การศึกษาสมรรถนะการมองเห็นผ่านตัวกลางโปร่งใสบางส่วน

นาย เอกมล เจียรประดิษฐ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-569-825-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015825 I17514686X

A STUDY OF VISUAL PERFORMANCE THROUGH PARTIALLY TRANSPARENT MEDIA

Mr. Ekamon Chienpradit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1989

ISBN 974-569-825-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาสมรรถนะการมองเห็นผ่านตัวกลางโปร่งใสบางส่วน
โดย นาย เอกมล เจียรประดิษฐ
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร.มานิจ ทองประเสริฐ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ไชยะ แช่มช้อย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เอกมล เจียรประดิษฐ : การศึกษาสมรรถนะการมอง เห็นผ่านตัวกลางโปร่งใสบางส่วน
(A STUDY OF VISUAL PERFORMANCE THROUGH PARTIALLY TRANSPARENT MEDIA)
อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. มานิจ ทองประเสริฐ , อ.ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร. ประไมทย์ อุณหไวทยะ , 102 หน้า

เนื่องจากประเทศไทย เป็นประเทศร้อน อุณหภูมิและการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูงตลอดปี จึงมีผู้นิยมใช้ฟิลม์กรองแสงติดกระจกรถยนต์ เพื่อลดความร้อนจากแสงแดด เป็นจำนวนมาก ฟิลม์กรองแสง-และกระจกสี ซึ่งเรียกว่าตัวกลางโปร่งใสบางส่วน ให้ค่าการผ่านทะลุที่มีผลด้านการลดสมรรถนะการมอง-เห็นของผู้ขับขี่รถยนต์ลง โดยเฉพาะในช่วงเวลาเช้าหรือเย็นขณะที่ดวงอาทิตย์กำลังลับขอบฟ้า

ตัวกลางโปร่งใสบางส่วนที่มีค่าการผ่านทะลุหลายระดับซึ่งมีค่าการผ่านทะลุเท่ากับ 54.58%, 38.40%, 36.72%, และ 15.28% ได้ถูกนำมาทดสอบ เนื่องจากการทดสอบด้วยการใช้ความรู้สึกเป็นเครื่องมือวัด และตัดสิน ผู้สังเกตจึงต้องถูกเลือกด้วยความระมัดระวัง มีอายุในช่วง 20-30 ปี ความส่อง-สว่างของฉากหลังถูกจำลองขึ้นเพื่อให้มีความส่องสว่างสม่ำเสมอทั้งบริเวณที่สังเกตและมีค่าในช่วง 1-30 cd/m^2 งานที่ใช้คือกลุ่มของวงแหวนแลนดอลท์ซึ่งมีค่า Task Demand Level เท่ากับ 30 และ Critical Component Weighting เท่ากับ 0.60 และถูกควบคุมให้มีเฉพาะคอนทราสของความส่อง-สว่างเท่านั้น แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์เป็นของ INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION : CIE

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การมองผ่านตัวกลางที่มีค่าผ่านทะลุ 54.58% และ 38.40% ทำให้สมรรถนะการมอง เห็นลดลง เท่ากับ 15.40% และ 25.30% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวกลางที่ เป็นกระจกใสที่มีค่าการผ่านทะลุ เท่ากับ 92.00% เมื่อความส่องสว่างของฉากหลังที่ค่า เท่ากับ 3 cd/m^2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

EKAMON CHIENPRADIT : A STUDY OF VISUAL PERFORMANCE THROUGH PARTIALLY TRANSPARENT MEDIA. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.DR. MANIT THONGPRASERT, THESIS COADVISOR: ASSO.PROF.DR. PRAMOT UNHAVIATHAYA, 102 PP.

As Thailand is a tropical country, the ambient temperature and the solar radiation is rather high all year. It is quite popular for the local people to put a dark plastic film on their car's window glass in order to partially protect solar radiation transmitted into their car. The glass window with plastic film, technically called partially transparent media, will reduce the visual performance of the vehicle's driver, especcially at the morning and sunset time.

The visual performance through partially transparent media with four level of transmittance, 54.58, 38.40, 36.72 and 15.28% are investigated. Because the psychophysical ability is an important factor, the observers are carefully selected, having ages in range of 20 to 30 years. The background luminance is simulated in the manner that it's value is between 1 cd/m^2 to 30 cd/m^2. The task is a set of Randolt rings with a task demand level of 30 and a critical component weighting of 0.6 and it is controlled to have only luminance contrast. A mathematical model CIE is used in this study.

Result of the study indicate that the visual performance through the partially transparent media, having transmittance of 54.58 and 38.40, are reduced 15.40% and 25.30% respectively when compared with visual performance through a clear with transmittance of 92%. As the background luminance is 3 cd/m^2.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ รศ.ดร. มานิจ ทองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาฯ และโดยเฉพาะ อาจารย์ รศ.ดร.ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมฯ ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ ,ขอบคุณ การไฟฟ้านครหลวง วัดเลียบ ที่กรุณาให้ยืมเครื่องมือวัดแสง TEKTRONIX ,ขอบคุณ ห้าง ที เจนเนอรัลโปรดัก ที่กรุณาให้ยืมเครื่องปรับอากาศ เพื่อติดตั้งในห้องทดลอง ,ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสารกึ่งตัวนำ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ใช้เครื่องมือ Monochromator และขอบคุณผู้สังเกตทุกท่านที่ให้ข้อมูลการทดลองที่ถูกต้อง และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายสุดนี้ใคร่กราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่สนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญภาพ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
คำอธิบายสัญญลักษณ์ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิทยานิพนธ์ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิทยานิพนธ์ 1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิทยานิพนธ์ 1
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิทยานิพนธ์ 2
บทที่ 2 ทฤษฎี 4
2.1 กายภาพของแสง 4
2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของแสง 5
2.3 สรีระของตา 9
2.4 กราฟความไวสัมพันธ์ 13
2.5 การมองเห็นเป็นสี 15
บทที่ 3 แบบจำลองคณิตศาสตร์ 17
3.1 บทนำ 17
3.2 กลไกการทำงานของแบบจำลองคณิตศาสตร์ 18
3.3 กระบวนการที่ไม่สำคัญซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับสมรรถนะการทำงานการมองเห็น 28
3.4 พารามิเตอร์ในแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้รับผลกระทบจาก อายุผู้สังเกต 29
3.5 ข้อจำกัดการใช้งานแบบจำลองคณิตศาสตร์ 31
บทที่ 4 อุปกรณ์การทดลอง และ ขั้นตอนการเก็บข้อมูล 32
4.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล 32
4.2 งานที่ใช้ทดสอบการมองเห็น 36
4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 38

หน้าที่

บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล และ กราฟ 41

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล 41

5.2 การวิเคราะห์กราฟ 49

บทที่ 6 สรุป และ เสนอแนะ 65

6.1 คำนำ 65

6.2 สรุป 65

6.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลอง 67

6.4 ข้อเสนอแนะ 68

เอกสารอ้างอิง 70

ภาคผนวก 71

ประวัติผู้เขียน 101

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้าที่

2.1 พลังงานการแผ่รังสี 4
2.2 หน่วยการวัดความสว่าง 6
2.3 ขนาดวัตถุที่ระยะทางต่างกัน 8
2.4 ชั้นของเนื้อเยื่อต่างๆของตา 10
2.5 ชั้นเซลล์ต่างๆของเรตินา 11
2.6 จำนวน โคน และ ร็อด ที่กระจายรอบ โฟเวีย 12
2.7 การตอบสนองต่อแสงของ โคน และ ร็อด 14
2.8 กราฟการตอบสนองต่อแสงของตามนุษย์(กราฟความไวสัมพัทธ์) 14
2.9 ความไวแสงของโคนแต่ละชนิด 15
3.1 ค่า $\bar{C}_{ref}$ เป็นฟังก์ชั่นของ ความส่องสว่างของฉากหลัง 20
3.2 ค่า RCS เป็นฟังก์ชั่นของความส่องสว่างของฉากหลัง 22
3.3 ค่า Visibility Level เป็นฟังก์ชั่นของความส่องสว่างของฉากหลัง 23
3.4 ค่าสมรรถนะการมองเห็นเป็นฟังก์ชั่นของ Visibility Level 24
3.5 ค่าสมรรถนะการมองเห็นสัมพัทธ์เป็นฟังก์ชั่นของ Visibility Level 25
5.1 กราฟแสดงค่าความส่องสว่างของฉากหลังที่เปลี่ยนแปลง เมื่อวัดแสงผ่านตัวกลาง .. 49
5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ คอนทราส 51
5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ คอนทราสต่ำสุด สำหรับการมองเห็น 52
5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ คอนทราสต่ำสุด สำหรับการมองเห็น 53
5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ Visibility Level เมื่อแสดงกราฟในแบบที่ 1 55
5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ Visibility Level เมื่อแสดงกราฟในแบบที่ 2 57
5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Visibility Level :VL กับ Relative Task Performance :RTP 60
5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Visibility Level :VL กับ Relative Task Performance :RTP 61

หน้าที่

5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Visibility Level :VL กับ Relative Task Performance :RTP 62

5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่น กับ การกระจายพลังงานแสง (Spectral Power Distribution) 63

5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นกับ กับ ค่าการผ่านทะลุแสง (Transmittance) ของตัวกลางแต่ละชนิด 64

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับสีที่มองเห็น 5
ตารางที่ 5.1 ความส่องสว่างของฉากหลังที่ลดลงเมื่อวัดแสงผ่านตัวกลาง 50
ตารางที่ 5.2 ความแตกต่างของค่าคอนทราสต์ต่ำสุดสำหรับการมองเห็น ระหว่างการมองโดยไม่ผ่านตัวกลาง กับการมองผ่านตัวกลาง 54
ตารางที่ 5.3 แสดงค่า Visibility Level ที่ลดลงเนื่องจากการมองผ่านตัวกลาง 59
ตารางที่ 6.1 แสดงตัวกลางโปร่งใสบางส่วนซึ่งมีค่าการผ่านทะลุต่างกัน มีผลต่อการลดค่า Visibility Level และค่าสมรรถนะการมองเห็น 67

ตารางในภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 ค่าความส่องสว่างของฉากหลังที่เปลี่ยนแปลงเมื่อวัดแสงผ่านตัวกลาง 72
ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ คอนทราสของงานที่ 1 เมื่อวัดแสงผ่านตัวกลาง 73
ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ คอนทราสของงานที่ 2 เมื่อวัดแสงผ่านตัวกลาง 74
ตารางที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็น 75
ตารางที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็น เมื่อวัตถุทดสอบคือ ภาพวงแหวนแลนดอลท์ขนาด 4 ลิบดา แสดงต่อผู้สังเกตแบบ pulse train 76
ตารางที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความส่องสว่างของฉากหลัง กับ Visibility Level 77
ตารางที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Visibility Level :VL กับ Relative Task Performance :RTP เมื่อคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง(Empirical Data) 78
ตารางที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Visibility Level :VL กับ Relative Task Performance :RTP เมื่อคำนวณโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์(Analytical Data) เมื่อเลือกค่า

Critical Component Weighting :W_{123} = 0.6

Task Demand Level :D = 30 79

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่น กับ การกระจายพลังงานแสง (Spectral Power Distribution) 80

ตารางที่ 10 ค่า โอกีฟ(Ogive) เป็นฟังก์ชั่นของ ค่าเบี่ยงเบน(Normal Deviate) ... 81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์

Q_v	พลังงานแสง(Light Energy)
ϕ	ฟลักซ์การส่องสว่าง(Luminous Flux)
E	ความสว่าง(Illuminance)
L	ความส่องสว่าง(Luminance)
τ	ค่าการผ่านทะลุ(Transmittance)
C	คอนทราส(Contrast)
D	ขนาด(Size)
VL	วิสิบิลิตี้ เลเวล(Visibility Level)
$\bar{C}$	คอนทราสต่ำสุดสำหรับการมองเห็น(Threshold Contrast)
$\tilde{C}$	คอนทราส สมมูลย์ (Equivalent Contrast)
L_b	ความส่องสว่างของฉากหลัง(Background Luminance)
RCS	ความไวต่อคอนทราสสัมพัทธ์(Relative Contrast Sensitivity)
n	พารามิเตอร์ของสมการ Relative Contrast Sensitivity
S	พารามิเตอร์ของสมการ Relative Contrast Sensitivity
m_i	แฟคเตอร์ที่แสดงผลเนื่องจากอายุของผู้สังเกต
P	อัตราส่วนคำตอบที่ถูกต้องต่อคำตอบทั้งหมด
P_1, P_2, P_3	สมรรถนะการทำงานการมองเห็นของแต่ละกระบวนการย่อยของการมองเห็น
$\bar{\alpha}_1$	Visual Performance Threshold
α	ค่าลอกการิธึม ของVisibility Level
γ	ความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง RTP กับ log(VL)
M	ค่า RTP สูงสุด
ν	พารามิเตอร์ของความสัมพันธ์ระหว่าง RTP กับ log(VL)
i	Information Index
X	Equivalent Eccentricity
$\bar{\alpha}_2, \gamma_2$	พารามิเตอร์ของกระบวนการย่อยที่ 2
$\bar{\alpha}_3, \gamma_3$	พารามิเตอร์ของกระบวนการย่อยที่ 3
P_{123}	สมรรถนะการมองเห็น
RVP	สมรรถนะการมองเห็นแบบสัมพัทธ์(Relative Visual Performance)