บทที่ 6

สรุป

6.1 คำนำ

เนื่องจากการมองเห็นประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ คือ 1.ความส่องสว่าง 2.คอนทราส 3.ขนาดวัตถุ และ 4.เวลา การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบการมองเห็นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อมกัน ทำให้งานมีคุณสมบัติการกระตุ้นการมองเห็นเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทำให้ระบบการมองเห็นรับรู้งานดังกล่าวแตกต่างกันด้วย ดังนั้นการระบุงานใดๆจึงต้องบอกรายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของงานให้ครบถ้วนด้วย เพราะงานแต่ละงานมีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการกระตุ้นระบบการมองเห็นซึ่งแตกต่างกันตามองค์ประกอบของการมองเห็นที่รวมกันเข้าเป็นงานนั้น ด้วยเหตุนี้การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายผลการมองเห็นของงานใดๆ เราจึงจำเป็นต้องใส่ค่าคุณสมบัติของงานให้ถูกต้อง และค่าคุณสมบัติชุดนี้ไม่สามารถนำไปใช้กับงานอื่นๆได้อีกด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว งานที่ใช้ทดลองในวิทยานิพนธ์คือ วงแหวนแลนดอลท์ ซึ่งถูกใช้เป็นมาตรฐานในการทดสอบเรื่องการมองเห็นเสมอๆ และยังถูกใช้เพื่อสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้อีกด้วย การเลือกใช้วงแหวนแลนดอลท์สำหรับงานในวิทยานิพนธ์เพื่อลดตัวแปรที่อาจมีผลต่อการมองเห็น ในกรณีที่มีการสร้างงานทดสอบการมองเห็นขึ้นมาใหม่ จึงทำให้สามารถเปรียบเทียบระหว่าง การมองผ่านตัวกลาง กับ การมองโดยไม่ผ่านตัวกลาง ได้โดยตรง

เนื่องจากการทดลองในวิทยานิพนธ์ ถูกควบคุมให้มีเฉพาะคอนทราสของความส่องสว่าง โดยไม่มีคอนทราสของสีมาเกี่ยวข้องดังนั้นผลของการกระจายพลังงานในช่วงที่ตามองเห็น (Spectral Energy Distribution)ที่แตกต่างกันของตัวกลางแต่ละชนิด จึงมีผลกระทบต่อการมองเห็นในการทดลองน้อยมาก อีกทั้งแบบจำลองคณิตศาสตร์ก็ใช้ทำนายเฉพาะผลลัพธ์ที่เกิดจากคอนทราสของความส่องสว่างเท่านั้น เพราะยังไม่สามารถครอบคลุมไปถึงการทำนายผลเนื่องจากคอนทราสของสีได้ ดังนั้นในขั้นนี้ผลลัพธ์ และข้อสรุปต่างๆจึงคำนึงถึงเฉพาะคอนทราสของความส่องสว่างเท่านั้น

6.2 สรุป

การมองผ่านตัวกลางทำให้ความส่องสว่างลดลง ซึ่งส่งผลต่อเนื่อง (เป็นลูกโซ่) ไปยัง คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็น และต่อไปยัง Visibility Level จนในที่สุดถึง

สมรรถะการมองเห็น เมื่อแบ่งความสัมพันธ์ออกเป็น 3 ช่วง

ช่วงที่ 1 ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็น

ช่วงที่ 2 ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ Visibility Level

ช่วงที่ 3 Visibility Level กับ สมรรถนะการมองเห็น

ช่วงที่ 1 คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็น เป็นฟังก์ชั่นของความส่องสว่างของฉากหลัง โดยมีขนาดของวัตถุเป็นพารามิเตอร์ ดังนั้นการมองผ่านตัวกลางที่ทำให้ความส่องสว่างลดลงจึงไปเพิ่มความต้องการคอนทราสต่ำสุด โดยที่ขนาดของวัตถุยังคงเท่าเดิม

ช่วงที่ 2 Visibility Level เป็นฟังชั่นของความส่องสว่างของฉากหลัง โดยมี Equivalent Contrast (Difficulty) :$\tilde{C}$ เป็นพารามิเตอร์ ซึ่งก็คือสมการแบบจำลองคณิตศาสตร์ชุดที่ 1 , ค่า$\tilde{C}$ ถูกควบคุมด้วยคอนทราสของงาน หมายถึงคอนทราสยิ่งมีค่ามาก ก็ยิ่งทำให้ Visibility Level มีค่ามากจึงง่ายแก่การมองเห็น ,ความส่องสว่างของฉากหลังมีผลต่อ Visibility Level โดยผ่านมาทางค่า Relative Contrast Sensitivity :RCS เมื่อค่า Visibility Level คำนวณด้วยสมการ

$$VL = \tilde{C} * \frac{RCS}{.0923}$$

เมื่อ RCS คือส่วนกลับของ คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็น

การมองผ่านตัวกลางทำให้ Visibility Level มีค่าลดลง เพราะว่า เมื่อเงื่อนไขของงานไม่ได้เปลี่ยนแปลง หมายถึง ขนาดและคอนทราสและเงื่อนไขการทำงานการมองเห็นคงที่แล้ว การมองผ่านตัวกลางทำให้คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็นเพิ่มขึ้น และจากสมการที่ใช้คำนวณค่า Visibility Level พบว่า คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็นที่เพิ่มขึ้นเมื่อคอนทราสของงานคงที่ ทำให้ Visibility Level ของงานลดลง นอกจากนั้นการแสดงกราฟในแบบที่ 1 ยังแสดงให้เห็นว่า การมองผ่านตัวกลางไม่ได้เปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ของ Visibility Level กับความส่องสว่างของฉากหลังไปแต่อย่างไร

ช่วงที่ 3 การมองผ่านตัวกลางทำให้ สมรรถนะการมองเห็น มีค่าลดลง เพราะว่า สมรรถนะการมองเห็นเป็นฟังก์ชั่นของ Visibility Level โดยมี Task Demand Level : D และ Critical Weighting Coefficient : W_{123} เป็นพารามิเตอร์ ซึ่งก็คือสมการแบบจำลองคณิตศาสตร์ชุดที่ 2 การมองผ่านตัวกลางทำให้ Visibility Level ลดลง ดังเหตุผลที่กล่าวไปแล้ว จึงทำให้สมรรถนะการมองเห็นลดลงตามไปด้วย และจากกราฟเปรียบเทียบระหว่างการมองโดยไม่ผ่านตัวกลางกับการมองผ่านตัวกลางก็พบว่า พารามิเตอร์ทั้ง 2 ตัว

ดังกล่าวของงานที่ใช้ทดสอบสมรรถนะการมองเห็น มิได้เปลี่ยนแปลงไป

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การมองผ่านตัวกลางที่นำมาทดสอบนี้ เป็นเพียงการลดความส่องสว่างลง ซึ่งเป็นผลมาจากแสงที่ตกกระทบและผ่านตัวกลาง ถูกลดฟลักซ์ลงไป เนื่องจากค่าการผ่านทะลุ(Transmittance)ของตัวกลางไม่เท่ากับ 1 ทำให้ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนเรตินาลดลง ระบบการมองเห็นจึงรับรู้ว่ามีความส่องสว่างลดลง ซึ่งส่งผลทำให้สมรรถนะการมองเห็นลดลงไปด้วย แต่การมองผ่านตัวกลางไม่ได้ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของงานเปลี่ยนแปลงไปด้วย

ดังนั้นเมื่อทดลองใช้ค่าการผ่านทะลุของตัวกลางแต่ละชนิดมาคำนวณค่าความส่องสว่างของฉากหลังเมื่อมองผ่านตัวกลาง แล้วจึงนำค่านี้ไปใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่า Visibility Level และ สมรรถนะการมองเห็นที่ลดลง การคำนวณใช้ค่าคุณสมบัติของงานที่ใช้ทดลองในวิทยานิพนธ์ คือ งานที่มีขนาดของรายละเอียดเท่ากับ 4 ลิบดา ,คอนทราสเท่ากับ 0.3638 ,Task Demand Level :D เท่ากับ 30 และCritical Component Weighting :W_{123} เท่ากับ 0.60 โดยกำหนดจุดอ้างอิงคือ ค่าความส่องสว่างของฉากหลังปกติเมื่อไม่ได้มองผ่านตัวกลางมีค่าเท่ากับ 3 cd/m^2 ซึ่งมีค่า Visibility Level เท่ากับ 1.439 และสมรรถนะการมองเห็น มีค่าเท่ากับ 0.6261

ตารางที่ 6.1 แสดงตัวกลางโปร่งใสบางส่วนซึ่งมีค่าการผ่านทะลุต่างกัน มีผลต่อการลดค่า Visibility Level และค่าสมรรถนะการมองเห็น

ตัวกลาง	ค่าการผ่านทะลุ	Visibility Level	สมรรถนะการมองเห็น
กระจกใสหนา 3 มม.	92.00 %	1.387 (0.00%)	0.6115 (0.00%)
กระจกสีชาหนา 3 มม.	54.58 %	1.083 (21.29%)	0.5207 (15.40%)
กระจกสีชาหนา 5 มม.	38.40 %	0.902 (34.97%)	0.4598 (25.30%)

6.3 <u>ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง</u>

6.3.1 ต้องให้เวลาผู้สังเกตปรับตาให้ชินกับสภาพแสง(Adaptation)

6.3.2 พบว่าในช่วงแรกของการทดลอง ผลการทดลองกระจายมากไม่สามารถหาข้อสรุปได้ แต่เมื่อผู้สังเกตคุ้นเคยกับการทดลอง ผลการทดลองก็เริ่มเกาะกลุ่มเป็นรูปร่างที่สามารถหาข้อสรุปได้ ดังนั้นข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์ และสรุปผล ต้องเป็นข้อมูลจากการทดลองที่ผู้สังเกตได้รับการฝึกฝนให้ชินกับวิธีการทำงานการมองเห็น แต่งานการมองเห็นต้องไม่ใช่ชนิดที่

เมื่อทำงานบ่อยครั้งแล้งสามารถจำคำตอบได้ ในการทดลองจึงต้องมีชุดของวงแหวนแลนดอลท์จำนวนถึง 16 ชุด

6.3.3 เมื่อทดลองติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ผู้สังเกตเกิดความล้า(Fatique) ทำให้ผลการทดลองผิดพลาด

6.3.4 เครื่องวัดแสงมีความผิดพลาดเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการใช้งาน จึงต้องเปิดเครื่องวัดแสงไว้สักครู่จนกระทั่งอุณหภูมิของเครื่องวัดแสงคงที่ แล้วจึงปรับศูนย์เพื่อใช้งานจริง

6.4 ข้อเสนอแนะ

ดังที่กล่าวในบทสรุปแล้วว่าการทำนายผลการมองเห็นด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ เราจำเป็นต้องทราบค่าคุณสมบัติประจำตัวของงานที่ถูกทำนายด้วย สำหรับการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาใช้กับการมองเห็นที่มีแสงน้อยในตอนเช้าหรือตอนเย็นขณะที่ดวงอาทิตย์กำลังโผล่ขึ้นหรือลับขอบฟ้า หรือในตอนกลางคืน ค่าความส่องสว่างของผิวถนนมีค่าประมาณ 2 cd/m_2 เราสมมุติว่ามีคนซึ่งสูงประมาณ 165 เซนติเมตร อยู่ห่างจากผู้สังเกตประมาณ 60 เมตร ซึ่งเทียบเท่ากับวัตถุขนาด 94.54 ลิบดา จากการคำนวณด้วยสมการของ Bodmann พบว่าผู้สังเกตต้องการคอนทราสอย่างต่ำสุดเท่ากับ 1.00 เพื่อให้มองเห็นวัตถุดังกล่าว ซึ่งสมการของ Bodmann ใช้กับวัตถุที่เป็นวงแหวนแลนดอลท์จึงหมายความว่าการมองเห็นเป็นการมองเห็นช่องว่าง(gap) ของวงแหวนแลนดอลท์ ดังนั้นค่าคอนทราสที่คำนวณด้วยวิธีดังกล่าวจึงเป็นคอนทราสที่ทำให้มองเห็นรายละเอียดของวัตถุได้ด้วยซึ่งกรณีของตัวอย่างนี้ก็คือ สามารถมองเห็นได้ว่าเป็นคนมิใช่ท่อนไม้หรือวัตถุอย่างอื่น

เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ไปใช้กับงานการมองเห็นทั่วๆไปได้สะดวก จึงขอกล่าวโดยย่อดังนี้

คุณสมบัติที่จำเป็นในการกำหนดงาน(Task)มีดังนี้

1. ความส่องสว่างของฉากหลัง
2. ขนาดของรายละเอียดของงาน
3. คอนทราสของงาน
4. พารามิเตอร์ D
5. พารามิเตอร์ W_{123}

ค่า ความส่องสว่างของฉากหลัง , ขนาดของรายละเอียดของงาน และ คอนทราสของงาน เป็นค่าที่สามารถวัดได้จริงด้วยเครื่องมือวัดโดยตรง(Physical) แต่ค่าพารามิเตอร์ D และ W_{123} หาได้ด้วยการใช้ความรู้สึกเป็นเครื่องวัด(Psychophysical) ซึ่งต้องนำงานจริง

หรืองานที่จำลองงานจริงมาทดสอบด้วยการให้ผู้สังเกตทำงานนั้นจริงๆแล้วจึงบันทึกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว แต่การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ก็ยังมีข้อจำกัดดังที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 3 ดังนั้นเพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์จึงควรใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย