บทที่ 4

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล และ อุปกรณ์การทดลอง

4.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1.1 การเก็บข้อมูลเพื่อใช้คำนวณค่าสมรรถนะการมองเห็น(Visual Performance) โดยใช้ งานสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น(Visual Performance Task)

สมรรถนะการมองเห็น มีค่าเท่ากับส่วนกลับของเวลาที่ใช้ในการทำงานการมองเห็น เนื่องจากในการทดสอบ ผู้สังเกตุต้องระบุคำตอบให้ผู้ควบคุมการทดสอบได้ทราบ จึงเป็นการรวมเอาเวลาตอบสนองเข้าไปด้วย มีขั้นตอนการบันทึกค่าต่างๆดังนี้

4.1.1.1 เลือกค่าความส่องสว่างของฉากหลัง

4.1.1.2 ให้เวลาผู้สังเกตุปรับตาให้เข้ากับสภาพแสง(Light Adaptation)เป็นเวลา 2 นาที

4.1.1.3 ให้ผู้สังเกตุทำงานการมองเห็นด้วยการมองภาพชุดวงแหวนตามแนวลูกศรของภาพแสดงงานสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็นซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ง เมื่อผู้สังเกตทำงานการมองเห็นครบ 1 ครั้ง ซึ่งต้องมองและระบุคำตอบภาพชุดวงแหวนจำนวน 16 ภาพ ผู้ควบคุมการทดสอบต้องบันทึกค่า

- เวลา ที่ใช้ทำงานการมองเห็น 1 ครั้ง
- คำตอบ ว่าวงแหวนรอบนอกวงใดที่ตรงตามเงื่อนไขของการทำงานการมองเห็น
- เงื่อนไขของงานการมองเห็นแต่ละครั้ง ซึ่งได้แก่ค่า ความส่องสว่าง ฉากหลัง , ความส่องสว่างของวงแหวนแลนดอลท์

4.1.1.4 ทดลองเหมือนขั้นตอนที่ 3 แต่ให้ผู้สังเกตุมองผ่านตัวกลาง ซึ่งเมื่อถึงขั้นตอนนี้ ได้ข้อมูลของการมองผ่านตัวกลาง และไม่ผ่านตัวกลาง จากนั้นเปลี่ยนค่าความส่องสว่างของฉากหลัง แล้วทดลองตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 เพื่อให้ได้จำนวนจุดของกราฟแสดงความสัมพันธ์มากพอที่จะใช้ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ Visibility Level และ สมรรถนะการมองเห็นได้

4.1.2 การเก็บข้อมูลเพื่อใช้คำนวณค่าคอนทราสต่ำสุดที่ทำให้เกิดการมองเห็น (Threshold Contrast) โดยใช้งานสำหรับทดสอบจุดเริ่มมองเห็น(Visibility Threshold Task)

ผู้สังเกตุทำงานการมองเห็น คือ Visibility Task มีขั้นตอนการวัดและบันทึกค่าดังนี้

4.1.2.1 เลือกค่าความส่องสว่างของฉากหลัง Luminance of Background : L_b

4.1.2.2 ให้เวลาผู้สังเกตุปรับตาให้เข้ากับสภาพแสง

4.1.2.3 ป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับเครื่องฉายสไลด์(Projector)เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งทำให้ภาพวัตถุทดสอบมีความส่องสว่างเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จนกระทั่งผู้สังเกตุสามารถมองเห็นภาพวัตถุทดสอบได้ โดยมีเงื่อนไขการมองเห็นดังนี้

เมื่อภาพวัตถุทดสอบเป็นรูปวงกลม : เมื่อผู้สังเกตุมองเห็นวงกลมปรากฏขึ้นที่บริเวณที่สังเกตุ(Visual Field)ก็ให้ส่งสัญญานให้ผู้ควบคุมการทดสอบทราบ

เมื่อภาพวัตถุทดสอบเป็นรูปวงแหวนแลนดอลท์ : ผู้สังเกตุต้องดูรูปวงแหวนแลนดอลท์จนกระทั่งสามารถเห็นว่าช่องว่าง(gap)ของวงแหวนหันไปในทิศทางใด จึงส่งสัญญานให้ผู้ควบคุมการทดสอบทราบ

4.1.2.4 บันทึกค่าความส่องสว่างของวัตถุทดสอบ ที่ทำให้ผู้สังเกตุเริ่มมองเห็นวัตถุทดสอบตามเงื่อนไขได้พอดี

<u>หมายเหตุ</u> เนื่องจากการเพิ่มค่าความส่องสว่างของวัตถุทดสอบ ในจังหวะที่ผู้สังเกตุเริ่มมองเห็นวัตถุทดสอบพอดีนั้น ค่าความส่องสว่างค่านี้ อาจมีค่ามากกว่าค่าความส่องสว่างที่จุดเริ่มต้นการมองเห็น(Threshold)ที่แท้จริง จึงต้องทดลองซ้ำหลายครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

4.1.2.5 ตอนนี้ได้ข้อมูล ค่าความแตกต่างต่ำสุดของความส่องสว่างที่ทำให้เกิดการมองเห็น(Minimum Luminance Difference: ΔL_{min})ซึ่งมีค่าเท่ากับ ความแตกต่างระหว่างความส่องสว่างของฉากหลัง(L_b) กับ ค่าความส่องสว่างของวัตถุทดสอบที่ทำให้ผู้สังเกตุเริ่มมองเห็นที่วัดได้ในขั้นตอนที่ 4

4.1.2.6 ทำการทดลองต่อโดยให้ผู้สังเกตุทดสอบการมองเห็นโดยผ่านตัวกลาง ใช้ขั้นตอนการทดสอบตามขั้นตอนที่ 4.1.2.1 ถึง 4.1.2.5

4.1.2.7 เลือกค่าความส่องสว่างของฉากหลังค่าอื่นแล้วทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 4.1.2.1 ถึง 4.1.2.6

ข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณค่า คอนทราสต่ำสุดที่ทำให้เกิดการมองเห็น(Threshold Contrast : $\overline{C}$) ของวัตถุทดสอบรูปร่างต่างๆ ที่ค่าความส่องสว่างของฉากหลังต่างๆกัน ซึ่งมีทั้งการมองผ่านตัวกลางและการมองโดยไม่ผ่านตัวกลาง

เพื่อศึกษาผลลัพธ์ที่แตกต่างของการมองโดยไม่ผ่านตัวกลาง กับ การมองโดยผ่านตัวกลาง จึงแสดงความแตกต่างนั้นด้วยค่า Visibility Level :VL ซึ่งมีความหมายว่า เป็นจำนวนเท่าของระดับการมองเห็นที่ดีกว่าการมองเห็นที่จุดเริ่มต้นการมองเห็น(Visibility Threshold) ซึ่งค่า VL คำนวณได้จาก

$$VL = C/\bar{C} \qquad \text{----------(1)}$$

เมื่อ C คือ คอนทราสระหว่างวัตถุที่มองกับฉากหลัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$C = |L_o - L_b|/L_b$$

และ $\bar{C}$ คือ คอนทราสต่ำสุดที่ทำให้เกิดการมองเห็น(Threshold Contrast)

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าต้องการนำค่า VL ที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 ไปใช้กับ สมรรถนะการมองเห็น การวัดค่า คอนทราส จะต้องมีวิธีการวัดที่สอดคล้องกับการวัดสมรรถนะการมองเห็น

VL ที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 เป็นข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยผลการทดลอง (Empirical data) เนื่องจาก C และ $\bar{C}$ ที่ใช้ได้มาจากการวัดด้วยเครื่องวัดจริงๆ

และเพื่อให้สามารถหา แฟคเตอร์ ที่แสดงผลของการมองผ่านกระจก(VL ที่ลดลง) เราจึงใช้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ 1 ซึ่งใช้กับการมองโดยไม่ผ่านตัวกลาง ร่วมกับ แฟคเตอร์ ที่สมมุติขึ้น ค่า VL ที่คำนวณได้จากวิธีนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Analytical data) และด้วยค่าแฟคเตอร์ ที่เหมาะสมทำให้ได้ค่า VL เท่ากับค่าจากข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยผลการทดลอง

$$VL = \tilde{C} \times RCS/(.0923 \times m_1) \times \text{แฟคเตอร์} \qquad \text{-------(แบบจำลองคณิตศาสตร์ 1)}$$

เมื่อ $\tilde{C}$ คือ Equivalent Contrast ซึ่งแสดงถึงความยากของงานที่ต้องมอง เพื่อทำงานการมองเห็น

$$\tilde{C} = \bar{C}_{ref} + (C - \bar{C}) \qquad \text{----------(2)}$$

ค่าคอนทราสได้จากการคำนวณด้วยความส่องสว่าง(Luminance :L)ซึ่งได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดความส่องสว่างโดยตรง แต่ถ้าตัวกลางที่ใช้ในการทดลองมีค่า " การผ่านทะลุแสง "(Transmistance: τ) ทำให้ความส่องสว่างลดลงเป็น

ความส่องสว่างเมื่อมีตัวกลางมากั้นแสง = ค่าการผ่านทะลุแสงของตัวกลาง*ความส่องสว่างปกติ

$$L_{I,II} = \tau \times L_N$$

จากนิยาม $\tau = \frac{\phi_{transmitted}}{\phi_{incident}}$ = ฟลักซ์ที่ผ่านทะลุตัวกลาง / ฟลักซ์ที่ตกกระทบตัวกลาง

และ $L = \frac{d^2\phi}{d\omega dA\cos\theta}$

ดังนั้น $L_t = \frac{d^2\phi_t}{d\omega dA\cos\theta}$

$$= \frac{d^2(\tau\phi_i)}{d\omega dA\cos\theta}$$

$$= \tau \times \frac{d\phi_i}{d\omega dA\cos\theta}$$

$\therefore L_t = \tau \times L_i$

ดังนั้น แม้จะมีตัวกลางมากั้น แต่คอนทราสไม่เปลี่ยนแปลงเพราะ

$$C = \tau \times \left| \frac{L_o - L_b}{\tau \times L_b} \right|$$

ซึ่งหมายความว่า แม้ผู้สังเกตุจะทำงานการมองเห็นโดยมองผ่านตัวกลางก็ตาม คอนทราสของงานก็ยังคงเสมือนกับการมองโดยไม่ผ่านตัวกลาง ดังนั้นการที่ใช้ค่า คอนทราสต่ำสุดที่ทำให้เกิดการมองเห็น(Threshold Contrast)ที่วัดแบบใช้ความรู้สึก(psychophysical)โดยวัดผ่านตัวกลาง กับ ค่าคอนทราสของความส่องสว่างที่วัดแบบกายภาพ(physical)ซึ่งวัดโดยไม่ผ่านตัวกลาง ร่วมกันในการคำนวณค่า VL ทั้ง Analytical data และ Empirical data จึงสมเหตุผล และถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17514685X

4.2 งาน(Task)ที่ใช้ทดสอบการมองเห็น

งาน(Task)ที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชุดด้วยกัน ดังนี้

4.2.1 งานสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น(Visual Performance Task)

เป็นชุดของวงแหวนแลนดอลท์ จำนวน 5 วง ขนาดเท่า ๆ กัน วงที่ 1 อยู่ตรงกลาง ถูกล้อมรอบด้วย วงแหวนที่เหลืออีก 4 วง ที่มีระยะห่างจากวงแหวน วงกลางเท่า ๆ กันทุกวง วงแหวนทั้ง 4 วงจัดเรียงตัวในลักษณะที่เป็นทิศทางของทิศทั้งสี่คือ เหนือ, ใต้, ตะวันออก และตะวันตกผู้สังเกตต้องมองที่ภาพชุดวงแหวนแลนดอลท์นี้ แล้วต้องระบุว่า วงแหวนรอบนอก 4 วงนั้น วงใดหันทิศทางของช่องว่าง (gap) ไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางของวงแหวนวงกลาง การปฏิบัติการมองเห็น 1 ครั้ง ผู้สังเกตต้องมองและตอบคำถามของภาพชุดวงแหวน จำนวน 16 ภาพ การทำงานการมองเห็นในงานสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น จะต้องมีการค้นหา(search) และกวาดตา (scan) จึงจะถือได้ว่าข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลของสมรรถนะการมองเห็นในการทำงานการมองในการทดลองนี้ ผู้สังเกตต้องค้นหาวงแหวนแลนดอลท์วงนอกที่เหมือนกับวงกลาง ด้วยการมองวงแหวนวงกลางเพื่อให้รู้ทิศทางของช่องว่าง จากนั้นจึงกวาดตาไปยังวงแหวนรอบนอกทั้ง 4 วง ทีละวงเพื่อค้นหาวงแหวนที่เหมือนวงแหวนอันกลาง ความหมายของสมรรถนะการมองเห็นคือ เวลาและความถูกต้อง ซึ่งผู้สังเกตได้ปฏิบัติในงานการมองอันหนึ่ง การที่ผู้สังเกตสามารถปฏิบัติงานการมองได้รวดเร็วและด้วยความถูกต้อง หมายถึง ผู้สังเกตผู้นั้นมีสมรรถนะการมองเห็นดี (มีค่าสูง) แต่ถ้าผู้สังเกตอีกคน ปฏิบัติงานการมอง อย่างเดียวกันเสร็จด้วยเวลาที่มากกว่า และ/หรือด้วยความถูกต้องน้อยกว่า ผู้สังเกตคนหลังนี้มีสมรรถนะการมองเห็นด้อยกว่า(ต่ำกว่า) ผู้สังเกตคนแรก ทั้งเวลา และความถูกต้อง มีผลต่อสมรรถนะการมองเห็น ภาพชุดวงแหวนแลนดอลท์ทั้ง 16 ภาพ ถูกบรรจุในแผ่นกระดาษขนาด 50 x 50 เซนติเมตรภาพชุดวงแหวนทั้ง 16 ภาพ ห่างจากเส้นแนวการมองออกไปไม่เกินกว่า 3 องศา ซึ่งเป็นข้อกำหนดสำหรับการใช้งานของแบบจำลองคณิตศาสตร์

4.2.2 งานสำหรับทดสอบหาคอนทราสต์ต่ำสุดสำหรับการมองเห็น(Visibility Threshold Task)

งานการมองที่ใช้ทดสอบหาค่า "ความยาก" (Difficulty) ของงานสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น (Visual Performance Task) คือ วงแหวนแลนดอลท์ ที่มีขนาดเท่ากับวงแหวนลอนดอลท์ในงานสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น

การทดสอบเพื่อวัดหาค่า Reference Equivalent Contrast : $\tilde{C}_{ref}$ ก็เพื่อนำค่า $\tilde{C}_{ref}$ ไปใช้ในสมการ แบบจำลองคณิตศาสตร์ชุดที่ 1 เพื่อคำนวณหาค่า Visibility Level ,ค่า$\tilde{C}_{ref}$ แสดงถึงความยากของงานที่ต้องมอง ซึ่งในที่นี้ก็หมายถึง "งานสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น" (Visual Performance Task) ซึ่งค่า$\tilde{C}_{ref}$ นี้วัดได้ด้วย การเปรียบ

เทียบแบบ psychophysicalโดยตรงระหว่าง Visibility ของงานที่ต้องการวัดความยากกับ Visibility ของ Visibility Reference Task ซึ่งก็คือ วงกลมขนาด 4 ลิบดา ที่แสดงให้เห็นในเวลา Ø.2 วินาที แล้วเว้นช่องไป 1 วินาที จึงแสดงให้เห็นอีก ภายใต้เงื่อนไขของแสงอ้างอิง(Reference Lighting) ซึ่งก็คือแสงที่กระจายสม่ำเสมอ และเป็นแสงที่ไม่ถูกโพลาไรซ์เป็นแสงจากแหล่งกำเนิดมาตรฐานชนิด A ที่มีอุณหภูมิสี 2856 องศาเคลวิน

การเปรียบเทียบนี้เกี่ยวข้องกับการหาค่าคอนทราสความส่องสว่างของวงกลมขนาด4 ลิบดา ซึ่งมี Visibility เท่ากับงานที่ต้องการวัดหาค่า $\tilde{C}_{ref}$ ค่าคอนทราสความส่องสว่างของวงกลมขนาด 4 ลิบดา ที่วัดได้จริง ณ จุดที่มี Visibility เท่ากัน ก็คือค่า $\tilde{C}_{ref}$ ค่าvisibility หรือ difficulty คือค่าความแตกต่างของคอนทราส ของงานในขณะนั้นกับ คอนทราสที่จุดเริ่มต้นการมองเห็น(Visibility Threshold) ของงานนั้น ที่ค่าความส่องสว่างของฉากหลังค่าใด ๆ เงื่อนไขของ จุดเริ่มต้นการมองเห็น ของงานทั้งสองไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน ,โดยทั่วไป จุดเริ่มต้นการมองเห็น ของวงกลมขนาด 4 ลิบดา ตัดสินด้วยการเริ่มมองเห็นวงกลมนั้น ส่วนของงานที่ต้องการทราบค่า $\tilde{C}_{ref}$ นั้น ก็พิจารณาตามความเหมาะสม ซึ่งในที่นี้งานที่ต้องการหาค่า $\tilde{C}_{ref}$ คือ งานที่ใช้สำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น ซึ่งตอนนี้ถูกแทนด้วยวงแหวนแลนดอลท์ 1 วงที่มีขนาดเท่ากับวงแหวนแลนดอลท์ในภาพชุดวงแหวนสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น และจุดเริ่มต้นการมองเห็น ถูกตัดสินด้วย การมองเห็นว่าช่องว่างของวงแหวนหันไปในทิศทางใดของทิศทางที่เป็นไปได้ 8 ทิศ ซึ่งที่พิจารณาให้การมองเห็นช่องว่างของวงแหวนแลนดอลท์เพียง 1 วง เป็นข้อตัดสินจุด จุดเริ่มต้นการมองเห็น ของงานสำหรับทดสอบการมองเห็นก็เพราะว่า "เป็นเพียงการหาความยากของงานการมองเห็นเท่านั้น" (ซึ่งตัวแปรที่ควบคุมความยากของงาน ก็คือ คอนทราส และขนาดของรายละเอียดของงาน และความส่องสว่างของฉากหลัง) มิได้เป็นการหาความยากของงานที่ต้องทำ (Task Demand Level :D)ขึ้นกับ

1. การจัดวางตัวของวัตถุในรายละเอียดของงานก็คือระยะห่างระหว่างวัตถุที่ต้องกวาดตามอง

2. ข้อมูลที่ต้องการจากการปฏิบัติงานการมอง

ดังนั้น ความยากของงานสำหรับทดสอบสมรรถนะการมองเห็น จึงพิจารณาว่าอยู่ที่การมองเห็นช่องว่างของวงแหวนวงกลางเท่านั้น ส่วนที่ต้องกวาดตาค้นหาวงแหวนที่เหมือนวงกลางนั้นเป็นความยากของการงานที่ต้องปฏิบัติ ซึ่งถือว่าเป็นส่วนของสมรรถนะการมองเห็น (Visual Performance data) มิใช่เป็นส่วนของการมองเห็นหรือไม่เห็น (Visibility data) การใช้ pulse-train เพื่อจำลองการมองจริง ที่ต้องมีการหยุดมองชั่วขณะ หรือการมองที่เห็นเพียงแวบเดียว ซึ่งเกิดขึ้นเป็นช่วง ๆ ระหว่างการกวาดตามองในการมองจริง ๆ

4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.3.1 ห้องใหญ่ บรรจุเครื่องมือทดลองทั้งหมด

ห้องมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 4x7x3 เมตร ปิดผนังทุกด้านไม่ให้แสงจากภายนอกเล็ดลอดเข้ามาภายในบุเพดานด้วยผ้าสีดำ ส่วนผนังทาสีดำด้านเพื่อลดแสงสะท้อนจากผนังไม่ให้ไปรบกวนต่อผู้สังเกต และบริเวณที่สังเกต ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อช่วยปรับอุณหภูมิภายในห้องให้พอเหมาะ เพื่อให้ผู้สังเกตทำการทดสอบด้วยความรู้สึกสบาย ไม่อึดอัด เพื่อผลการทดลองที่ถูกต้อง

4.3.2 ห้องสำหรับผู้สังเกต

เป็นที่สำหรับให้ผู้สังเกต (Observer) เข้าไปนั่งเพื่อทดสอบการมองเห็น เมื่อผู้สังเกตเข้าไปนั่งในห้องนี้แล้วจะมองผ่านช่องที่เจาะไว้ เพื่อให้ผู้สังเกตมองเห็นเฉพาะส่วนที่เป็นฉากสำหรับทดสอบการมองเห็นเท่านั้น ฉากที่ถูกมองเห็นจากผู้สังเกตนี้เรียกว่า บริเวณที่สังเกต (Visual Field) ช่องมองจะเจาะเพื่อให้มองเห็นบริเวณที่สังเกตเป็นมุม 20x20 องศา ที่ช่องเจาะนี้เป็นที่ติดตั้งของตัวกลางที่ต้องการศึกษา

ผู้สังเกตทุกคนจะถูกจัดให้นั่งและมองจากตำแหน่งเดียวกันทุกครั้งของการทดสอบการมองเห็นโดยมีที่รับหน้าผาก, ที่รับคาง, โต๊ะสำหรับวางมือ และเก้าอี้ที่ปรับสูงต่ำได้ เพื่อปรับให้ผู้สังเกตได้มองจากตำแหน่งเดียวกันทุกคน

ห้องสำหรับผู้สังเกต เป็นโครงเหล็ก และผนังทุกด้านใช้ไม้อัดทับบนโครงเหล็ก มีช่องให้แสงเข้าเพียงทางเดียวคือ ที่ช่องเจาะสำหรับมองบริเวณที่สังเกต ภายในทาสีดำเพื่อไม่ให้แสงจากภายนอกห้องสำหรับผู้สังเกตส่องเข้ามา แล้วสะท้อนกับผนังด้านในมาเข้าตาผู้สังเกต ซึ่งเป็นการรบกวนการทดสอบการมองเห็น การทาสีดำนี้จะทำให้ผู้สังเกตมองเห็นแต่เฉพาะบริเวณที่สังเกตเท่านั้น

นอกจากนี้ ภายนอกของห้องสำหรับผู้สังเกตด้านที่หันไปยังบริเวณที่สังเกตยังทาสีดำเพื่อลดการสะท้อนแสงที่จะเข้าไปรบกวนความสว่างของบริเวณที่สังเกตด้วย

4.3.3 ฉากสำหรับฉายภาพวัตถุทดสอบ

เป็นโครงเหล็กมีขาตั้ง ปิดด้วยไม้อัด มีขนาดพื้นที่ไม้อัด 2x2 เมตร ใช้เป็นบริเวณที่สังเกต ที่จุดกึ่งกลางของบริเวณที่สังเกต เจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมขนาด 15x15 เซนติเมตร เพื่อใช้ติดตั้งอุปกรณ์สร้างภาพวัตถุทดสอบ ซึ่งเป็นรูปวงกลมและรูปวงแหวน แลนดอลท์ บริเวณที่สังเกตทั้งหมดปิดทับด้วยกระดาษโปสเตอร์สีเทา เพื่อควบคุมให้ความส่องสว่างของบริเวณที่สังเกตอยู่ในช่วงที่ต้องการทดสอบสมรรถนะการมองเห็น

4.3.4 ชุดแหล่งกำเนิดแสงที่ให้ความสว่างแก่บริเวณที่สังเกต

เป็นโครงเหล็กทำจากเหล็กฉากชนิดบาง เจาะรูมาเรียบร้อย ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม

จัตุรัส ขนาด 2x2 เมตร มีฐานตั้ง หลอดไฟสำหรับให้ความสว่างแก่บริเวณที่สังเกต ติดตั้งโดยร้อยสกรูผ่านรูที่เจาะสำเร็จมาพร้อมเหล็กฉาก หลอดไฟที่ใช้เป็นหลอดอินแคนเดสเซนท์ ชนิดบรรจุก๊าซฮาโลเจน เมื่อใช้กับไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 120 โวลต์ ต้องใช้กำลังงาน 250 วัตต์ ให้แสงที่มีอุณหภูมิสีเท่ากับ 3285 เคลวิน มุมกระจายของแสงจากหลอดทังสเตนฮาโลเจนที่ใช้เท่ากับ 12 องศา รอบแกนกลาง การติดตั้งหลอดไฟใช้จำนวน 6 หลอด เพื่อใช้แสงตกกระทบลงบนบริเวณที่สังเกตเท่า ๆ กันทุกจุด ทำให้บริเวณที่สังเกตมีความส่องสว่างเท่ากันทุกจุด ไฟฟ้าที่ป้อนให้หลอดแปลงจากไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์ ให้เป็น 120 โวลต์โดยผ่านแวริแอค (variac) ความส่องสว่างของบริเวณที่สังเกตควบคุมโดย ปรับความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง โดยการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่หลอดไฟจากแวริแอค

4.3.5 อุปกรณ์สร้างภาพวัตถุทดสอบสำหรับทดสอบหาคอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็น

ภาพวัตถุทดสอบที่ปรากฏบนบริเวณที่สังเกตสร้างขึ้นด้วย การใช้แผ่นพลาสติกทึบแสงเจาะให้เป็นรูปร่างของวัตถุทดสอบ แล้วนำไปแนบเข้ากับกระดาษที่ใช้เป็นบริเวณที่สังเกตจากทางด้านหลัง จากนั้นฉายแสงจากแหล่งกำเนิดแสง จากทางด้านหลังของฉาก เพื่อให้ได้ภาพวัตถุทดสอบปรากฏบนบริเวณที่สังเกตตามที่ต้องการ ขนาด และรูปร่าง ของวัตถุทดสอบ เปลี่ยนแปลงได้ด้วยการเปลี่ยนแผ่นพลาสติกทึบแสงที่เจาะตรงกลางเป็นรูปวัตถุทดสอบรูปร่างต่างๆตามต้องการ เพื่อความสะดวกต่อการเปลี่ยนทิศทางของช่องว่าง(gap) ในกรณีที่วัตถุทดสอบเป็นรูปวงแหวนแลนดอลท์ จึงตัดแผ่นพลาสติกสำหรับสร้างรูปวัตถุทดสอบให้เป็นแผ่นกลม และสร้างฐานรองรับเพื่อให้แผ่นสร้างรูปนี้หมุนรอบจุดศูนย์กลางได้สะดวก โดยยังคงแนบสนิทกับแผ่นกระดาษที่เป็นบริเวณที่สังเกตเพื่อความคมชัดของภาพวัตถุทดสอบ, ความส่องสว่างของวัตถุทดสอบที่ผู้สังเกตรับรู้ได้เป็นผลรวมของความส่องสว่างที่เกิดจาก แหล่งกำเนิดแสงที่ให้ความสว่างแก่บริเวณที่สังเกตกับแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ฉายภาพวัตถุ ซึ่งความส่องสว่างของวัตถุทดสอบวัดได้ด้วยเครื่องวัดความส่องสว่างโดยทำการวัดมาจากทางด้านหน้าของฉาก

4.3.6 อุปกรณ์ควบคุมเวลาที่แสดงภาพวัตถุทดสอบต่อผู้สังเกต

การควบคุมเวลาที่ฉายภาพวัตถุทดสอบ ต่อผู้สังเกต อาศัยการบังแสงและเปิดให้แสงผ่าน แผ่นพลาสติกรูปวงกลมที่เจาะเป็นช่องติดตั้งบนแกนหมุนของมอเตอร์ แผ่นพลาสติกวางไว้หน้าเลนซ์ ของเครื่องฉายสไลด์ เมื่อส่วนทึบที่ไม่ได้เจาะเป็นช่องของแผ่นพลาสติกหมุนมาตัดกับเส้นทางเดินของแสงจากเลนซ์ไปยังบริเวณที่สังเกต จะทำให้ไม่มีภาพวัตถุทดสอบ ปรากฏบนบริเวณที่สังเกตและเมื่อแผ่นพลาสติกหมุนต่อไปจนกระทั่ง ส่วนที่เจาะเป็นช่องไปตรงกับเส้นทางเดินของแสง จะทำให้ภาพวัตถุทดสอบปรากฏบนบริเวณที่สังเกต เวลาที่ภาพวัตถุทดสอบ ปรากฏบนบริเวณที่สังเกตจะเท่ากับเวลาที่ช่องเจาะเปิดของแผ่นกระดาษ เคลื่อนที่ผ่านเส้นทางเดินของแสงจากเลนซ์ไปยังบริเวณที่สังเกต ดังนั้น จึงควบคุมเวลาฉายภาพวัตถุทดสอบ ได้ด้วยขนาดความ

กว้างของช่องเจาะและความเร็วในการหมุนของแผ่นพลาสติก (ความกว้างของช่องเจาะต้องมีขนาดเล็กที่สุด ที่อย่างน้อยต้องทำให้เมื่อหมุนไปตรงกับลำแสงที่ฉายมาจากแหล่งกำเนิดแสงแล้วสามารถให้ภาพวัตถุทดสอบปรากฏบนบริเวณที่สังเกตได้หมดทั้งภาพพอดี) แผ่นพลาสติกถูกขับให้หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 6 โวลต์ สามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ด้วยเครื่องจ่ายไฟแบบปรับแรงดันได้ ความเร็วรอบของมอเตอร์วัดได้ด้วยเครื่องวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่ส่องไปยังจุดที่ต้องการวัดความถี่โดยไม่ต้องมีการสัมผัสของจุดที่ต้องการวัดความถี่กับเครื่องมือวัดเลย

4.3.7 <u>เครื่องวัดความส่องสว่าง (Luminance Meter)</u>

เป็นเครื่องวัดความส่องสว่างยี่ห้อ TEKTRONIX ประกอบด้วยหัววัดแสง(Probe) และตัวแสดงผลแบบตัวเลข (Digital Photometer), ค่าความส่องสว่างที่วัดได้มีหน่วยเป็นแคนเดอล่าต่อตารางเมตร (cd/m^2 หรือ Nits) หัวสำหรับวัดแสงที่ใช้เป็นแบบมุมแคบ ซึ่งมีขนาดของมุมที่วัดเท่ากับ 1 องศา มีสเกลให้เลือกวัดแสงได้ตั้งแต่ 1-10,000 เท่า ของค่าที่อ่านได้จากหน้าปัทม์ การวัดทำได้โดยเล็งเครื่องหมายวงกลมในช่องมองของหัววัดแสง ให้ทับกับจุดที่ต้องการวัดความส่องสว่าง โดยที่วัตถุที่ต้องการวัดความส่องสว่างต้องมีขนาดไม่เล็กไปกว่าวงกลมสำหรับเล็ง ซึ่งหมายความว่า ภายในวงกลมสำหรับเล็งต้องบรรจุภาพของวัตถุที่ต้องการวัดความส่องสว่างเอาไว้จนเต็มวง โดยไม่มีภาพของวัตถุอื่นปรากฏในวงกลมสำหรับเล็งด้วยเลย เมื่อมองผ่านช่องสำหรับมองที่หัววัดแสง จะเห็นภาพเหมือนลักษณะที่มองจากกล้องถ่ายภาพ แต่จะมีวงกลมขนาดเล็กปรากฏที่จุดกึ่งกลางของภาพที่เห็น วงกลมเล็กนี้คือวงกลมสำหรับเล็งวัตถุที่ต้องการวัดความส่องสว่าง การใช้งานเครื่องวัดความส่องสว่างต้องมีการปรับศูนย์(calibration)ทุกครั้งเพื่อความถูกต้องของข้อมูล เครื่องวัดความส่องสว่างใช้วัดค่า

1. ความส่องสว่างของฉาก เนื่องจากหัววัดแสงเป็นแบบมุมแคบ จึงต้องวัดหลาย ๆ จุด บนบริเวณที่สังเกต แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งการวัดวิธีนี้ก็นับเป็นผลดี เพราะทำให้ทราบว่าจุดใดบนบริเวณที่สังเกตมีความส่องสว่างต่างไปจากจุดอื่น ๆ แล้วจึงปรับแต่งแหล่งกำเนิดแสงเพื่อให้เกิดความแตกต่างของความส่องสว่าง ณ จุดต่าง ๆ ในบริเวณที่สังเกตน้อยที่สุด

2. ความส่องสว่างของวัตถุทดสอบ ในช่วงการทดลองหา Contrast Threshold

3. ความส่องสว่างของวงแหวนแลนดอลท์ ในช่วงการทดลองหา Visual Performance