วิจัยคาดการณ์ว่าสาเหตุที่ทำให้ สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” มีจำนวนมากกว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงิน โดย “วัยรุ่น” เกิดจากสีพื้นหลังบางส่วนมีความใกล้เคียงกันมากทำให้ยากต่อการแยกแยะสี “ผู้สูงอายุจำลอง” จึงตัดสินใจยอมรับสีดังกล่าวว่าเป็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรเพราะการมองผ่านแว่นตาจำลองการเป็นต้อกระจกทำให้กลุ่มตัวอย่างเกิดความสับสนเนื่องจากการมองผ่านแว่นตาจำลองการเป็นต้อกระจกทำให้ยากต่อการมองเห็นและการแยกแยะสี

4.1.2 ผลการทดลองระบุชื่อสี

เพื่อเป็นการตรวจสอบผลการทดลองการยอมรับ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองการระบุชื่อสี โดยกำหนดคำเรียกชื่อสีพื้นฐาน [13] ในการระบุชื่อสี ผลของการทดลองมีความสอดคล้องกับผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน โดยที่ผลการทดลองระบุชื่อสีแสดงให้เห็นถึงจำนวนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “วัยรุ่น” มี 18 สีพื้นหลัง (ภาพที่ 4.3 ก) และสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” มีจำนวน 23 สีพื้นหลัง (ภาพที่ 4.3 ข) ซึ่งมากกว่าสีถูกระบุโดย “วัยรุ่น” จำนวน 5 สีพื้นหลัง



ภาพที่ 4.3 ผลการทดลองระบุชื่อสีมากกว่า 50% โดย (ก) “วัยรุ่น” และ (ข) “ผู้สูงอายุจำลอง”

ผลการทดลองในภาพที่ 4.3 บ่งบอกให้เห็นถึงการระบุชื่อสีโดย “วัยรุ่น” และ “ผู้สูงอายุจำลอง” โดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.3 แทนความหมายดังต่อไปนี้

● สัญลักษณ์วงกลมสีน้ำเงินแทนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 50%

■ สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมสีม่วงแทนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีม่วงจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 50%

◆ สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมข้าวหลามตัดสีเขียวแทนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีเขียวจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 50%

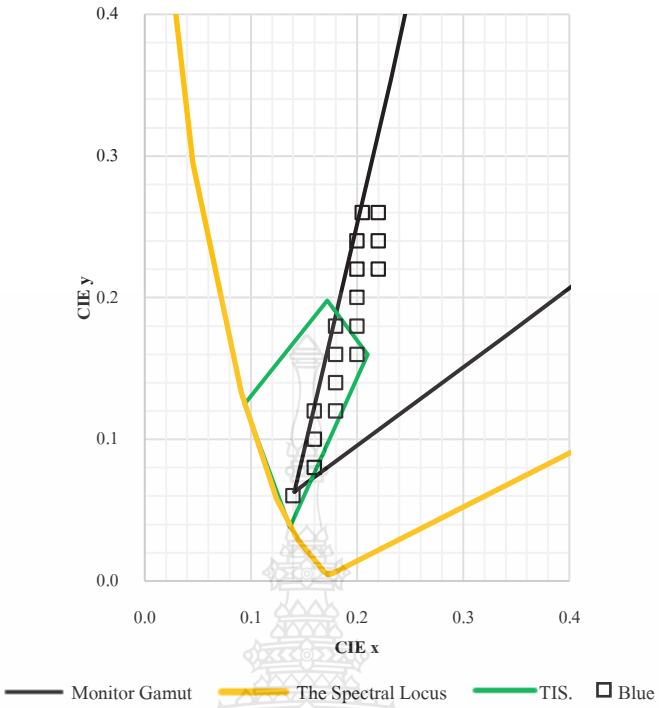
▲ สัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีเทาแทนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีเทาจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 50%

○ สัญลักษณ์วงกลมโปร่งแทนสีพื้นหลังที่ไม่สามารถระบุชื่อสีจากกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 50%

นอกจากนี้สีพื้นหลังบางส่วนที่ถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” สีพื้นหลังดังกล่าวได้ถูกระบุว่าเป็นสีม่วงโดย “วัยรุ่น” อาจเกิดจากสภาวะความสว่างในห้องทดลองที่ถูกควบคุมไว้ที่ 0 ลักซ์ ทำให้การแยกแยะสีกระทำได้ยากลำบาก เนื่องจากมีงานวิจัยที่อธิบายเรื่องผู้สูงอายุมีอุปสรรคในการมองเห็นและการแยกแยะสี สืบเนื่องมาจากความชราภาพและเลนส์ของดวงตาจะกลายเป็นสีเหลืองทำให้ดูดซับการส่องผ่านของสีน้ำเงินเอาไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสีเขียวและสีน้ำเงินมีความยากลำบากในการจำแนกแต่ละสีด้วยการมองเห็น และเมื่อมนุษย์เราอายุมากขึ้นการแยกแยะของแต่ละสีจะยิ่งทำได้ยากยิ่งขึ้นไปอีก [34] จากข้อมูลในข้างต้นจะเห็นได้ว่า ผู้สูงอายุมีอุปสรรคในการมองเห็นและการแยกแยะสี ฉะนั้น “ผู้สูงอายุจำลอง” จะมีอุปสรรคในการมองเห็นและการแยกแยะสีด้วยเช่นกัน เนื่องจากการใส่แว่นตาจำลองการเป็นต้อกระจกของกลุ่มตัวอย่างจะทำให้การแยกแยะของแต่ละสีทำได้ยากลำบากจนส่งผลให้ “ผู้สูงอายุจำลอง” อาจระบุสีพื้นหลังที่ “วัยรุ่น” ระบุว่าเป็นสีม่วงกลายเป็นสีน้ำเงิน นอกจากนี้มีงานวิจัยที่อธิบายถึงโรคต้อกระจก (Cataract) ว่าเป็นโรคที่เกิดจากเลนส์แก้วตาขุ่น ทำให้แสงผ่านเข้าไปในดวงตาไม่ได้ส่งผลให้สมรรถภาพการมองเห็นลดลงมักเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ [31] จากข้อมูลดังกล่าวทำให้เห็นได้ว่า สมรรถภาพทางการมองเห็นของผู้สูงอายุลดลงมีที่มาจากโรคต้อกระจก เนื่องจากต้อกระจกจะทำให้แสงผ่านเข้าไปในดวงตาไม่ได้ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้กลุ่มตัวอย่าง “ผู้สูงอายุจำลอง” ได้ใส่แว่นตาจำลองการเป็นต้อกระจกจึงส่งผลให้สมรรถภาพทางการมองเห็นลดลงด้วยเช่นกัน

4.1.3 ผลการทดลองสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงิน

เพื่อให้ได้สีพื้นหลังสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “วัยรุ่น” และกลุ่มตัวอย่าง “ผู้สูงอายุจำลอง” ผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์การคัดเลือกไว้ 2 เกณฑ์ เกณฑ์ที่ 1 ผู้วิจัยเลือกสีที่ “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” มากกว่า 50% ให้การยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจรจากการทดลองการยอมรับสี เกณฑ์ที่ 2 ผู้วิจัยเลือกสีที่ “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” มากกว่า 50% ระบุว่าเป็นสีน้ำเงินจากการทดลองระบุชื่อสี โดยสีน้ำเงินที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้งสองแสดงในภาพที่ 4.4 สามารถนำมาใช้ทำสีพื้นหลังบนป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.4 สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงิน

ภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” โดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.4 แทนความหมายดังต่อไปนี้

□ สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมโปร่งแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น”

— สัญลักษณ์เส้นตรงสีเขียวแทนขอบเขตสีเพื่อความปลอดภัยตามมาตราฐานมอก. 635-2554 [43] (พิกัดดังกล่าวได้มาจากการวัดสีพื้นหลังบนแผ่นป้ายจราจรของจริง)

จากการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่า สีพื้นหลังบางส่วนที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” อยู่ภายใต้ขอบเขตสีเพื่อความปลอดภัยตามมาตราฐานมอก. 635-2554 และสีพื้นหลังบางส่วนที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” อยู่นอกเหนือขอบเขตสีเพื่อความปลอดภัยตามมาตราฐานมอก. 635-2554 ซึ่งหมายความว่า หากสีน้ำเงินบนป้ายจราจรมีการเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่นอกเหนือขอบเขตสีเพื่อความปลอดภัยตามมาตราฐานมอก. 635-2554 แต่ยังคงอยู่ภายใต้ขอบเขตสีพื้นหลังบางส่วนที่

ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงิน โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” มนุษย์ยังสามารถรับรู้ได้ว่าสีนั้นคือสีน้ำเงินบนป้ายจราจร

นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” (ภาพที่ 4.1 ข) และการถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินของโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” (ภาพที่ 4.3 ข) มีจำนวนมากกว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “วัยรุ่น” (ภาพที่ 4.1 ก) และการถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “วัยรุ่น” (ภาพที่ 4.3 ก) ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ศึกษามาก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและทบทวนขั้นตอนการทดลองใหม่ทั้งหมดจนพบว่าระยะเวลาพักในการทดลองอาจน้อยเกินไป เพราะมีงานวิจัยชี้ให้เห็นถึงระยะเวลาภาพติดตาแบบลบจะมีระยะเวลาเฉลี่ย 9.15 วินาที จากการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาภาพติดตาแบบลบของกลุ่มตัวอย่างปกติและอาสาสมัครที่เป็นโรคพาร์กินสัน ด้วยวิธีการขอให้อาสาสมัครกดปุ่มเมื่อใดก็ตามที่พวกเขาเห็นภาพติดตาแบบลบและปล่อยมือจากปุ่มเมื่อไม่เห็นภาพติดตาแบบลบแล้ว โดยระยะเวลาภาพติดตาแบบลบของอาสาสมัครที่เป็นพาร์กินสันมีระยะเวลาในการมองเห็นภาพติดตาแบบลบประมาณ 4-5 วินาที ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างปกติ โดยกลุ่มตัวอย่างปกติมีระยะเวลาในการมองเห็นภาพติดตาแบบลบอยู่ที่ 9-10 วินาที [22] หลังจากที่ผู้วิจัยศึกษาเพิ่มเติมมาแล้วพบว่าระยะเวลาพักที่ใช้ในการทดลองอาจไม่เพียงพอต่อการหายไปของภาพติดตาแบบลบทำให้ผู้วิจัยกำหนดระยะเวลาในการพักการทดลองใหม่เป็น 10 วินาที เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของภาพติดตา

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การทดลองเพื่อหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงิน โดยการกำหนดระยะเวลาการพักการทดลองเป็น 10 วินาที

4.2.1 ผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน

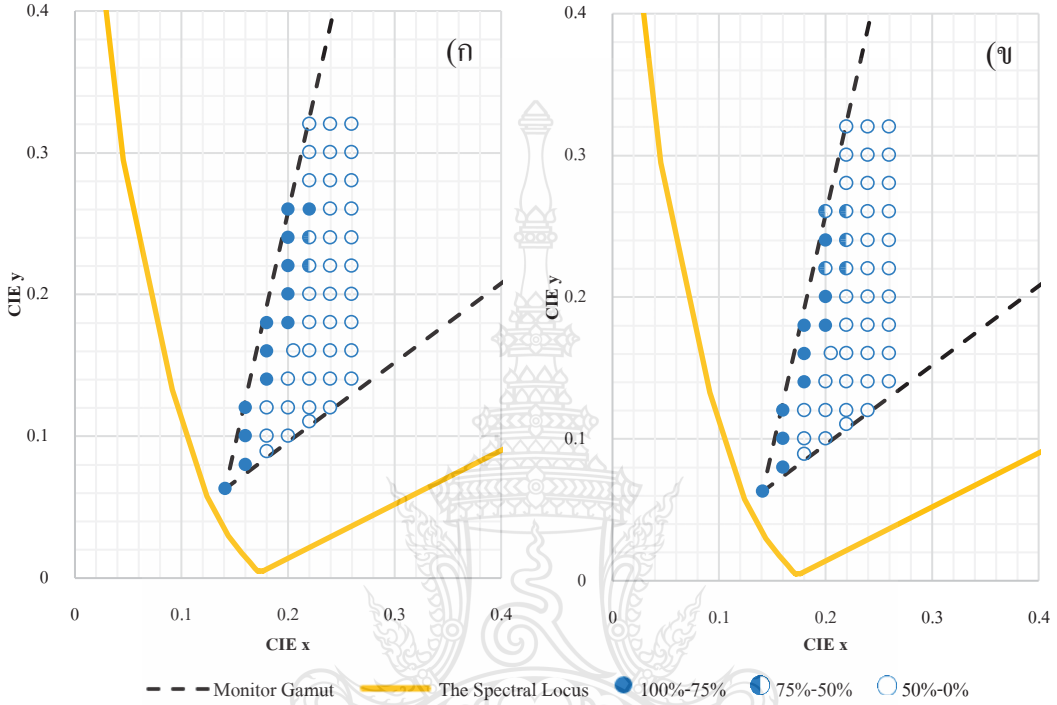
ภาพที่ 4.5 แสดงผลการทดลองเรื่องการยอมรับสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “วัยรุ่น” และ “ผู้สูงอายุจำลอง” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที โดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.5 แทนความหมายดังต่อไปนี้

● สัญลักษณ์วงกลมสีน้ำเงินแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 75%

◐ สัญลักษณ์ครึ่งวงกลมสีน้ำเงินแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่างระหว่าง 75-50%

○ สัญลักษณ์วงกลมโปร่งแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 50%

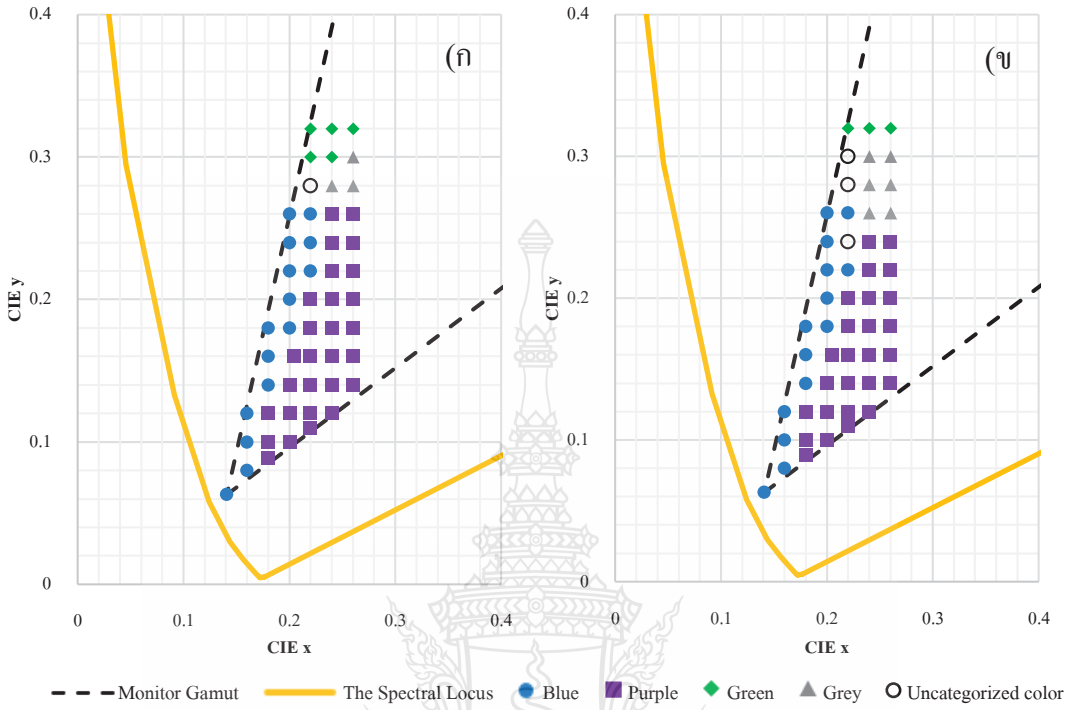
เนื่องจากในการทดลองที่ 2 มีการเปลี่ยนจอแสดงผลจาก Eizo รุ่น Color Edge CX271 เป็น Eizo รุ่น Color Edge CG223W แต่ยังคงตำแหน่งสีในการทดลองเดิมไว้ทั้งหมดด้วยเหตุนี้ ทำให้สัญลักษณ์ขอบเขตจอแสดงผลในภาพทั้งหมดของการทดลองที่ 2 ได้แสดงไว้เป็นเส้นประ



ภาพที่ 4.5 ผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที โดย (ก) “วัยรุ่น” และ (ข) “ผู้สูงอายุจำลอง”

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงจำนวนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาทีโดย “วัยรุ่น” และ “ผู้สูงอายุจำลอง” มีจำนวน 15 สีพื้นหลังเท่ากัน (ภาพที่ 4.5) แสดงว่าผู้สูงอายุไม่ได้มีปัญหาในการมองเห็นตามที่ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ตั้งแต่แรกและจากการศึกษางานวิจัยเพิ่มเติมพบว่า ผู้ขับขี่ที่เป็นผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่ได้มีการมองเห็นที่แย่ อย่างไรก็ตามผู้สูงอายุยังคงมีโอกาสขับขี่ยานพาหนะผิดพลาดจนนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้ [26]

4.2.2 ผลการทดลองระบุชื่อสี



ภาพที่ 4.6 ผลการทดลองระบุชื่อสีด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที โดย (ก) “วัยรุ่น” และ (ข) “ผู้สูงอายุจำลอง”

โดยที่ผลการทดลองระบุชื่อสีด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที แสดงให้เห็นถึงจำนวนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “วัยรุ่น” มี 15 สีพื้นหลัง (ภาพที่ 4.6 ก) และสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” มีจำนวน 14 สีพื้นหลัง (ภาพที่ 4.6 ข) ซึ่งน้อยกว่าสีถูกระบุโดย “วัยรุ่น” จำนวน 1 สีพื้นหลังโดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.6 แทนความหมายดังต่อไปนี้

● สัญลักษณ์วงกลมสีน้ำเงินแทนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 50%

■ สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมสีม่วงแทนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีม่วงจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 50%

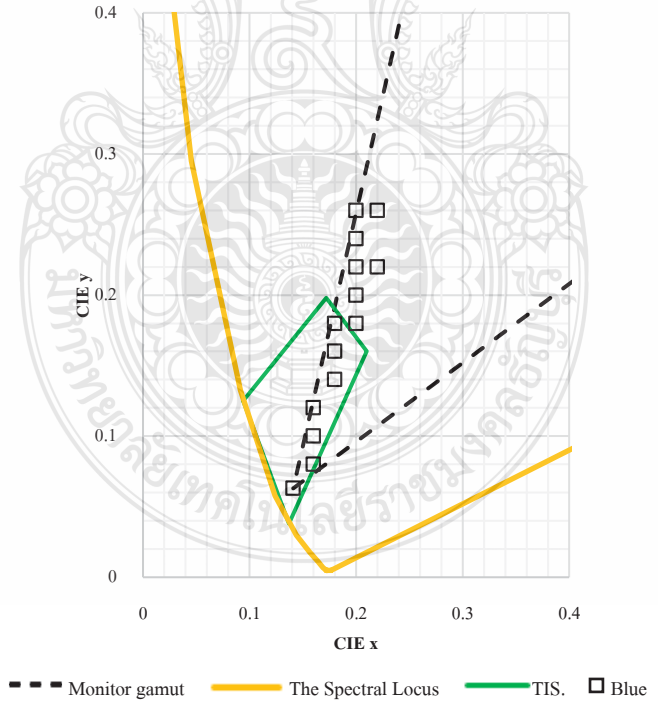
◆ สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมข้าวหลามตัดสีเขียวแทนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีเขียวจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 50%

▲ สัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีเทาแทนสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีเทาจากกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 50%

o สัญลักษณ์วงกลมโปร่งแทนสีพื้นหลังที่ไม่สามารถระบุชื่อสีจากกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 50%

ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ผู้วิจัยศึกษามาก่อนหน้านี้ และหากพิจารณาถึงสาเหตุที่ทำให้ สีพื้นหลังที่ถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” มีจำนวนใกล้เคียงสีพื้นหลังที่ถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “วัยรุ่น” พบว่าสีพื้นหลังสีน้ำเงินไม่ใช่สีที่ผู้สูงอายุมองเห็นได้ยากลำบากที่สุด เนื่องจากงานวิจัยที่ได้ศึกษามา ชี้ให้เห็นว่าผู้สูงอายุมีความสามารถมองเห็นพื้นหลังสีน้ำเงินได้ชัดเจน โดยงานวิจัยดังกล่าวได้อธิบายถึงความสามารถในการมองเห็นสีของผู้สูงอายุภายใต้ความสว่างน้อยหรือต่ำกว่า 300 ลักซ์ ผลการทดลองพบว่า สีพื้นหลังที่ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่ สามารถมองเห็นได้ชัดเจนมากที่สุด คือ สีแดง สีฟ้า สีเหลือง สีม่วง และสีน้ำเงินตามลำดับ ส่วนสีพื้นหลังที่ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนน้อยที่สุด ได้แก่ สีขาวและสีส้ม [34]

4.2.3 ผลการทดลองสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.7 สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงิน ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที

ภาพที่ 4.7 แสดงให้เห็นถึงสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” โดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.7 แทนความหมายดังต่อไปนี้

□ สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมโปร่งแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่า 50% โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น”

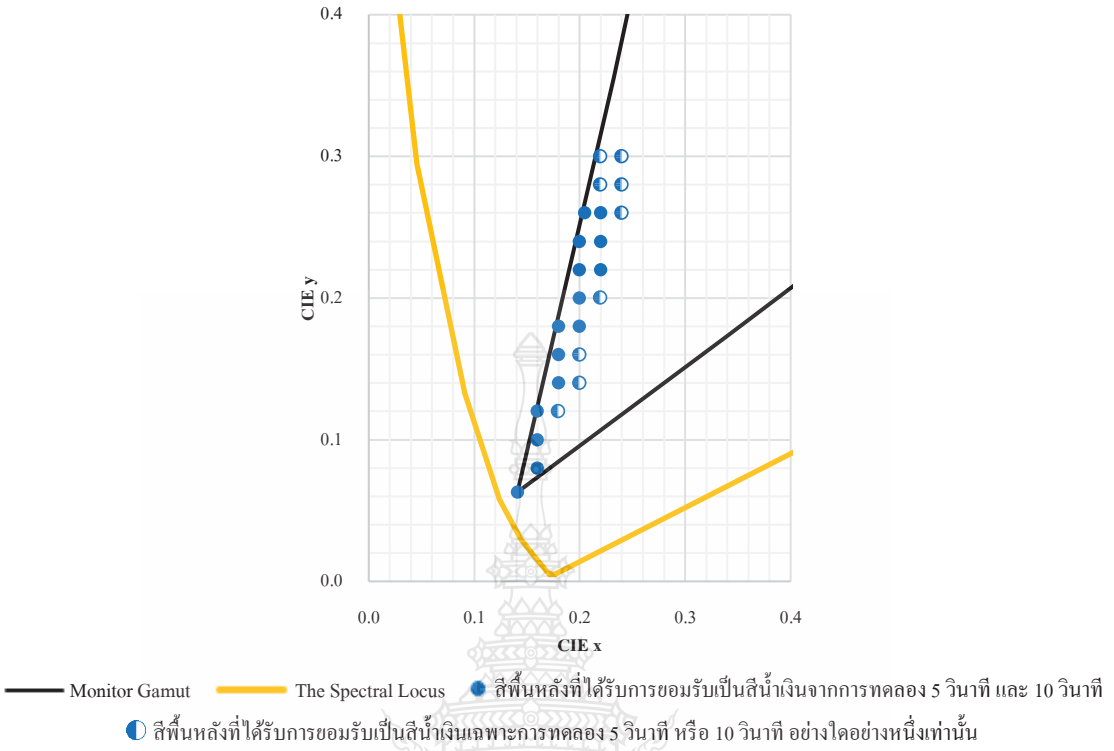
—— สัญลักษณ์เส้นตรงสีเขียวแทนขอบเขตสีเพื่อความปลอดภัยตามมาตราฐานมอก. 635-2554 [43] (พิกัดดังกล่าวได้มาจากการวัดสีพื้นหลังบนแผ่นป้ายจราจรของจริง)

เพื่อให้ได้สีพื้นหลังสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “วัยรุ่น” และกลุ่มตัวอย่าง “ผู้สูงอายุจำลอง” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที ผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์ในการคัดเลือกเช่นเดียวกับการคัดเลือกเพื่อหาสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที (ภาพที่ 4.7) มีจำนวนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินน้อยกว่าผลการทดลองด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที (ภาพที่ 4.4) แต่ผลของการทดลองดังกล่าวได้กำหนดระยะเวลาพักการทดลองใหม่ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบของภาพติดตาแบบลบ จึงยึดถือผลการทดลองสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที (ภาพที่ 4.7) เป็นผลสรุปของการทดลองในครั้งนี้

4.3 เปรียบเทียบผลการทดลองระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที กับ 10 วินาที

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน

เมื่อนำผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลองระหว่าง 5 วินาที และ 10 วินาที มาเปรียบเทียบกัน (ภาพที่ 4.8) พบว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” ทั้งสองการทดลองมีความแตกต่างกันถึง 9 สีพื้นหลัง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาพักการทดลองที่แตกต่างกันส่งผลให้ผลการทดลองแตกต่างกันด้วยเช่นกัน โดยผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน สีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลองระหว่าง 5 วินาที โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” (ภาพที่4.1 ข) มีจำนวนมากกว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลองระหว่าง 10 วินาที โดย “ผู้สูงอายุจำลอง” (ภาพที่4.5 ข) จำนวน 9 สีพื้นหลัง แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาพักการทดลองเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้การยอมรับสีน้ำเงินทำได้น้อยลง



ภาพที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน

ภาพที่ 4.8 แสดงให้เห็นถึงผลการเปรียบเทียบการทดลองการยอมรับสีน้ำเงิน โดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.8 แทนความหมายดังต่อไปนี้

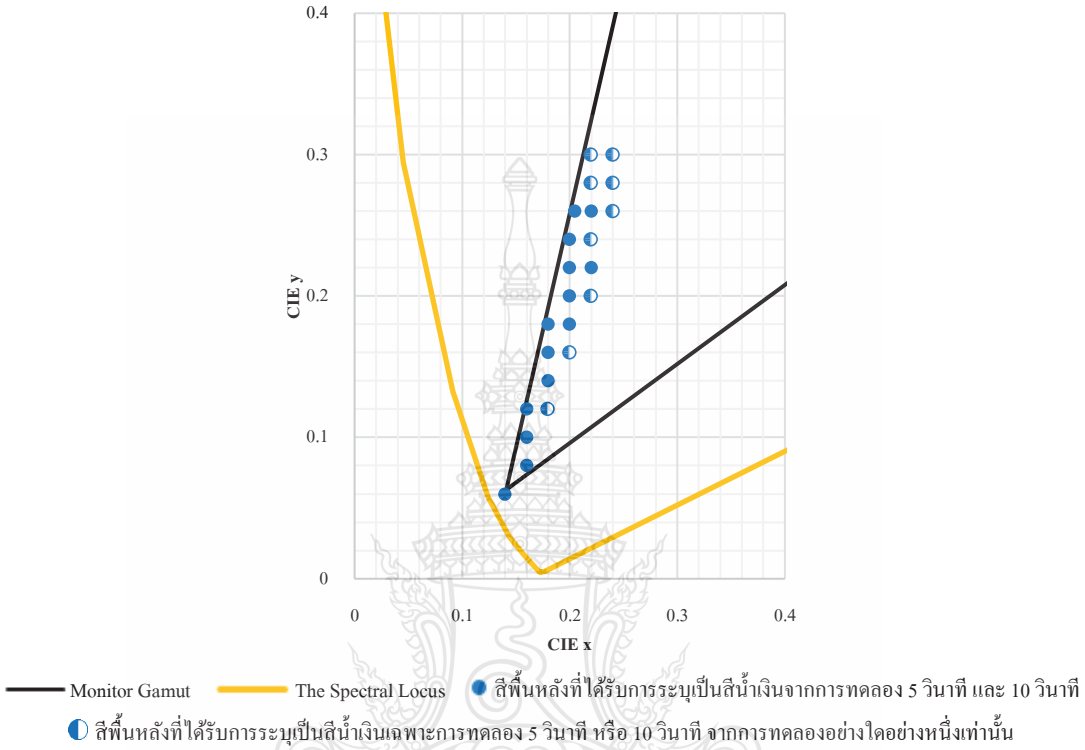
● สัญลักษณ์วงกลมสีน้ำเงินแทนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับเป็นสีน้ำเงินจากการทดลองด้วยระยะเวลาพัก 5 วินาที และ 10 วินาที

◐ สัญลักษณ์ครึ่งวงกลมสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับเป็นสีน้ำเงินเฉพาะการทดลองด้วยระยะเวลาพัก 5 วินาที หรือ 10 วินาที อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบการทดลองระบุชื่อสี

เมื่อนำผลการทดลองระบุสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลองระหว่าง 5 วินาที และ 10 วินาที มาเปรียบเทียบกัน (ภาพที่ 4.9) จะเห็นว่าสีพื้นหลังที่ถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” ทั้งสองมีความแตกต่างกันถึง 9 สีพื้นหลัง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาพักการทดลองที่แตกต่างกันส่งผลให้ผลการทดลองแตกต่างกัน โดยผลการทดลองระบุชื่อสี สีพื้นหลังที่ถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลองระหว่าง 5 วินาทีโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” (ภาพที่4.3 ข) มีจำนวนมากกว่าสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินโดย “ผู้สูงอายุจำลอง” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง

ระหว่าง 10 วินาที (ภาพที่4.6 ข) จำนวน 9 สีพื้นหลัง แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาพักการทดลองเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้การระบุชื่อสีเป็นสีน้ำเงินทำได้น้อยลง



ภาพที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบการทดลองระบุชื่อสี 5 วินาที และ 10 วินาที

ภาพที่ 4.9 แสดงให้เห็นถึงผลการเปรียบเทียบการทดลองระบุชื่อสี โดยที่แกนนอนแสดง CIE x และแกนตั้งแสดง CIE y สัญลักษณ์ในภาพที่ 4.9 แทนความหมายดังต่อไปนี้

● สัญลักษณ์วงกลมสีน้ำเงินแทนสีที่ได้รับการระบุเป็นสีน้ำเงินจากการทดลองด้วยระยะเวลาพัก 5 วินาที และ 10 วินาที

◐ สัญลักษณ์ครึ่งวงกลมสีที่ได้รับการระบุเป็นสีน้ำเงินเฉพาะการทดลองด้วยระยะเวลาพัก 5 วินาที หรือ 10 วินาที อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

และเมื่อสังเกตถึงผลการเปรียบเทียบการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินและผลการเปรียบเทียบการทดลองระบุชื่อสี การเปรียบเทียบทั้งสองให้ข้อมูลไปในทิศทางเดียวกันว่า ระยะเวลาพักการทดลองที่แตกต่างกันส่งผลให้ผลการทดลองแตกต่างกัน และเมื่อระยะเวลาพักการทดลองเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้การยอมรับและการระบุชื่อสีเป็นสีน้ำเงินทำได้น้อยลง

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 2 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกับผลการทดลองที่ 1 เพราะผลการทดลองที่ 2 มีจำนวนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินน้อยกว่าผลการทดลองที่ 1 ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาโดยข้อมูลดังกล่าวได้อธิบายถึงการมองเห็นภาพติดตาไว้ว่า มนุษย์เราจะมองเห็นสีของภาพติดตาเป็นสีคู่ตรงข้าม [21] และเมื่อนำข้อมูลจากการศึกษามาวิเคราะห์ร่วมกับสีที่ใช้ในการทดลอง (สีน้ำเงิน) จะพบว่าหากเกิดปรากฏการณ์ภาพติดตาขึ้น สีที่กลุ่มตัวอย่างมองเห็นในการทดลองควรจะเป็นสีคู่ตรงข้ามของสีน้ำเงิน หรือหมายความว่าหากเกิดภาพติดตาขึ้นจริงในการทดลองที่ 1 ผลของการทดลองที่ 2 ควรมีจำนวนพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่าผลการทดลองที่ 1 แต่ผลของการทดลองที่ 2 ไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ ผู้วิจัยได้สอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่ทำการทดลอง พบว่า กลุ่มตัวอย่างบางคนมีอาการปวดหัว แสบตา และมองเห็นเป็นภาพซ้อนหลังจากการทำการทดลองเสร็จสิ้น ซึ่งผู้วิจัยคาดการณ์ว่าอาจเกิดจากอาการล้าของดวงตาในระหว่างทำการทดลอง เพราะมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์มากกว่า 1 ชั่วโมงต่อวันในโรงพยาบาลอุตรดิตถ์ จำนวน 127 คน ผลการทดลองพบว่า ความถี่ของการเกิดความล้าของสายตาขณะใช้งานคอมพิวเตอร์ ร้อยละ 11.0 มีอาการตาพร่ามัว รองลงมาเป็นอาการตาแห้งและคันตาร้อยละ 6.3 [36] นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างบางคนให้ข้อมูลกับผู้วิจัยว่า พวกเขารู้สึกเบื่อและเหนื่อยล้าในระหว่างทำการทดลอง เนื่องจากคำถามของการทดลองมีจำนวนหลายข้อและต้องทำการทดลองหลายรอบ จากข้อมูลในข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีความเหนื่อยล้าจากการทำการทดลองจนส่งผลต่อการตัดสินใจตอบคำถาม ทำให้ผลของการทดลองที่ 1 ได้รับผลกระทบจากอาการล้าของกลุ่มตัวอย่าง แต่ในการทดลองที่ 2 ผู้วิจัยเพิ่มระยะเวลาในการพักสายตาระหว่างการทดลองจาก 5 วินาที เป็น 10 วินาที ทำให้กลุ่มตัวอย่างได้พักสายตาและมีระยะเวลาเตรียมความพร้อมสำหรับตอบคำถามเพิ่มขึ้น ทำให้ผลการทดลองที่ 2 มีความแตกต่างกับผลการทดลองที่ 1 นอกจากนี้จากการทดลองผู้วิจัยพบว่าตัวแปรเรื่องความสว่างของสภาพแวดล้อมอาจมีผลต่อการรับรู้สี เพราะในระหว่างการทดลองของกลุ่มตัวอย่างบางคนผู้วิจัยได้เปิดไฟและปิดไฟ พวกเขาได้บอกกับผู้วิจัยว่าเมื่อเปิดไฟจะทำให้การระบุสีทำได้ยากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังต้องการทราบถึงการตัดสินใจของแต่ละคน ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4-5 คน ในระหว่างการแนะนำวิธีการทดลอง โดยให้กลุ่มตัวอย่างมองไปที่สีพื้นหลังพร้อม ๆ กันแล้วถามว่าสีที่เห็นบนจอแสดงผลคือสีอะไร ใช่สีน้ำเงินหรือไม่ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนให้คำตอบไว้ไม่เหมือนกันทั้งหมด

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเรื่องขอบเขตของสีน้ำเงินที่ยอมรับได้บนป้ายจราจรสำหรับการมองเห็นของผู้สูงอายุ สามารถสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

ระยะเวลาพักการทดลองที่แตกต่างกันมีผลต่อผลการทดลอง เพราะจากการทดลองด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 5 และ 10 วินาที จะเห็นได้ว่าผลการทดลองทั้งสองมีความแตกต่างกัน เนื่องจากผลการทดลองการยอมรับและระบุชื่อสีด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที มีจำนวนสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินมากกว่าผลการทดลองการยอมรับและระบุชื่อสีด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที

ผู้สูงอายุไม่ได้มีปัญหาในการมองเห็นสีน้ำเงินบนป้ายจราจร เพราะสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินของ “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” มีจำนวนใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากผลการทดลองระบุชื่อสีด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที “ผู้สูงอายุจำลอง” มีสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินมีจำนวน 14 สีพื้นหลัง และ “วัยรุ่น” มีสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินมีจำนวน 15 สีพื้นหลัง ส่วนผลการทดลองการยอมรับสีน้ำเงินด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที พบว่าสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินของ “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” มีจำนวนเท่ากันที่ 15 สีพื้นหลัง

นอกจากนี้หากสีน้ำเงินบนป้ายจราจรเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่นอกเหนือขอบเขตสีเพื่อความปลอดภัยตามมาตราฐานมอก. 635-2554 แต่ยังคงอยู่ภายใต้ขอบเขตสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับและถูกระบุชื่อสีว่าเป็นสีน้ำเงินของ “ผู้สูงอายุจำลอง” และ “วัยรุ่น” มนุษย์ยังสามารถรับรู้ได้ว่าสีนั้นคือสีน้ำเงินบนป้ายจราจรสามารถนำมาใช้ทำเป็นสีพื้นหลังบนป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับสีน้ำเงินได้ ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ขยายขอบเขตสีสำหรับการนำมาใช้ทำสีพื้นหลังบนป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับสีน้ำเงินใหม่

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

การทดลองครั้งนี้มีข้อจำกัดในการนำเสนอสีพื้นหลัง เนื่องจากขอบเขตจอแสดงผลไม่สามารถนำเสนอสีที่มนุษย์มองเห็นได้ทั้งหมด หากมีความเป็นไปได้ในอนาคตควรมีการตรวจสอบสีพื้นหลังที่อยู่นอกเหนือจากสีพื้นหลังจำนวน 52 สีที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้ครอบคลุมสีน้ำเงินอื่น ๆ ที่มนุษย์มองเห็นได้ หากมีความเป็นไปได้ในอนาคตการเพิ่มเติมสีพื้นหลังที่ใช้ในการทดลองควรมีความละเอียดมากขึ้น

ประเด็นที่สามารถนำไปศึกษาต่อและมีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง คือประเด็นเรื่องความสว่างของสภาพแวดล้อมในการทดลองมีผลต่อการรับรู้สีพื้นหลังบนป้ายจราจรของผู้สูงอายุมากน้อยเพียงใด เนื่องจากการทดลองครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างบางคนได้อธิบายถึงสภาพความสว่างภายในห้องทดลองที่แตกต่างกันมีผลต่อการตอบคำถามในการทดลอง

นอกจากนี้ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาพักการทดลองที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้การยอมรับและการระบุชื่อสีเป็นสีน้ำเงินทำได้น้อยลง จึงควรตรวจสอบอทธิพลของระยะเวลาการพักการทดลองที่มีผลต่อการรับรู้สีน้ำเงินในการวิจัยในอนาคต

บรรณานุกรม

[1] ปัญญา จันทรสุขโข, “ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการกระทำผิดกฎจราจรของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์,” *วารสารวิทยบริการ,* pp. 110-120, 2546.

[2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, รายงานการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย, บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, 2557.

[3] พิชญดา เกตุเมฆ และ มิสึโอะ อิเคดะ, ไซโคฟิสิกส์ด้านการมองเห็น พื้นฐานและการประยุกต์, กรุงเทพ: อักษราพิพัฒน์, 2555.

[4] สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน, “คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า,” 31 ตุลาคม 2559. [ออนไลน์]. Available: http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson/17_ElectromagneticWave/content3.html.

[5] โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล, “สเปกตรัมของแสง,” 11 พฤจิกายน 2559. [ออนไลน์]. Available: http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1241.

[6] ภัทรจิต สิทธิศร, “นัยน์ตาและการมองเห็น,” 2559. [ออนไลน์]. Available: https://sites.google.com/site/carefullpattara/hnwy-thi-2/2-6-naynta-laea-kar-mxng-hen.

[7] Fine Art America, 17 มีนาคม 2017. [Online]. Available: http://images.fineartamerica.com/images-medium-large/sir-isaac-newton-1642-1727-granger.jpg.

[8] Encyclopedia Britannica, "Prism: Newton’s experiment," 2017. [Online]. Available: http://academic.eb.com/levels/collegiate/assembly/view/1066#.

[9] Encyclopedia Britannica, "Light: energy distribution," 2017. [Online]. Available: http://academic.eb.com/levels/collegiate/assembly/view/1065.

[10] อุรฉัตร โคแก้ว, 31 มีนาคม 2560. [ออนไลน์]. Available: https://home.kku.ac.th/urachart/graphic/load/color1.pdf.

[11] สำนักมาตรฐานและประเมินผล, “KM,” 2560. [ออนไลน์]. Available: http://km.doh.go.th/doh/uploads/Knowledge/11127/66bsb380idtlsodhlh4gc855j6_dhsp609-50.pdf.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] พรทวี พึ่งรัศมี และ มิตซูโอะ อิเคดะ, สีและการมองเห็น, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

[13] Brent Berlin and Paul Kay, Basic Color Terms, University of California Press, 1969.

[14] คณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก, “มาตรฐานเครื่องหมายจราจร,” 18 เมษายน 2559. [ออนไลน์]. Available: bhs.doh.go.th/sites/default/files/.../มาตรฐานเครื่องหมายจราจร.pdf.

[15] เมทินี ศิริมหาราช, “โรคตาในผู้สูงวัย,” 18 เมษายน 2559. [ออนไลน์]. Available: https://www.bumrungrad.com/healthspot/march-2014/eye-disease-elderly.

[16] ตุลยา ตั้งศิริพัฒน์, “โรคทางตาในผู้สูงอายุ,” 18 เมษายน 2559. [ออนไลน์]. Available: http://www.drtulaya.com/text/article1.ppt.

[17] I. Bókkon, R.L.P. Vimal, C. Wang, J. Dai, V. Salari, F. Grass and I. Antal, "Visible light induced ocular delayed bioluminescence as a possible origin of negative afterimage," *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology,* pp. 192-199, 2011.

[18] Encyclopedia Britannica, "Chromaticity: laws of colour mixture," 2017. [Online]. Available: http://academic.eb.com/levels/collegiate/assembly/view/1063.

[19] S. Gori, 2017. [Online]. Available: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17624123. [Accessed 2017 May 26].

[20] รุ่งโรจน์ หนูขลิบ, “ตากับการมองเห็น,” 1 เมษายน 2560. [ออนไลน์]. Available: http://edltv.thai.net/vocation/courses/37/10160002.pdf.

[21] วัฒนาพร เขื่อนสุวรรณ, “หลักการทัศนศิลป์,” 1 เมษายน 2560. [ออนไลน์]. Available: http://dusithost.dusit.ac.th/~chawalin_nia/site1/comgraphic/41color.pdf.

[22] Fatemeh Khadjevand, Sohrab Shahzadi and Abdolhossein Abbassian, "Reduction of negative afterimage duration in Parkinson’s disease patients: A possible role for dopaminergic deficiency in the retinal Interplexiform cell layer," *Vision Research,* pp. 279-283, 2010.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[23] Tamar Ben-Bassat and David Shinar, "The effect of context and drivers' age on highway traffic signs comprehension," *Transportation Research,* p. 117–127, 2015.

[24] Hashim Al-Madani and Abdul Rahman Al-Janahi, "Role of drivers' personal characteristics in understanding traffic sign symbols," *Accident Analysis and Prevention,* p. 185–196, 2002.

[25] Robyn Robertson and Ward Vanlaar, "Elderly drivers: Future challenges?," *Accident Analysis and Prevention,* p. 1982–1986, 2008.

[26] Ronald Klein, "Age-Related Eye Disease, Visual Impairment,and Driving in the Elderly," *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society,* เล่มที่ 33(5), pp. 521-525, 1991.

[27] Cynthia Owsley, Gerald McGwin Jr and Karlene Ball, "Vision impairment, eye disease, and injurious motor vehicle crashes in the elderly," *Ophthalmic Epidemiology Volume 5,* pp. 101-113, 1998.

[28] Salvi, "Ageing changes in the eye," *Postgraduate Medical Journal,* p. 581–587, 2006.

[29] นพมาศ อุตะมะ, ความบกพร่องทางการมองเห็น วิธีการเผชิญความเครียด และคุณภาพชีวิตที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นของผู้สูงอายุที่เป็นต้อกระจก, 2556.

[30] มุกดา เดชประพนธ์ และ ปิยวดี ทองยศ, "ปัญหาทางตาที่พบบ่อยและการสร้างเสริมสุขภาพตาในผู้สูงอายุ," *Rama Nurs J,* pp. 1-9, 2557.

[31] จิรัชยา เจียวก๊ก, สุภาวี หมัดอะด้ำ และ เขมริฐศา เข็มมะลวน, "ความรู้ความสามารถของครอบครัวในการดูแลผู้สูงอายุหลังผ่าตัดต้อกระจก," *Hatyai Journal,* pp. 35-45, 2558.

[32] ศักดิ์ชัย วงศกิตติรักษ์, "สภาวะสุขภาพตาและโรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ," *วารสารจักษุธรรมศาสตร์,* pp. 57-65, 2552.

[33] บุญชัย วลีธรชีพสวัสดิ์, ประจักษภาพของตัวอักษรไทยขนาดเล็กบนแผ่นพิมพ์ภายใต้ความสว่างต่าง ๆ โดยใช้แว่นจำลองสายตาผู้เป็นต้อกระจก, 2555.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[34] นารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, รัชนีภรณ์ ทรัพย์กรานนท์, พรทวี พึ่งรัศมี, ชมนาด สุ่มเงิน และ โทโมโกะ โอบามา, “ความสามารถในการมองเห็นสีของผู้สูงอายุภายใต้ระดับความสว่างที่แตกต่างกัน,” 2558.

[35] ธิดาวรรณ ไชยมณี, การเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุที่เป็นต้อกระจกระหว่างก่อนกับหลังผ่าตัดต้อกระจกและใส่เลนส์แก้วตาเทียมโรงพยาบาลศิริราช, 2552.

[36] จรูญ ชิดนายี, วิรงค์รอง จารุชาต และ ศศิธร ชิดนายี, “ความสัมพันธ์ระหว่างความล้าของสายตากับการตรวจสมรรถภาพทางสายตาในกลุ่มผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาลอุตรดิตถ์,” *วารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ,* pp. 47-56, 2556.

[37] จารี สอนบุตร, พิชญา พรรคทองสุข และ สุภาภรณ์ เต็งไตรสรณ์, “ความชุกและปัจจัยที่มีผลต่อความล้าของตาในผู้ที่ปฏิบัติงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ของคณะแพทย์ศาสตร์ มหาลัยสงขลานครินทร์,” *สงขลานครินทร์เวชสาร,* pp. 91-104, 2552.

[38] ปิยนันท์ สุรินทร์รัตน์, อลงกต เอมะสิทธิ์ และ น้อมจิตต์ นวลเนตร์, “การประเมินความคมชัดของการมองในผู้ที่เมารถ,” *เทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด,* pp. 71-76, 2554.

[39] ไพรัตน์ ฤทัยประเสริฐศรี, การดูดกลืนแสงของเลนส์ต้อกระจก, 2528.

[40] จันทร์จิรา สินทนะโยธิน, “การจำลองการมองเห็นและปรับเปลี่ยนสีสำหรับผู้ที่ตาบอดสี,” 2545. [ออนไลน์]. Available: http://www.cephsmilev2.com/chanjira/Papers/2004/thai/EECON2004_pooh1.pdf. [%1 ที่เข้าถึง2560 พฤษภาคม 26].

[41] อิสเรส สุขเสนี, ผลของคู่สีตัวอักษรกับสีพื้นหลังที่มีผลต่อคุณภาพการมองเห็นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์, 2554.

[42] Tomoko Obama, "A qualitative determination of senile cataract experiencing filters," *Journal of Color,* pp. 245-252, 2004.

[43] กระทรวงอุตสาหกรรม, “PTTplc,” 26 พฤษภาคม 2560. [ออนไลน์]. Available: www.pttplc.com/th/Products.../กฎหมายที่เกี่ยวข้อง/.../ป้ายความปลอดภัย.pdf. [%1 ที่เข้าถึง26 พฤษภาคม 2560].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

ตารางที่ ก.1 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของแต่ละสีจากการทดลองการเปรียบเทียบความสว่าง

ลำดับ	Y (cd/m^2)	CIE x	CIE y	R	G	B
1	16.266	0.141	0.063	0	0	252
2	18.346	0.160	0.080	45	20	230
3	18.933	0.160	0.100	30	39	203
4	20.820	0.160	0.120	12	51	190
5	18.426	0.180	0.080	74	0	227
6	22.486	0.180	0.100	66	32	220
7	20.813	0.180	0.120	50	44	187
8	24.213	0.180	0.140	41	56	183
9	27.013	0.180	0.160	31	66	177
10	24.753	0.180	0.180	16	67	154
11	19.673	0.200	0.100	82	14	201
12	23.386	0.200	0.120	76	38	196
13	24.673	0.200	0.140	66	50	182
14	27.040	0.200	0.160	58	60	174
15	25.806	0.200	0.180	47	64	155
16	26.786	0.200	0.200	93	47	145
17	26.493	0.200	0.220	82	53	130
18	30.540	0.200	0.240	79	61	127
19	26.853	0.200	0.260	73	66	121
20	18.380	0.220	0.100	96	0	191
21	20.440	0.220	0.120	88	25	179
22	23.653	0.220	0.140	82	42	175
23	26.913	0.220	0.160	77	54	170
24	27.300	0.220	0.180	68	61	157
25	26.620	0.220	0.200	38	69	146

ตารางที่ ก.1 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของแต่ละสีจากการทดลองการเปรียบเทียบความสว่าง (ต่อ)

ลำดับ	Y (cd/m^2)	CIE x	CIE y	R	G	B
26	29.673	0.220	0.220	29	72	134
27	28.600	0.220	0.240	20	81	135
28	30.080	0.220	0.260	0	77	117
29	25.626	0.220	0.280	68	71	114
30	27.546	0.220	0.300	64	78	112
31	24.753	0.220	0.320	55	76	99
32	18.940	0.240	0.120	98	8	169
33	20.100	0.240	0.140	89	30	157
34	24.913	0.240	0.160	89	45	160
35	27.313	0.240	0.200	58	65	143
36	28.480	0.240	0.220	53	73	140
37	33.060	0.240	0.240	44	75	128
38	28.153	0.240	0.260	37	79	122
39	30.873	0.240	0.280	27	74	104
40	29.066	0.240	0.300	19	79	101
41	28.046	0.240	0.320	34	79	93
42	20.226	0.260	0.140	102	20	155
43	22.246	0.260	0.160	96	36	148
44	25.086	0.260	0.180	79	53	146
45	25.086	0.260	0.180	7	76	89
46	24.193	0.260	0.200	75	61	142
47	26.526	0.260	0.220	68	67	135
48	27.920	0.260	0.240	66	77	136
49	28.920	0.260	0.260	53	73	115
50	31.660	0.260	0.280	49	80	113

ตารางที่ ก.1 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของแต่ละสีจากการทดลองการเปรียบเทียบความสว่าง (ต่อ)

ลำดับ	Y (cd/m^2)	CIE x	CIE y	R	G	B
51	28.966	0.260	0.300	41	79	102
52	29.446	0.260	0.320	50	79	93

หมายเหตุ Y-bar (cd/m^2) หมายถึง ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของแต่ละสี

CIE x หมายถึง พิกัด x ของแต่ละสีบนแผนภูมิแผนภูมิโครมาติกซิตี

CIE y หมายถึง พิกัด y ของแต่ละสีบนแผนภูมิแผนภูมิโครมาติกซิตี

R หมายถึง ค่าสีแดงบนจอแสดงผล โดยค่าดังกล่าวมีจำนวนตั้งแต่ 0-255

G หมายถึง ค่าสีเขียวบนจอแสดงผล โดยค่าดังกล่าวมีจำนวนตั้งแต่ 0-255

B หมายถึง ค่าสีน้ำเงินบนจอแสดงผล โดยค่าดังกล่าวมีจำนวนตั้งแต่ 0-255

ตารางที่ ก.2 ร้อยละของสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับ	CIE x	CIE y	Y/5 S	E/5 S	Y/10 S	E/10 S
1	0.141	0.063	100.00	100.00	100.00	100.00
2	0.160	0.080	83.33	80.00	100.00	96.67
3	0.160	0.100	93.33	100.00	100.00	100.00
4	0.160	0.120	93.33	100.00	100.00	96.67
5	0.180	0.089	13.33	20.00	0.00	0.00
6	0.180	0.100	40.00	46.67	6.67	13.33
7	0.180	0.120	53.33	80.00	36.67	33.33
8	0.180	0.140	73.33	100.00	90.00	86.67
9	0.180	0.160	93.33	100.00	90.00	83.33
10	0.180	0.180	90.00	100.00	90.00	93.33
11	0.200	0.100	6.67	6.67	0.00	0.00
12	0.200	0.120	16.67	26.67	10.00	10.00
13	0.200	0.140	26.67	50.00	6.67	10.00
14	0.200	0.160	66.67	86.67	80.00	80.00

ตารางที่ ก.2 ร้อยละของสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	CIE x	CIE y	Y/5 S	E/5 S	Y/10 S	E/10 S
15	0.200	0.180	83.33	93.33	90.00	83.33
16	0.200	0.200	96.67	100.00	86.67	70.00
17	0.200	0.220	90.00	96.67	83.33	86.67
18	0.200	0.240	90.00	96.67	80.00	66.67
19	0.205	0.260	73.33	90.00	23.33	26.67
20	0.220	0.110	0.00	13.33	0.00	0.00
21	0.220	0.120	6.67	0.00	0.00	0.00
22	0.220	0.140	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.220	0.160	20.00	16.67	10.00	10.00
24	0.220	0.180	26.67	40.00	3.33	6.67
25	0.220	0.200	26.67	76.67	23.33	20.00
26	0.220	0.220	50.00	80.00	56.67	50.00
27	0.220	0.240	76.67	93.33	73.33	50.00
28	0.220	0.260	70.00	96.67	80.00	63.33
29	0.220	0.280	46.67	70.00	33.33	36.67
30	0.220	0.300	43.33	63.33	20.00	43.33
31	0.220	0.320	20.00	43.33	13.33	46.67
32	0.240	0.120	0.00	0.00	0.00	0.00
33	0.240	0.140	0.00	0.00	0.00	0.00
34	0.240	0.160	0.00	0.00	0.00	0.00
35	0.240	0.180	0.00	6.67	0.00	0.00
36	0.240	0.200	0.00	6.67	0.00	0.00
37	0.240	0.220	3.33	20.00	0.00	10.00
38	0.240	0.240	10.00	36.67	13.33	13.33
39	0.240	0.260	20.00	53.33	23.33	13.33

ตารางที่ ก.2 ร้อยละของสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	CIE x	CIE y	Y/5 S	E/5 S	Y/10 S	E/10 S
40	0.240	0.280	36.67	70.00	23.33	20.00
41	0.240	0.300	20.00	63.33	36.67	40.00
42	0.240	0.320	13.33	33.33	13.33	33.33
43	0.260	0.140	0.00	0.00	0.00	0.00
44	0.260	0.160	0.00	0.00	0.00	0.00
45	0.260	0.180	0.00	0.00	0.00	0.00
46	0.260	0.200	0.00	0.00	0.00	0.00
47	0.260	0.220	0.00	20.00	0.00	10.00
48	0.260	0.240	0.00	6.67	0.00	0.00
49	0.260	0.260	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.260	0.280	20.00	10.00	13.33	16.67
51	0.260	0.300	3.33	16.67	10.00	0.00
52	0.260	0.320	0.00	10.00	0.00	3.33

หมายเหตุ CIE x หมายถึง พิกัด x ของแต่ละสีบนแผนภูมิแผนภูมิโครมาติกซิตี

CIE y หมายถึง พิกัด y ของแต่ละสีบนแผนภูมิแผนภูมิโครมาติกซิตี

Y/5 S หมายถึง ร้อยละของสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “วัยรุ่น” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที

E/5 S หมายถึง ร้อยละของสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “ผู้สูงอายุจำลอง” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที

Y/10 S หมายถึง ร้อยละของสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “วัยรุ่น” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที

E/10 S หมายถึง ร้อยละของสีพื้นหลังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “ผู้สูงอายุจำลอง” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที

ตารางที่ ก.3 ร้อยละของสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับ	CIE x	CIE y	Y/5 S	E/5 S	Y/10 S	E/10 S
1	0.141	0.063	90.00	90.00	100.00	100.00
2	0.160	0.080	70.00	76.67	100.00	100.00
3	0.160	0.100	96.67	93.33	100.00	93.33
4	0.160	0.120	90.00	93.33	100.00	96.67
5	0.180	0.089	13.33	23.33	10.00	3.33
6	0.180	0.100	50.00	46.67	20.00	10.00
7	0.180	0.120	66.67	80.00	43.33	33.33
8	0.180	0.140	90.00	93.33	90.00	90.00
9	0.180	0.160	90.00	93.33	100.00	86.67
10	0.180	0.180	83.33	100.00	100.00	93.33
11	0.200	0.100	20.00	6.67	10.00	0.00
12	0.200	0.120	30.00	26.67	10.00	10.00
13	0.200	0.140	30.00	26.67	20.00	16.67
14	0.200	0.160	70.00	83.33	26.67	30.00
15	0.200	0.180	86.67	96.67	80.00	76.67
16	0.200	0.200	96.67	100.00	90.00	80.00
17	0.200	0.220	96.67	90.00	93.33	66.67
18	0.200	0.240	90.00	83.33	93.33	86.67
19	0.205	0.260	70.00	80.00	76.67	60.00
20	0.220	0.110	13.33	6.67	3.33	0.00
21	0.220	0.120	20.00	6.67	6.67	0.00
22	0.220	0.140	13.33	0.00	10.00	0.00
23	0.220	0.160	30.00	20.00	10.00	10.00
24	0.220	0.180	20.00	30.00	10.00	3.33
25	0.220	0.200	40.00	80.00	20.00	23.33

ตารางที่ ก.3 ร้อยละของสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	CIE x	CIE y	Y/5 S	E/5 S	Y/10 S	E/10 S
26	0.220	0.220	60.00	70.00	66.67	50.00
27	0.220	0.240	80.00	83.33	73.33	50.00
28	0.220	0.260	90.00	90.00	83.33	70.00
29	0.220	0.280	50.00	63.33	46.67	43.33
30	0.220	0.300	36.67	50.00	10.00	40.00
31	0.220	0.320	13.33	40.00	0.00	36.67
32	0.240	0.120	13.33	0.00	0.00	0.00
33	0.240	0.140	13.33	0.00	0.00	0.00
34	0.240	0.160	13.33	0.00	0.00	0.00
35	0.240	0.200	3.33	6.67	3.33	3.33
36	0.240	0.220	10.00	6.67	0.00	0.00
37	0.240	0.240	13.33	26.67	10.00	10.00
38	0.240	0.260	26.67	33.33	13.33	26.67
39	0.240	0.280	20.00	63.33	20.00	26.67
40	0.240	0.300	30.00	60.00	26.67	26.67
41	0.240	0.320	33.33	50.00	20.00	23.33
42	0.260	0.140	3.33	26.67	0.00	16.67
43	0.260	0.160	6.67	0.00	0.00	0.00
44	0.260	0.180	6.67	0.00	0.00	0.00
45	0.260	0.180	0.00	0.00	0.00	0.00
46	0.260	0.200	13.33	3.33	0.00	0.00
47	0.260	0.220	6.67	20.00	0.00	10.00
48	0.260	0.240	6.67	0.00	0.00	0.00
49	0.260	0.260	6.67	3.33	0.00	3.33
50	0.260	0.280	30.00	16.67	3.33	13.33

ตารางที่ ก.3 ร้อยละของสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	CIE x	CIE y	Y/5 S	E/5 S	Y/10 S	E/10 S
51	0.260	0.300	20.00	3.33	16.67	3.33
52	0.260	0.320	0.00	3.33	0.00	0.00

หมายเหตุ CIE x หมายถึง พิกัด x ของแต่ละสีบนแผนภูมิแผนภูมิโครมาติกซิตี

CIE y หมายถึง พิกัด y ของแต่ละสีบนแผนภูมิแผนภูมิโครมาติกซิตี

Y/5 S หมายถึง ร้อยละของสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “วัยรุ่น” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที

E/5 S หมายถึง ร้อยละของสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “ผู้สูงอายุจำลอง” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 5 วินาที

Y/10 S หมายถึง ร้อยละของสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “วัยรุ่น” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที

E/10 S หมายถึง ร้อยละของสีพื้นหลังที่ถูกระบุเป็นสีน้ำเงินจากกลุ่มตัวอย่าง “ผู้สูงอายุจำลอง” ด้วยระยะเวลาพักการทดลอง 10 วินาที

ภาคผนวก ข

แบบสอบถาม

เลขที่.....

ชื่อ-นามสกุล)..... อายุ.....

ผู้ทดลองได้เข้าร่วมการทดลองประเภท

- ❒ การทดลองเปรียบเทียบและปรับความสว่างของสี
- ❒ การทดลองหาขอบเขตการมองเห็นสีน้ำเงินบนป้ายสัญญาณจราจร

1. เพศ
   - ❒ ชาย
   - ❒ หญิง
2. ระดับการศึกษาสูงสุด
   - ❒ ต่ำกว่าปริญญาตรี
   - ❒ ปริญญาตรี
   - ❒ สูงกว่าปริญญาตรี
3. ประสบการณ์การขับขี่ยานพาหนะ
   - ❒ ไม่ประสบการณ์การขับขี่ยานพาหนะ
   - ❒ เริ่มต้นขับขี่ยานพาหนะ น้อยกว่า 1 ปี
   - ❒ ขับขี่ยานพาหนะอยู่ระหว่าง 1 – 2 ปี
   - ❒ ขับขี่ยานพาหนะอยู่ระหว่าง 3 - 5 ปี
   - ❒ ขับขี่ยานพาหนะมากกว่า 5 ปี
4. ยานพาหนะที่ใช้งาน *กรณีมีประสบการณ์ขับขี่ **ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ
   - ❒ รถยนต์
   - ❒ จักยานยนต์
   - ❒ อื่น ๆ

     ระบุ.....
5. ใบอนุญาตขับขี่ยานพาหนะ
   - ❒ มี
   - ❒ ไม่มี
6. สายตา
   - ❒ สายตาสั้น
   - ❒ สายตายาว
   - ❒ สายตาปกติ
   - ❒ สายตาอื่นๆ เช่น ตาปอดสี ฯลฯ

     ระบุ.....
7. ปัญหาทางด้านสายตา
   - ❒ ได้รับการแก้ไข เช่น ตัดแว่น ผ่าตัด ฯลฯ

     ระบุวิธีการ.....
   - ❒ ไม่ได้รับการแก้ไข
8. โรคประจำตัว
   - ❒ ไม่มี
   - ❒ มี

     ระบุ.....
9. ข้อเสนอแนะ

***สามารถเพิ่มเติมหลังการทดลองได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ ข.1 แบบสอบถามหน้าที่ 1

เลขที่.....

(สำหรับเจ้าหน้าที่) บันทึกสีที่มองเห็นชุดที่.....

ลำดับที่	สีที่มองเห็น	ลำดับที่	สีที่มองเห็น
1		27	
2		28	
3		29	
4		30	
5		31	
6		32	
7		33	
8		34	
9		35	
10		36	
11		37	
12		38	
13		39	
14		40	
15		41	
16		42	
17		43	
18		44	
19		45	
20		46	
21		47	
22		48	
23		49	
24		50	
25		51	
26		52	

ภาพที่ ข.2 แบบสอบถามหน้าที่ 2

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายนฤพนธ์ เขียวพิลาภ
วัน เดือน ปีเกิด	19 กุมภาพันธ์ 2534
ที่อยู่	48/67 หมู่บ้านทองสถิตย์ 8 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน สาขามัลติมีเดีย
ประวัติการทำงาน	เจ้าหน้าที่ออกแบบและพัฒนาแอพพลิเคชั่น โรงพิมพ์องค์การค้าของ สกสค. (ลาดพร้าว) พ.ศ. 2557 - 2558
เบอร์โทรศัพท์	094-449-0722 / 081-256-6549
อีเมล์	Narupon.ki@gmail.com