บทที่ 3
ความสนใจกับความบาดตาจากหน้าต่าง

3.1 บทนำ

หลายๆ การศึกษากล่าวว่าในสภาพที่มีแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารนั้นการมีวิวที่มองผ่านหน้าต่างและรูปร่างหน้าต่างและลักษณะของหน้าต่างนั้นมีอิทธิพลต่อความรู้สึกบาดตา (Hopkinson, 1970; 1972; Boubekri and Boyer, 1992) นอกจากนี้ผลของการศึกษาของ Tuaycharoen and Tregenza (2005) นั้นแสดงให้เห็นว่าภาพที่น่าสนใจนั้นทำให้คนบาดตาน้อยลง ในการศึกษาต่อมาของผู้วิจัยดังกล่าวยังพบอีกว่าวิวที่มองผ่านหน้าต่างนั้นถ้าน่าสนใจจะทำให้คนบาดตาจากหน้าต่างน้อยลง ผลการศึกษาที่ผ่านมาชี้ให้เห็นอิทธิพลของความสนใจในวิวต่อความบาดตา แต่อย่างไรก็ตามนั้นการศึกษาได้ทำในสภาพห้องทดลองที่ไม่มีอิทธิพลของการจัดวางเฟอร์นิเจอร์และไม่มีการทำงานในห้องนั้น รวมไปถึงการศึกษาดังกล่าวได้ทำการทดลองในสภาพภูมิอากาศแบบประเทศอังกฤษที่มีสภาพท้องฟ้าแบบ overcast และมีเมฆมาก ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้คือเพื่อที่จะทดสอบสมมุติฐานที่ว่า ความสนใจในวิวนั้นมากขึ้นทำให้คนเกิดความบาดตาน้อยลง โดยทำการศึกษาในห้องเรียนจริงและสภาพภูมิอากาศแบบประเทศไทย

ในบทนี้ประกอบด้วยการทดลอง 2 การทดลอง โดยที่เป็นการศึกษาโดยการประเมินความบาดตาจากหน้าต่างในห้องเรียนที่มีวิวที่น่าสนใจแตกต่างกัน ผู้เข้าร่วมทดลองเป็นนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร และบุคคลทั่วไป จำนวน 28 คน การทดลองแรกเป็นการทดสอบเบื้องต้นเพื่อประเมินค่าความสนใจในวิวผ่านหน้าต่าง และการทดลองที่สองคือการทดลองจริงเพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ว่าความสนใจในวิวเพิ่มขึ้นจะทำให้คนเกิดความบาดตาจากหน้าต่างลดลง และเนื่องจากอิทธิพลของการแปรไปของค่าความสว่างองแสงนั้นไม่สามารถจะควบคุมได้ในการทดลอง ดังนั้นการศึกษาจึงได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ของอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวควบคู่กันไป ปัจจัยดังกล่าวได้แก่ อิทธิพลของค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) ซึ่งจากผลการศึกษาของผู้วิจัยก่อนหน้านี้ทำให้การศึกษาครั้งนี้มีสมมุติฐานสำหรับอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวว่าเมื่อความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) เพิ่มขึ้นจะทำให้คนเกิดความบาดตามากขึ้นด้วย

3.2 สมมุติฐานในการทดลอง

สมมุติฐานในการทดลองประกอบด้วย 2 สมมุติฐาน ได้แก่

สมมุติฐานที่ 1: วิวที่น่าสนใจ (interesting view) ผลช่วยลดความบาดตาที่มาจากหน้าต่าง (discomfort glare)

สมมุติฐานที่ 2: หน้าต่างที่มีค่า Relative Maximum luminance (RML_w) ที่มากขึ้นจะทำให้เกิดความบาดตาจากหน้าต่างมากขึ้น

โดยการทดลองจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นการทดสอบเบื้องต้นซึ่งประกอบด้วยการสำรวจภาพที่มองผ่านหน้าต่างในตึกคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยนิสิตของทางมหาวิทยาลัย ทำการให้คะแนนความน่าสนใจและการวิเคราะห์จัดอันดับโดยค่าเฉลี่ย และขั้นการศึกษาการทดลองจริง ในสถานที่จริงของห้องเรียนในตึกคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นคนไทย ทำการสำรวจความบาดตาจากหน้าต่างที่มีวิวที่มองผ่านที่น่าสนใจที่สุดและที่น่าสนใจน้อยที่สุดแล้วนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจของวิวที่มองผ่านหน้าต่างและ RML_w กับความบาดตา (discomfort glare)

3.2.1 การกำหนดค่าของความสนใจในวิว

เนื่องจากความสนใจนั้นเป็นความรู้สึกที่สามารถแปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มบุคคล ตัวสิ่งเร้าที่เห็นและสภาพสถานการณ์ใดๆ ที่กลุ่มบุคคลได้รับรู้สิ่งเร้านั้นๆ ดังนั้น "ความสนใจ" ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดความหมายไว้สำหรับเฉพาะคนกลุ่มหนึ่งและเฉพาะสิ่งเร้า (stimuli) หนึ่งๆ ในสถานการณ์หนึ่งๆ โดยในการทดลองนี้ได้กำหนดความหมายของคำว่า "ความสนใจในวิว" ว่าความรู้สึกอยากรู้อยากเห็นของผู้ที่เข้าร่วมการทดลองต่อวิวทิวทัศน์ในการสภาพในการทดลองนี้เท่านั้น วิวจำนวน 10 วิวที่นำมาทดลองนั้นจะถูกเลือกโดยเกิดจากเกณฑ์ที่ว่าวิวต่างๆ ดังกล่าวนั้นประกอบไปด้วยองค์ประกอบและลักษณะที่ในการศึกษาต่างๆ ที่พบว่าน่าจะก่อให้เกิดความสนใจดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ผู้เข้าร่วมทดลองในการทดลองนี้เป็นนิสิตชาวไทย จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรจำนวน 20 คน โดยได้ดูวิวต่างๆ ที่ได้เลือกทำการทดลองและประเมินความสนใจในวิวนั้นๆ โดยประเมินในแบบสอบถามที่มีมาตรวัด 5 สเกล หลังจากนั้นจะมีการจัดอันดับของคะแนนโดยค่าเฉลี่ย วิวที่น่าสนใจน้อยที่สุดคือวิวชั้นเดียวที่เป็นผนังอาคาร และวิวที่น่าสนใจมากที่สุดคือวิวที่มีสามชั้นซึ่งมีข้อมูลที่ค่อนข้างสูงและมีปริมาณขององค์ประกอบธรรมชาติและองค์ประกอบที่มนุษย์สร้างขึ้นและมีสีสันสดใสและมีวัสดุที่หลากหลาย

3.2.2 กำหนดความหมาย Daylight Glare Index

"Daylight glare index" ในการศึกษาครั้งนี้คือ Hopkinson Cornell formula ซึ่งจะคำนวนได้จากสูตรดังนี้

$$DGI = 10 \log_{10} 0.478^{n} \left(\frac{L_s^{1.6} \Omega^{0.8}}{L_b + (0.07\omega^{0.5} L_s)} \right)$$

เมื่อ:

L_s คือค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง (luminance of the source, cdm^{-2})

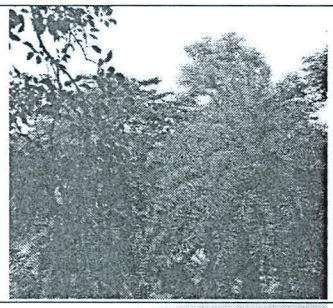
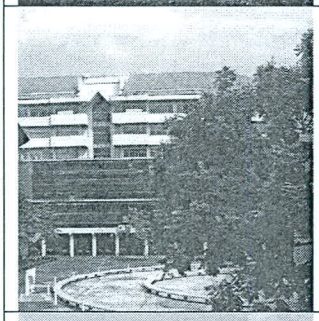
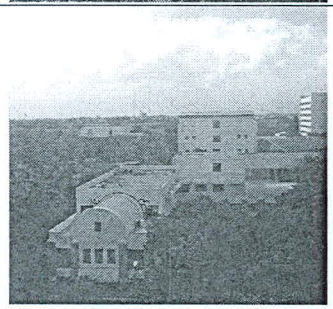
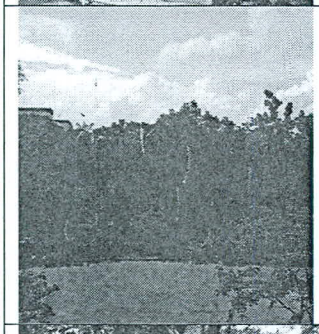
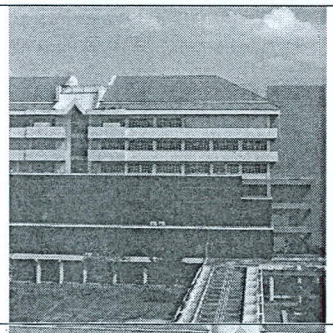
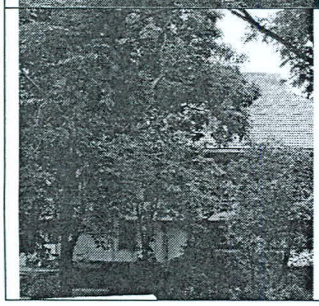
L_b คือค่าความสว่างของพื้นหลัง (luminance of the background, cdm^{-2})

ω คือมุมตันที่แหล่งกำเนิดแสงกระทำต่อตา (solid angle of the source, sr)

Ω คือมุมตันที่แหล่งกำเนิดแสงทำต่อตาเมื่อมีการนำค่าของตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงมาคิด (sr)

3.2.3 กำหนดความหมายค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (Relative Maximum Luminance of the window, RML_w)

'ความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง' (RML_w) ในการศึกษาครั้งนี้หมายถึงอัตราส่วนระหว่างค่าความสว่างสูงสุด (Maximum luminance, L_{max}) ต่อค่าความสว่างเฉลี่ยของหน้าต่าง (Average luminance, L_s)

วิว	ความสนใจ		วิว	ความสนใจ	
	Mean	SD		Mean	SD
	4.56	1.27		3.56	1.29
	4.22	1.78		3.13	1.88
	4.21	0.99		3.06	1.23
	4.07	1.43		2.74	0.94
	3.80	1.23		1.93	0.84

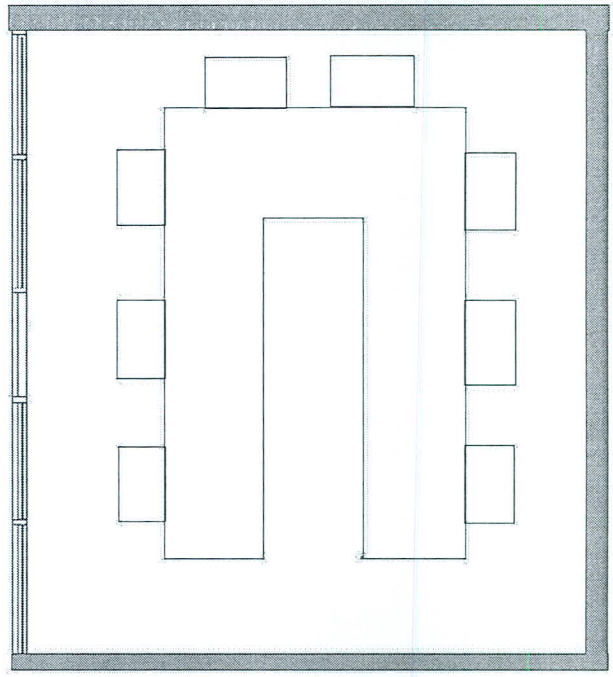
รูปที่ 3.1: วิวทั้ง 10 วิวที่ใช้ในการศึกษาขั้นต้นและค่าความสนใจของวิวดังกล่าว

3.3 ระเบียบวิธีวิจัย

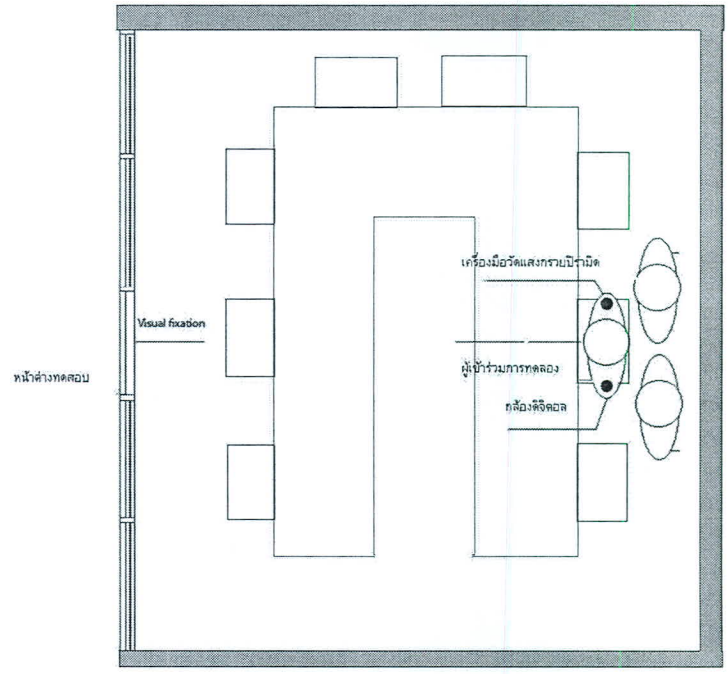
3.3.1 สภาพในการทดลอง

การศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำการทดลองในห้องทดลองที่ไม่มีอิทธิพลของเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ต่างๆ (Tuaycharoen, 2005) ซึ่งได้ทำการทดลองในห้องทดลองที่ตึกคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ University of Sheffield ประเทศอังกฤษ ซึ่งอยู่ที่ละติจูด 53° 27'N และลองติจูด 1° 484'W ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในห้องเรียนจริง ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าการจัดห้องในห้องเรียนนั้นมีหลายรูปแบบ แต่การจัดห้องที่ดูเหมือนจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องความบาดตาจากหน้าต่างมากที่สุด คือ การจัดเฟอร์นิเจอร์แบบตัวยู โดยมีกระดานอยู่ปลายห้องและมีหน้าต่างอยู่ทางด้านข้าง เนื่องจากจะมีที่นั่งบางส่วนที่นักศึกษาจะหันหน้าไปทางหน้าต่างโดยตรงและจะเกิดความบาดตาเกิดขึ้น ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกห้องเรียนที่มีจัดแบบตัวยูดังกล่าวมาเป็นห้องทดลอง โดยห้องทดลองทุกห้องได้มี lay-out เฟอร์นิเจอร์และตำแหน่งที่นั่งในการทดลองที่เหมือนกัน และมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร และสูง 3 เมตร และมีวัสดุพื้นผิวชนิดเดียวกัน โดยมีค่าการสะท้อนแสงของเพดาน 0.8 ค่าการสะท้อนแสงของผนัง 0.6 และมีค่าการสะท้อนแสงของพื้น 0.2 lay-out ของห้องและตำแหน่งของผู้เข้าร่วมทดลองแสดงในรูปที่ 3.3 ผู้เข้าร่วมทดลองจะนั่งในตำแหน่งที่ห่างจากหน้าต่าง 2.50 เมตร โดยหน้าต่างที่ใช้ในการทดสอบนั้นเป็นบานเปิดอลูมิเนียมโดยที่มีม่านปิดจนถึงบานที่ใช้ทดสอบ และมีกระดาษแข็งทึบปิดในส่วนของช่องแสงด้านบนเพื่อไม่ให้แสงเขามาได้นอกจากหน้าต่างที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 3.2: ห้องที่ใช้ในการทดลอง

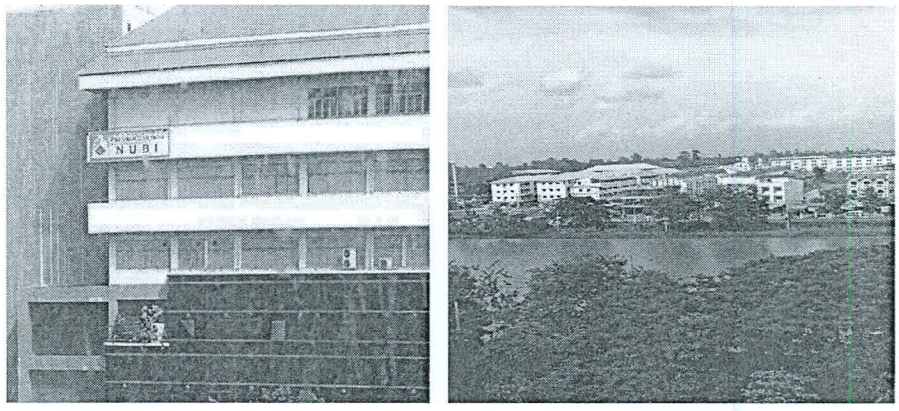


รูปที่ 3.3: ผังพื้นของห้อง ตำแหน่งทีนั่งของผู้เข้าร่วมทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.2 การสร้างสิ่งเร้า

การศึกษาครั้งนี้เลือกวิวที่น่าสนใจน้อยที่สุดและมากที่สุดที่ได้จากการศึกษาขั้นต้นนั้นเพื่อนำมาทดลอง ในการทดลองทรีทเมนต์ควบคุมในครั้งนี้คือหน้าต่างว่างเปล่าถูกใช้เพื่อเป็นตัวแทนของวิวที่มีค่าความสนใจเป็นศูนย์ ทั้งนี้เนื่องจากวิวที่เป็นผนังทึบหรือวิวที่มีข้อมูลน้อยอาจจะยังมีค่าความสนใจเหลืออยู่ หน้าต่างว่างเปล่าทำโดยการที่ใช้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดปิดทับหน้าต่าง ดังนั้นการทดลองนี้จึงประกอบด้วย 3 ทรีทเมนต์ ซึ่งได้แก่

ทรีทเมนต์ที่ 1 คือหน้าต่างว่างเปล่า
ทรีทเมนต์ที่ 2 คือวิวที่น่าสนใจน้อยที่สุด
ทรีทเมนต์ที่ 3 คือวิวที่น่าสนใจมากที่สุด



รูปที่ 3.4: วิวที่ใช้ในการทดลอง โดยภาพทางซ้ายคือวิวที่น่าสนใจน้อยที่สุด และภาพขวาคือวิวที่น่าสนใจมากที่สุด

สำหรับการศึกษาอิทธิพลของค่าความสว่างมากที่สุดสัมพัทธ์นั้น (Relative Maximum luminance of the window, RML_w) จะมีการวัดค่าดังกล่าวกับวิวเพียง 2 วิวนั่นคือ วิวที่น่าสนใจน้อยที่สุดและวิวที่น่าสนใจมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากวิวทั้ง 2 วิวนี้สามารถมีการแปรเปลี่ยนในค่า RML_w ได้ ในขณะที่หน้าต่างที่ว่างเปล่านั้นจะไม่มีการแปรไปของค่า RML_w การวัดค่าดังกล่าวจะวัดในช่วงเดียวกันกับที่ผู้เข้าร่วมการทดลองประเมินความบาดตา

3.3.3 การตรวจวัด เครื่องมือและอุปกรณ์

การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการวัด 2 ค่าซึ่งได้แก่ 1) การวัดค่า Daylight Glare Index (DGI) และ 2) และการวัดค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ (RML_w)

ก. การวัดค่า **Daylight Glare Index (DGI)**

ในการวัดค่า Daylight Glare Index (DGI) นั้นการศึกษาครั้งนี้ได้ทำตามวิธีวัดและการคำนวณตามวิธีการที่อยู่ใน IEA SHC Task 21 'Daylighting in Buildings' work programme[11] (IEA SHC Task 21/ ECBCS ANNEX 29, 2000, Aizlewood, 1998) โดยประกอบไปด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้

ก.1 ค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง (Source Luminance)

เนื่องจากโดยทั่วไปการวัดค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง (Source Luminance) จะวัดโดยการใช้เครื่อง luminance meter ยิงไปตามจุดต่างๆ ซึ่งจะทำได้ยากในการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากสภาพท้องฟ้าจะเปลี่ยนไปทำให้ค่าที่ได้ไม่แน่นอน ดังนั้นการวัดค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงซึ่งในที่นี้คือหน้าต่างนั้น (luminance of the window, L_s) จะมาจากการวัดค่าการส่องสว่างทางตั้ง (the vertical illuminance, E_s) ซึ่งจะวัดโดยเครื่อง illuminance meter ซึ่งจะปิดโดยรอบโดยกระดาษแข็งที่เป็นรูปปิรามิดที่มีสัดส่วนพอดีกับหน้าต่างเพื่อให้ได้รับแสงจากหน้าต่างแต่เพียงอย่างเดียว โดยสูตรในการคำนวนค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงมีดังนี้คือ

$$L_s = \frac{E_s}{\pi \Phi}$$

เมื่อ:

E_s คือ ค่าการส่องสว่างทางตั้ง (the vertical illuminance) ที่วัดโดย iluminance meter ที่ถูกบังด้วยกระดาษรูปปิรามิด ซึ่งวัดจากที่นั่งของผู้เข้าร่วมการทดลอง

Φ คือ ค่า the configuration factor of the glare source จากจุดที่วัดโดยที่ Siegel and Howell (1972) and Nazzal and Chutarat (2000) ได้กำหนดการคำนวณค่าดังกล่าวดังนี้

---

[11] Task 21 คือหนึ่งในหัวข้อของกลุ่มการทำวิจัยที่เรียกว่านักวิจัย IEA SHC ซึ่งอยู่ในองค์กร the International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme (IEA SHC) Task 21 ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ 2 อย่างคือ วัตถุประสงค์แรกคือ เพื่อที่จะพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้แสงธรรมชาติ โดยวัตถุประสงค์อันที่สองคือ เพื่อที่จะทำให้คนตระหนักถึงความสำคัญของการออกแบบแสงธรรมชาติในอาคาร องค์ประกอบหลักใน task 21 คือ 1) สร้างขั้นตอนระดับนานาชาติในการประเมินสภาพของการออกแบบและระบบการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร รวมไปถึงในเรื่องของระบบในการควบคุมแสงธรรมชาติ 2) สร้างขั้นตอนและแบบอย่างสำหรับตรวจวัดลักษณะของการใช้แสงธรรมชาติในอาคารจริง รวมไปถึงการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้อาคารต่อสภาพแวดล้อมที่อยู่

$$A = \frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \qquad B = \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}}$$

$$C = \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \qquad D = \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}}$$

$$\Phi = \frac{A\arctan B + C\arctan D}{\pi}$$

$X = a/2d$

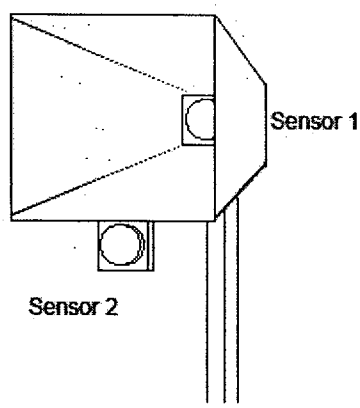
$Y = b/2d$

เมื่อ: a คือความกว้างของหน้าต่าง (เมตร)

b คือความสูงของหน้าต่าง (เมตร)

c คือระยะห่างจากกึ่งกลางของหน้าต่างถึงจุดสังเกตุ (เมตร)

รูปร่างของกรวยปิรามิดนั้นได้จากการคำนวนตามขนาดของหน้าต่างและระยะห่างระหว่างหน้าต่างกับตัวมิเตอร์ (รูปที่ 3.5). The illuminance meter was located at the center of the pyramid.



รูปที่ 3.5: กรวยปิรามิดสีดำและ photocell ที่ครอบด้วยปิรามิดและไม่ได้ครอบซึ่งใช้ในการวัดค่าต่างๆ เพื่อคำนวน DGI

ก.2 ความสว่างของพื้นหลัง (Background Luminance)

ความสว่างของพื้นหลัง (The background luminance, L_b) คือค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นผิวภายในของห้องที่คนเห็นในขอบเขตการมองเห็น ค่าดังกล่าวคือค่าความสว่างของทั้งห้องที่ให้ค่าความส่องสว่างบนระนาบตั้งที่ตาผู้ดูที่มีค่าเท่ากับค่าดังกล่าวที่ขอบเขตการมองเห็นที่ไม่รวมแหล่งกำเนิดแสงบาดตา โดยที่ ค่าความสว่างของพื้นหลังสามารถคำนวนได้ดังนี้คือ

$$L_b = \frac{E_{un}-E_s}{\pi\,(1-\Phi)}$$

เมื่อ:

E_s คือ ค่าของความส่องสว่างทางตั้งที่วัดโดย iluminance meter ที่โดนบังโดยกรวยปิรามิดจากจุดสังเกต

Φ คือ ค่า the configuration factor of the glare source จากจากจุดสังเกต

E_{un} คือ ค่าของความส่องสว่างทางตั้งที่วัดโดย iluminance meter ที่โดนบังโดยกรวยปิรามิดจากจุดสังเกตุ

โดยที่ illuminance meter นั้นจะติดตั้งด้านใต้ของกรวยปิรามิด (รูป 3.5).

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ Minolta T-10 illuminance meter โดยมี Serial No. 31021014 สำหรับการวัดที่มีกรวยปิรามิดและใช้ Minolta T-10 illuminance meter โดยมี Serial No. 36721015 สำหรับการวัดที่ไม่มีกรวยปิรามิด ซึ่งมิเตอร์ทั้ง 2 เครื่องนั้นมีช่วงกันวัดตั้งแต่ 0.01-299,999 lux และมีค่าความคลาดเคลื่อน +2% หรือ + 1 ของค่าที่วัดได้ มิเตอร์อันที่มีกรวยปิรามิดได้ทำการ calibration เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2535 โดยมี a Calibration certificate No. 9229-1876-21 สำหรับเครื่องที่ไม่ได้มีกรวยปิรามินั้นมีการ calibration เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2545 โดยมี a Calibration certificate No. 9882-1136-22

ก.3 ค่ามุมตันปรับค่าโดยค่าตำแหน่ง (The solid angle subtended by the window, modified by the position index, Ω)

จากวิธีการใน IEA SHC Task 21 ค่ามุมตันปรับค่าโดยค่าตำแหน่งนั้น (the solid angle subtended by the window, modified by the position index of the window) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\Omega = \sum [d\omega_i \,.\, P_i]$$

เมื่อ:

ω_i คือ มุมตัวของแต่ละส่วนของหน้าต่าง

P_i คือ ค่าตำแหน่งของแต่ละส่วนของนหน้าต่างที่ทำกับตา

เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาใดที่กล่าวถึงจำนวนของส่วนที่แบ่งบนหน้าต่างในการคำนวนค่ามุมตันปรับค่าโดยค่าตำแหน่ง (Ω) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้หน้าต่งได้แบ่งออกเป็น 20 ส่วนหรือจำนวน 5x4 โดยค่ามุมตันของแต่ละส่วนของหน้าต่าง (The solid angles of elements of the window, ω_i) ได้คำนวนจากสูตรของ Luckiesh and Guth (1949) และค่าตำแหน่ง (the position indexes, P_i) ได้คำนวนจากสูตรของ Petherbrige and Longmore (1954)

มุมตันที่แหล่งกำเนิดแสงทำกับตา (The solid angle subtended by the glare source to the point of observation, ω)

มุมตันทั้งหมดที่แหล่งกำเนิดแสงทำกับตานั้นจะสามารถคำนวนได้ทั้งจากการรวมกันของมุมตันในแต่ละส่วนของหน้าต่างที่ถูกแบ่งและเกิดจากมุมตันของหน้าต่างที่ไม่ได้แบ่ง อย่างไรก็ตามถ้าจำนวนของส่วนที่แบ่งนั้นมากอาจจะมีอิทธิพลของจำนวนต่อมุมตันรวมได้ (ω) ดังนั้นในหลายๆ การศึกษาเห็นว่าน่าการใช้การคำนวนของทั้งหน้าต่างมากกว่า (IEA SHC Task 21/ ECBCS ANNEX 29, 2000, Aizlewood, 1998) สูตรที่ใช้ในการคำนวนมุมตันที่หาจากทั้งหน้าต่างนั้นมีดังนี้

$$\omega=\frac{A \cos\theta . \cos\varphi}{d^2}$$

เมื่อ:

A คือ พื้นที่ของหน้าต่าง (ตารางเมตร).

d คือ ระยะห่างจากจุดสังเกตไปถึงจุดกึ่งกลางของหน้าต่าง(เมตร).

θ, φ คือ มุมระหว่างเส้นที่ตั้งฉากกับการมองและจุดกึ่งกลางของหน้าต่าง

เพื่อที่จะไม่ให้เกิดความคาดเคลื่อนเนื่องจากการแปรเปลี่ยนไปของแสงธรรมชาติซึ่งมีค่ามากกว่าค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเคลื่อนที่ของตำแหน่ง การวัดค่าต่างๆ จะทำในเวลาเดียวกันกับที่ผู้เข้าร่วมการทดลองประเมินความบาดตาแทนที่จะหลังจากการประเมิน และเนื่องจากการวัดค่าต่างๆ สามารถทำได้ที่ระยะเกือบจะที่เดียวกันกับระยะที่ผู้เข้าร่วมทดลองนั่ง ซึ่งระยะนั้นคือ 2.00 เมตร ตั้งฉากกับจุดกึ่งกลางของหน้าต่างและ1.20 เมตรเหนือพื้น ตำแหน่งของกรวยปิรามิดจะอยู่บริเวณ 10

เซนติเมตรห่างจากจุดนั่งของผู้เข้าร่วมทดลองและหันไปทางหน้าต่าง ซึ่งรูปร่างของปิรามิดจะคำนวนจากจุดนี้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากอาจจะมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากตำแหน่งการวัดที่เคลื่อนที่ได้จากจุดที่ผู้เข้าร่วมทดลองนั่ง ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการทดสอบค่าการส่องสว่างทางตั้ง (vertical illuminance) ที่วัดที่จุด 10 เซนติเมตรห่างจากระยะที่ผู้เข้าร่วมทดลองนั่งนั้นต่างจากค่าดังกล่าวที่วัดจากจุดที่ผู้เข้าร่วมทดลองนั่งหรือไม่ การทดสอบได้ทำโดยการวัดค่าการส่องสว่างทางตั้ง (วัดโดยเครื่องที่ไม่มีกรวยปิรามิด) เปรียบเทียบกับค่าดังกล่าวที่วัดที่บริเวณที่นั่งของผู้เข้าร่วมทดลอง ผลการทดสอบ *t*-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าการส่องสว่างทางตั้ง (vertical illuminance) ที่วัดจาก 2 บริเวณ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากค่าการส่องสว่างทางตั้ง (vertical illuminance) ที่เกิดจากการวัด 10 เซนติเมตรห่างจากจุดที่ผู้เข้าร่วมทดลองนั่ง หลังจากการวัดค่าต่างๆ ข้างต้นค่า DGI ได้ถูกคำนวนโดยใช้สูตรของ the Hopkinson-Cornell large-source formula

ข. การวัดค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (Relative Maximum Luminance of Window Parameter Measurement)

ในการกำหนดค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) นั้นประกอบด้วยการวัดค่า 2 ค่า ได้แก่ 1) ค่าความสว่างสูงสุดของหน้าต่าง (L_{max}) และค่าความสว่างเฉลี่ยของหน้าต่าง (L_s) ค่าความสว่างเฉลี่ยของหน้าต่างสามารถใช้ค่าเดียวกันกับค่าที่วัดเพื่อการคำนวนค่า DGI ข้างต้น เนื่องจากการกระจายของค่าความสว่างของหน้าต่างในแต่ละจุดจะเปลี่ยนไปเนื่องจากการแปรไปสภาพของแสงธรรมชาติ ดังนั้นในการวัดค่าความสว่างสูงสุดในการทดลองนี้จะไม่สามารถใช้การวัดเป็นจุดโดยใช้เครื่อง luminance spot meter ได้ เพราะเนื่องจากค่าความสว่างสูงสุดในขณะที่ผู้เข้าร่วมทดลองประเมิณความบาดตานั้นจะเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้าการทดลองนี้จึงไม่สามารถที่จะวัดค่าดังกล่าวโดยกำหนดตำแหน่งการวัดได้อย่างแน่นอนและถ้าใช้คนยิงค่าดังกล่าวอาจจะเกิดการคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นการศึกษานี้ได้วัดค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์โดยการใช้กล้อง CCD digital camera โดยใช้ร่วมกับซอฟแวร์ที่ชื่อว่า Photolux ซึ่งเป็นซอฟแวร์ที่เปลี่ยนค่าความสว่างที่ถ่ายจากกล้อง CCD digital camera เป็นค่าความสว่างจริงของห้องหรือวัตถุต่างๆ ได้ วิธีการวัดดังกล่าวนั้นเป็นวิธีการที่ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยเกี่ยวกับแสงและการส่องสว่างและในการทำแผนที่ความสว่าง (luminance values) และคำนวนค่าทางแสงอาทเช่น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้อง และค่าความสว่างสูงสุดของห้อง (Coutelier, 2002)

ข.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวัดค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง

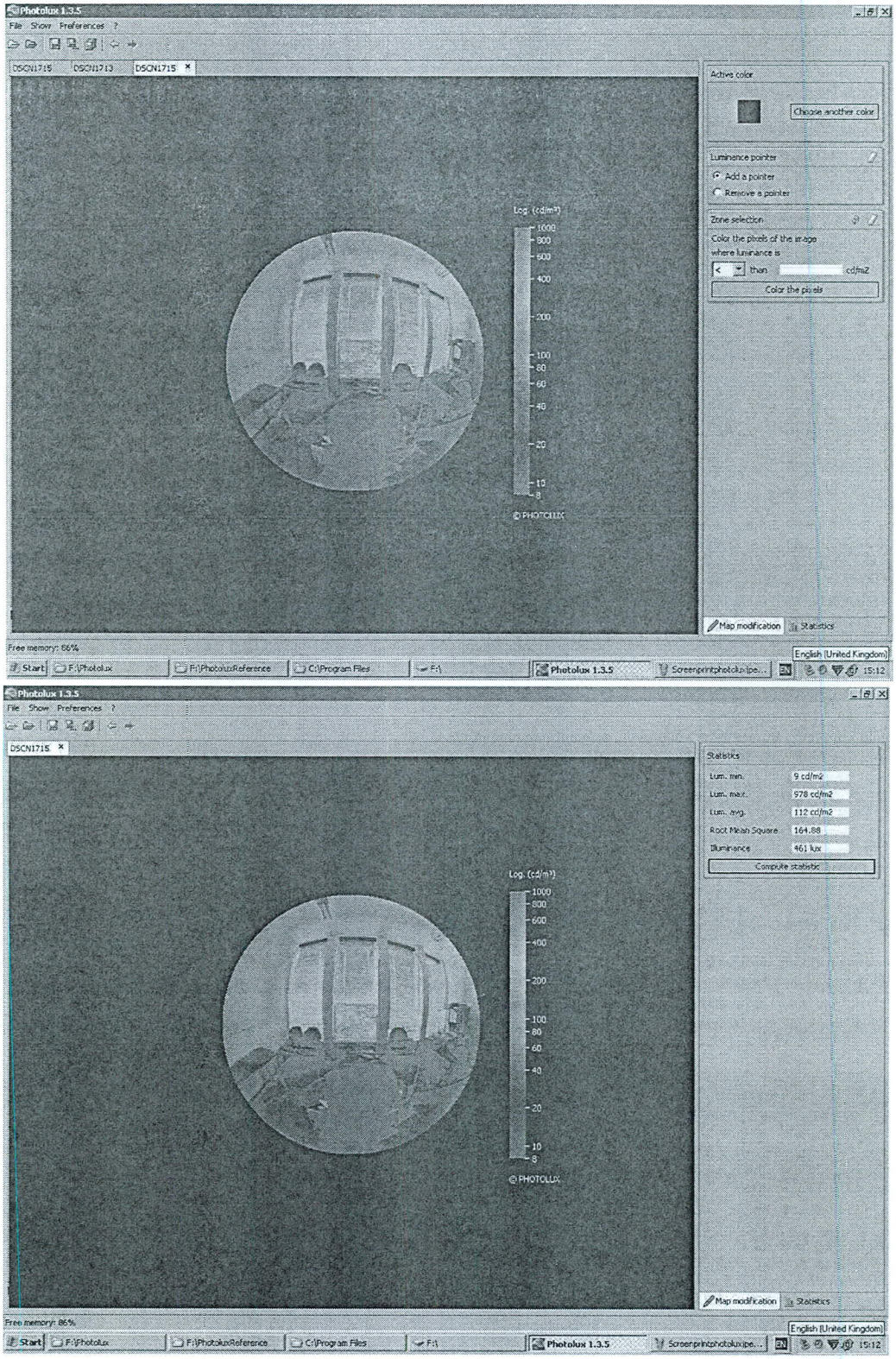
กล้อง CCD camera ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือกล้อง Nikon Coolpix 990 กล้องดังกล่าวนั้นได้ใส่เลนส์ตาปลาด้านหน้าโดยใช้รุ่น model FC-E8 โดยสามารถถ่ายรูปได้ 180° กล้อง Nikon Coolpix 990 ที่ใช้เลนส์ตาปลารุ่น FC-E8 นั้นเนื่องมาจากเป็นกล้องที่สามารถใช้ได้สำหรับซอฟแวร์ Photolux software :ซึ่งกล้องที่สามารถใช้ได้ได้แก่ รุ่น Coolpix 5000 รุ่น Coolpix 5400 รุ่น Coolpix 990 กล้องดังกล่าวมีCCD เซนเซอร์ที่มีความละเอียดได้ถึง 3.34 Million pixel โดยสามารถถ่ายภาพที่มีความละเอียดได้ 2048 x 1536 pixels กล้องดังกล่าวยังสามารถบันทึกภาพต่างๆ โดยเป็นไฟล์ภาพ *.TIFF และ *.EXIF ซึ่งไฟล์ดังกล่าวสามารถที่จะบันทึกค่าข้อมูลต่างๆ ในการถ่ายภาพได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า exposure value ซึ่งจำเป็นในการใช้กล้องในการบันทึกค่าความสว่าง ภาพที่ถูกถ่ายจากกล้องจะถูกบันทึกเป็นไฟล์ *.TIFF ในการ์ด CompactFlash™ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุดนั้นกล้องดังกล่าวควรจะได้ทำการ calibration กับซอฟแวร์ Photolux แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาในการศึกษาและค่าใช้จ่ายกล้องดังกล่าวไม่ได้รับการ calibration อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะไม่ได้รับการ calibration, ความคลาดเคลื่อนที่สามารถจะเกิดขึ้นได้นั้นน้อยมากและน้อยกว่า10% ค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวได้ถูกวัดเพื่อตรวจสอบว่าค่าดังกล่าวนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าของอิทธพลของตัวแปรที่ทำการศึกษามากจึงไม่น่ามีผลในการศึกษาครั้งนี้

รูปที่ 3.6: กล้อง Nikon Coolpix 990 CCD

ซอฟแวร์ที่ใช้ในการศึกษานี้คือ Photolux เวอร์ชั้น 1.3.5 ซึ่งได้พัฒนาจากสถาบันกลุ่มการวิจัยทางแสงและการส่องสว่างที่ชื่อว่า l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE) ในเมือง Lyon ประเทศฝรั่งเศส ซอฟแวร์ดังกล่าวนั้นจะสร้างแผนที่ค่าความสว่าง (luminance map) จากภาพซึ่งจะแสดงถึงค่าความสว่างที่แสดงด้วยสีที่แตกต่างกัน และยังสามารถที่จะคำนวนค่าความสว่างต่ำที่สุด ค่า

ความสว่างสูงที่สุด และค่าความสว่างเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสว่าง รวมถึงค่าความส่องสว่างในห้องที่ถ่ายรูปมา ซอฟแวร์ดังกล่าวนั้นมีพื้นฐานในการหาค่าต่างๆ มาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าของความสว่างของพิเซล่ของภาพถ่ายดิจิตอลที่ถ่ายจากกล้องและค่าความสว่างจริงขององค์ประกอบใดๆ ในห้อง ความสัมพันธ์ดังกล่าวและความถูกต้องของการใช้ซอฟแวร์ดังกล่าวแทนการวัดจริงนั้นได้กล่าวไว้ในหลายๆ การศึกษาและมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย (Coutelier and Domortier, 2002; 2003) Photolux นั้นสามารถที่จะบันทึกและสร้างภาพที่มีค่าความสว่างได้ตั้งแต่ 10 cd/m^2 จนถึง 100,000 cd/m^2

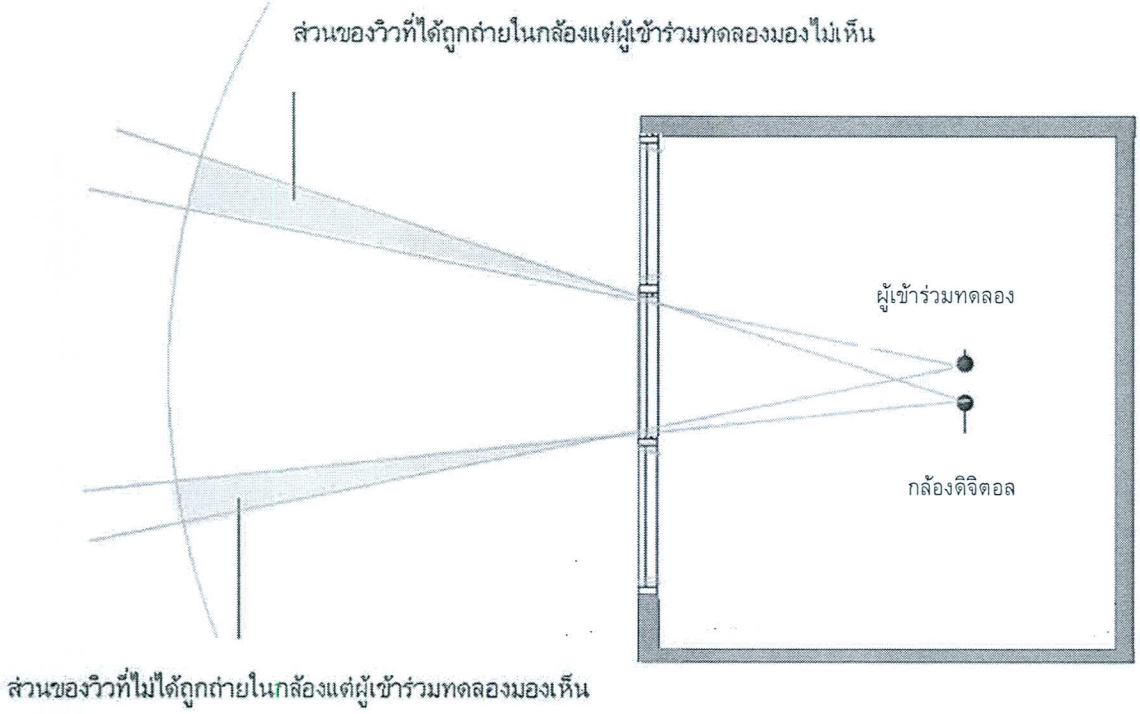
ปริมาณของแสงที่ตกกระทบกล้องนั้นจะขึ้นอยู่กับทั้งความสว่างของห้องและการตั้งค่าต่างๆ ของกล้อง ซึ่งได้แก่ การตั้งหน้ากล้องและความเร็วของชัตเตอร์ ซึ่งจะมีผลต่อค่าที่เรียกว่า "Exposure value (EV)" ซึ่งค่าดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดความสว่างของพิเซลในภาพที่ถ่ายด้วยกล้องและความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของพิเซลและความสว่างจริงของห้อง ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องที่สุดเพื่อให้ครอบคลุมทั้งท้องฟ้าที่สว่างมากและบริเวณที่มืดมากจำเป็นต้องถ่ายรูปด้วยค่า Exposure value ที่แตกต่างกันหลายๆ ภาพ ซึ่งจากตารางของกล้องรุ่น Coolpix 990 นั้นจำเป็นต้องถ่ายรูปที่มีจำนวน 9 Exposure values (EV) ภาพทุกภาพที่ถ่ายจะมีความละเอียดอยู่ที่ 2048 x 1536 pixels และเอามาใส่ลงในคอมพิวเตอร์ Photolux จะรวมภาพทั้งหมดเข้าด้วยกันและสร้างแผนที่ความสว่าง (luminance map) และค่าทางสถิติต่างๆ รูปภาพที่ 3.7 แสดงแผนที่ความสว่างและค่าสถิติต่างๆ ด้วยวิธีการใช้ Photolux นั้นจะได้ค่าความสว่างที่สูงที่สุดในแต่ละหน้าต่างที่ทำการทดลอง



รูปที่ 3.7: แผนที่ความสว่างและค่าทางสถิติต่างๆ จาก Photolux

ข.2 ขั้นตอนในการวัดค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง

ภาพในการทดลองจะถ่ายโดยใช้ขาตั้งกล้องเพื่อให้เลนส์นั้นวางตัวทั้งทางตั้งและทางนอนได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ในการที่จะหลีกเลี่ยงค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการแปรเปลี่ยนของแสงธรรมชาติซึ่งน่าจะมีอิทธิพลสูงกว่าค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเบี่ยงตำแหน่งการวัด การวัดจึงวัดในเวลาเดียวกันกับที่ผู้เข้าร่วมทดลองประเมินความบาดตาและวางตำแหน่งของกล้องถ่ายรูปไว้ด้านข้างของผู้เข้าร่วมทดลองแทนที่จะวัดหลังจากผู้เข้าร่วมทดลองประเมินความบาดตาแต่วางกล้องในตำแหน่งเดียวกันกับที่ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่ง ตำแหน่งในการวางกล้องนั้นคือห่างจากผู้เข้าร่วมทดลอง 10 เซนติเมตรไปทางซ้ายมือและหันไปทางหน้าต่าง รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งการวางกล้องถ่ายรูป



รูปที่ 3.8: ผังพื้นแสดงตำแหน่งในการวางกล้อง CCD camera

เนื่องจากตำแหน่งในการตั้งกล้องจะทำให้บางส่วนของวิวที่มองผ่านหน้าต่างออกไปจะไม่ได้บันทึกซึ่งอาจจะเป็นบริเวณที่ผู้เข้าร่วมทดลองมองเห็นและเป็นบริเวณที่มีส่วนที่มีค่าความสว่างสูงที่สุดและจะมีบางส่วนของวิวที่ถูกบันทึกโดยกล้องแต่ผู้เข้าร่วมทดลองมองไม่เห็น การศึกษาได้มีการสำรวจพื้นที่ดังกล่าวและพบว่าไม่มีส่วนที่สว่างในพื้นที่ที่ไม่ได้บันทึกด้วยกล้องและพื้นที่ในส่วนบันทึกด้วยกล้องแต่ผู้เข้าร่วมทดลองมองไม่เห็น ประกอบกับด้วยระยะ 3.00 เมตรจากหน้าต่างนั้นพื้นที่ดังกล่าวมีขนาดเล็กมาก

การที่กล้องนั้นวางในบริเวณที่ห่างไปจากตัวผู้เข้าร่วมทดลอง 10 เซนติเมตร การถ่ายรูปในบริเวณดังกล่าวอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าความสว่างของภาพที่ถ่ายออกมาดังนั้นค่าความสว่างที่ได้อาจจะคลาดเคลื่อน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการทดสอบว่าค่าความสว่างจริงสูงสุดที่ถ่ายจากตำแหน่ง 10 เซนติเมตรจากตำแหน่งของผู้เข้าร่วมทดลองนั้นแตกต่างกันหรือไม่ การทดสอบทำโดยการหาค่าความสว่างสูงสุดจริงที่ถ่ายจากกล้องดิจิตอล Coolpix 990 จำนวน 2 อันโดยที่อันหนึ่งวางในตำแหน่งที่ผู้เข้าร่วมทดลองนั่งและอีกตำแหน่งคือ 10 เซนติเมตรห่างไปทางซ้ายของจุดที่ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่ง การวัดได้ทำจำนวน 30 ครั้ง และใช้สถิติที่เรียกว่า Two independent sample *t*-tests ในการทดสอบว่าค่าที่วัดจากทั้งสองตำแหน่งต่างกันหรือไม่ ตาราง 3.1 แสดงผลของ *t*-test

ตารางที่ 3.1: ผลของ t-test สำหรับค่าความสว่างสูงสุดที่วัดจากตำแหน่ง 2 ตำแหน่ง

ค่าความสว่างสูงสุดจากตำแหน่งต่าง ๆ	Mean	SD	*p*-value
ตำแหน่งที่ผู้เข้าร่วมทดลองนั่ง	12300.49	13668.89	0.994
ตำแหน่ง 10 เซนติเมตรไปทางซ้าย	12273.41	13662.92	

** มีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูงระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างสูงสุดของสองตำแหน่งโดยการใช้ two-sample *t*-test (*prob*<0.01)

* มีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างสูงสุดของสองตำแหน่งโดยการใช้ two-sample *t*-test (*prob*<0.05)

ผลการทดสอบพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างสูงสุดของตำแหน่งการวัดที่ผู้เข้าร่วมทดลองนั่งและบริเวณห่างออกไปทางซ้าย 10 เซนติเมตร ผลแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างนั้นไม่มีนัยสำคัญแม้แต่ 10 % significance level ดังนั้นจากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าจะไม่มีความคลาดเคลื่อนที่มีนัยสำคัญของค่าความสว่างสูงสุดเมื่อบันทึดด้วยกล้องที่ระยะ 10 เซนติเมตรห่างจากผู้เข้าร่วมทดลองไปทางซ้ายมือ

3.3.4 การออกแบบการทดลอง

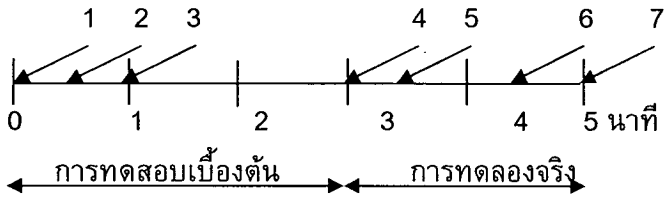
ก. การออกแบบการทดลองและขั้นตอนในการทดลอง

การทดลองได้ดำเนินการเป็นเวลา 3 สัปดาห์ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ 2552 ในการทดลองนี้มีผู้ทำการทดลองทั้งหมด 28 คนโดยที่เป็นนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวรและบุคคลทั่วไป โดยที่ผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจะเข้าประเมิณความบาดตาในทุกทรีทเมนต์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมอิทธิพลของปัจจัยภายนอกที่เกิดจากความแตกต่างของคุณลักษณะของคน เช่น เพศ อายุ ทัศนคติ ความชอบ การทดลองเริ่มจากการทดลองกับทรีทเมนต์แรกในสัปดาห์แรกจนครบทั้งสามทรีทเมนต์ในสัปดาห์ที่สาม ผู้เข้าร่วมทดลองจะได้รับค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมการทดลอง และเนื่องจากทรีทเมนต์ทั้งสามทรีทเมนต์มี

ระยะเวลาการทดลองห่างกันในแต่ละสัปดาห์ดังนั้นจะกำจัดอิทธิพลของความเหนื่อย การเรียนรู้ และอิทธิพลอื่นๆ ที่เกิดจากลำดับของทรีทเมนต์ได้

การทดลองประกอบด้วย 2 ช่วง ซึ่งได้แก่ ช่วงแรกคือช่วงการทดสอบขั้นต้น และช่วงที่สองคือการทดลองจริง ในช่วงการทดสอบขั้นต้นนั้นจะเริ่มต้นที่การอธิบายเกี่ยวกับการศึกษาครั้งนี้ซึ่งประกอบไปด้วย วัตถุประสงค์การศึกษา และกรอกแบบฟอร์มการยินยอมการเป็นผู้เข้าร่วมการทดลองในการศึกษาครั้งนี้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก) ต่อมาผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจะกรอกแบบสอบถามซึ่งประกอบไปด้วยคำอธิบายการทำการทดลอง คำจำกัดความของคำว่าความบาดตา ความหมายของความบาดตา และขั้นตอนของแต่ละช่วงไม่ว่าจะเป็นขั้นการทดสอบขั้นต้นและการทดลองจริง ผู้วิจัยจะแสดงวิธีการทำการทดลองโดยการทำการทดลองเป็นตัวอย่างกับหน้าต่างที่ใช้ในการทดสอบและให้ผู้เข้าร่วมการทดลองได้ทดลองทำการประเมินความบาดตากับหน้าต่างที่ทำการทดสอบซึ่งเป็นขั้นตอนเดียวกันกับที่จะทำให้ขั้นการทดลองจริง โดยเพื่อให้เข้าใจวิธีการในการทดลองผู้เข้าร่วมทดลองต้องประเมินความบาดตาต่อหน้าต่างทดสอบดังกล่าว 1 ครั้ง แล้วผู้เข้าร่วมทดลองจะพักสายตาประมาณ 2 นาที

ในการทดลองจริงนั้นจะประกอบด้วยผู้วิจัย 2 คน โดยที่คนแรกจะเป็นผู้ถ่ายรูปและคนที่สองจะเป็นผู้บันทึกค่าจากเซนเซอร์จากทั้งอันที่มีกรวยปิรามิดและไม่มี การทดลองเริ่มต้นโดยให้ผู้เข้าร่วมทดลองนั้นมองไปที่กึ่งกลางของหน้าต่างทดสอบที่มีวิวภายนอก หลังจากนั้น 30 วินาทีของการปรับตาผู้ทดลองจะบอกให้ผู้เข้าร่วมทดลองอ่านและเขียนหนังสือบนกระดาษที่ให้ไว้บนโต๊ะและมองไปยังกึ่งกลางของหน้าต่างอีกที หลังจากนั้น 30 วินาทีผู้วิจัยจะบอกให้ผู้เข้าร่วมทดลองประเมินความบาดตาโดยให้กาลงในสเกล GSV ในแบบสอบถามและให้ส่งเสียงบอกผู้วิจัยว่า "ใช่" ในขณะเดียวกันผู้วิจัยคนหนึ่งจะถ่ายภาพทั้งหมด 9 exposures และผู้วิจัยอีกคนจะบันทึกค่าแสงทั้งค่าความส่องสว่างทางตั้งจากเซนเซอร์ที่มีกรวยปิรามิดและไม่มี วิธีการนี้ได้ใช้ในหลายๆการศึกษาในเรื่องของความบาดตา(Iwata, 2002, 2004) การประเมินครั้งหนึ่งจะใช้เวลาประมาณ 5 นาที ขั้นตอนต่างๆ ในการทดลองได้แสดงไว้ดังนี้



1. ผู้เข้าร่วมการทดลองเข้ามายังห้องและนั่งบนที่นั่งทดสอบและผู้เข้าร่วมทดลองได้รับฟอร์มการอธิบายการทดลองและกรอกแบบฟอร์มยินยอมและข้อมูลทั่วไป หลังจากนั้นผู้วิจัยจะอธิบายขั้นตอนการทดลอง
2. ผู้วิจัยแสดงการทดลองด้วยตนเองกับหน้าต่างทดสอบ
3. ผู้ทำการทดลองเริ่มทดลองทำการทดสอบด้วยการประเมิน 1 ครั้งกับหน้าต่างทดสอบและพัก 2 นาที
4. ผู้เข้าร่วมการทดลองจ้องไปที่กึ่งกลางของหน้าต่างและปรับตา 30 วินาที
5. ผู้เข้าร่วมการทดลองจ้องไปอ่านและเขียนหนังสือบนกระดาษบนโต๊ะที่เตรียมไว้
6. ผู้เข้าร่วมการทดลองกลับจ้องไปที่กึ่งกลางของหน้าต่างและปรับตา 30 วินาที
7. ผู้เข้าร่วมทดลองประเมินความบาดตาจากหน้าต่างโดยกาแบบทดสอบและพูดคำว่า "ใช่"

ข. การประเมินความบาดตา

ความบาดตาในการศึกษานี้จะถูกวัดด้วยมาตรวัดที่เรียกว่า 'the Glare Sensation vote' (GSV) ที่ใช้กันมาในหลายการศึกษาในเรื่องของความบาดตา (Iwata, 1998, 2003, 2005] ในแต่ละระดับของความบาดตาที่ใช้วัดจะมีคำอธิบายที่บอกถึงระยะเวลาในการทนไว้เพื่อที่จะทำให้ผู้ทำการทดลองเข้าใจในคำจำกัดความของแต่ละระดับของความรู้สึกและสามารถมองเห็นภาพของความรู้สึกในช่วงตรงกลางระหว่างระดับดังกล่าว โดยคำจำกัดความของระดับทั้ง 4 ระดับดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

"เริ่มรู้สึกบาดตา" (Just (im)perceptible glare) เป็นจุดที่ความบาดตาเกิดขึ้นเป็นครั้งแรก ระดับดังกล่าวจะเป็นจุดที่คุณจะรู้สึกว่าแหล่งกำเนิดแสงที่เห็นนั้นเริ่มบาดตาหรือรู้สึกรำคาญตานิดหน่อย ต่ำกว่าระดับนี้คุณจะรู้สึกสบายตาดหรือเห็นแหล่งกำเนิดแสงเหมือนกับเป็นแสงธรรมดา

"เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่มากขึ้นแต่ยังยอมรับได้" (Just acceptable glare) เป็นระดับที่เป็นจุดที่คุณจะรู้สึกว่าแหล่งกำเนิดแสงนั้นเริ่มรำคาญตาและสามารถทนได้ประมาณ *1* วันถ้าต้องนั่งทำงานในห้องนี้ แต่จะเริ่มที่จะปรับเปลี่ยนสภาพดังกล่าวถ้าต้องทำงานอยู่ในเวลาที่นานกว่านี้

"เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่ไม่สบายตา" (Just uncomfortable glare) เป็นระดับที่เป็นจุดที่คุณรู้สึกไม่สบายตาและสามารถทนได้ประมาณ *15-30* นาทีถ้าต้องทำงานในสภาพนี้ ถ้าต้องทำงานนานกว่านี้จะปรับเปลี่ยนสภาพแสงในห้องดังกล่าว

"เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่ทนไม่ได้" (Just intolerable glare) เป็นระดับสูงสุดของความบาดตาและเป็นจุดที่คุณรู้สึกว่าคุณไม่สามารถทนแหล่งกำเนิดแสง ได้เลย และจะต้องปรับเปลี่ยนสภาพแสงในทันที

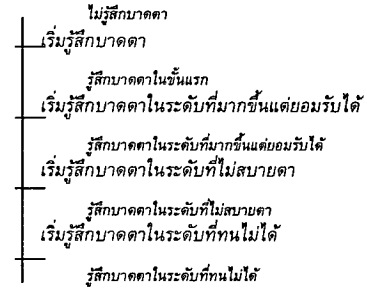
ระดับความบาดตาดังกล่าวจะถูกอธิบายให้กับผู้ทำการทดลองทุกคน และผู้ทำการทดลองทุกคนจะต้องคิดว่ากำลังทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งในขณะประเมินความบาดตา การประเมินทำโดยการขีดลงไปที่บนเส้นที่แสดงถึงความรู้สึกความบาดตาดังกล่าว ค่าต่างๆของมาตรวัด GSV มีดังต่อไปนี้

GSV 0: เริ่มรู้สึกบาดตา

GSV 1= เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่มากขึ้นแต่ยอมรับได้

GSV 2= เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่ไม่สบายตา

GSV 3= เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่ทนไม่ได้



รูปที่ 3.9 แสดงมาตรวัด GSV และคะแนนที่กำหนดในแต่ละระดับ

ผู้เข้าร่วมทดลองได้รับคำอธิบายดังกล่าวก่อนและเริ่มทำการทดลองโดยเริ่มทำในขั้นการทดสอบขั้นต้น และคำอธิบายช่วงเวลาที่คนทนได้ในแต่ละสเกลของความบาดตานั้นจะมีอยู่ในแบบสอบถาม ในการประเมินความบาดตาจะทำโดยการกาลงไปบนเส้นที่มีสเกลความบาดตาในแต่ละช่วง โดยตำแหน่งที่กาจะเป็นตำแหน่งที่ที่ผู้เข้าร่วมทดลองคิดว่าตรงกับความรู้สึกมากที่สุด ค่า Glare sensation vote (GSV) จะได้จากตำแหน่งบนเส้นของสเกลดังกล่าว สำหรับแบบสอบถามและคำอธิบายสเกลดังกล่าวจะอยู่ในภาคผนวก ก

หลังจากที่ได้ค่า GSV แล้วค่าดังกล่าวจะถูกแปลงให้เป็นสเกลเดียวกันกับค่า DGI โดยที่จะเรียกค่าดังกล่าวว่าค่า 'GRV' หรือ 'Glare Response Vote' การที่ได้แปลงค่า GSV ให้เป็นสเกลเดียวกันกับ DGI นั้นเนื่องจากจะทำให้เห็นอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่ทำการทดลองได้ง่ายกว่าเมื่อทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่า GRV และ DGI ในการแปลงสเกลนั้นการศึกษานี้ได้ใช้ความสัมพันธ์ของค่า GSV และ DGI ที่มาจากตารางของ Tokura *et al* (1996) ตาราง 3.2 แสดงระดับความบาดตาในแต่ละระดับ ค่า GSV และค่า DGI ที่ระดับความบาดตาเดียวกัน

ตาราง 3.2: ระดับความบาดตาและค่า GSV และ DGI ในแต่ละระดับ

Degree of discomfort glare	GSV	DGI
เริ่มรู้สึกบาดตา	0	16
		18
เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่มากขึ้นแต่ยอมรับได้	1	20
ขอบเขตระหว่างบาดตาในระดับสบายตาและไม่สบายตา	1.5	22
เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่ไม่สบายตา	2	24
		26
เริ่มรู้สึกบาดตาในระดับที่ทนไม่ได้	3	28

ดังนั้น ค่า GSV จะสามารถแปลงเป็นสเกลเดียวกันกับสเกลของ DGI โดยใช้สูตรดังนี้ GSV= (DGI-16)/4 ดังนั้น GRV= 4GSV+16

ค. ผู้เข้าร่วมการทดลอง

ผู้เข้าร่วมทดลองในการศึกษาครั้งนี้เป็นนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร และบุคคลทั่วไปรวมทั้งหมด จำนวน 28 คน ถึงแม้ว่าจำนวนของผู้เข้าร่วมการทดลองควรจะมีอย่างน้อย 30 คนเพื่อเป็นการง่ายในการทำให้เกิดผลที่มีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากการศึกษาเป็นการทดลองที่ดูเหมือนจะก่อให้เกิดความไม่สบายตาจึงทำให้จำกัดจำนวนผู้ที่ยินดีเข้าร่วมในการทดลองในครั้งนี้แค 28 คน โดยผู้เข้าร่วมทดลองทั้งหมดมีอายุอยู่ในช่วง 18 – 35 ปี มีเชื้อชาติไทย โดยที่จะมีผู้หญิงอยู่ 14 คนและมีผู้ชายอยู่ 14 คน มีคนใส่แว่นอยู่ครึ่งหนึ่งของแต่ละเพศ และเพื่อให้ผลการทดลองถูกต้องการศึกษาครั้งนี้จะจำกัดคนเฉพาะผู้ที่ไม่มีปัญหาทางตาบอดสี ผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้ค่าตอบแทนเมื่อเข้าร่วมการทดลอง

3.3.5 สถิติที่ใช้ในการทดลอง

ก. สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเส้นสมการถดถอย (Regression lines)

เพื่อที่จะทดสอบสมมุติฐานที่ว่าความสนใจมากขึ้นมีผลทำให้ความบาดตาจากหน้าต่างลดลง การศึกษาครั้งนี้ได้เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเส้นสมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างค่า DGI และค่า GRV ในการวิเคราะห์จะเริ่มต้นจากใช้สถิติสมการถดถอยหรือ a Linear Regression analysis เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่า DGI และค่า GRV หลังจากนั้นจะใช้สถิติที่เรียกว่า A Repeated Measure one-way ANCOVA ในการทดสอบว่าเส้นสมการถดถอยดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ เหตุผลในการใช้สถิติดังกล่าวเนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่าง

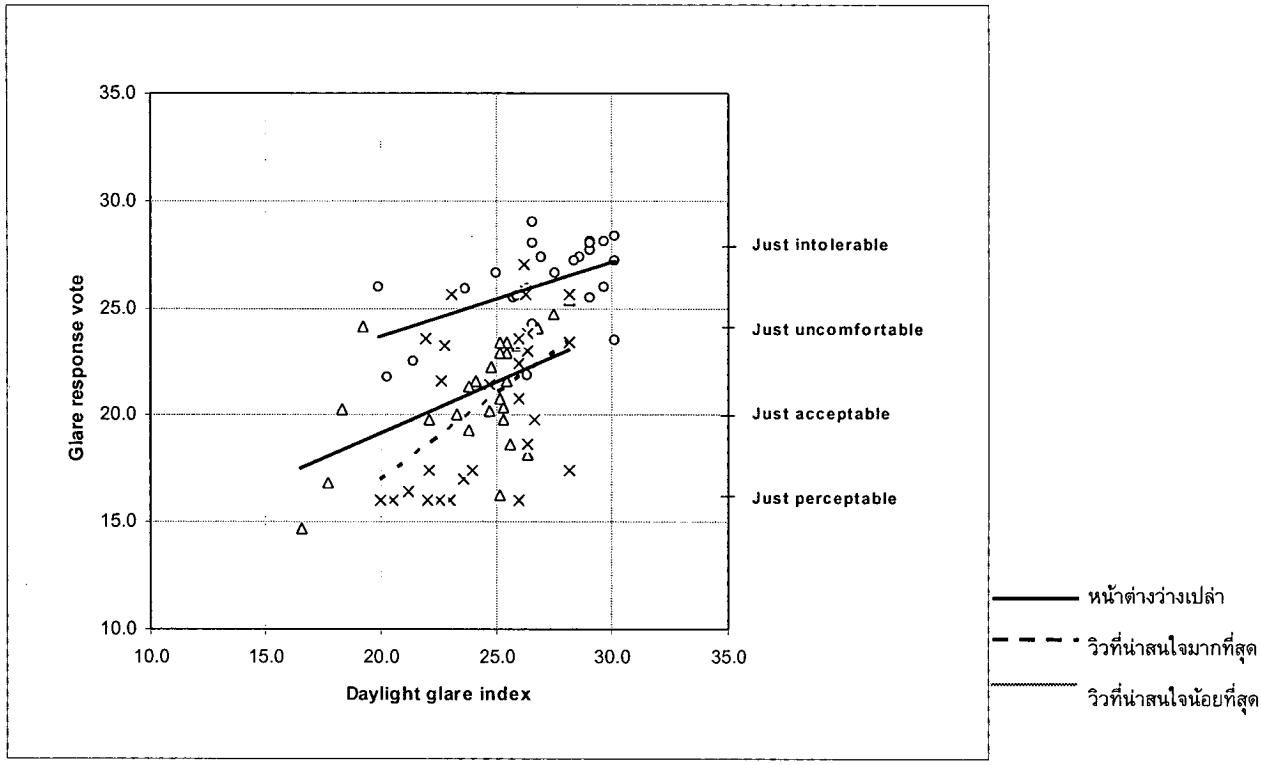
เดียวทดลองตลอดทุกทรีทเมนต์และมีอิทธิพลของตัวแปร RML ที่ไม่ได้ควบคุมอยู่ในผลการศึกษา การใช้ ANCOVA จะทำให้อิทธิพลของตัวแปร RML_w หรือ covariate ถูกกำจัดออกไปจากผลของการศึกษา หลังจากนั้นจะใช้สถิติ a Sidak *t*-test for multiple-group comparisons ในการเปรียบเทียบรายคู่ต่อไป เพื่อดูว่าเส้นถดถอยไหนที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข. สถิติในการทดสอบขนาดความสัมพันธ์

ในการทดสอบสมมุติฐานที่ว่าค่าความสว่างที่สูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) เพิ่มขึ้นความบาดตานั้นจะเพิ่มขึ้น ประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 3 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 คือได้ทำการตั้งสมมุติฐานว่าถ้าความสว่างที่สูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) เพิ่มขึ้นความบาดตานั้นจะเพิ่มขึ้นนั้น เราจะพบความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของความสว่างที่สูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) กับอัตราส่วนระหว่างค่า GRV และค่า DGI หลังจากนั้นหลังจากได้ค่า GRV แล้วจะแปลงค่าให้เป็นอัตราส่วนระหว่างค่า GRV และค่า DGI ในแต่ละการประเมินความบาดตา ในขั้นตอนสุดท้ายคือ การใช้สถิติการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียรสันหรือ a Pearson correlation coefficient (r) ในการหาขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่างที่สูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) และอัตราส่วนระหว่าง GRV และค่า DGI และทดสอบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

3.4 ผลการศึกษาและการสรุปผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ ANCOVA แสดงในเห็นว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูงระหว่างเส้นสมการถดถอยทั้งสามเส้น ($p<0.01$) ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความสนใจในวิวนั้นมีอิทธิพลที่มีนัยสำคัญต่อความบาดตาจากหน้าต่าง ผลสถิติจากการวิเคราะห์ Sidak *t*-test ยังแสดงให้เห็นว่าวิวที่น่าสนใจมากที่สุดนั้นทำให้คนบาดตาน้อยกว่าหน้าต่างว่างเปล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ($p<0.01$) และยังแสดงให้เห็นว่าวิวที่น่าสนใจน้อยที่สุดนั้นทำให้คนบาดตาน้อยกว่าหน้าต่างว่างเปล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูงเช่นกัน ($p<0.01$) โดยที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างวิวที่น่าสนใจน้อยที่สุดและวิวที่น่าสนใจมากที่สุด รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DGI และค่า GRV สำหรับทั้ง 3 ทรีทเมนต์



รูปที่ 3.10: ความสัมพันธ์ระหว่าง Daylight glare index (DGI) และค่า Glare response vote (GRV) สำหรับ 3 ทรีทเมนต์ซึ่งได้แก่ หน้าต่างว่างเปล่า วิวที่น่าสนใจน้อยที่สุด และวิวที่น่าสนใจมากที่สุด โดยที่แกน X นั้นคือค่า Daylight glare index (DGI) และแกน Y คือค่า Glare response vote reported by subjects (GRV) และ O หน้าต่างว่างเปล่า Δ วิวที่น่าสนใจน้อยที่สุด × วิวที่น่าสนใจมากที่สุด เส้นตรงต่างๆ คือเส้นสมการถดถอยในแต่ละ function ที่ fitted

ตารางที่ 3.3: ค่าสัมปสิทธ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficients, r) ระหว่างค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ (RML_w) และค่าอัตราส่วนระหว่างค่า GRV และค่า DGI (GRV/DGI) ของสองวิว

ทรีทเมนต์	N	r
วิวที่น่าสนใจน้อยที่สุด	28	0.354*
วิวที่น่าสนใจมากที่สุด	28	0.179

** ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) นั้นมีนัยสำคัญอย่างสูง (p-value <0.01) โดยใช้การทดสอบ one-tailed

* ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) นั้นมีนัยสำคัญ (p-value <0.05) โดยใช้การทดสอบ one-tailed

ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ (RML_w) และอัตราส่วนระหว่างค่า GRV และค่า DGI สำหรับวิวที่น่าสนใจน้อยที่สุดนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ (RML_w) และอัตราส่วนระหว่างค่า GRV และค่า DGI สำหรับวิวที่น่าสนใจมากที่สุด จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเมื่อคนมองภาพวิวที่น่าสนใจน้อยที่สุด เมื่อความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) เพิ่มขึ้นคนจะเกิดความบาดตาจากหน้าต่างเพิ่มขึ้น

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองในสภาพห้องเรียนจริง โดยมีการอ่านและเขียนหนังสือ รวมไปถึงได้ทดสอบในสภาพภูมิอากาศแบบประเทศไทย โดยที่สภาพท้องฟ้ามีลักษณะแบบท้องฟ้าโปร่งและมีแสงแดด อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ค่า colour temperature (CCT) ของท้องฟ้าไม่สามารถควบคุมในการศึกษาในครั้งนี้แต่อย่างไรก็ตามนั้นอิทธิพลดังกล่าวยังไม่ได้มีการศึกษาที่ชี้ชัดให้เห็นว่ามันมีผลต่อความบาดตา ดังนั้นจึงไม่ได้คิดว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความบาดตาในการศึกษาในครั้งนี้

นอกจากนี้เพื่อเป็นการทดสอบว่าผลการลดลงของความบาดตาที่ได้นั้นไม่ได้เป็นอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยซึ่งคือ ความสนใจในวิวและค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) โดยการลดลงดังกล่าวควรจะเกิดจากอิทธิพลของการเพิ่มขึ้นของความสนใจในวิวอย่างเดียว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทดสอบว่าปัจจัยทั้งสองดังกล่าวนั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ผลการทดสอบพบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความสนใจในวิวและค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) ($p=1.0023$)

การทดลองในบทนี้สรุปได้ว่า ในสภาพห้องเรียนจริงและสภาพภูมิอากาศแบบประเทศไทยนั้นเมื่อความสนใจในวิวมากขึ้นจะทำให้คนเกิดความบาดตาที่มาจากหน้าต่างลดลง และยังพบอีกว่าในทางตรงกันข้ามนั้นเมื่อค่าความสว่างสูงสุดสัมพัทธ์ของหน้าต่าง (RML_w) เพิ่มขึ้นทำให้คนเกิดความบาดตาจากหน้าต่างมากขึ้นด้วย สำหรับการอภิปรายผลของการทดลองนี้จะอยู่ในส่วนที่ 4.6 ของบทถัดไป