

ระดับความลึกที่รับรู้ได้ของภาพสเตอริโอสโกปิกบนพื้นฐานของการประเมินเชิงอัตวิสัย

นางสาวศรีนาถ ริมเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PERCEIVED DEPTH LEVEL OF STEREOSCOPIC IMAGE BASED ON SUBJECTIVE
EVALUATION

Ms.Srinard Rimcharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Imaging Technology

Department of Imaging and Printing Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระดับความลึกที่รับรู้ได้ของภาพสเตอริโอสโกปิกบนพื้นฐาน
ของการประเมินเชิงอัตวิสัย.

โดย

นางสาวศรีนาถ รีมเจริญ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีทางภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คุร์พิพัฒน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัมย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คุร์พิพัฒน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณ หาญสืบสาย)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.กึ่งกาญจน์ สุขคณาภิบาล)

ศรีนาถ รีมเจริญ : ระดับความลึกที่รับรู้ได้ของภาพสเตอริโอสโกปิกบนพื้นฐานของการประเมินเชิงอัตวิสัย. (PERCEIVED DEPTH LEVEL OF STEREOSCOPIC IMAGE BASED ON SUBJECTIVE EVALUATION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. ชวาล กุร์พิพัฒน์, 61 หน้า.

ในปัจจุบันเทคโนโลยีภาพสเตอริโอสโกปิก กำลังเป็นที่แพร่หลายและรู้จักมากขึ้นในท้องตลาด เนื่องจากเทคโนโลยีนี้ตอบสนองภาพที่สมจริงและความบันเทิงในการรับชม อย่างไรก็ตามมนุษย์มีความสามารถในการรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติและแยกแยะระดับความลึก (3D depth perception) ได้แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลกับขอบเขตความพึงพอใจในการมองภาพของมนุษย์ เป้าหมายของงานวิจัยนี้ เพื่อทราบขอบเขตการรับรู้ระดับความลึกภาพสเตอริโอสโกปิกบนจอภาพสามมิติแบบซัดเตอร์ จากความแตกต่างของระยะวัตถุในระยะต่างกัน โดยทดสอบด้วยภาพสามมิติที่มีระดับความลึกต่าง ๆ กัน ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมกราฟิกสามมิติ ข้อมูลการทดลองจากผู้สังเกต 15 คนถูกวิเคราะห์ทางสถิติและพบว่าระยะการรับรู้ระดับความลึกของผู้สังเกตที่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้มีระยะห่างวัตถุอยู่ที่ 2.25 เซนติเมตร และผลของค่ารับแสงกับตำแหน่งโพกัสวัตถุของภาพที่เปลี่ยนไปส่งผลต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ สำหรับถ่ายภาพจริงสามมิติผลการประเมินความพึงพอใจภาพโดยผู้สังเกตนั้น ที่ตำแหน่งโพกัสวัตถุระยะใกล้ ผลของความพึงพอใจภาพมีความใกล้เคียงกันเมื่อเปลี่ยนค่ารับแสง ส่วนที่ตำแหน่งโพกัสวัตถุระยะกลางและไกล ผลของความพึงพอใจภาพสามมิติมากที่สุดที่ค่ารับแสง $f/8$ และ $f/11$ ตามลำดับ ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นประโยชน์ในการถ่ายภาพและสร้างภาพยนตร์สามมิติให้มีคุณภาพในส่วนของ การรับรู้ที่ดียิ่งขึ้นได้

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา 2556.....

5472108823 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEYWORDS : DEPTH LEVELS / STEREOSCOPIC IMAGE / HUMAN DEPTH PERCEPTION

SRINARD RIMCHAROEN : PERCEIVED DEPTH LEVEL OF STEREOSCOPIC IMAGE BASED ON SUBJECTIVE EVALUATION. ADVISOR : ASST. PROF. CHAWAN COOPIPAT, Ph.D., 61 pp.

Recently, stereoscopic image technologies are well-applied in the market. They fulfill the needs of audiences for entertainment and realistic image. However, different people have different depth perception which affects human vision's satisfaction. Therefore, the objective of this thesis is to subjectively evaluate the depth perceived by human on a shutter glass stereoscopic display. In the experiments, various stereoscopic images were created with different depth using 3D rendering software. The depth perception data from 15 observers were statistically analyzed. The results showed that just noticeable difference perception occurs at the distance of 2.25 cm. Moreover, the results also indicated that varying aperture sizes and point of focuses affected 3D depth perception of human. For a near point of focus, observers' satisfactions were similar when varying aperture sizes. However, there are different with a middle and far point of focus. The highest observers' satisfactions in this study were obtained when the middle and the far point of focus were $f/8$ and $f/11$ respectively. The result from this research may contribute to photographer and movie maker in improving a user's satisfaction for 3D image depth perception.

Department : Imaging and Printing Technology Student's Signature

Field of Study : Imaging Technology Advisor's Signature

Academic Year : 2013

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คุรุพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ช่วยให้เกิดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์พร ทวี พึ่งรัมย์ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสืบสาย และ ดร.กึ่งกาญจน์ สุขคณาภิบาล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ สำหรับข้อชี้แนะและการพัฒนาเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเหล่าเพื่อนนิสิต ที่ช่วยเข้าร่วมการทดลองที่เกี่ยวข้องในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ทำยที่สุดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จไม่ได้เลยถ้าขาดการสนับสนุนจากนายพิรพล ธนกวิน วาณิชย์ อ.ดร.สุนิสา ริมเจริญ คุณพ่อและคุณแม่ของผู้เขียนที่ช่วยสนับสนุนในทุกๆด้านมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
สารบัญแผนภูมิ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
1.5 แนวคิดและทฤษฎี.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การเกิดภาพสามมิติ.....	4
2.1.1 ระยะห่างระหว่างตาทั้งสองข้าง.....	5
2.1.2 ระยะการมองภาพ.....	5
2.1.3 ตำแหน่งภาพสามมิติ.....	5
2.1.4 ระนาบความลึกของภาพ.....	6
2.2 ประเภทขอโทรทัศน์สามมิติ.....	6
2.2.1 แบบ Polarization.....	6

2.2.2	แบบTime multiplex.....	7
2.3	การคำนวณระยะความชัดลึกของภาพถ่าย.....	8
2.3.1	ช่องเปิดของเลนส์.....	8
2.3.2	ทางยาวโฟกัสของเลนส์.....	8
2.3.3	ระยะทางในการถ่ายภาพ.....	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....		13
3.1	วัสดุและเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัย.....	13
3.2	วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	13
3.2.1	การสร้างภาพโมเดลเพื่อการทดลอง.....	14
3.2.1.1	การทดลองส่วนที่ 1.....	14
3.2.1.2	การทดลองส่วนที่ 2	17
3.2.1.3	การทดลองส่วนที่ 3.....	24
3.2.2	การคัดเลือกผู้ทำการทดลอง.....	27
3.2.3	การกำหนดสถานะแวดล้อมในการพิจารณา.....	27
3.2.4	เกณฑ์การประเมินการรับรู้.....	28
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....		29
4.1	การรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติโดยผู้สังเกต.....	29
4.2	ผลของระยะชัดลึกต่อการรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติ.....	30
4.2.1	ผลจากผู้สังเกตที่พิจารณาเห็นว่าภาพวัตถุที่ตำแหน่งระยะใดเห็นว่าชัดที่สุด.....	30
4.2.2	ผลของระยะชัดลึกต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ.....	34

4.3 การประเมินความพึงพอใจในภาพสามมิติ.....	42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	49
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	49
5.1.1 ผลการทดลองส่วนที่ 1.....	49
5.1.2 ผลการทดลองส่วนที่ 2.....	49
5.1.3 ผลการทดลองส่วนที่ 3.....	51
รายการอ้างอิง.....	52
ภาคผนวก.....	55
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	61

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ผลการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติจากการทดลอง.....	12
ตารางที่ 4-1 ค่าการคำนวณช่วงความชัดลึกที่ค่ารับแสงขนาดต่างกัน.....	30
ตารางที่ 4-2 การวิเคราะห์ Two-way analysis of variance (ANOVA)	43
ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสใกล้.....	45
ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสกลาง.....	46
ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสไกล.....	47

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2- 1 ส่วนประกอบของระบบการมองเห็นของมนุษย์.....	4
รูปที่ 2-2 ตำแหน่งภาพและการปรากฏภาพสามมิติบนระนาบจอโทรทัศน์.....	5
รูปที่ 2- 3 ระนาบความลึกภาพสามมิติจากการมองเห็นของมนุษย์.....	6
รูปที่ 2- 4 กระบวนการเกิดภาพสามมิติของจอโทรทัศน์แบบโพราไรซ์.....	7
รูปที่ 2- 5 กระบวนการเกิดภาพสามมิติของจอโทรทัศน์แบบไทม์มัลติเพล็กซ์.....	7
รูปที่ 2- 6 ความแตกต่างของวงเบอลที่มีขนาดรูรับแสงต่างกัน.....	9
รูปที่ 2- 7 ตำแหน่งช่วงระยะชัดลึกของวัตถุในภาพถ่าย.....	11
รูปที่ 2- 8 ภาพการทดลองเพื่อทดสอบระดับความลึกภาพสามมิติ.....	11
รูปที่ 3- 1 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 1 ระยะ 0.5 ซม.....	15
รูปที่ 3- 2 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 2 ระยะ 1 ซม.....	15
รูปที่ 3- 3 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 3 ระยะ 5 ซม.....	16
รูปที่ 3- 4 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 4 ระยะ 10 ซม.....	16
รูปที่ 3- 2 โมเดลภาพทดสอบที่ 1 ค่ารูรับแสง F2.8 โฟกัสใกล้.....	17
รูปที่ 3- 6 โมเดลภาพทดสอบที่ 2 ค่ารูรับแสง F2.8 โฟกัสกลาง.....	18
รูปที่ 3- 7 โมเดลภาพทดสอบที่ 3 ค่ารูรับแสง F2.8 โฟกัสไกล.....	18
รูปที่ 3- 8 โมเดลภาพทดสอบที่ 4 ค่ารูรับแสง F4 โฟกัสใกล้.....	19
รูปที่ 3- 9 โมเดลภาพทดสอบที่ 5 ค่ารูรับแสง F4 โฟกัสกลาง.....	19
รูปที่ 3- 10 โมเดลภาพทดสอบที่ 6 ค่ารูรับแสง F4 โฟกัสไกล.....	20

รูปที่ 3- 11 โมเดลภาพทดสอบที่ 7 ค่ารับแสง F5.6 โฟกัสไกล.....	20
รูปที่ 3- 12 โมเดลภาพทดสอบที่ 8 ค่ารับแสง F5.6 โฟกัสกลาง.....	21
รูปที่ 3- 13 โมเดลภาพทดสอบที่ 9 ค่ารับแสง F5.6 โฟกัสไกล.....	21
รูปที่ 3- 14 โมเดลภาพทดสอบที่ 10 ค่ารับแสง F8 โฟกัสไกล.....	22
รูปที่ 3- 15 โมเดลภาพทดสอบที่ 11 ค่ารับแสง F8 โฟกัสกลาง.....	22
รูปที่ 3- 16 โมเดลภาพทดสอบที่ 12 ค่ารับแสง F8 โฟกัสไกล.....	23
รูปที่ 3- 17 โมเดลภาพทดสอบที่ 13 ค่ารับแสง F11 โฟกัสไกล.....	23
รูปที่ 3- 18 โมเดลภาพทดสอบที่ 14 ค่ารับแสง F11 โฟกัสกลาง.....	24
รูปที่ 3- 19 โมเดลภาพทดสอบที่ 15 ค่ารับแสง F11 โฟกัสไกล.....	24
รูปที่ 3- 20 ภาพสำหรับการประเมินที่ตำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะไกล.....	25
รูปที่ 3- 21 ภาพสำหรับการประเมินที่ตำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะกลาง.....	25
รูปที่ 3- 22 ภาพสำหรับการประเมินที่ตำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะไกล.....	25
รูปที่ 3- 23 ภาพทดสอบความสามารถในการมองเห็นภาพสามมิติ.....	27

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระนาบวัตถุและร็อยละของการรับรู้.....	29
แผนภูมิที่ 4-2 แสดงค่าผลที่ตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารับแสง F2.8.....	30
แผนภูมิที่ 4-3 แสดงค่าผลที่ตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารับแสง F4.....	31
แผนภูมิที่ 4-4 แสดงค่าผลที่ตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารับแสง F5.6.....	32
แผนภูมิที่ 4-5 แสดงค่าผลที่ตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารับแสง F8.....	33
แผนภูมิที่ 4-6 แสดงค่าผลที่ตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารับแสง F11.....	34
แผนภูมิที่ 4-7 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ ค่ารับแสง F2.8.....	35
แผนภูมิที่ 4-8 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง ค่ารับแสง F2.8.....	35
แผนภูมิที่ 4-9 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล ค่ารับแสง F2.8.....	36
แผนภูมิที่ 4-10 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ ค่ารับแสง F4.....	36
แผนภูมิที่ 4-11 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง ค่ารับแสง F4.....	37
แผนภูมิที่ 4-12 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล ค่ารับแสง F4.....	37
แผนภูมิที่ 4-13 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ ค่ารับแสง F5.6.....	38
แผนภูมิที่ 4-14 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง ค่ารับแสง F5.6.....	38
แผนภูมิที่ 4-15 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล ค่ารับแสง F5.6.....	39
แผนภูมิที่ 4-16 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ ค่ารับแสง F8.....	39
แผนภูมิที่ 4-17 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง ค่ารับแสง F8.....	40

แผนภูมิที่ 4-18 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ ค่ารับแสง F8.....	40
แผนภูมิที่ 4-19 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ ค่ารับแสง F11.....	41
แผนภูมิที่ 4-20 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง ค่ารับแสง F11.....	41
แผนภูมิที่ 4-21 ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล ค่ารับแสง F11.....	42
แผนภูมิที่ 5-1 ผลการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่ขึ้นกับรูรับแสงและตำแหน่ง โฟกัส.....	49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าเทคโนโลยีภาพสามมิติเข้ามามีบทบาทในการรับรู้ของมนุษย์มากขึ้นไม่ว่าจะเป็นในส่วนของความบันเทิงที่โรงภาพยนตร์ส่วนใหญ่มีการนำภาพยนตร์ระบบสามมิติเข้ามาฉายเป็นทางเลือกให้กับลูกค้าเพื่อตอบสนองอรรถรสในการรับชมภาพยนต์ให้สมจริงมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ในวงการแพทย์เองนั้นก็มีการนำเอาเทคโนโลยีสามมิติเข้ามาช่วยในการวินิจฉัยโรคให้กับผู้ป่วยที่ฉายรังสีสแกนภาพเอ็กซเรย์เพื่อความแม่นยำของจุดค้นหาค่าการ ย่นระยะเวลาในการวิเคราะห์ และลดความเสี่ยงและความเสียหายจากการวินิจฉัยที่คลุมเครือได้ดียิ่งขึ้น

จากประโยชน์ของการนำเอาเทคโนโลยีภาพสามมิตินี้มาใช้ ทำให้ในส่วนของผู้ผลิตสื่อและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสามมิตินี้ อาทิ หน้าจอแสดงผลภาพสามมิติ เครื่องฉายภาพสามมิติ บริษัทผลิตภาพยนตร์สามมิติ อุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น ทำให้ในท้องตลาดทางธุรกิจเกิดการแข่งขันต้องมีการคิดค้น ทดลองวิจัย และพัฒนาคุณภาพของสินค้าและอุปกรณ์ให้ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าผู้ใช้งานให้ได้มากที่สุดไม่ว่าจะเป็น ในแง่คุณภาพการรับรู้ และราคาที่เหมาะสม [1] สิ่งเหล่านี้จึงเป็นข้อดีและผลประโยชน์ของผู้ใช้งานที่จะได้รับเพื่อประโยชน์สูงสุดในการใช้บรรลุมิติวัตถุประสงค์ของงานในประเภทต่างๆ

เนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเห็นความสำคัญการศึกษาในส่วนของระบบการรับรู้ภาพสามมิติของมนุษย์ โดยใช้การออกแบบชุดการทดลองเพื่อวัดประเมินด้วยขั้นตอนและวิธีการสร้างที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนค่าใช้จ่ายน้อย แต่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของสิ่งที่สนใจศึกษาได้ ซึ่งจากการสำรวจวิธีการศึกษาข้างต้นมีตัวแปรหลายประการที่ส่งผลต่อการมองเห็นภาพสามมิติของมนุษย์ [2] และส่วนใหญ่ของการศึกษาวิจัยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ที่ตัวข้อมูลภาพสามมิติเพื่อหาคุณภาพของภาพสามมิติในการมองเห็น [3-4]

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญ

ระบบการมองเห็นของมนุษย์มีขอบเขตความสามารถในการมองเห็นอย่างจำกัด โดยเฉพาะระดับการรับรู้ความลึกของภาพสามมิติที่มีผลเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย [5] เช่น ลักษณะทางกายภาพของดวงตา สภาวะการมองเห็น ช่วงอายุ ลักษณะวัตถุ เป็นต้น นอกจากนี้ความต้องการที่จะศึกษาหาช่วงของการรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติ และผลกระทบจากความชัดความเบลอของภาพส่งผลต่อการมองเห็นมีแนวโน้มในทิศทางใด เป็นหัวข้อที่น่าสนใจ หากสามารถหาวิธีการที่ไม่ซับซ้อนมากเพื่อทำการประเมินได้ นั่นเท่ากับว่าสามารถลดระยะเวลาในการทำงาน และค่าใช้จ่ายลงได้

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินการรับรู้คุณภาพระดับความลึกของภาพสามมิติและผลของระยะความชัดลึกชัดตื้นของภาพสามมิติต่อการรับรู้ระดับความลึก

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

เป้าหมายของงานวิจัยชิ้นนี้ คือหากการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติด้วยวิธีการประเมินอย่างง่ายพร้อมทั้งผลจากตัวแปรของความชัดลึกชัดตื้นภาพและตำแหน่งการโพกัสวัตถุที่ระยะแตกต่างกันของการรับรู้ได้

1.5 แนวคิดและทฤษฎี

การรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติด้วยการประเมินจากตัวบุคคล เป็นผลที่เกิดจากการทดสอบการมองเห็น โดยตรงจากผู้สังเกต โดยควบคุมการสร้างชุดทดสอบตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดเพื่อหาผลที่เกิดขึ้นจริง โดยมุ่งเน้นในบทบาทของระยะห่างของวัตถุในระนาบความลึกที่มนุษย์เริ่มแยกแยะความแตกต่างได้เป็นตัวแปรหลักของการวิจัย นอกจากนี้ในการเพิ่มตัวแปรของระยะชัดลึกชัดตื้นของภาพที่สร้างขึ้นจะส่งผลต่อ

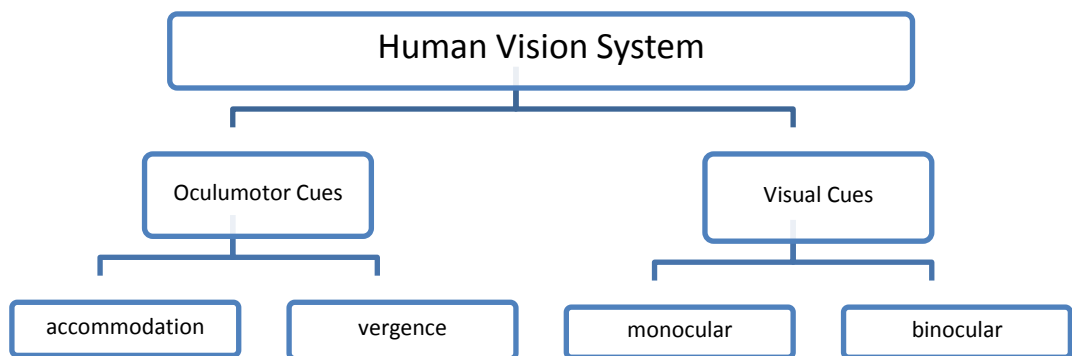
การรับรู้และประเมินคุณภาพของภาพที่สร้างขึ้นว่าผู้สังเกตรับรู้เป็นอย่างไรทำให้เป็นงานวิจัยชิ้นนี้เกิดขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเกิดภาพสามมิติ (Stereoscopic image)

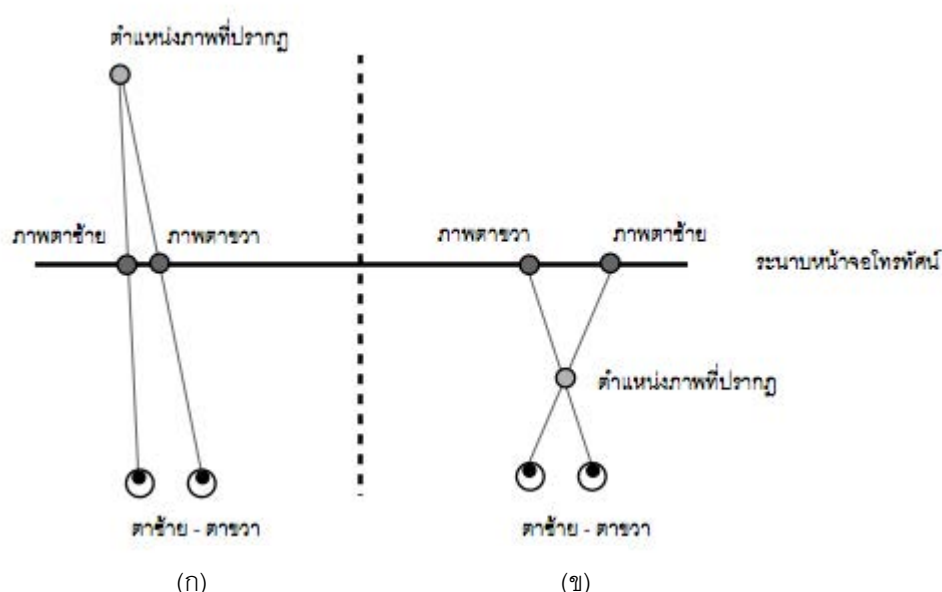
การรับรู้แบบสามมิติส่วนใหญ่เป็นการคำนึงถึงการรับรู้ความลึกของภาพที่ปรากฏ ส่วนของปัจจัยหลักที่ในการรับรู้คือระบบการมองเห็นของมนุษย์ (Human visual system) [6] ซึ่งสามารถอธิบายส่วนสำคัญของระบบการมองเห็นของมนุษย์ สามารถแบ่งแยกได้ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ [7] คือ ส่วนแรกเป็นเรื่องของกายภาพของลูกตาเพื่อใช้ในการมองเห็น (Oculomotor cues) นั้นประกอบไปด้วยลักษณะความหลากหลายของรูปร่างเลนส์ตากับการโฟกัสภาพบนวัตถุในระยะที่เหมาะสม (Accommodation) และ การกรอกเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อของลูกตาทั้งสองข้างให้มองที่วัตถุเดียวกัน (Vergence) ส่วนที่สอง คือการพิจารณาการมองเห็นภาพ (Visual cues) สามารถพิจารณาการมองเห็นด้วยขนาดวัตถุ, พื้นผิว, มิตติความลึก, แสงเงา (Monocular visual cues) และการพิจารณาการมองเห็นด้วยระยะห่างระหว่างจุดตากับภาพวัตถุที่มองเห็นจากมุมมองที่แตกต่างกันของภาพจากตาซ้ายและตาขวา (Binocular visual cues) แสดงใน รูปที่ 2- 1



รูปที่ 2- 1 ส่วนประกอบของระบบการมองเห็นของมนุษย์

เนื่องจากดวงตาซ้ายและขวาทำหน้าที่รับภาพที่ต่างกัน มุมมองของภาพจึงแตกต่างกัน ดังนั้นการที่เราสามารถมองเห็นภาพเป็นภาพสามมิติที่มีความลึก ความนูนได้นั้น เกิดจากการเลื่อมและซ้อนทับของภาพจากตาทั้งสองข้าง แต่สาเหตุที่ทำให้มนุษย์มองเห็น

รวมกันเป็นภาพเดียวเกิดจากการที่สมองแปรผลรวมออกมาเป็นหนึ่งภาพ แสดงในรูป 2-2 ตำแหน่งของภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ ภาพ ก. แสดงตำแหน่งภาพจากตาซ้ายและตาขวา บนระนาบจอที่ทำให้การรับรู้ภาพสามมิติมีความลึกเข้าไปในจอภาพ กล่าวคือจุดตัดที่ภาพจากตาทั้งสองรวมกันจะอยู่ทางด้านหลังระนาบจอโทรทัศน์ ส่วนภาพ ข. แสดงตำแหน่งภาพของตาซ้ายและตาขวาที่อยู่บนระนาบของหน้าจอโทรทัศน์ที่สลับตำแหน่งภาพกัน แล้วเกิดภาพจุดตัดอยู่ทางด้านหน้าของจอ ทำให้ปรากฏภาพดูแล้วนูนออกมาจากหน้าจอ



รูปที่ 2-2 ตำแหน่งภาพและการปรากฏภาพสามมิติบนระนาบจอโทรทัศน์

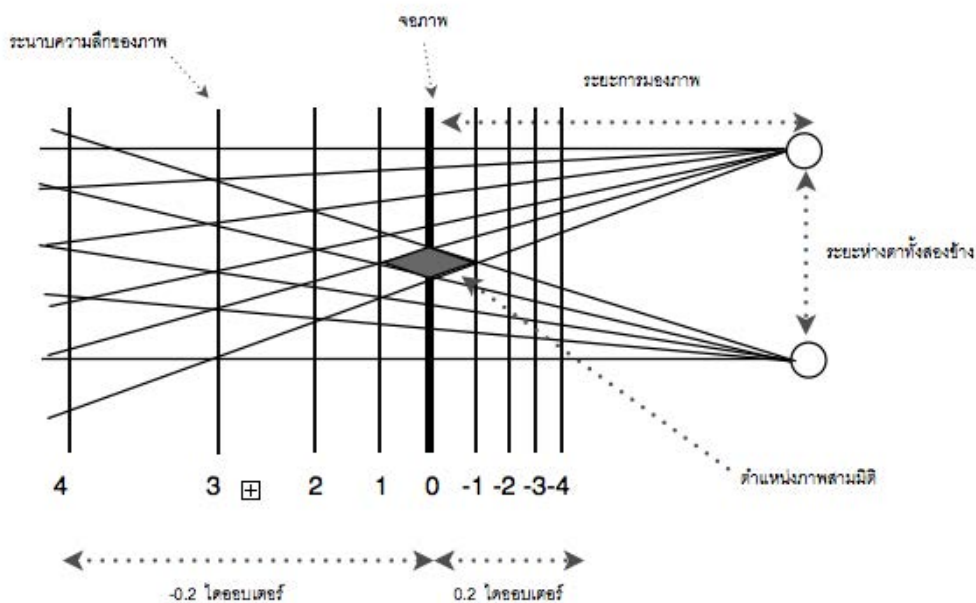
นอกจากนี้ ส่วนประกอบหลักที่มีผลทำให้เกิดภาพสามมิติ [8] มีดังนี้

2.1.1 ระยะห่างระหว่างตาทั้งสองข้าง (Inter-pupil baseline) ดวงตามนุษย์มีระยะห่างค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6.5 เซนติเมตร

2.1.2 ระยะการมองภาพ (Viewing distance) คือระยะห่างระหว่างผู้สังเกตถึงระนาบหน้าจอโทรทัศน์

2.1.3 ตำแหน่งภาพสามมิติ (Stereoscopic voxel) คือตำแหน่งภาพสามมิติที่เกิดจากการที่สมองแปรผลรวมภาพจากตาทั้งสองเป็นภาพเดียว

2.1.4 ระนาบความลึกของภาพ (Depth plane) ในแต่ละระนาบความลึกของภาพสามมิติเกิดจากจุดตัดของจากต่างซ้ายและขวาที่อยู่บนจอภาพมีระยะห่างต่างกันมากน้อยเพียงใด ยิ่งระยะของตาซ้ายและขวามบนระนาบจอโทรทัศน์ห่างกันเท่าไร ระนาบความลึกภาพสามมิติก็ยิ่งลึกมากเท่านั้นดังแสดงในรูป 2-3

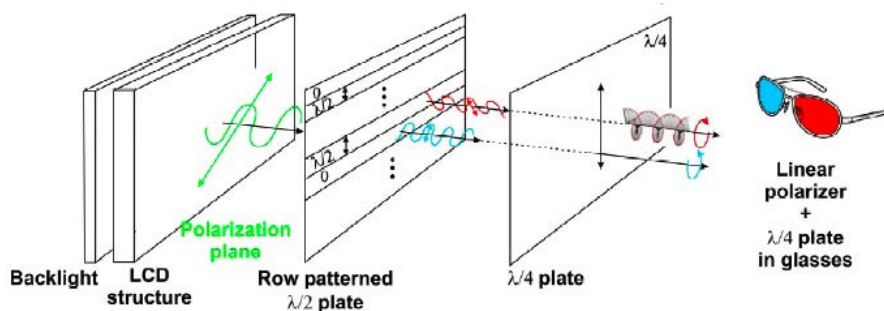


รูปที่ 2-3 ระนาบความลึกภาพสามมิติจากการมองเห็นของมนุษย์ [8]

2.2 ประเภทจอโทรทัศน์สามมิติ [9, 10] (Stereo pair discrimination)

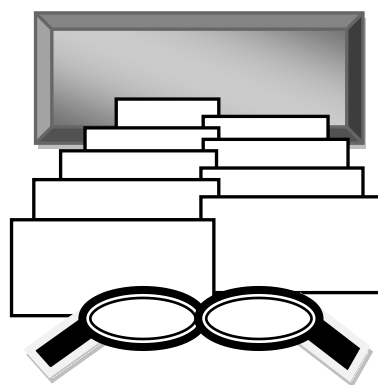
2.2.1 แบบ Polarization ใช้หลักการส่องผ่านของลำแสงจากแหล่งกำเนิดแสงของหน้าจอ โดยแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ผ่านแผ่นฟิลเตอร์กรองแสง เพื่อกรองทิศทางระนาบแสง และแยกความยาวคลื่นแสงออกครึ่งหนึ่ง ($\lambda/2$) โดยแบ่งออกเป็นลำดับที่และลำดับคู่ ซึ่งคุณสมบัติของแผ่นกรองแสงนี้จะทำการบิดลำแสงของระนาบลำดับที่ออกไปเป็นมุม $\pi/2$ เรเดียน ลำดับต่อไปแผ่นกรองแสง ($\lambda/4$) ซึ่งสุดท้ายจะกรองแสงทั้งสองแบบนี้อีกครั้งจากเดินลำแสงมีลักษณะเป็นระนาบแบนๆจะบิดตัวกลายเป็นเกลียว (Circular polarization) ในการมองภาพสามมิติด้วยระบบนี้มีความจำเป็นต้องใช้แว่นตาแบบโพลาไรซ์ร่วมด้วย โดยทั่วไป ลักษณะแว่นตาโพลาไรซ์ข้างหนึ่งจะมีฟิลเตอร์สีแดงและอีกข้างเป็นสีฟ้า เป็นต้น

เนื่องจาก ภาพที่แสดงออกมาจากหน้าจอโทรทัศน์ระบบนี้ เวลาเราชมภาพแว่นตามีหน้าที่ในการย้อนกระบวนการการมองเห็นให้เกิดการรวมภาพซ้อนกันระหว่างตาซ้ายและขวาเป็นภาพสามมิติ แสดงในรูป 2-4



รูปที่ 2- 4 กระบวนการเกิดภาพสามมิติของจอโทรทัศน์แบบโพราไรซ์ [9]

2.2.2 แบบ Time multiplex เป็นระบบจอแสดงภาพที่สามารถแสดงได้ทั้งแบบสองมิติและสามมิติ หลักการมองภาพแบบสามมิตินั้นต้องอาศัยการมองผ่านแว่นตาที่มีระบบเชื่อมต่อ (synchronization) เข้ากับสัญญาณหน้าจอแสดงผลโดยอาศัยหลักการสลับลำดับภาพของตาซ้ายและตาขวา ที่มีความถี่การสลับภาพทั้งสองอย่างน้อย 16 ภาพต่อวินาทีทำให้ตาคนเราเห็นภาพรวมกันเป็นภาพต่อเนื่อง จากนั้นเมื่อเราสวมแว่นตานี้ที่มีระบบปิด-เปิดภาพตาซ้ายและขวา ซึ่งก็คือการกระพริบสลับภาพอย่างรวดเร็วสัมพันธ์กับการฉายภาพบนหน้าจอโทรทัศน์ระบบนี้เกิดเป็นภาพสามมิติที่มีการรับรู้ความลึกความนูนของภาพเกิดขึ้น แสดงในรูป 2-5



รูปที่ 2- 5 แสดงกระบวนการเกิดภาพสามมิติของจอโทรทัศน์แบบไทม์มัลติเพล็กซ์

Lino [10] ได้ทำการศึกษาว่าความสามารถของอุปกรณ์แสดงผลสามมิติที่ผลิตออกสู่ตลาดของผู้ใช้งาน ในหัวข้อของการรับรู้คุณภาพความลึกของภาพสามมิติมีผลกับขนาดของจอแสดงผลแบบ time multiplex และ แบบ polarize เป็นอย่างมาก

2.3 การคำนวณระยะความชัดลึกของภาพถ่าย

การถ่ายภาพแบบสามมิติเพื่อการแสดงผลที่มีคุณภาพ Di Xu [11] ศึกษาอิทธิพลระหว่างระยะจากกล้องถ่ายภาพกับระยะวัตถุที่ใกล้ที่สุดควรมีระยะห่างกันอย่างน้อย 2 เมตร

สำหรับการถ่ายภาพเมื่อโฟกัสภาพไปที่วัตถุชิ้นหนึ่ง วัตถุอื่นที่อยู่ข้างหน้าหรือหลังวัตถุนั้นบางครั้งก็ปรากฏความชัดด้วยกัน จึงเรียกว่าเกิดระยะชัดลึกขึ้น สาเหตุที่เกิดภาพลักษณะนี้ได้ เนื่องจากตาคนเรามีสอบเขตของการแยกแยะรายละเอียด ถ้าจุดสองจุดอยู่ใกล้กันมากเกินไปการมองด้วยตาทั้งสองข้างเราจะไม่สามารถแยกแยะจุดสองจุดนั้นออกจากกันได้ ทั้งๆที่จุดยังคงอยู่ที่ระยะห่างเท่าเดิม ดังนั้นตรงตำแหน่งการมองเห็นที่ตาคนเราไม่สามารถแยกจุดออกได้ เรียกว่า วงเบลอ (Circle of confusion) ตามปกติของการมองเห็นนั้นตำแหน่งของวัตถุที่ไม่ได้อยู่ในจุดโฟกัสต้องมีความเบลอเกิดขึ้น แต่จากสาเหตุที่กล่าวไว้ข้างต้นที่ทำให้เราเห็นภาพได้ชัดทั้งวัตถุหน้าและหลังเกิดจากขนาดของวงเบลอในภาพเล็กกว่าวงเบลอของตามนุษย์ ซึ่งอยู่ที่ 0.2 มิลลิเมตร แต่ถ้าการถ่ายภาพด้วยเลนส์ที่มีขนาดวงเบลอใหญ่กว่าขนาดวงเบลอของตามนุษย์ ภาพที่ปรากฏ คนเราจะสามารถแยกแยะความเบลอของภาพนั้นได้ปกติ ดังนั้นในการถ่ายภาพปัจจัยที่มีผลต่อการทำให้ความชัดของภาพถ่ายมีการเปลี่ยนแปลงมีสาเหตุหลัก ๆ อยู่ 3 ประการ

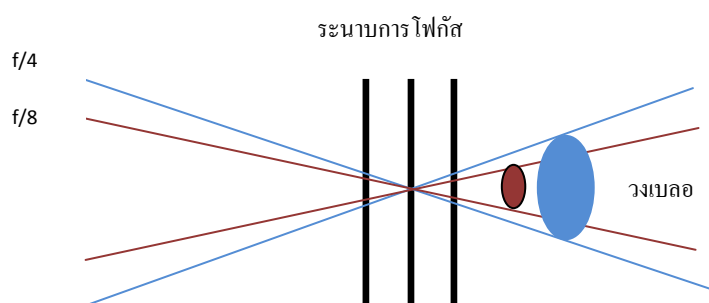
2.3.1 ช่องเปิดของเลนส์ หรือที่รู้จักกันคือการตั้งค่ารูรับแสง

(F-Number, Aperture) ยิ่งช่องเปิดมีขนาดแคบกรวยแสงมีขนาดเล็กแสงทำให้ผลของระยะชัดลึกที่มากขึ้น

2.3.2 ทางยาวโฟกัสของเลนส์ เลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสมากจะส่งผลต่อระยะชัดลึกที่น้อยลง

2.3.3 ระยะทางในการถ่ายภาพ การถ่ายภาพระยะใกล้ ๆ ภาพจะมีความชัดลึกน้อยกว่า

ดังนั้น ผลของระยะชัดลึกในการถ่ายภาพจากปัจจัยทั้งสามนี้ส่งผลทำให้วงเบลอมีขนาดเปลี่ยนไป ภาพที่เกิดขึ้นตาคนเรามองเห็นจึงเกิดเป็นระยะชัดลึกชัดตื้นที่ต่างกัน ดังแสดงในรูป 2-6



รูปที่ 2- 6 แสดงความแตกต่างของวงเบลอที่มีขนาดรับแสงต่างกัน

จากรูป ที่ขนาดรับแสง $f/4$ มีขนาดวงเบลอใหญ่กว่า $f/8$ เราจะได้ภาพถ่ายที่ $f/4$ มีระยะชัดลึกน้อยกว่าที่ $f/8$ ในตำแหน่งที่โฟกัสวัตถุ ณ ตำแหน่งเดียวกัน ทำให้ภาพที่ถ่ายด้วยค่ารับแสงที่แตกต่างกันส่งผลต่อระยะชัดลึกของภาพที่ต่างกัน และผลของระยะชัดลึกที่เกิดขึ้นทำให้มีการคำนวณหาตำแหน่งในช่วงที่ภาพถ่ายจะมีค่าความชัดลึกครอบคลุมตำแหน่งที่ต้องการตั้งแต่ระยะใกล้ที่สุดจนถึงช่วงระยะที่ไกลที่สุดที่เรียกว่า ระยะไฮเปอร์โฟกัล (Hyperfocal Distance) โดยตัวกล้องอยู่ห่างจากวัตถุหน้าสุดเป็นระยะทางครึ่งหนึ่งของระยะไฮเปอร์โฟกัล ภาพที่ได้จะชัดตั้งแต่ระยะ 1 ใน 3 ด้านหน้าไฮเปอร์โฟกัลโฟกัส และชัดลึกไปทางด้านหลังอีก 2 ใน 3 ที่ระยะอนันต์ สามารถหาดำแหน่งนี้ได้โดยการคำนวณจากสมการ [12] ดังนี้

$$H = \frac{f^2}{Nc} + f \quad (1)$$

ระยะใกล้ที่สุดของความชัด

$$D_n = \frac{S(H-f)}{H+S-2f} \quad (2)$$

ระยะไกลที่สุดของความชัด

$$D_f = \frac{S(H-f)}{H-S} \quad (3)$$

ช่วงระยะชัดลึกของภาพ

$$D_{total} = D_f - D_n \quad (4)$$

โดยที่

H = ระยะไฮเปอร์โฟกัล (มิลลิเมตร)

f = ทางยาวโฟกัสเลนส์ (มิลลิเมตร)

S = ระยะโฟกัส (มิลลิเมตร)

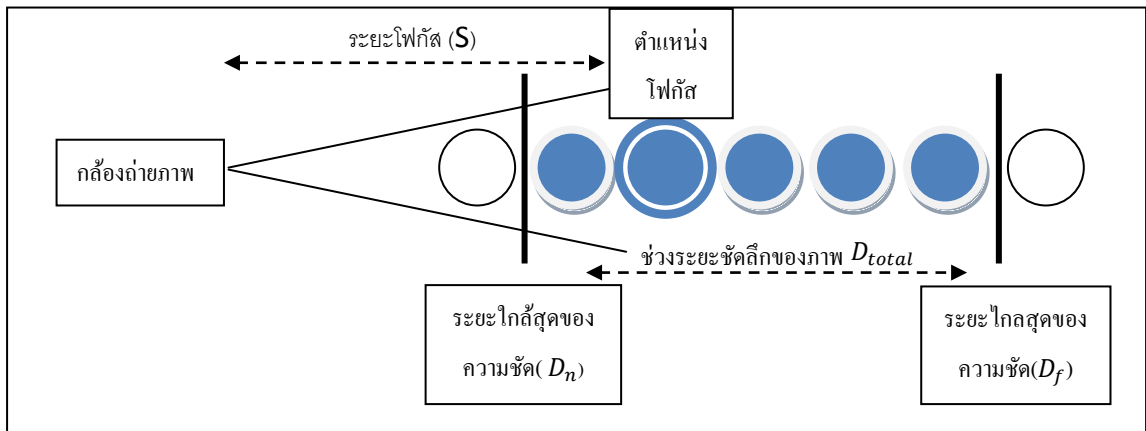
D_n = ระยะใกล้ที่สุดของความชัด (มิลลิเมตร)

D_f = ระยะไกลที่สุดของความชัด (มิลลิเมตร)

N = ค่าการรับแสง (คำนวณได้จาก $2^{i/2}$ โดยที่ $i = 1, 2, 3 \dots$ เมื่อค่ารูรับแสงกล้องมีค่า $f/1.4, f/2, f/2.8 \dots$ ตามลำดับ)

C = วงเบลอ (Circle of confusion) (มิลลิเมตร)

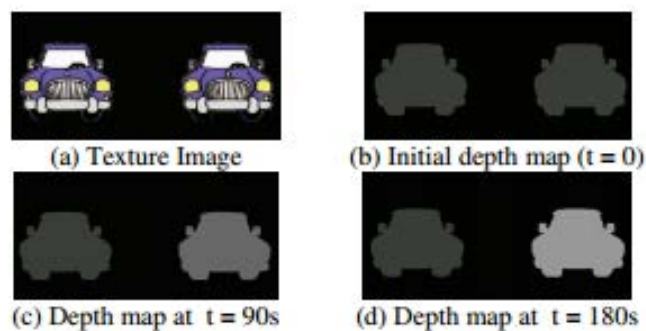
จากสมการสามารถระบุตำแหน่งของวัตถุและระยะความชัดของภาพได้ดังแสดงในรูป 2-7



รูปที่ 2-7 ตำแหน่งช่วงระยะชัดลึกของวัตถุในภาพถ่าย

Silva [13] ได้ทำการศึกษาผลวิเคราะห์ของความรู้สึกที่รับรู้ความลึกของภาพสามมิติ โดยวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาจุดที่รับรู้ถึงความแตกต่างได้ และเมื่อทำการทดสอบกับผู้สังเกตผลการตอบสนองต่อการรับรู้มากที่สุดบริเวณตำแหน่งระนาบหน้าจอ

Silva [14] ทำการทดสอบหาจุดรับรู้ค่าความแตกต่างของภาพเคลื่อนไหวสามมิติด้วยวิธีการเปลี่ยนระยะห่างของระนาบพิกเซลให้มีความเหลื่อมในระดับต่าง ๆ กันตั้งแต่ 0 -255 พิกเซล เพื่อวัดผลการรับรู้จากผู้สังเกตสามารถเห็นความแตกต่างในความนูนและความลึกของภาพ แสดงในรูป 2-7 และตารางที่ 2-1



รูปที่ 2-8 ภาพการทดลองเพื่อทดสอบระดับความลึกภาพสามมิติ

ตารางที่ 2-1: ผลการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติจากการทดลอง [14]

Experiments			Results(Average & Round)	
Reading Number	Variation of Object Depth Levels		Just Noticed Depth level	Number of Unnoticed Depth level
	Left Car	Right Car		
Object Moving Forward	0	0 -> 128	22	22
	64	64->192	84	20
	128	128->255	148	20
	192	192->255	214	22
Object Moving Backward	64	64->0	43	21
	128	128->0	112	16
	192	192->64	176	16
	255	255->128	233	22

ผลของการวิจัยที่ได้ [14] จากรูป 2-7 และตารางที่ 2-1 ผู้สังเกตมีความสามารถในการรับรู้ที่ระดับความลึกเริ่มต้นที่ 16 พิกเซลจึงสามารถแยกแยะความแตกต่างได้เทียบเท่ากับระยะวัตถุห่างกันที่ 1.92 เซนติเมตร

Lebreton [15] ทำการศึกษาผลของการประเมินคุณภาพการรับรู้ภาพเคลื่อนไหวสามมิติ โดยหนึ่งในตัวแปรที่สำคัญยิ่งคือ ข้อมูลของระดับความลึกภาพในการบีบอัดเป็นสื่อสามมิติ ส่งผลต่อการรับรู้ ด้วยการปรับเงื่อนไขตัวแปรทางคณิตศาสตร์และเพื่อสร้างข้อมูลความลึกภาพให้มีคุณภาพตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดได้

บทที่ 3

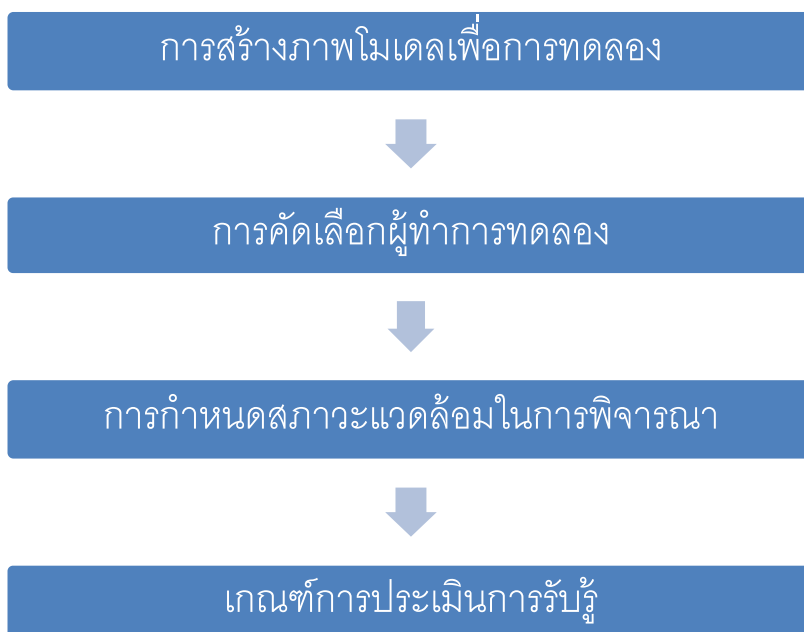
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัย

1. หน้าจอโทรทัศน์สามมิติ Sony รุ่น UD40D6600 ขนาด 40 นิ้ว
ความละเอียด 1920X1080 พิกเซล
2. เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก Macintosh
3. กล้องถ่ายภาพสะท้อนเลนส์เดี่ยว Canon EOS 60D
4. ซอร์ฟแวร์ Cinema 4D R13 for Macintosh และ Adobe Flash cs4

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

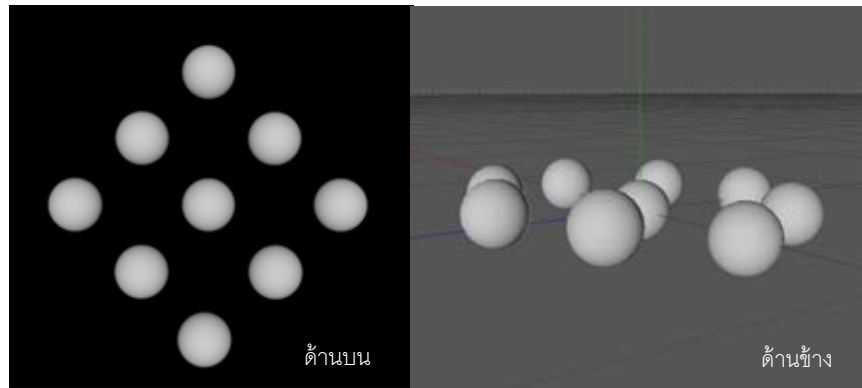


3.2.1 การสร้างภาพโมเดลเพื่อการทดลอง

การสร้างภาพสามมิติเพื่อใช้ทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยภาพในส่วนที่ 1 เพื่อหาการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติจากผู้สังเกต และ ส่วนที่ 2 เพื่อหาผลของระยะชัดลึกชัดตื้นของภาพสามมิติต่อการรับรู้ระดับความลึกสร้างมาจากโปรแกรมสำเร็จรูป Cinema 4D สำหรับส่วนที่ 3 เป็นการถ่ายภาพจริงสามมิติด้วยกล้องถ่ายภาพเพื่อการประเมินความพึงพอใจภาพในเชิงอัตวิสัยซึ่งภาพในการทดลองส่วนที่ 3 นี้ได้มาจากการถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพจริงสองตัว ที่มีการจัดระยะห่างระหว่างกึ่งกลางเลนส์ที่ระยะ 6.5 เซนติเมตรเท่ากับค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างตาทั้งสองของมนุษย์และทำการซ้อนภาพที่ได้จากกล้องทางซ้ายและขวาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Adobe flash cs4

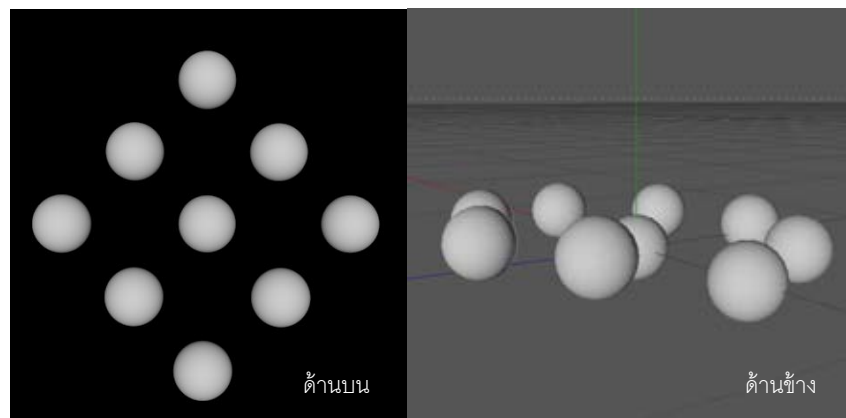
3.2.1.1 การทดลองส่วนที่ 1 การสร้างโมเดลภาพสามมิติจำลองจากโปรแกรมกราฟฟิกมีการกำหนดระนาบพิกัดของวัตถุเป็นแกน X, Y, Z ตามตำแหน่งของระยะวัตถุ โดยสร้างรูปโมเดลวัตถุที่ต้องการประกอบด้วยชุดทดสอบทั้งหมด 4 ชุด โดยแต่ละชุดจะมีโมเดลเป็นรูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ทั้งหมด 9 รูป โมเดลชุดหนึ่งๆได้มีการกำหนดค่าของระยะห่างระนาบวัตถุที่ความต่างแต่ละระดับ (threshold) ที่เท่ากัน ดังนี้

โมเดลภาพชุดที่ 1 มีความแตกต่างของวัตถุที่ระยะ 0.5 เซนติเมตร ดังนั้นภาพแต่ละภาพในชุดนั้นจะมีความแตกต่างของระยะห่างระนาบที่ 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เซนติเมตรตามลำดับ แสดงในรูปที่ 3-1



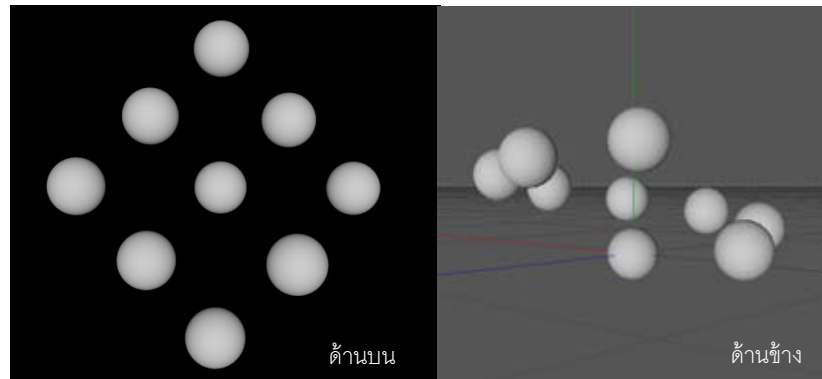
รูปที่ 3-1 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 1 ระยะ 0.5 ซม.

โมเดลภาพชุดที่ 2 มีความแตกต่างวัตถุที่ระยะ 1 เซนติเมตร ดังนั้นภาพแต่ละภาพในชุดนั้นจะมีความแตกต่างของระยะห่างระนาบที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เซนติเมตรตามลำดับ แสดงในรูปที่ 3-2



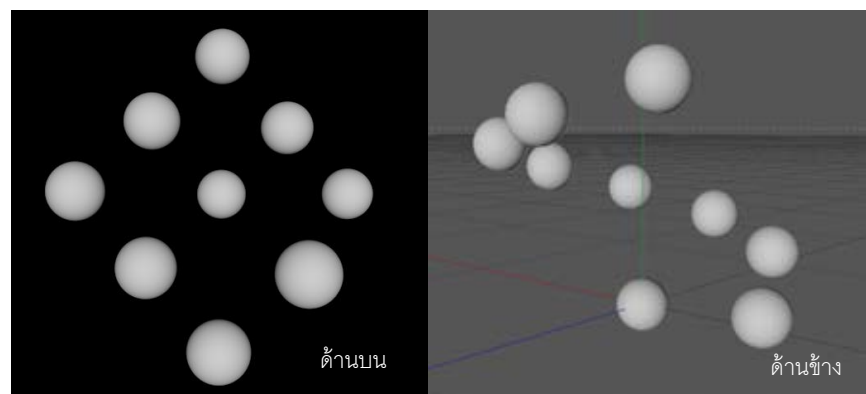
รูปที่ 3-2 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 2 ระยะ 1 ซม.

โมเดลภาพชุดที่ 3 มีความแตกต่างวัตถุที่ระยะ 5 เซนติเมตร ดังนั้นภาพแต่ละภาพในชุดนั้นจะมีความแตกต่างของระยะห่างระนาบที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 เซนติเมตรตามลำดับ แสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 3 ระยะ 5 ซม.

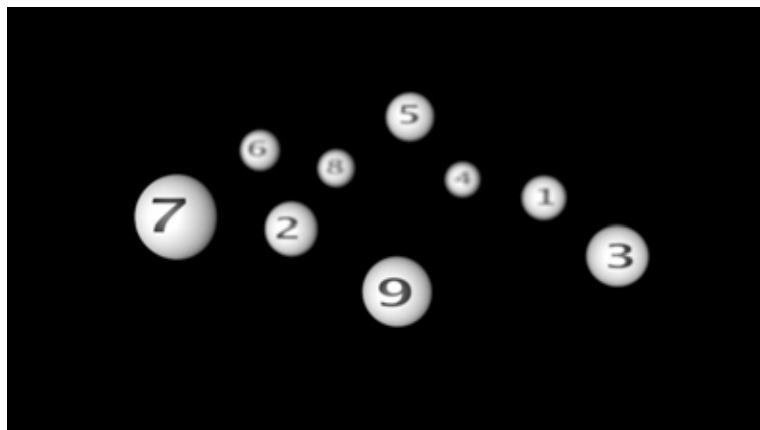
โมเดลภาพชุดที่ 4 มีความแตกต่างวัตถุที่ระยะ 10 เซนติเมตร ดังนั้นภาพแต่ละภาพในชุดนั้นจะมีความแตกต่างของระยะห่างระนาบที่ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 เซนติเมตรตามลำดับแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 4 ระยะ 10 ซม.

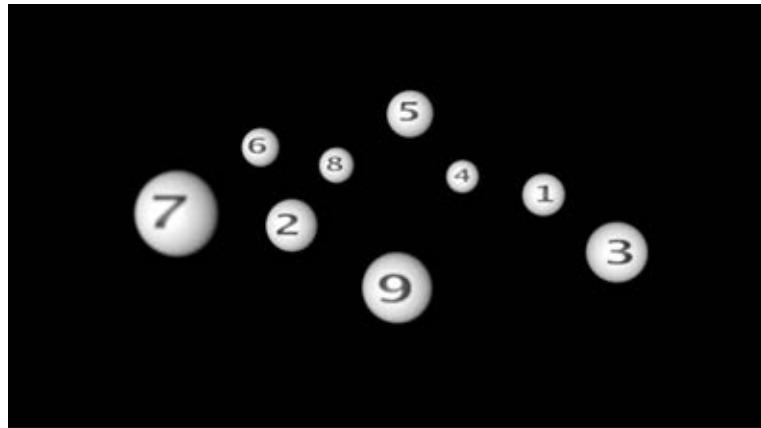
3.2.1.2 การทดลองส่วนที่ 2 เป็นการสร้างภาพสามมิติจำลองจากโปรแกรมกราฟฟิกโดยกำหนดระนาบพิกัดสามมิติเป็น X, Y, Z และภาพวัตถุที่สร้างขึ้นให้พิกัด X, Y ของวัตถุให้มีค่าคงที่แต่เปลี่ยนเฉพาะระยะพิกัด Z โดยโมเดลเป็นรูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ทั้งหมด 9 รูป มีระยะห่างกัน 50 เซนติเมตร ตามแนวแกน Z การตั้งค่าประเภทของกล้องถ่ายภาพในโปรแกรมมีดังนี้ ทางยาวโฟกัสของเลนส์มีขนาด 50 มิลลิเมตร อัตราส่วนภาพเทียบเท่าฟิล์มขนาด 36 มิลลิเมตร ระยะจากตัวกล้องถึงวัตถุที่ใกล้ที่สุด ห่างกัน 2.5 เมตรและวัตถุไกลที่สุดห่างจากกล้อง 6.5 เมตร และมีการเพิ่มตัวแปรความแตกต่างของขนาดรูรับแสง (Depth of Field) และตำแหน่งของกล้องโฟกัสวัตถุ (Focal length) ที่ระยะต่าง ๆ เมื่อกำหนดค่าการสร้างภาพจำลองได้แล้วนั้น ต้องทำการสั่งให้โปรแกรมมีการประมวลผล (Render) ภาพออกมาเป็นข้อมูลที่สามารถแสดงผลกับจอโทรทัศน์สามมิติระบบ Time multiplex ดังนั้นในการทดลองส่วนนี้มีโมเดลชุดทดสอบทั้งหมด 15 ชุดดังนี้

โมเดลภาพชุดที่ 1 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/2.8$ และตำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-5



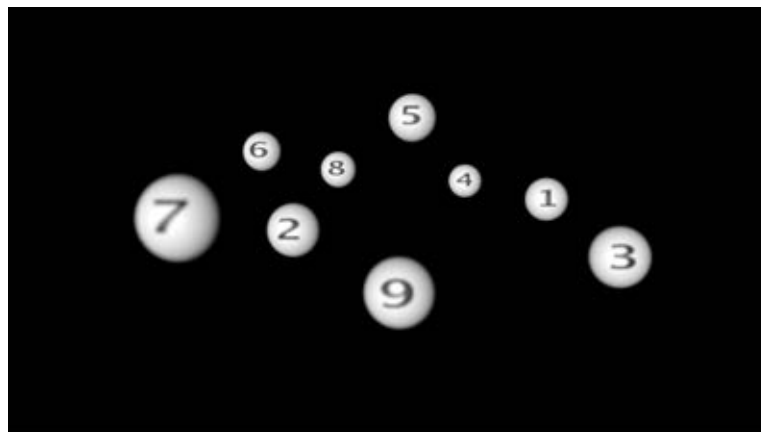
รูปที่ 3-5 โมเดลภาพทดสอบที่ 1 ค่ารูรับแสง $f/2.8$ โฟกัสใกล้

โมเดลภาพชุดที่ 2 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/2.8$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะกลาง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-6



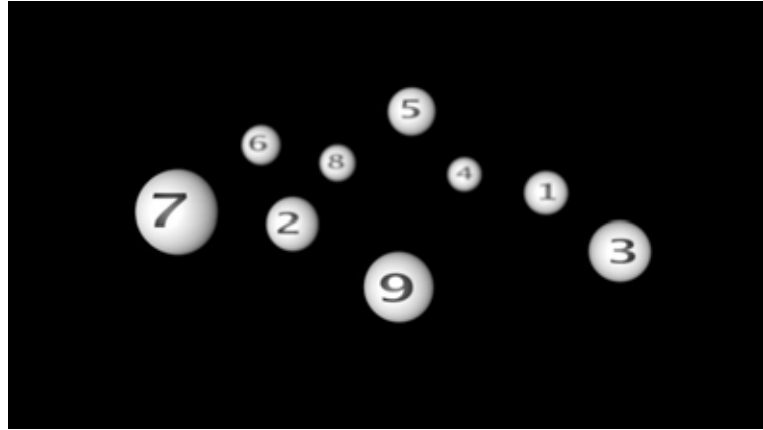
รูปที่ 3- 6 โมเดลภาพทดสอบที่ 2 ค่ารูรับแสง $f/2.8$ โฟกัสกลาง

โมเดลภาพชุดที่ 3 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/2.8$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะไกลสุด (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-7



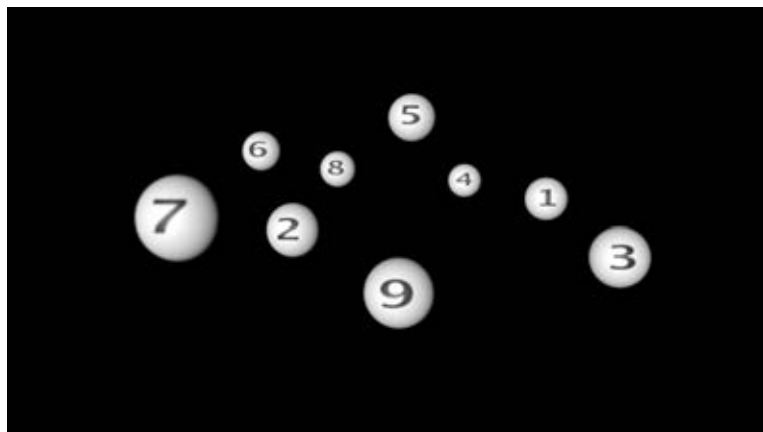
รูปที่ 3- 7 โมเดลภาพทดสอบที่ 3 ค่ารูรับแสง $f/2.8$ โฟกัสไกล

โมเดลภาพชุดที่ 4 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/4$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-8



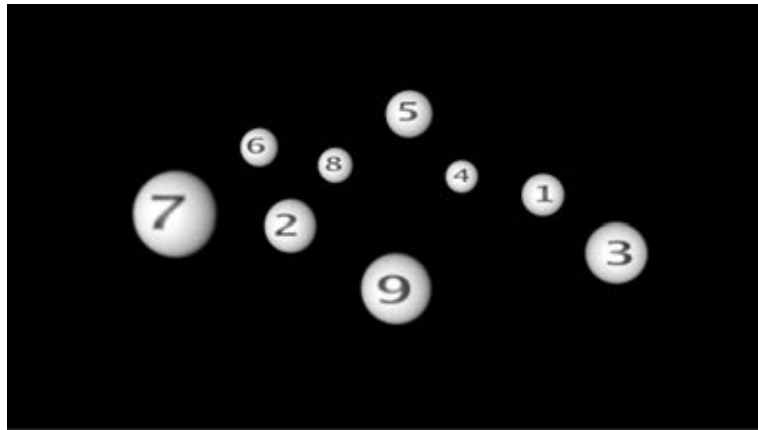
รูปที่ 3-8 โมเดลภาพทดสอบที่ 4 ค่ารูรับแสง $f/4$ โฟกัสใกล้

โมเดลภาพชุดที่ 5 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/4$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะกลาง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-9



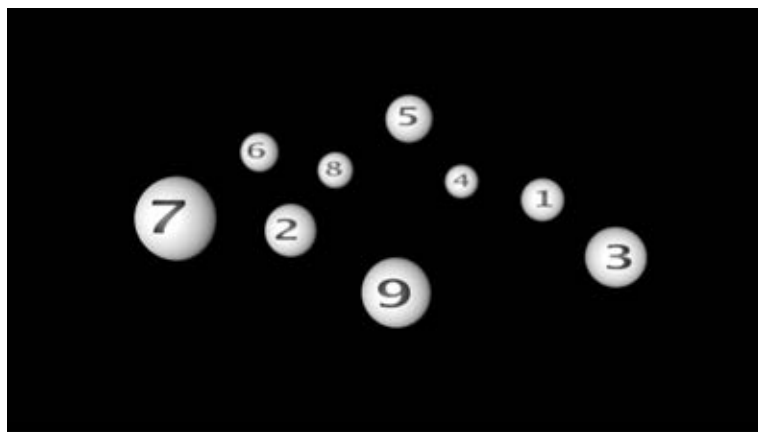
รูปที่ 3-9 โมเดลภาพทดสอบที่ 5 ค่ารูรับแสง $f/4$ โฟกัสกลาง

โมเดลภาพชุดที่ 6 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/4$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะไกลสุด (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-10



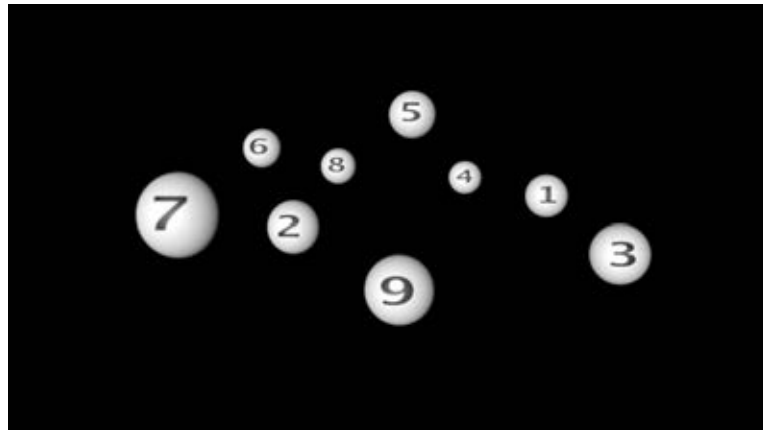
รูปที่ 3-10 โมเดลภาพทดสอบที่ 6 ค่ารูรับแสง $f/4$ โฟกัสไกล

โมเดลภาพชุดที่ 7 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/5.6$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-11



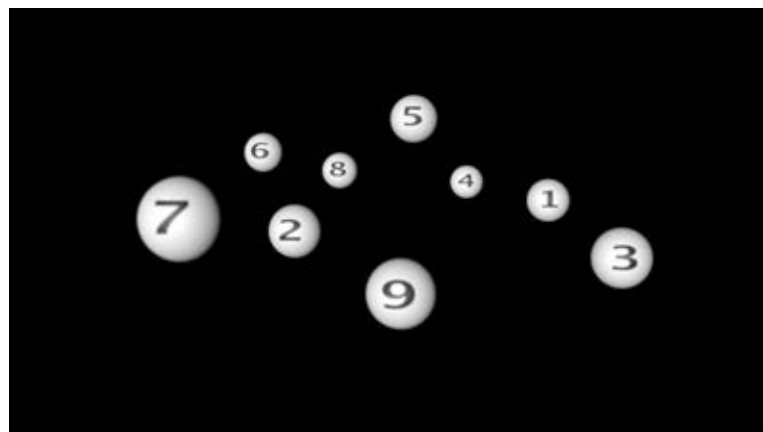
รูปที่ 3-11 โมเดลภาพทดสอบที่ 7 ค่ารูรับแสง $f/5.6$ โฟกัสใกล้

โมเดลภาพชุดที่ 8 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/5.6$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะกลาง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-12



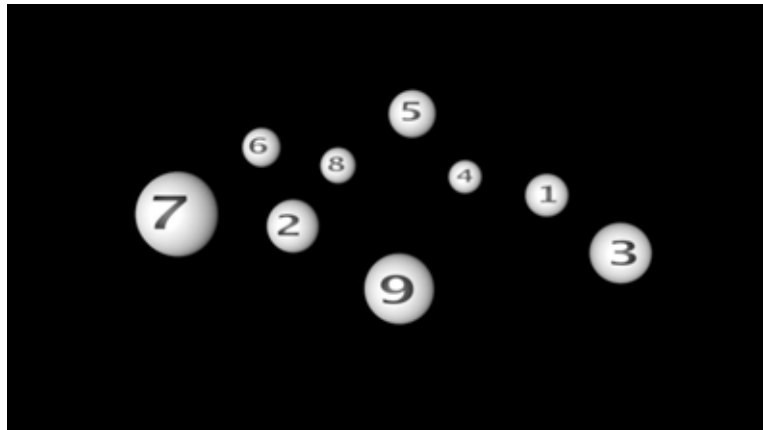
รูปที่ 3- 12 โมเดลภาพทดสอบที่ 8 ค่ารูรับแสง $f/5.6$ โฟกัสกลาง

โมเดลภาพชุดที่ 9 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/5.6$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะไกลสุด (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-13



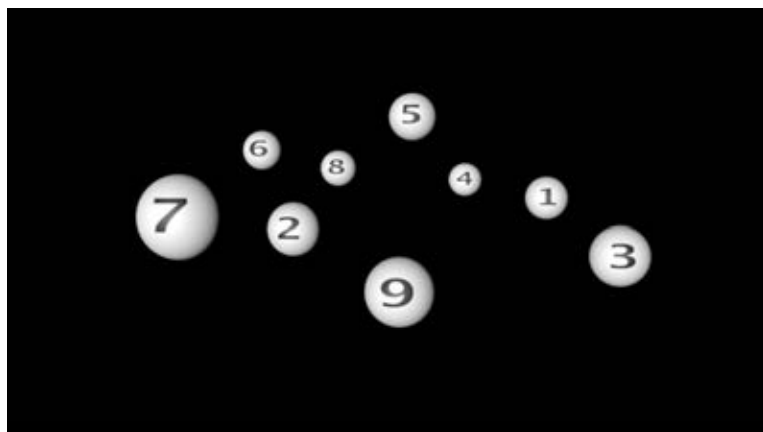
รูปที่ 3- 13 โมเดลภาพทดสอบที่ 9 ค่ารูรับแสง $f/5.6$ โฟกัสไกล

โมเดลภาพชุดที่ 10 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/8$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-14



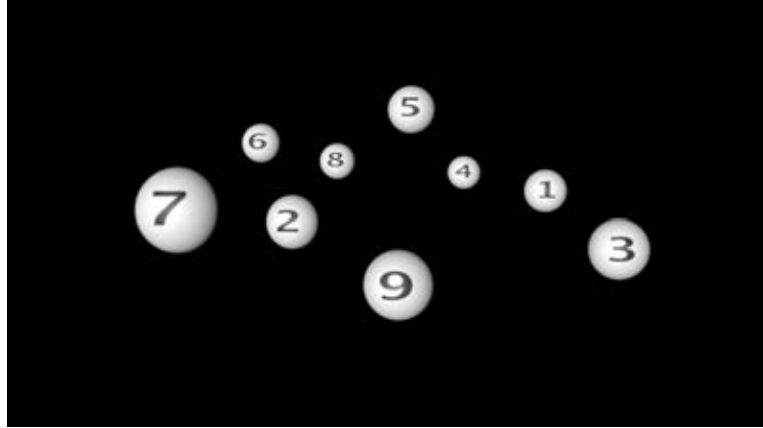
รูปที่ 3- 14 โมเดลภาพทดสอบที่ 10 ค่ารูรับแสง $f/8$ โฟกัสใกล้

โมเดลภาพชุดที่ 11 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/8$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะกลาง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-15



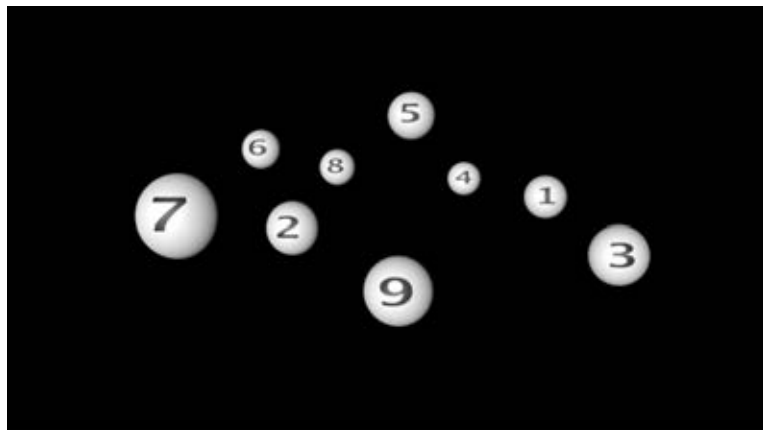
รูปที่ 3- 15 โมเดลภาพทดสอบที่ 11 ค่ารูรับแสง $f/8$ โฟกัสกลาง

โมเดลภาพชุดที่ 12 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/8$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะไกลสุด (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-16



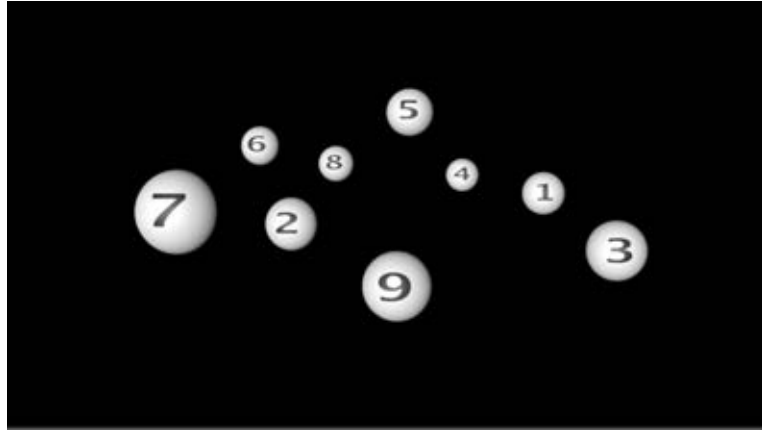
รูปที่ 3-16 โมเดลภาพทดสอบที่ 12 ค่ารูรับแสง $f/8$ โฟกัสไกล

โมเดลภาพชุดที่ 13 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/11$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-17



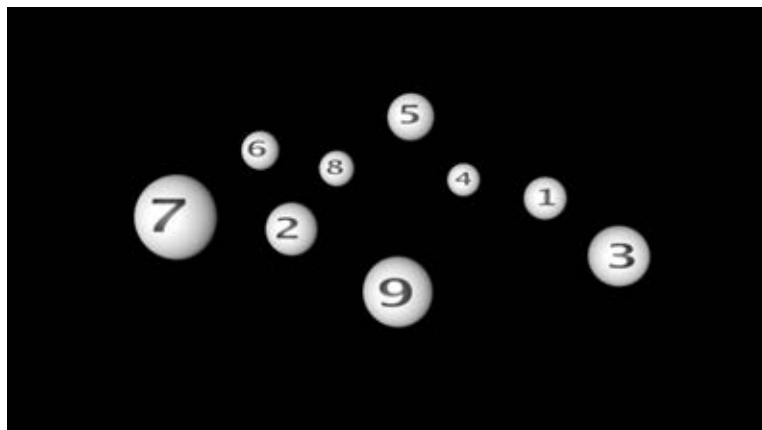
รูปที่ 3-17 โมเดลภาพทดสอบที่ 13 ค่ารูรับแสง $f/11$ โฟกัสใกล้

โมเดลภาพชุดที่ 14 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/11$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะกลาง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-18



รูปที่ 3- 18 โมเดลภาพทดสอบที่ 14 ค่ารูรับแสง $f/11$ โฟกัสกลาง

โมเดลภาพชุดที่ 15 กำหนดค่ารูรับแสงที่ $f/11$ และตำแหน่งโฟกัส
วัตถุระยะกลาง (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-19

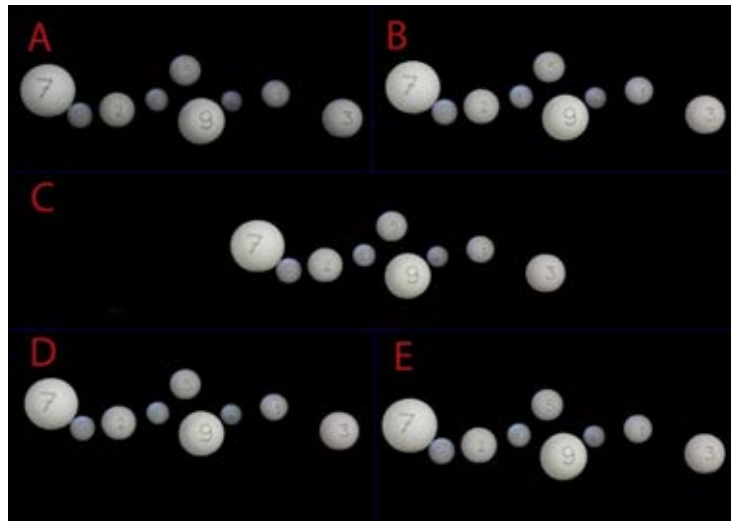


รูปที่ 3- 19 โมเดลภาพทดสอบที่ 15 ค่ารูรับแสง $f/11$ โฟกัสไกล

3.2.1.3 การทดลองส่วนที่ 3 สร้างชุดทดสอบด้วยการถ่ายภาพสามมิติจาก
กล้องถ่ายภาพจริงด้วยกล้องดิจิทัลสะท้อนเลนส์เดี่ยวจำนวนสองตัวและ
ระยะห่างระหว่างเลนส์เท่ากับ 6.5 เซนติเมตร กำหนดค่าทางยาวโฟกัส

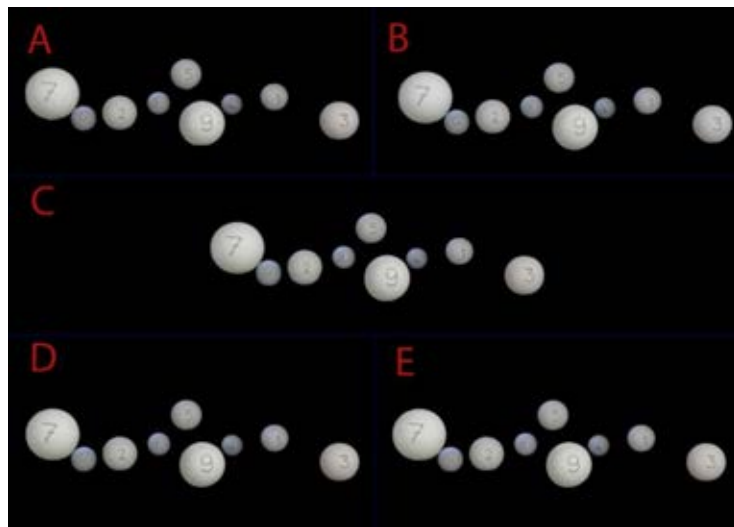
เลนส์ที่ 50 มิลลิเมตร อุปกรณ์จัดวางอยู่บนขาตั้งกล้อง ค่าตัวแปรที่เปลี่ยนไป คือ ในแต่ละระยะโฟกัสวัตถุที่ตำแหน่งระยะใกล้ (2.5 เมตร) ระยะกลาง (4.5 เมตร) และ ระยะไกล (7 เมตร) จะมีการกำหนดค่ารูรับแสงกล้องถ่ายภาพที่ขนาด F2.8, F4, F5.6, F8 และ F11 ตามลำดับ ส่วนของระยะห่างวัตถุแต่ละชิ้น ขนาดของวัตถุ จำนวนและการจัดเรียงวัตถุ เหมือนเช่นการทดลองในหัวข้อ (3.2.1.2) ดังนั้นการทดสอบในส่วนนี้สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 กรณีหลักดังนี้แสดงในรูป 3-20 ถึง 3-22

กรณีที่ 1 โฟกัสวัตถุที่ตำแหน่งระยะใกล้ (2.5 เมตร)



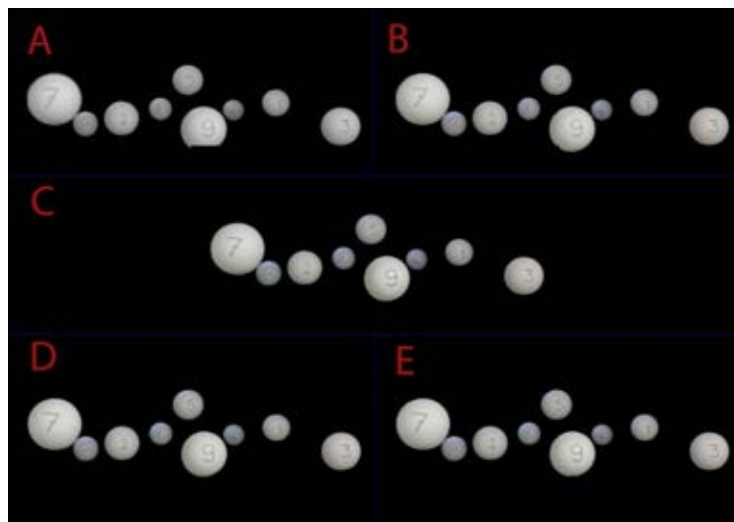
รูปที่ 3-20 ภาพสำหรับการประเมินที่ตำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะใกล้

กรณีที่ 2 โฟกัสวัตถุที่ตำแหน่งระยะกลาง (4.5 เมตร)



รูปที่ 3- 21 ภาพสำหรับการประเมินที่ตำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะกลาง

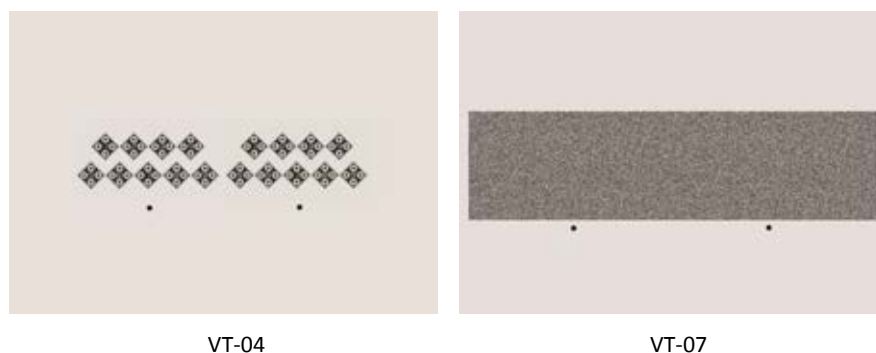
กรณีที่ 3 โฟกัสวัตถุที่ตำแหน่งระยะไกล (6.5 เมตร)



รูปที่ 3- 22 ภาพสำหรับการประเมินที่ตำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะไกล

3.2.2 การคัดเลือกผู้ทำการทดลอง

การคัดเลือกผู้สังเกตเพื่อทำการทดลองนั้นจะเลือกบุคคลที่มีความสามารถในการมองเห็นภาพสเตอริโอสโกปิกตามเกณฑ์การรับรู้ที่กำหนด โดยอาศัยการมองเห็นจากแผ่นภาพทดสอบตามมาตรฐาน ITU-R BT. 1438 [16] test materials for subjective assessment of stereoscopic television pictures โดยผู้วิจัยกำหนดเลือกชุดภาพทดสอบดังนี้ VT-04: Fine stereopsis (Circle Test) และ VT-07: dynamic stereopsis (dynamic random dot stereogram test) แสดงในรูป 3-23



รูปที่ 3- 23 ภาพทดสอบความสามารถในการมองเห็นภาพสามมิติ

ผู้ที่ผ่านเกณฑ์สามารถมองเห็นภาพและตอบคำถามถูกต้องมีคะแนนรวมร้อยละ 80 ขึ้นไป โดยต้องการผู้สังเกตที่ผ่านเพื่อทำการทดลองทั้งหมด 15 คน

3.2.3 การกำหนดสภาวะแวดล้อมในการพิจารณา

ระยะจอโทรทัศน์แสดงผลเป็นแบบระบบสามมิติ ความละเอียดภาพ 1920 x 1080 พิกเซล อัตราส่วน 16:9 โดยใช้แว่นตาสามมิติแบบซัดเตอร์ และความสว่างของห้องที่ใช้ คือ 200 lux ระยะในการมองภาพของผู้สังเกตเป็น 3 เท่าของขนาดความสูงของภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ [9,10]

3.2.4 เกณฑ์การประเมินการรับรู้

จาก 3.2.1.1 ผู้วิจัยให้ผู้สังเกตพิจารณาภาพโมเดลแต่ละชุด โดยยึดภาพวัตถุตำแหน่งตรงกลางเป็นวัตถุอ้างอิงเปรียบเทียบกับวัตถุที่อยู่โดยรอบทีละตำแหน่งว่า

วัตถุที่พิจารณามีระดับความลึกแตกต่างกันไปจากวัตถุอ้างอิงหรือไม่ จากนั้นผู้วิจัยทำการบันทึกผล

จาก 3.2.1.2 ผู้วิจัยให้ผู้สังเกตพิจารณาภาพโมเดลแต่ละชุด โดยให้ผู้สังเกตบอกการเรียงลำดับภาพวัตถุจากโมเดลที่ทดสอบให้มีระดับความลึกไล่ระดับเรียงกัน จากนั้นผู้วิจัยทำการบันทึกผลของผู้สังเกตแต่ละคน

จาก 3.2.1.3 ผู้วิจัยให้ผู้สังเกตพิจารณาภาพถ่ายสามมิติจริงเพื่อประเมินให้คะแนนความชอบในแง่ของการรับรู้ความเป็นสามมิติจากภาพถ่ายในแต่ละกรณีจะมีภาพอยู่ทั้งหมด 5 ภาพที่มีความแตกต่างกันอันเนื่องมาจากค่ารับแสงที่เปลี่ยนไปให้ผู้สังเกตพิจารณาเปรียบเทียบภาพทั้ง 5 และเรียงลำดับความชอบทั้งหมด 5 ระดับดังกล่าวข้างต้น โดยระดับคะแนนที่กำหนดอยู่ในช่วง 1-5 คะแนน (ชอบน้อยสุด-ชอบมากที่สุด)

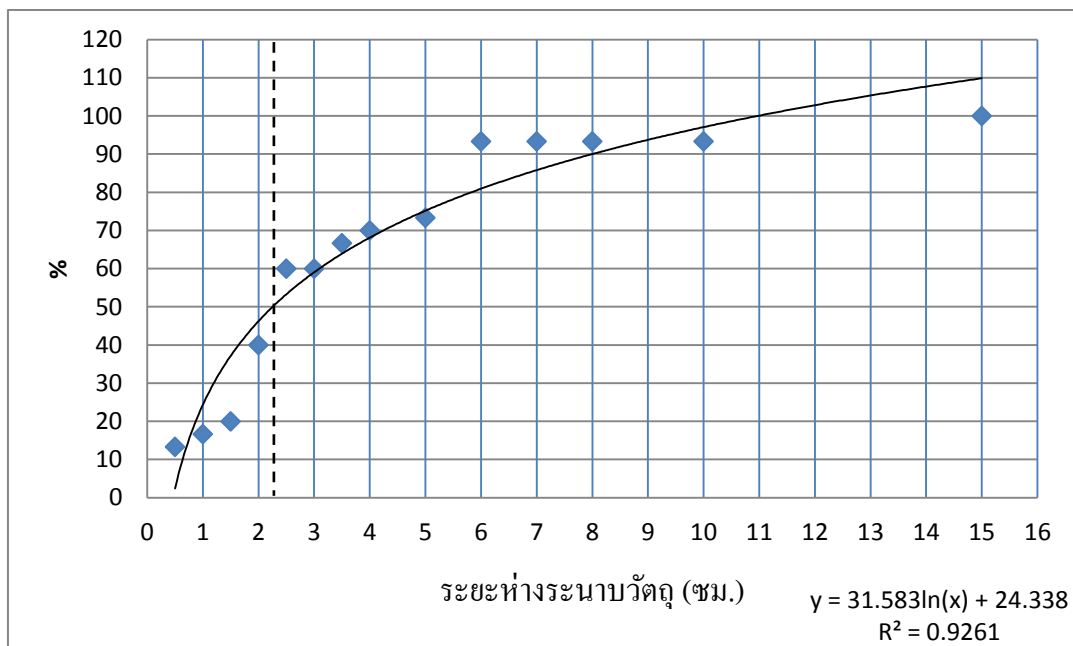
บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติโดยผู้สังเกต

ผลทดสอบการรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติผู้สังเกตทั้งหมด

แผนภูมิที่ 4 - 1: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระนาบวัตถุและร้อยละของการรับรู้



จากผลการทดลองในส่วนที่หนึ่งกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของผู้สังเกตที่สามารถแยกแยะความแตกต่างระดับความลึกจากภาพสามมิติสังเคราะห์ที่ระยะห่างระนาบวัตถุที่ต่างกันตั้งแต่ช่วง 0.5 เซนติเมตร ถึง 15 เซนติเมตร ได้ว่าแนวโน้มของการรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติมีค่าอัตราส่วนร้อยละที่เพิ่มขึ้น และเมื่อทำการกำหนดหาจุดตัดความชันแบบเส้นตรงจากสมการ $y = 31.583\ln(x) + 24.338$ และค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ R^2 มีค่าเท่ากับ 0.9261 เพื่อทราบผลของจำนวนผู้สังเกตที่ร้อยละ 50 สามารถแยกแยะความแตกต่างระยะห่างของระนาบได้ที่ 2.25 เซนติเมตรเป็นต้นไป

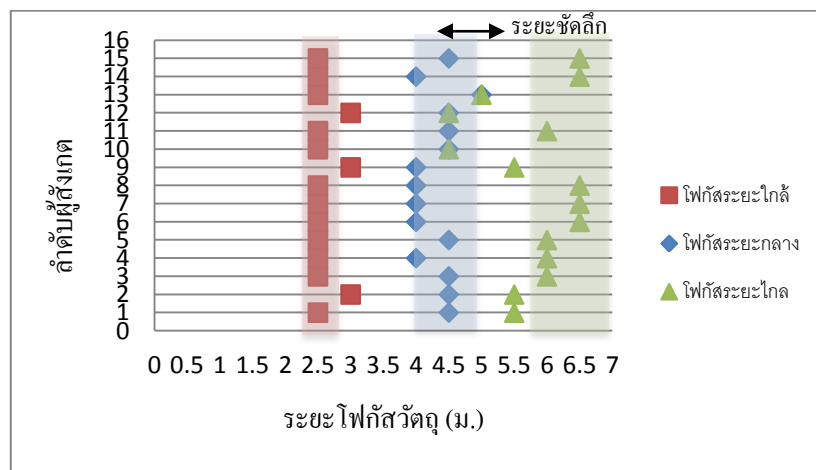
4.2 ผลของระยะชัดลึกต่อการรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติ

4.2.1 ผลจากผู้สังเกตที่พิจารณาเห็นว่าภาพวัตถุที่ตำแหน่งระยะใดเห็นว่าชัดที่สุด เปรียบเทียบกับการคำนวณจากสมการ (2)และ(3)

ตารางที่ 4 - 1 แสดงค่าการคำนวณช่วงความชัดที่ค่ารับแสงขนาดต่างกัน

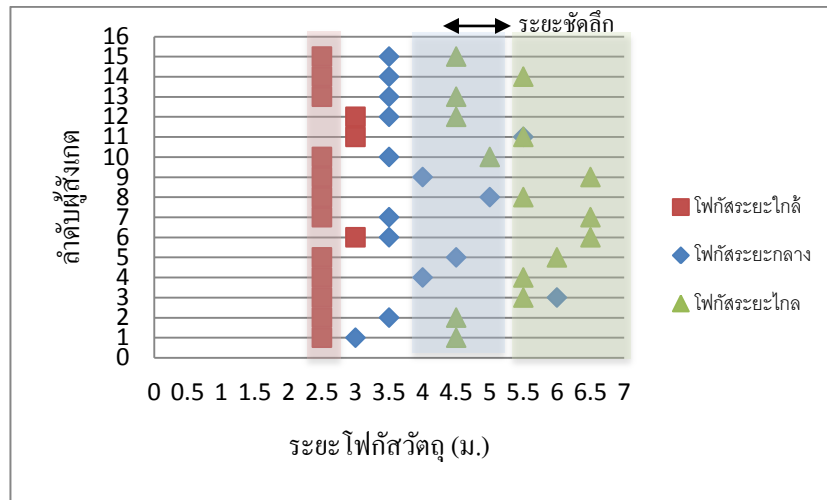
ค่ารับแสง	โฟกัส ที่ 2.5 ม. ช่วงระยะชัดลึก(ม.)	โฟกัส ที่ 4.5 ม. ช่วงระยะชัดลึก(ม.)	โฟกัส ที่ 6.5 ม. ช่วงระยะชัดลึก(ม.)
f/2.8	2.37-2.64	4.11-4.98	5.71-7.55
f/4	2.33-2.70	3.96-5.20	5.43-8.09
f/5.6	2.26-2.79	3.78-5.56	5.09-8.99
f/8	2.18-2.94	3.54-6.17	4.67-10.70
f/11	2.06-3.17	3.25-7.29	4.18-14.60

แผนภูมิที่ 4-2: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็นว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารับแสง f/2.8



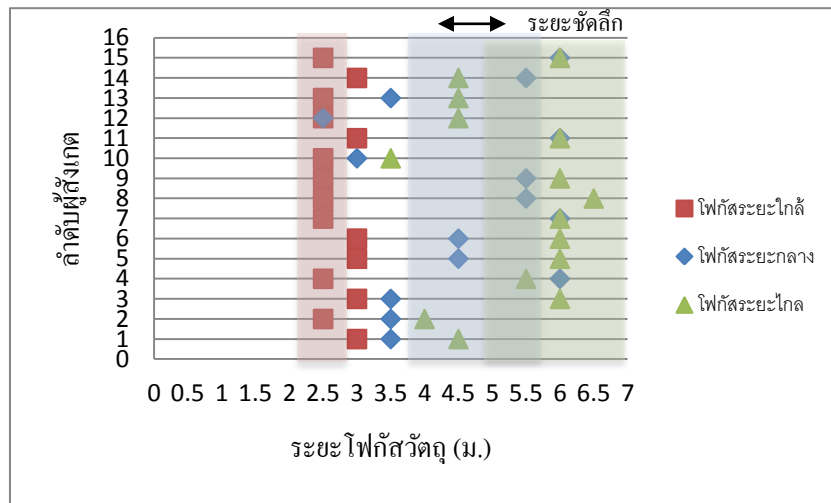
ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 80 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคำนวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลางและไกล ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 53.33 และ ร้อยละ 33.33 ตามลำดับ นอกจากนี้หากพิจารณาแผนภูมิช่วงที่แสดงความครอบคลุมระยะชัดของภาพ ทำให้ทราบว่าผู้สังเกตเห็นภาพที่ความชัดในระยะของวัตถุข้างเคียงด้วยเช่นกันเป็นผลเนื่องมาจากช่วงความชัดลึก

แผนภูมิที่ 4-3: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็นว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารับแสง $f/4$



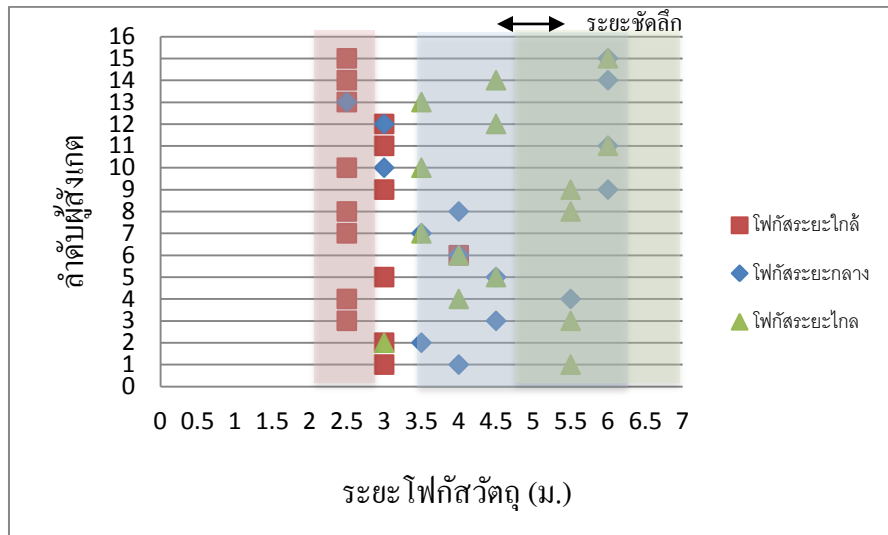
ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะไกล ผู้สังเกตร้อยละ 80 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคำนวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลางและไกล ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 6.67 และ ร้อยละ 33.33 ตามลำดับ นอกจากนี้หากพิจารณาแผนภูมิช่วงที่แสดงความครอบคลุมระยะชัดของภาพ ทำให้ทราบว่าผู้สังเกตเห็นภาพที่ความชัดในระยะของวัตถุข้างเคียงด้วยเช่นกันเป็นผลเนื่องมาจากช่วงความชัดลึก แต่ในช่วงของโฟกัสระยะกลางและไกลผลของผู้สังเกตมีแนวโน้มในการเห็นว่าภาพวัตถุมีความชัดในระยะที่ใกล้กว่าระยะจริงที่กำหนดไว้ตำแหน่ง 4.5 เมตร และ 6.5 เมตร

แผนภูมิที่ 4-4: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็นว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารูรับแสง f/5.6



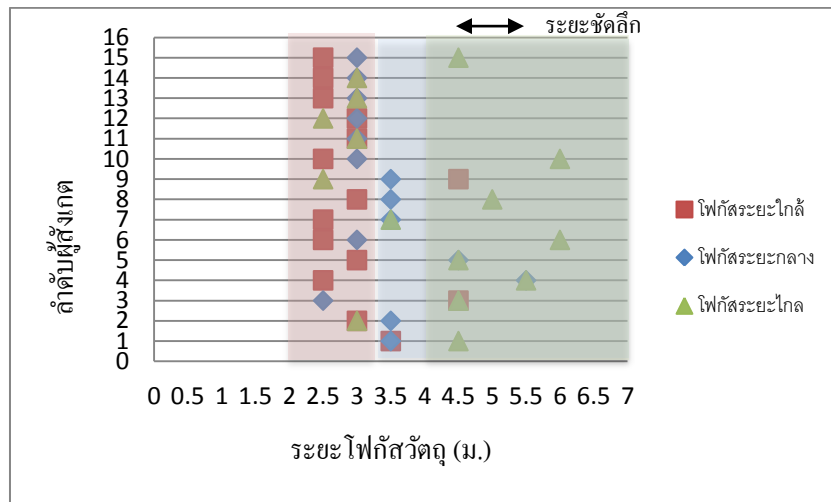
ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 60 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคำนวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลางและไกล ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 20 และ ร้อยละ 6.67 ตามลำดับ นอกจากนี้หากพิจารณาแผนภูมิช่วงที่แสดงความครอบคลุมระยะชัดของภาพ ทำให้ทราบว่าผู้สังเกตเห็นภาพที่ความชัดในระยะของวัตถุข้างเคียงด้วยเช่นกันเป็นผลเนื่องมาจากช่วงความชัดลึก สำหรับตำแหน่งโฟกัสระยะใกล้ผลความแตกต่างในการพิจารณาความชัดภาพจะอยู่ในระยะ 2.5 เมตร และ 3 เมตร แต่ในช่วงของโฟกัสระยะกลางและไกลผลของผู้สังเกตมีการกระจายค่อนข้างมาก แต่ก็ยังมีแนวโน้มเห็นว่าภาพวัตถุมีความชัดในระยะที่ใกล้กว่าระยะจริง

แผนภูมิที่ 4-5: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็นว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารูรับแสง $f/8$



ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 53.33 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคำนวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลาง ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 23.33 แต่ที่ตำแหน่งโฟกัสระยะไกล ไม่มีผู้สังเกตระบุระยะความชัดภาพที่ตำแหน่ง 6.5 เมตรเลย แต่จากการพิจารณาช่วงระยะชัดลึกที่ได้จากการคำนวณพบว่าในช่วงการโฟกัสระยะกลางพื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมผลจากผู้สังเกตมองเห็นวัตถุในภาพมีความชัดแล้ว

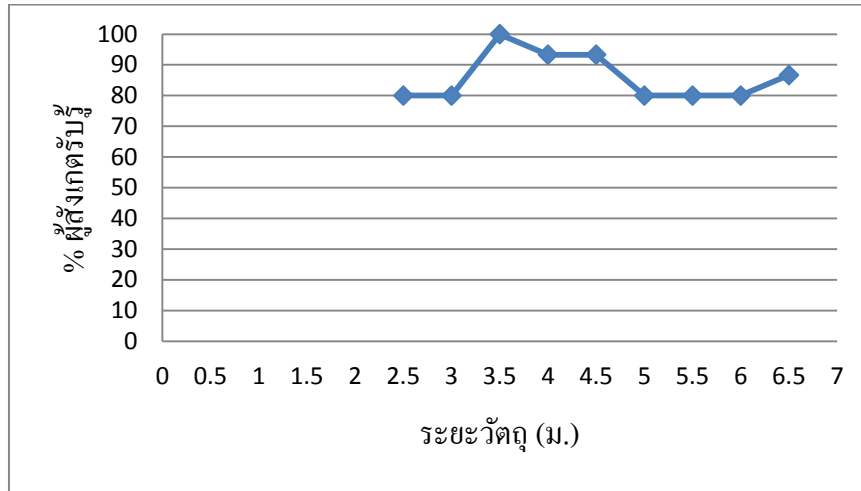
แผนภูมิที่ 4-6: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็นว่าชัด ที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้งสามระยะจากค่ารูรับแสง f/11



ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 46.67 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคำนวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลาง ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 6.67 แต่ที่ตำแหน่งโฟกัสระยะไกล ไม่มีผู้สังเกตระบุระยะความชัดภาพที่ตำแหน่ง 6.5 เมตรเลย แต่จากการพิจารณาช่วงระยะชัดลึกที่ได้จากการคำนวณพบว่าในช่วงการโฟกัสระยะกลางพื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมผลจากผู้สังเกตมองเห็นวัตถุในภาพมีความชัดแล้ว

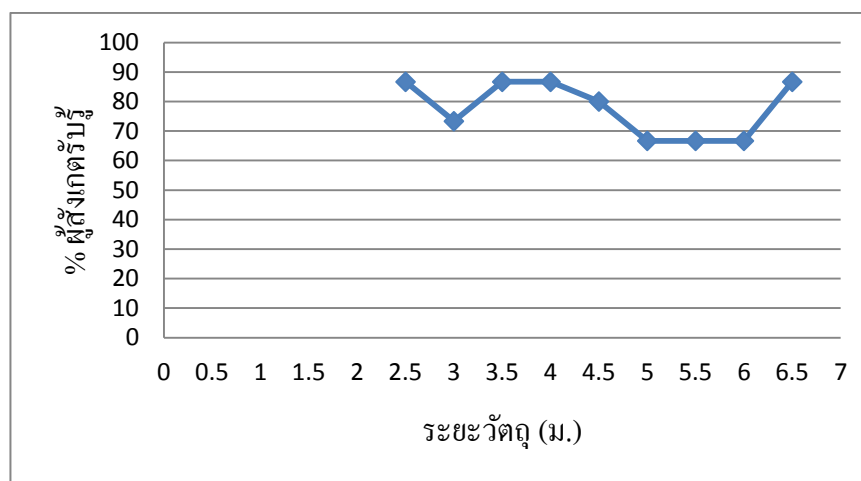
4.2.2 ผลของระยะชัดลึกต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ

แผนภูมิที่ 4-7: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับแสง f/2.8



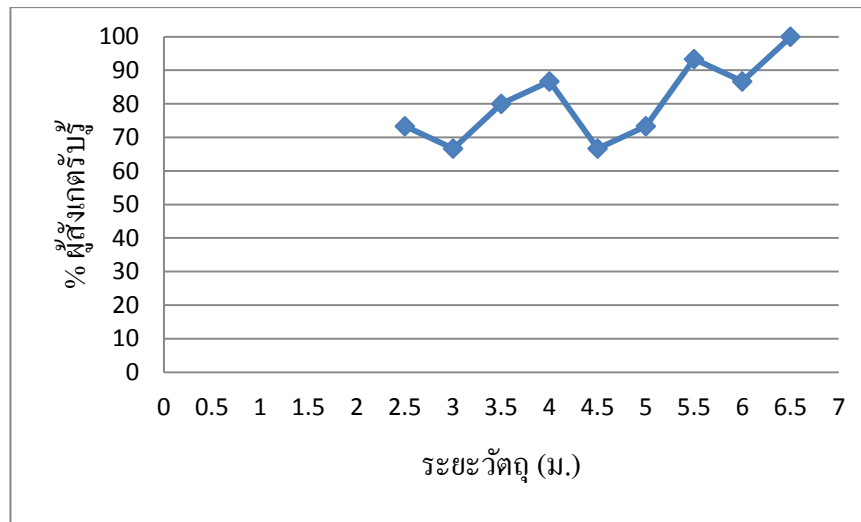
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่า ผลการเรียงตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 80 ขึ้นไป ที่ระยะโฟกัสวัตถุตำแหน่ง 2.5 เมตร ภาพมีระยะความชัดตื้นแคบ จากตารางที่ 4-1 แต่ผลของการรับรู้ในเชิงภาพสามมิติของผู้สังเกต ความเบลอภาพมีผลกระทบน้อยต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ

แผนภูมิที่ 4-8: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับแสง f/2.8



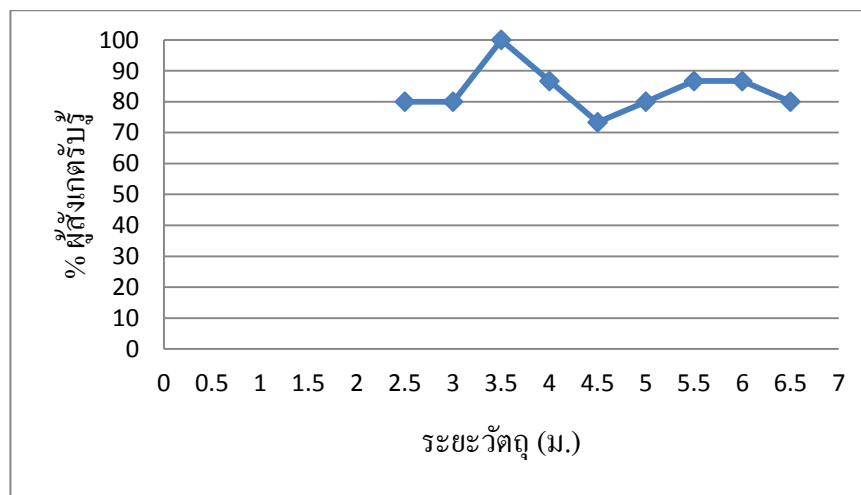
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องมีแนวโน้มใกล้เคียงกับแผนภูมิที่ 4-7

แผนภูมิที่ 4-9: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับแสง f/2.8



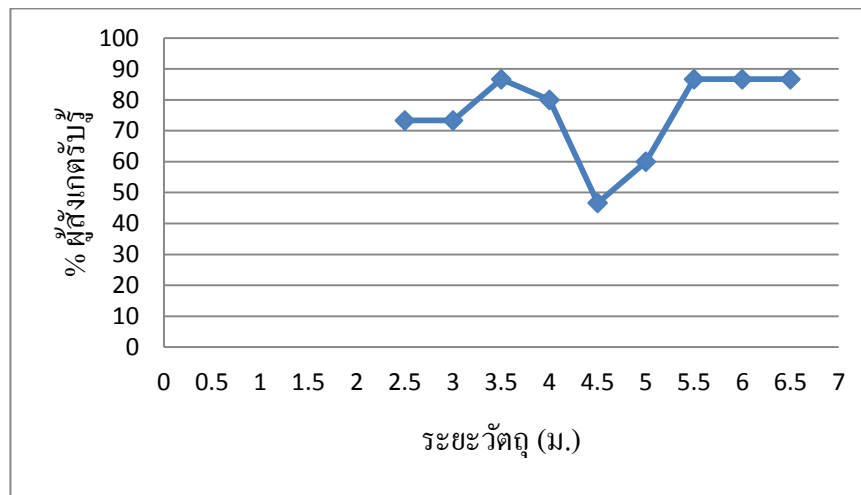
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 60 ขึ้นไปและมีแนวโน้มของการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่เพิ่มขึ้น และที่ตำแหน่งวัตถุ 6.5 เมตร ผลของผู้สังเกตมีการรับรู้ตำแหน่งที่ถูกต้องทั้งหมด

แผนภูมิที่ 4-10: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับแสง f/4



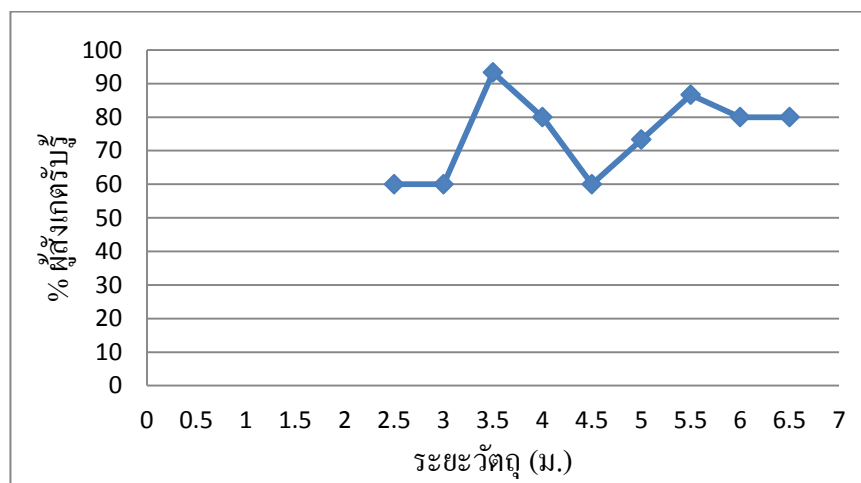
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 70 ขึ้นไป แต่ในตำแหน่งระยะวัตถุที่ 4.5 เมตร เป็นตำแหน่งที่มีค่าการรับรู้ต่ำที่สุดในแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 4-11: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับแสง f/4



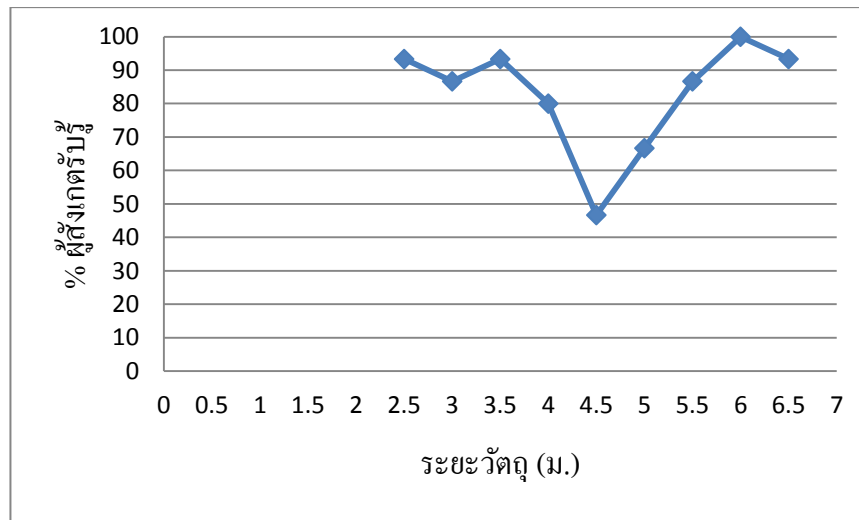
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติค่าค่าแนวโน้มการรับรู้ใกล้เคียงกับแผนภูมิที่ 4-10 แต่จุดที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดคือ ที่ตำแหน่ง 4.5 เมตร มีค่าอัตราส่วนร้อยละที่ผู้สังเกตรับรู้เมื่อเรียงระดับความลึกภาพสามมิติที่ต่ำกว่ามาก

แผนภูมิที่ 4-12: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับแสง f/4



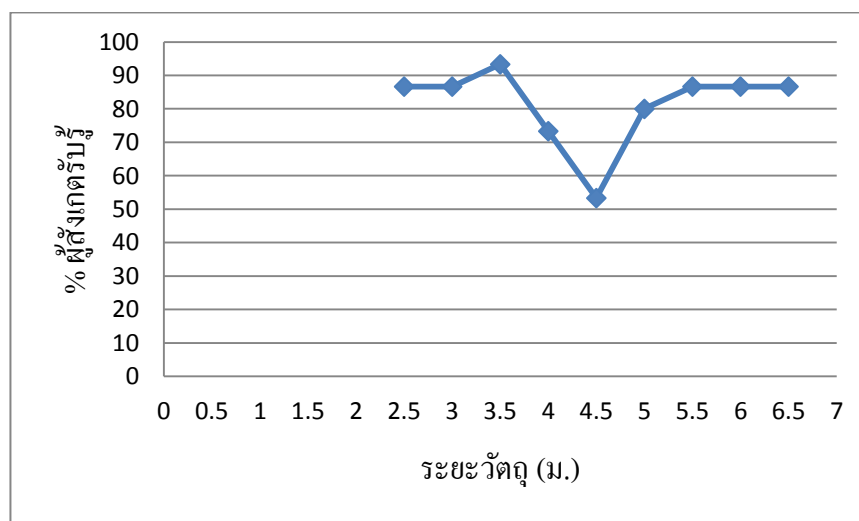
จากผลการทดลองนำเสนอข้อมูลตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ การรับรู้ค่าต่ำสุดอยู่ที่ตำแหน่ง 2.5, 3 และ 4.5 เมตร

แผนภูมิที่ 4-13: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับรู้แสง f/5.6



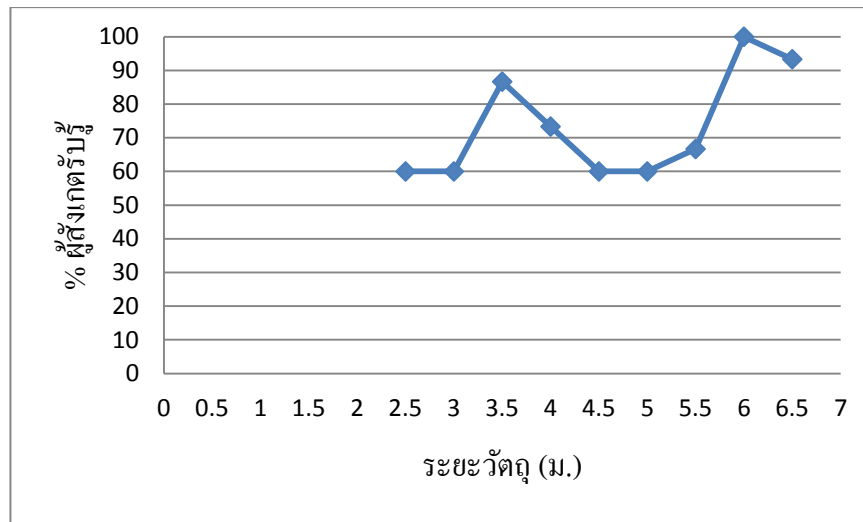
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 80 ขึ้นไปของตำแหน่งวัตถุที่ 2.5-3.5 เมตร และ 5.5-6.5 เมตร แต่ ที่ตำแหน่งระยะวัตถุที่ 4.5 เมตรมีค่าอัตราส่วนร้อยละในการรับรู้มีค่าต่ำที่สุด

แผนภูมิที่ 4-14: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับรู้แสง f/5.6



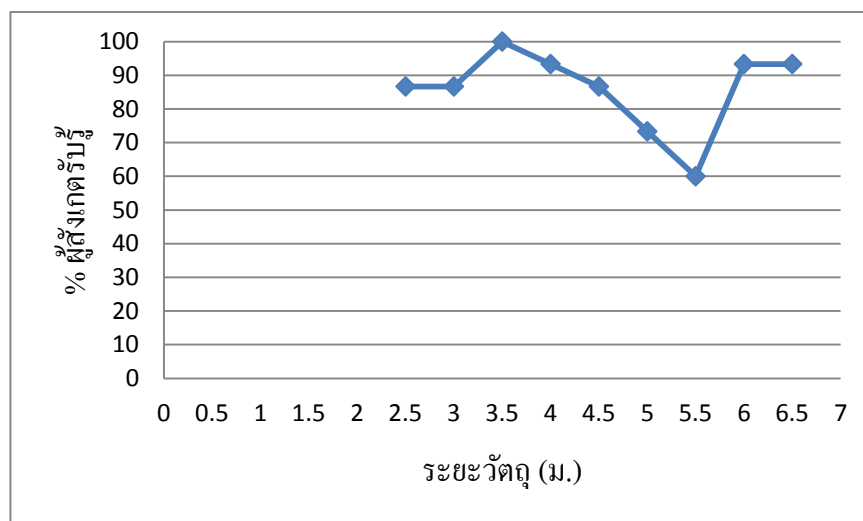
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องโดยรวมที่อัตราส่วนร้อยละ 80 ขึ้นไป และที่ตำแหน่งวัตถุที่ 4.5 เมตร มีค่าต่ำสุด

แผนภูมิที่ 4-15: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับรู้แสง f/5.6



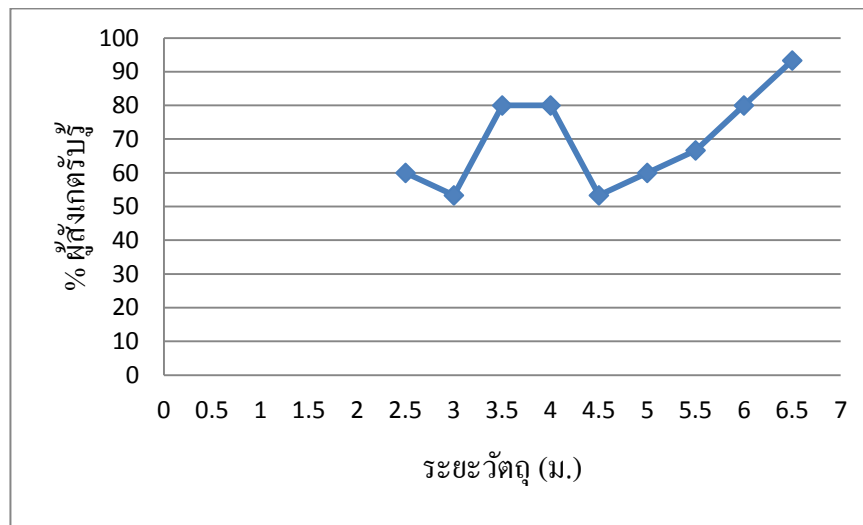
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ ค่าความถูกต้องสูงสุดที่ตำแหน่งวัตถุ 6 เมตร และเป็นตำแหน่งที่ครอบคลุมช่วงความชัดลึก

แผนภูมิที่ 4-16: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับรู้แสง f/8



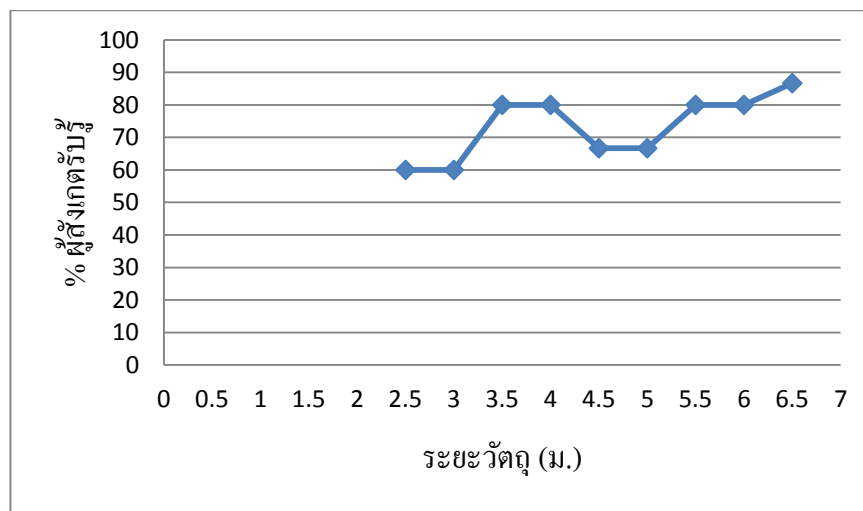
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 80 ขึ้นไป เมื่อเลือกพิจารณาโฟกัสที่วัตถุตำแหน่ง 2.5 เมตร ในช่วงของระยะชัดลึกที่ครอบคลุม จากตารางที่ 4-1 ผลของความชัดทำให้อัตราส่วนร้อยละในการรับรู้มีค่าสูง

แผนภูมิที่ 4-17: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับแสง f/8



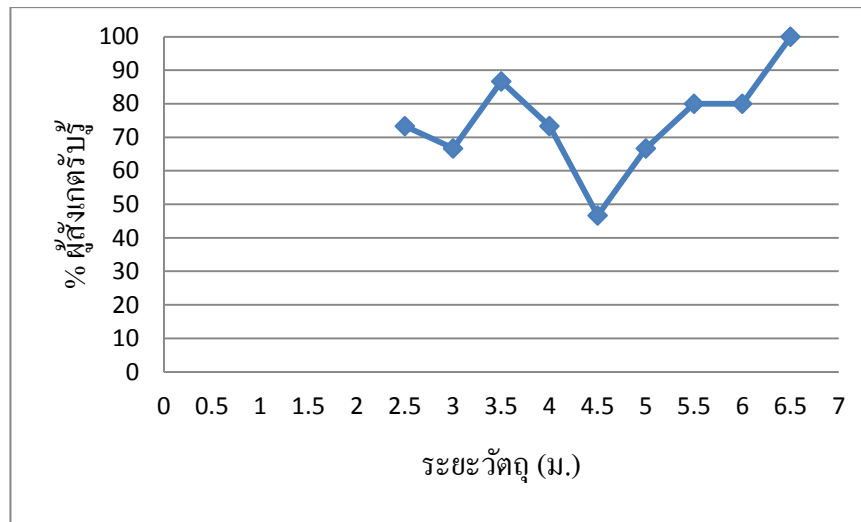
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในตำแหน่ง 3 เมตร และ 4.5 เมตร มีค่าต่ำที่สุด และตั้งแต่วัตถุตำแหน่งที่ 5 เมตรมีค่าแนวโน้มการรับรู้ที่เพิ่มขึ้น

แผนภูมิที่ 4-18: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับแสง f/8



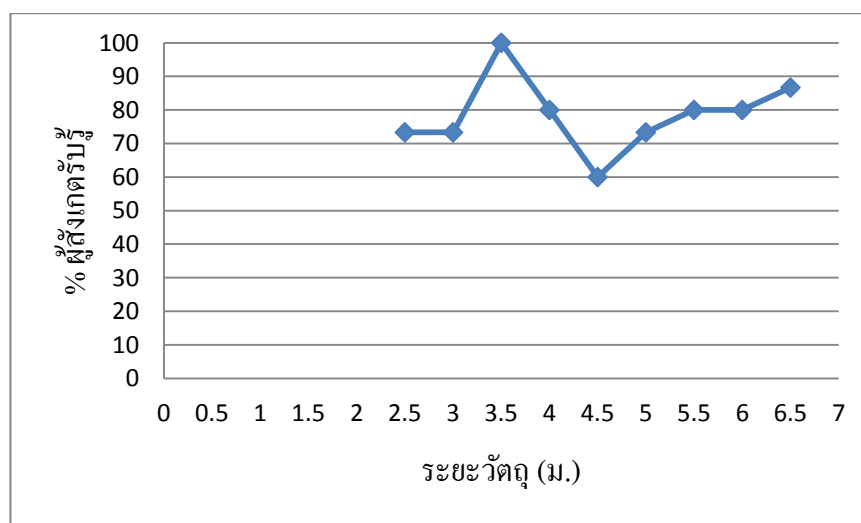
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าในการตั้งค่ารูรับแสงที่ F 8 เหมือนกัน แต่พิจารณาผลของตำแหน่งโฟกัสของภาพระยะกลาง และไกล มีแนวโน้มความถูกต้องเพิ่มขึ้นในการเรียงการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ

แผนภูมิที่ 4-19: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารูรับแสง f/11



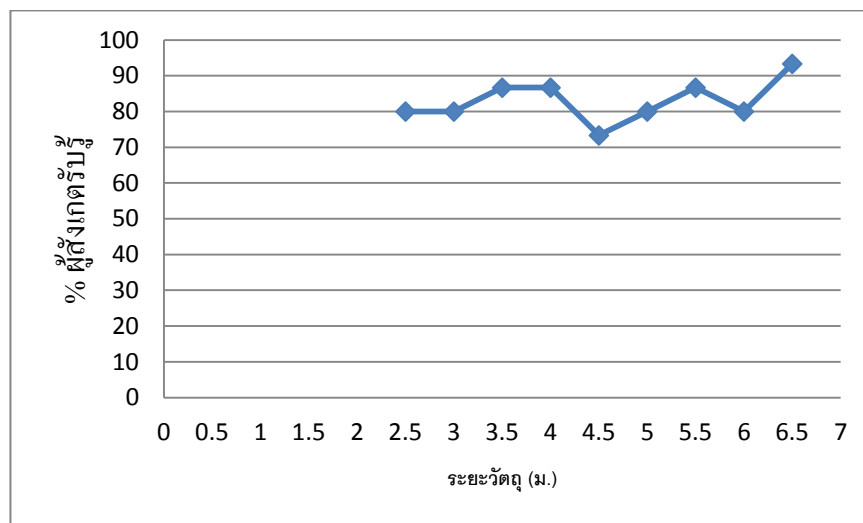
จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่ตำแหน่งวัตถุ 4.5 เมตร มีค่าอัตราส่วนร้อยละการรับรู้ต่ำที่สุด และมีแนวโน้มของอัตราส่วนร้อยละการรับรู้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อตำแหน่งระยะวัตถุมากกว่า 5 เมตรขึ้นไป

แผนภูมิที่ 4-20: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารูรับแสง f/11



จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 70 ขึ้นไป และที่ตำแหน่งวัตถุ 3.5 เมตร ผู้สังเกตเรียงค่าได้ถูกต้องในตำแหน่งนี้ทั้งหมด แต่สำหรับวัตถุที่ 4.5 เมตร มีค่าต่ำที่สุด และมีแนวโน้มคล้ายกับแผนภูมิที่ 4-19

แผนภูมิที่ 4-21: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับรู้แสง f/11



จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และนำเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียงตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 70 ขึ้นไป และวัตถุตำแหน่ง 4.5 เมตร ยังคงมีค่าต่ำที่สุด

ดังนั้นจากการทดลองในหัวข้อ 4.2.2 ทำการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติ Two-way analysis of variance (ANOVA) ตามตารางที่ 4-2 เพื่อทราบผลนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของความแตกต่างการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติของภาพที่ค่ารูรับแสงและตำแหน่งโฟกัสวัตถุที่เปลี่ยนไป กรณีของสมมติฐานจะปฏิเสธที่ค่า F มีค่าน้อยกว่าค่า F วิกฤต โดยการตั้งสมมติฐานมีดังนี้

- 1) H_0 : การรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติเมื่อค่ารูรับแสงที่เปลี่ยนไปไม่มีผล
 H_1 : การรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติเมื่อค่ารูรับแสงที่เปลี่ยนไปมีผล
- 2) H_0 : การรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติเมื่อตำแหน่งโฟกัสที่เปลี่ยนไปไม่มีผล

H1: การรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติเมื่อตำแหน่งโฟกัสที่เปลี่ยนไปมีผล

3) Ho: ค่ารับรู้แสงและตำแหน่งโฟกัสไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ

H1: ค่ารับรู้แสงและตำแหน่งโฟกัสมีปฏิสัมพันธ์กับการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ

ตารางที่ 4-2 : การวิเคราะห์ Two-way analysis of variance (ANOVA)

Source of Variation	df	F	F-crit	P-value
ค่ารับรู้แสง	4	1.728	2.415	0.145
ตำแหน่งโฟกัส	2	8.359	3.039	0.000*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่ารับรู้แสงและตำแหน่งโฟกัส	8	1.196	1.983	0.303

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลค่าความแปรปรวนของรับรู้แสงได้ค่า $F = 1.728$ ซึ่งน้อยกว่าค่า F วิกฤต จึงสรุปได้ว่า ค่ารับรู้แสงไม่มีผลต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่ความเชื่อมั่น 95%

จากผลค่าความแปรปรวนของตำแหน่งโฟกัสได้ค่า $F = 8.359$ ซึ่งมากกว่าค่า F วิกฤต จึงสรุปได้ว่า ตำแหน่งโฟกัสภาพมีผลต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่ความเชื่อมั่น 95% และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลค่าความแปรปรวนปฏิสัมพันธ์รับรู้แสงและตำแหน่งโฟกัสได้ค่า $F = 1.196$ ซึ่งน้อยกว่าค่า F วิกฤต จึงสรุปได้ว่า ค่ารับรู้แสงและตำแหน่งโฟกัสมีผลต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่ความเชื่อมั่น 95%

4.3 การประเมินความพึงพอใจในภาพสามมิติ

ผลจากการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของ Kruskal-Wallis Test โดยมีการตั้งสมมติฐานและผลของสมมติฐานแสดงผลไว้ในตารางที่ 4-3 ถึง ตารางที่ 4-5 ไว้ดังนี้

(1) ที่ตำแหน่งไฟกักระยะใกล้ (2.5เมตร)

Ho: ความพึงพอใจภาพไม่มีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน

H1: ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน

(2) ที่ตำแหน่งไฟกักระยะกลาง (4.5เมตร)

Ho: ความพึงพอใจภาพไม่มีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน

H1: ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน

(3) ที่ตำแหน่งไฟกักระยะไกล (6.5เมตร)

Ho: ความพึงพอใจภาพไม่มีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน

H1: ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน

ตารางที่ 4-3 : ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสใกล้

ผู้สังเกต	ตำแหน่งโฟกัสระยะใกล้ 2.5 เมตร				
	F2.8 (ลำดับ)	F 4 (ลำดับ)	F 5.6 (ลำดับ)	F 8 (ลำดับ)	F 11 (ลำดับ)
1	4	5	3	3	1
2	1	4	2	5	3
3	3	2	5	4	1
4	1	2	3	4	5
5	5	4	3	1	2
6	5	1	2	4	3
7	5	4	3	2	1
8	4	5	3	2	1
9	2	1	3	4	5
10	5	2	1	3	4
11	2	1	5	3	4
12	2	3	1	5	4
13	5	5	3	2	1
14	4	2	3	5	1
15	5	1	3	2	4

Kruskal-Wallis Test

Ranks (ตำแหน่งโฟกัสใกล้ 2.5 เมตร)				Test Statistics ^{a,b}	
ค่าปรับแสง	N	Mean		ความพอใจ	
2.8	15	45.83	ความพอใจ	Chi-Square	3.386
4	15	34.93		df	4
5.6	15	36.23		Asymp. Sig.	.4954
8	15	40.00		a= Kruskal Wallis Test	
11	15	33.00		b=Gropuing Variable: ค่าปรับแสง	
Total	75				

ผลการทดสอบ Kruskal – Wallis test ของตำแหน่งโฟกัสระยะใกล้ 2.5เมตร ได้ค่าสถิติทดสอบ Chi – Square เท่ากับ 3.386 ที่ df = 4 และ Asymp. Sig. เท่ากับ .4954 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = .05$) จึงยอมรับ H_0 คือ ความพึงพอใจภาพไม่มีผลเมื่อค่าปรับแสงเปลี่ยนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4-4 : ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสกลาง

ผู้สังเกต	ตำแหน่งโฟกัสระยะกลาง 4.5 ม.				
	F2.8 (ลำดับ)	F 4 (ลำดับ)	F 5.6 (ลำดับ)	F 8 (ลำดับ)	F 11 (ลำดับ)
1	1	3	2	5	4
2	2	1	5	4	3
3	1	5	3	2	4
4	1	2	3	5	4
5	1	3	2	4	5
6	1	3	5	4	2
7	1	2	3	4	5
8	4	5	3	2	1
9	1	2	3	4	5
10	1	2	5	3	4
11	1	2	3	5	4
12	2	4	1	5	3
13	5	4	3	2	1
14	1	2	3	4	5
15	2	1	3	5	4

Kruskal-Wallis Test

Ranks (ตำแหน่งโฟกัสกลาง 4.5 เมตร)

ค่ารับแสง	N	Mean Rank	Test Statistics ^{a,b}	
2.8	15	18.00		ความพอใจ
4	15	34.00	Chi-Square	22.036
5.6	15	40.00	df	4
8	15	51.00	Asymp. Sig.	.000*
11	15	47.00	a= Kruskal Wallis Test	
Total	75		b=Gropuing Variable: ค่ารับแสง	

*แตกต่างกันมีนัยสำคัญ

ผลการทดสอบ Kruskal – Wallis test ของตำแหน่งโฟกัสระยะใกล้ 4.5 เมตร ได้ค่าสถิติทดสอบ Chi – Square เท่ากับ 22.036 ที่ $df = 4$ และ Asymp. Sig. เท่ากับ .000*ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = .05$) จึงปฏิเสธ H_0 คือ ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ภาพที่ค่ารับแสง f/8 มีค่าลำดับเฉลี่ยสูงที่สุดผู้สังเกตพึงพอใจภาพมากที่สุด

ตารางที่ 4-5 : ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสไกล

ผู้สังเกต	ตำแหน่งโฟกัสระยะไกล 6.5 ม.				
	F2.8 (ลำดับ)	F 4 (ลำดับ)	F 5.6 (ลำดับ)	F 8 (ลำดับ)	F 11 (ลำดับ)
1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	5	4
3	5	4	3	2	1
4	1	2	3	4	5
5	2	2	5	4	3
6	1	3	4	2	5
7	1	2	3	5	4
8	1	2	3	4	5
9	1	2	4	5	3
10	3	4	5	1	2
11	2	1	3	4	5
12	1	5	2	4	3
13	5	4	3	2	1
14	1	2	3	4	5
15	1	3	4	3	5

Kruskal-Wallis Test

Ranks (ตำแหน่งโฟกัสไกล 6.5 เมตร)				
ค่ารับแสง	N	Mean Rank	Test Statistics ^{a,b}	
2.8	15	19.50	ความพอใจ	19.127
4	15	32.37		
5.6	15	43.63		
8	15	45.73		
11	15	48.77		
Total	75			

df 4
Asymp. Sig. .001*

a= Kruskal Wallis Test
b=Gropuing Variable: ค่ารับแสง

*แตกต่างกันมีนัยสำคัญ

ผลการทดสอบ Kruskal – Wallis test ของตำแหน่งโฟกัสระยะไกล 6.5 เมตร ได้ ค่าสถิติทดสอบ Chi – Square เท่ากับ 19.127 ที่ df = 4 และ Asymp. Sig. เท่ากับ .001* ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha = .05$) จึงปฏิเสธ H_0 คือ ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน

แตกต่างกันมีนัยสำคัญ ภาพที่ค่ารูรับแสง $f/11$ มีค่าลำดับเฉลี่ยสูงที่สุดผู้สังเกตพึงพอใจภาพมากที่สุด

บทที่ 5

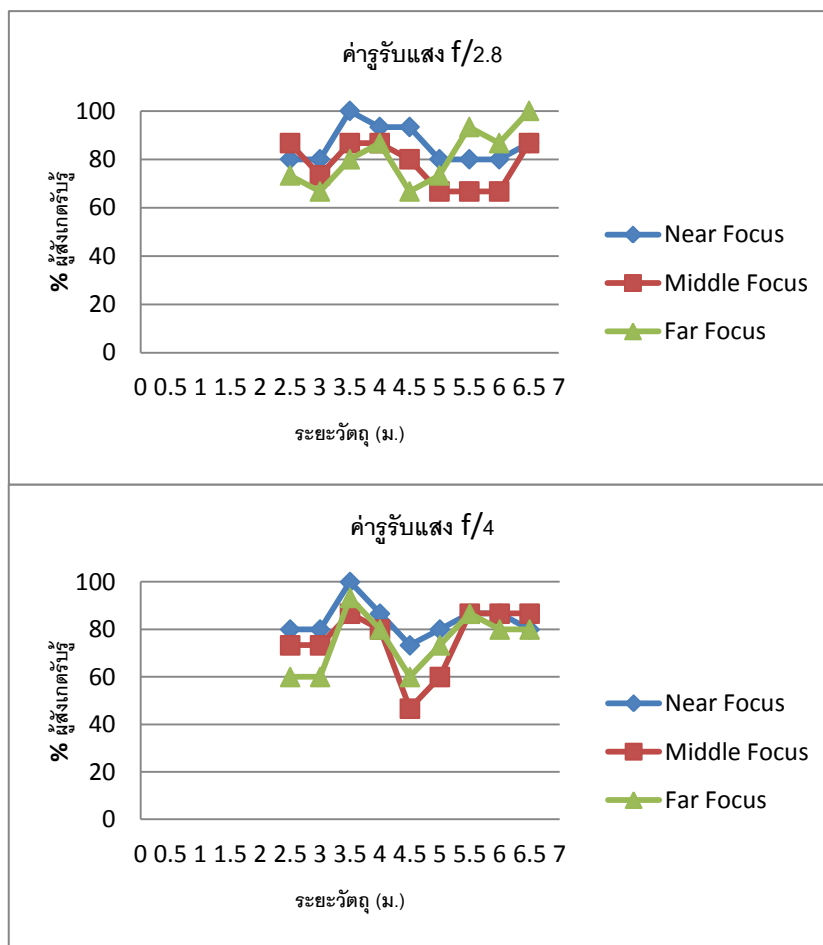
สรุปผลการวิจัย

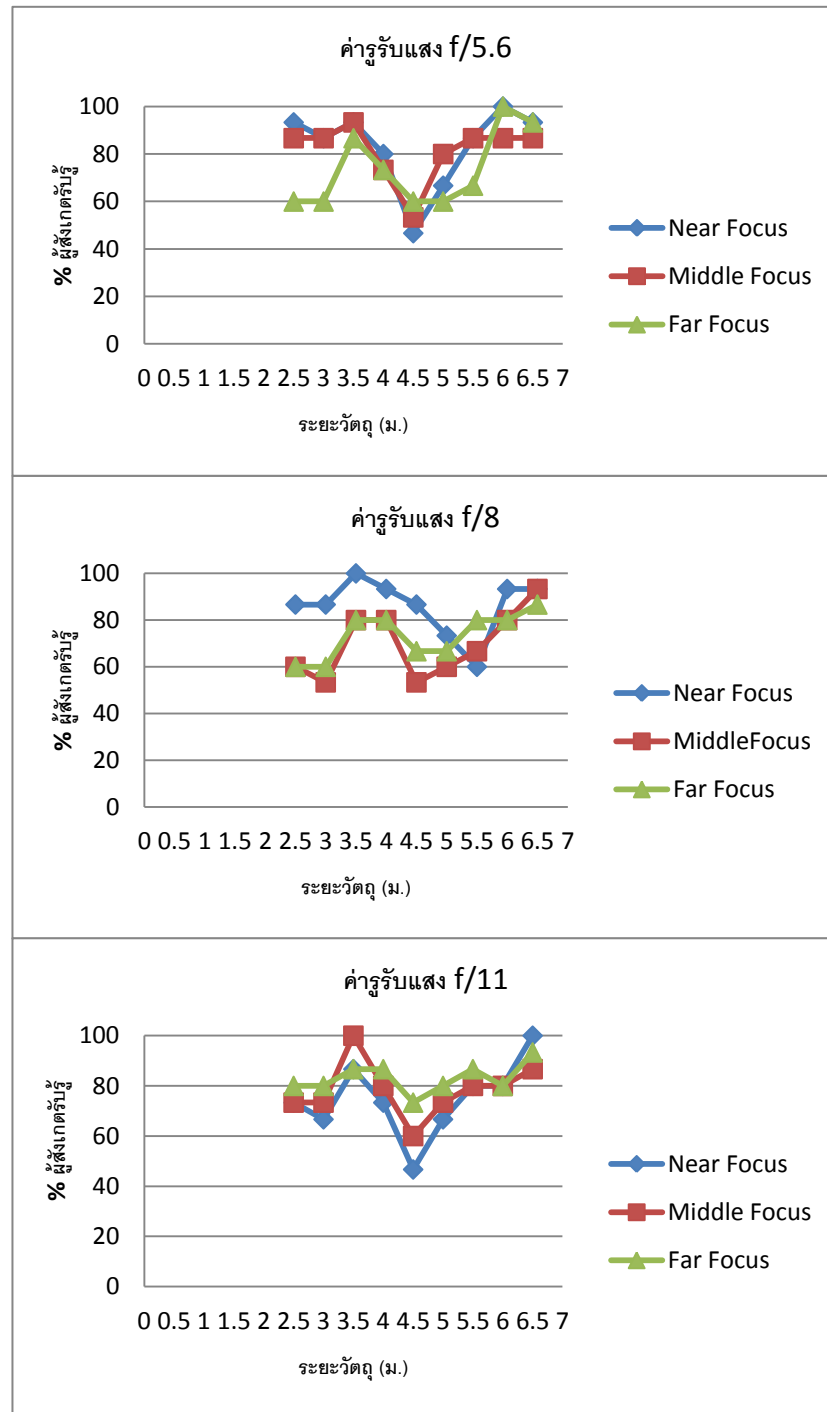
5.1 วิจัยผลการทดลอง

5.1.1 ผลการทดลองส่วนที่ 1 การรับรู้ความแตกต่างระยะห่างของวัตถุที่ระนาบต่างกัน ผู้สังเกตสามารถเริ่มแยกแยะได้ที่ระยะ 2.25 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผลจากการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Silva [13] ผลเปรียบเทียบความแตกต่างจากการทดสอบของผู้วิจัยที่ได้มีค่าระยะวัตถุที่ห่างออกไปมากกว่าอยู่ 0.33 เซนติเมตร

5.1.2 ผลการทดลองส่วนที่ 2-1 สามารถสรุปได้จากแผนภูมิที่ 5-1 ดังนี้

แผนภูมิที่ 5-1: ผลการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่ขึ้นกับรูรับแสงและตำแหน่งโฟกัส





จากผลการศึกษา ทำให้ทราบว่า ในการสร้างสื่อสามมิติ ผลของค่ารูรับแสงร่วมกับตำแหน่งโฟกัสวัตถุที่เปลี่ยนไป ส่งผลต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ผลของตำแหน่งโฟกัสเพียงปัจจัยเดียวก็สามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% ด้วยเช่นกัน

5.1.3 ผลการทดลองส่วนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจจากการพิจารณาภาพถ่ายจริงสามมิติ

ที่ตำแหน่งโฟกัสระยะใกล้ 2.5 เมตร ผลของความพึงพอใจภาพสามมิติที่ค่ารับแสงเปลี่ยนไปไม่มีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ที่ตำแหน่งโฟกัสระยะกลาง 4.5 เมตร ผลของความพึงพอใจภาพสามมิติมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้ค่ารับแสง $f/8$ สำหรับการถ่ายภาพสามมิติ

ที่ตำแหน่งโฟกัสระยะไกล 6.5 เมตร ผลของความพึงพอใจภาพสามมิติมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้ค่ารับแสง $f/11$ (ภาพมีความชัดลึก) และรองลงมาตามลำดับขนาดค่ารับแสงที่น้อยลงผลของความพึงพอใจมีค่าลดลง ตามลำดับ

รายการอ้างอิง

- [1] เมธาวี จารุวัฒน์จิระกร และ อธิธิกร ขำเดช. การศึกษาการตัดสินใจเลือกซื้อโทรทัศน์สามมิติในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารการเงิน การลงทุน การตลาดและบริหารธุรกิจ 2 (กรกฎาคม-กันยายน 2555) : 113-134.
- [2] Ukai, K. Human factors for stereoscopic images. In IEEE, International Conference Multimedia and Expo, pp. 1697-1700. 2006.
- [3] Leon, G., Kalva, H., and Furht, B. 3D video quality evaluation with depth quality variations, In IEEE, 3DTV Conference: The True Vision-Capture, Transmission and Display of 3D Video, pp. 301-304. 2008.
- [4] Benoit, A., Le Callet, P., Campisi, P., & Cousseau, R. Using disparity for quality assessment of stereoscopic images. In IEEE, Image Processing ICIP 15th IEEE International Conference, pp. 389-392. 2008.
- [5] Lambooij M., Fortuin, M., Heynderickx, I., and IJsselsteijn, W. Visual discomfort and visual fatigue of stereoscopic displays: a review. Journal of Imaging Science and Technology 53, 30201-1.
- [6] Reichelt, S., Häußler, R., Fütterer, G., & Leister, N. Depth cues in human visual perception and their realization in 3D displays. In International Society for Optics and Photonics, SPIE Defense Security and Sensing, pp. 76900B-76900B. 2010.

- [7] Winkler, S., Min, D. Stereoscopic image quality compendium. In Information Communications and Signal Processing (ICICS) 8th International Conference, pp. 1-5. 2011.
- [8] Chen, W., Fournier, J., Barkowsky, M. and Le Callet, P. New requirements of subjective video quality assessment methodologies for 3DTV. NEW REQUIREMENTS OF SUBJECTIVE VIDEO QUALITY ASSESSMENT METHODOLOGIES FOR 3DTV, 2010.
- [9] Kaller, O., Bolecek, L., Slanina, M., and Kratochvil, T. Comparison of Stereoscopic Display Systems by Subjective Testing. In The Seventh International Conference on Digital Telecommunications, pp. 73-77. 2012.
- [10] Kaller, O., Bolecek, L., Slanina, M. Subjective Evaluation and Measurement of Angular Characteristics of the 3D Stereoscopic Displays. In 22nd International Conference Radioelektronika, 2012.
- [11] Xu, D., Coria, L. and Nasiopoulos, P. Guidelines for capturing high quality stereoscopic content based on a systematic subjective evaluation. In IEEE, Electronics Circuits and Systems (ICECS) 17th International Conference, pp. 162-165. 2010.
- [12] Greenleaf, Allen, R. Photographic Optic. New York : The MacMillan Company, 1950.
- [13] De Silva, V., Fernando, A., Worrall, S., Arachchi, H. K., & Kondoz, A. Sensitivity analysis of the human visual system for depth cues in stereoscopic 3-D displays. Multimedia IEEE Transactions 13 (July-September 2011) : 498-506.

- [14] De Silva, D. V. S., Fernando, W. A. C., Nur, G., Ekmekcioglu, E. and Worrall, S. T.
3D video assessment with just noticeable difference in depth evaluation. In
IEEE Image Processing (ICIP) 17th International Conference, pp. 4013-4016.
2010.
- [15] Lebreton, P., Raake, A., Barkowsky, M., & Le Callet, P. Evaluating Depth
Perception of 3D Stereoscopic Videos. IEEE Journal of Selected Topics in Signal
Processing 6(November-December 2012) : 710-720.
- [16] BT, ITUR. 1438. Subjective assessment of stereoscopic television pictures,
Recommendation ITU-R BT. 1438, ITU Telecom. Sector of ITU, 2000.

ภาคผนวก

Observer	AV2.8_Near :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
9	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
10	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
11	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
total error	3	3	0	1	1	3	3	3	2	3
%	20	20	0	6.67	6.67	20	20	20	13.33	20
Observer	AV2.8_Mid :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
7	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
10	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
11	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
14	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
total error	2	4	2	2	3	5	5	5	2	8
%	13.33	26.67	13.33	13.33	20	33.33	33.33	33.33	13.33	53.33

Observer	AV2.8_Far :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
3	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
4	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
10	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
15	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
total error	4	5	3	2	5	4	1	2	0	10
%	26.67	33.33	20	13.33	33.33	26.67	6.667	13.33	0	66.67
Observer	AV4_Near :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
10	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
total error	3	3	0	2	4	3	2	2	3	3
%	20	20	0	13.33	26.67	20	13.33	13.33	20	20

Observer	AV4_Mid :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
8	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
9	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
10	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
11	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
12	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
15	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
total error	4	4	2	3	8	6	2	2	2	14
%	26.67	26.67	13.33	20	53.33	40	13.33	13.33	13.33	93.33
Observer	AV4_Far :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
4	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
11	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
12	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
15	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
total error	6	6	1	3	6	4	2	3	3	10
%	40	40	6.667	20	40	26.67	13.33	20	20	66.67

Observer	AV5.6_Near :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
4	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
10	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
11	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
15	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
total error	1	2	1	3	8	5	2	0	1	6
	6.667	13.33	6.667	20	53.33	33.33	13.33	0	6.667	40
Observer	AV5.6_Mid :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
2	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
8	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
10	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
11	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
15	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
total error	2	2	1	4	7	3	2	2	2	12
%	13.33	13.33	6.667	26.67	46.67	20	13.33	13.33	13.33	80

Observer	AV5.6_Far :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
4	1	1	1	1	0	0		1	1	0
5	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
8	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
15	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
total error	6	6	2	4	6	6	5	0	1	14
%	40	40	13.33	26.67	40	40	33.33	0	6.667	93.33
Observer	AV8_Near :Focus at Object to Object									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	focus
1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
5	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
total error	2	2	0	1	2	4	6	1	1	7
%	13.33	13.33	0	6.667	13.33	26.67	40	6.667	6.667	46.67

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

- ชื่อผู้เขียน นางสาวศรีนาถ ริมเจริญ เกิดวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ.2530 สถานที่เกิด รพ. รามาริบดี กรุงเทพมหานคร
- พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน “มัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา”
- พ.ศ. 2552 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พ.ศ. 2554 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Turnitin Originality Report

Thesis2013 by srinard rimcharoen

From Thesis (Thesis_2013)

Processed on 07-Oct-2013 12:12 ICT

ID: 359367631

Word Count: 16772

Similarity Index	Similarity by Source	
6%	Internet Sources:	6%
	Publications:	2%
	Student Papers:	2%

sources:

- 1 1% match (Internet from 04-Mar-2012)
http://i7e.com/keywords/smallfile_as

- 2 < 1% match (Internet from 29-Jun-2013)
<http://imcol.in/category/python/>

- 3 < 1% match (publications)
[De Silva, D.V.S.X., W.A.C., Fernando, G., Nur, E., Ekmekcioglu, and S.T. Worrall. "3D video assessment with Just Noticeable Difference in Depth evaluation". 2010 IEEE International Conference on Image Processing, 2010.](#)

- 4 < 1% match (student papers from 23-May-2012)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2012-05-23](#)

- 5 < 1% match (student papers from 08-May-2013)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2013-05-08](#)

- 6 < 1% match (student papers from 10-May-2013)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2013-05-10](#)

- 7 < 1% match (student papers from 17-Jul-2012)
[於2012-07-17提交至Naresuan University](#)

- 8 < 1% match (student papers from 11-May-2013)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2013-05-11](#)

- 9 < 1% match (Internet from 04-Feb-2012)
http://www.3dtkorea.or.kr/images/main/2011contens_guide_1.0.pdf

- 10 < 1% match (publications)
[Seung-Won Jung, .Jae-Yun Jeong, and Sung-Jea Ko. "Sharpness Enhancement of Stereo Images Using Binocular Just-Noticeable Difference". IEEE Transactions on Image Processing, 2012.](#)

- 11 < 1% match (publications)
[Forster, Julian, Xin Jiang, Anestis Terzis, and Albrecht Rothmel. "Evaluation of compression algorithms for automotive stereo matching". 2012 IEEE Intelligent Vehicles](#)

Symposium, 2012.

-
- 12 < 1% match (Internet from 08-Sep-2009)
<http://www.abovetopsecret.com/forum/thread278028/pg6>
-
- 13 < 1% match (student papers from 02-May-2013)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2013-05-02](#)
-
- 14 < 1% match (Internet from 15-Jun-2013)
<http://www.cambridgeincolour.com/forums/thread18146.htm>
-
- 15 < 1% match (publications)
[Gutierrez, Jesus, Pablo Perez, Fernando Jaureguizar, Julian Cabrera, and Narciso Garcia. "Validation of a novel approach to subjective quality evaluation of conventional and 3D broadcasted video services". 2012 Fourth International Workshop on Quality of Multimedia Experience, 2012.](#)
-
- 16 < 1% match (publications)
[Polonen, M. "Effect of ambient illumination level on perceived autostereoscopic display quality and depth perception". Displays, 201107.](#)
-
- 17 < 1% match (Internet from 24-Jul-2012)
<http://www.fisheries.go.th/freshwater/web2/images/pdf/puboden.pdf>
-
- 18 < 1% match (publications)
[Di Xu. "Quality of experience for the horizontal pixel parallax adjustment of stereoscopic 3D videos". 2012 IEEE International Conference on Consumer Electronics \(ICCE\), 01/2012](#)
-
- 19 < 1% match (Internet from 06-Apr-2010)
http://sp.cs.tut.fi/mobile3dtv/results/tech/D4.2_Mobile3dtv_v1.0.pdf
-
- 20 < 1% match ()
http://www.ltrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-001088.pdf
-
- 21 < 1% match (student papers from 12-Oct-2011)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2011-10-12](#)
-
- 22 < 1% match (Internet from 16-Oct-2012)
<http://vintage.winklerbros.net/Publications/icics2011.pdf>
-
- 23 < 1% match (Internet from 05-Jan-2013)
http://www.qualinet.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=49
-
- 24 < 1% match (student papers from 21-May-2012)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2012-05-21](#)
-
- < 1% match (Internet from 20-Apr-2013)

25 http://www.rsu.ac.th/education/Dissertations/Full%20Dissertation_Sangwilai.pdf

26 < 1% match (Internet from 22-Sep-2010)

<http://www.sornor.org/wp-content/uploads/2009/12/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A8%E0%B8%I>

27 < 1% match (Internet from 23-Feb-2012)

<http://www.secondary41.go.th/doc/sakpornsap.pdf>

28 < 1% match (student papers from 12-Mar-2012)

[Submitted to Chulalongkorn University on 2012-03-12](#)

29 < 1% match (Internet from 02-Nov-2012)

<http://www.citeulike.org/tag/data>

30 < 1% match (publications)

[Chen, Wei, Jérôme Fournier, Marcus Barkowsky, Patrick Le Callet, Nicolas S. Holliman, and Neil A. Dodgson. "" Stereoscopic Displays and Applications XXII, 2011.](#)

31 < 1% match (student papers from 29-Sep-2011)

[Submitted to Chulalongkorn University on 2011-09-29](#)

32 < 1% match (student papers from 11-Oct-2012)

[Submitted to Chulalongkorn University on 2012-10-11](#)

33 < 1% match (Internet from 17-Feb-2012)

<http://www.soe.mmu.ac.uk/staff/staffbiog/default.asp?StaffID=192&chg=>

34 < 1% match (publications)

[Gräfe, Eva Ulrike. "Relative systemische Verfügbarkeit und Pharmakokinetik von Quercetin und Quercetinglykosiden \(Quercetin-4'-0-glucosid und Quercetin-3-O-rutinosid\) im Menschen". Universität Würzburg, 2002.](#)

35 < 1% match (student papers from 30-Apr-2013)

[Submitted to Chulalongkorn University on 2013-04-30](#)

36 < 1% match (student papers from 14-May-2012)

[Submitted to Chulalongkorn University on 2012-05-14](#)

37 < 1% match (publications)

[Goldmann, Lutz, Touradj Ebrahimi, and Jung-Young Son. "" Three-Dimensional Imaging Visualization and Display 2011, 2011.](#)

38 < 1% match (Internet from 16-Oct-2012)

<http://www.mns.ac.th/home/images/stories/PDF/CAI.pdf>

- 39 < 1% match (student papers from 25-Apr-2013)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2013-04-25](#)
-
- 40 < 1% match (Internet from 11-Apr-2011)
<http://ling.arts.chula.ac.th/thesis/2548MA-Akarapol.pdf>
-
- 41 < 1% match (Internet from 01-Jun-2012)
<http://www.muscade.eu/newsletters/December10.pdf>
-
- 42 < 1% match (Internet from 05-Dec-2003)
<http://www.csubak.edu/~jross/projects/ssricrem/exercises/GWOMqwomsp.por>
-
- 43 < 1% match (Internet from 04-Sep-2013)
<http://abavanet.ru/publications/wi-fi-proximity-and-context-aware-browsing/>
-
- 44 < 1% match (Internet from 10-Sep-2012)
<http://our.obor.us/research-file/pok/master/thesis.pdf>
-
- 45 < 1% match (Internet from 31-Jan-2012)
<http://sanyo.co.th/news/event/2009/04-05-1.php>
-
- 46 < 1% match (Internet from 03-Feb-2007)
http://www.cl.kodak.com/US/plugins/acrobat/en/motion/support/technical/832H2_clrneg.pdf
-
- 47 < 1% match (Internet from 07-Nov-2012)
http://www.mfu.ac.th/school/liberalarts_new/wp-content/uploads/%E0%B8%AD%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%887.pdf
-
- 48 < 1% match (Internet from 06-Sep-2013)
http://thaidiamond.str.ac.th/Thai_ped56/R-2.pdf
-
- 49 < 1% match (Internet from 06-May-2013)
http://tldc.siam.edu/attachments/048_sci-008.pdf
-
- 50 < 1% match (Internet from 16-Mar-2012)
http://duderadio.net/index.php/review?per_page
-
- 51 < 1% match (Internet from 04-Aug-2013)
<http://www.sathorn.net/journal/2555volumes4/2KitTiMa.pdf>
-
- 52 < 1% match (Internet from 31-Aug-2013)
<http://chiangraibanhao.com/forum/index.php/topic.662.0.html>
-
- 53 < 1% match (Internet from 24-Feb-2010)
http://etds.ncl.edu.tw/theabs/site/sh/detail_result.jsp?id=095TTU01716007

54 < 1% match (student papers from 06-Sep-2013)
[Submitted to Chulalongkorn University on 2013-09-06](#)

55 < 1% match (student papers from 30-Oct-2012)
[Submitted to King Mongkut's University of Technology Thonburi on 2012-10-30](#)

56 < 1% match (publications)
[Yun, Nan, Zhiyong Feng, Jiachen Yang, and Jianjun Lei. "The objective quality assessment of stereo image". Neurocomputing, 2013.](#)

paper text:

ระดับความลึกที่รับรู้ได้ของภาพสเตอริโอสโกปิกบนพื้น ฐานของการประเมินเชิงอัตวิสัย นางสาวศรินาด ริมเจริญ

21วิทยานิพนธ์นี้ ึ่งเป็นส่วนหนึ่ง ึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร
 มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ ทาง

ภาพถ่าย

54และเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา
 2556 ลิขสิทธิ์ ้อง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย PERCEIVED DEPTH LEVEL OF

STEREOSCOPIIC IMAGE BASED ON SUBJECTIVE EVALUATION Ms.Srinard Rimcharoen

4A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
 of Master of Science Program in Imaging Technology Department of Imaging
 and Printing Technology Faculty of Science Chulalongkorn University
 Academic Year 2013 Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระดับความลึกที่รับรู้ได้ของภาพสเตอริโอสโกปิกบนพื้น ฐาน ของการประเมินเชิงอัตวิสัย. โดย สาขา
 วิชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก นางสาวศรินาด ริมเจริญ เทคโนโลยีทางภาพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คุ
 ร์พิพัฒน์

8คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ึ่งเป็น
 ส่วนหนึ่ง ึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
 คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์ (ศาสตราจารย์ ดร.สุ
 พจน์ หารหนองบัว) คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
 ประธานกรรมการ (รองศาสตราจารย์

พรทวี พิง ังรัมย์) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก (ผู้ช่วยศาสตราจารย์
 ดร.ชวาล คุร์พิพัฒน์) กรรมการ (รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หายสืบสาย)
 กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย (ดร.ก้องกัญจน์ สุขคนากีบาล) ง ศรินาด ริม
 เจริญ : ระดับความลึกที่รับรู้ได้ของภาพสเตอริโอสโกปิกบนพื้น ฐานของการ ประเมินเชิงอัตวิสัย. (PERCEIVED

Advisor's Signature Academic Year : 2013 จ กิตติกรรมประกาศ ขอขอบพระคุณ ผู้
ช่วยศาสตราจารย์ ดร.

ขวาล ครูพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ช่วยให้เกิดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ้และค าแนะน าที่เป็นประโยชน์ และขอ
ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์พร ทวี พิง ้ รัศมี ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญ
สืบสาย และ ดร.กัญญาจณ์ สุขคนากินบาล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ส าหรับข้อขี้ ้แนะและการพัฒนา เพื่อให้
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ส ัมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น ้ขอขอบคุณเหล่าเพื่อนนิสิต ที่ช่วยเข้าร่วมการทดลองที่เกี่ยวข้องใน
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ้และค าแนะน าที่เป็นประโยชน์ ท้ายที่สุดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะ ้ ส าเร็จไม่ได้เลยถ้าขาดการ
สนับสนุน จากนายพิรพล ธนกรวินวาศไชยย์ อ.ดร.สุนิสา ริมเจริญ คุณพ่อและคุณแม่ของผู้เขียนที่ช่วยสนับสนุน ในทุกๆด้าน
มาโดยตลอด ข

5สารบัญ หน้า บทคัดย่อภาษาไทย ๑

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ๑

กิตติกรรมประกาศ ๑

สารบัญ ๑

ข สารบัญตาราง ๑

สารบัญรูป ๑

ฎ สารบัญแผนภูมิ ๑

ที่ 1บทน ำ 1

1.1 บทน ำ 1

...1 1.2

31ความเป็นมาและความส าคัญ 2

..... 2 1. 3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

.....2 1. 4 ประโยชน์ที่ได้

รับ..... 2 1.

5 แนวคิดและทฤษฎี..... 2

36บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่
เกี่ยวข้อง..... 4 2.1

การเกิดภาพสามมิติ..... 4 2.1.1 ระยะห่างระหว่างตาทั้ง

อสังขาง.....	5 2.1.2	ระยะการมอง
ภาพ.....	5 2.1.3	ตำแหน่งภาพสาม
มิติ.....	5 2.1.4	ระนาบความลึกของ
ภาพ.....	6 2.2	ประเภทขอโทรทัศน์สาม
มิติ.....	6 2.2.1	แบบ
Polarization.....	6	หน้า 2.2.2 แบบTime
multiplex.....	7 2.3	การค าวนระยะความชัดลึกของ
ภาพถ่าย.....	8 2.3.1	ช่องเปิดของ
เลนส์.....	8 2.3.2	ทางยางโฟกัสของ
เลนส์.....	8 2.3.3	ระยะทางในการถ่าย
ภาพ.....	9	

38บทที่ 3 วิธีการด ำเนินการวิจัย.....

13 3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ส าหรับการวิจัย.....	13 3.2	วิธีการด ำเนิน
งานวิจัย.....	13 3.2.1	การสร้างภาพโมเดลเพื่อการ
ทดลอง.....	14 3.2.1.1	

39การทดลองส่วนที่ 1..... 14 3. 2.1.2
การทดลองส่วนที่ 2..... 17 3.

2.1.3 การทดลองส่วนที่ 3.....	24 3.2.2	การคัดเลือกผู้ท ำการ
ทดลอง.....	27 3.2.3	การก าหนดสภาวะแวดล้อมในการ
พิจารณา.....	27 3.2.4	เกณฑ์การประเมินการรับ
รู้.....	28	บทที่ 4 ผลการวิ
จัย.....	29 4.1	การรับรู้ระดับความลึกของภาพ
สามมิติโดยผู้สังเกต.....	29 4.2	ผลของระยะชัดลึกต่อการรับรู้ระดับความลึกของภาพ
สามมิติ.....	30 4.2.1	ผลจากผู้สังเกตที่พิจารณาเห็นว่าภาพวัตถุที่ด ำแหน่งระยะใดเห็นว่า
ชัดที่สุด.....	30 4.2.2	ผลของระยะชัดลึกต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ.....
4.3 การประเมินความพึงพอใจในภาพสามมิติ.....	42	บทที่ 5 สรุปผลการวิ
จัย.....	45 5.1	วิจารณ์ผลการ
ทดลอง.....	45 5.1.1	ผลการทดลองส่วนที่
1.....	45 5.1.2	ผลการทดลองส่วนที่
2.....	45 5.1.3	ผลการทดลองส่วนที่
3.....	47	

28รายการอ้
งอิง.....
48 ภาค
ผนวก.....
51 ประวัติผู้เขี ้ยนวนวิ ยา
นิพนธ์..... 60 ญ
สารบัญตาราง

หน้า ตารางที่ 2-1 ผลการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติจากการทดลอง.....12

25ตารางที่ 4-1 ค่าการค า นวน

ช่วงความชัดลึกที่ค่ารับรู้แสงขนาดต่างกัน.....30 ตารางที่ 4-2 การวิเคราะห์ Two

26-way analysis of variance (ANOVA).....43 ตาราง ที่ 4- 3 ผล

การประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสไกล.....	45 ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินความ
พึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสกลาง.....	46 ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสาม
มิติที่ระยะโฟกัสไกล.....	47 ฎ สารบัญรูป หน้า รูปที่ 2- 1 ส่วนประกอบของระบบการมองเห็นของ
มนุษย์.....	4 รูปที่ 2- 2 ต าแหน่งภาพและการปรากฏภาพสามมิตินระนาบจอ
โทรทัศน์.....	5 รูปที่ 2- 3 ระนาบความลึกภาพสามมิติจากการมองเห็นของ
มนุษย์.....	6 รูปที่ 2- 4 กระบวนการเกิดภาพสามมิติของจอโทรทัศน์แบบโพรา
ไรซ์.....	7 รูปที่ 2- 5 กระบวนการเกิดภาพสามมิติของจอโทรทัศน์แบบโตนัลดีเพล์
กรี.....	7 รูปที่ 2- 6 ความแตกต่างของวงเบอลที่มีขนาดรับรู้แสงต่าง
กัน.....	9 รูปที่ 2- 7 ต าแหน่งช่วงระยะชัดลึกของวัตถุใน
ภาพถ่าย.....	11 รูปที่ 2- 8 ภาพการทดลองเพื่อทดสอบระดับความลึกภาพ
สามมิติ.....	11 รูปที่ 3- 1 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 1 ระยะ 0.5
ชม.....	15 รูปที่ 3- 2 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 2 ระยะ
1ชม.....	15 รูปที่ 3- 3 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 3 ระยะ 5
ชม.....	16 รูปที่ 3- 4 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 4 ระยะ 10
ชม.....	16 รูปที่ 3- 2 โมเดลภาพทดสอบที่ 1 ค่ารับรู้แสง F2.8 โฟกัส
ไกล.....	17 รูปที่ 3- 6 โมเดลภาพทดสอบที่ 2 ค่ารับรู้แสง F2.8 โฟกัส
กลาง.....	18 รูปที่ 3- 7 โมเดลภาพทดสอบที่ 3 ค่ารับรู้แสง F2.8 โฟกัส
ไกล.....	18 รูปที่ 3- 8 โมเดลภาพทดสอบที่ 4 ค่ารับรู้แสง F4 โฟกัส
ไกล.....	19 รูปที่ 3- 9 โมเดลภาพทดสอบที่ 5 ค่ารับรู้แสง F4 โฟกัส
กลาง.....	19 รูปที่ 3- 10 โมเดลภาพทดสอบที่ 6 ค่ารับรู้แสง F4 โฟกัส
ไกล.....	20 ฎ รูปที่ 3- 11 โมเดลภาพทดสอบที่ 7 ค่ารับรู้แสง F5.6 โฟกัส
ไกล.....	20 รูปที่ 3- 12 โมเดลภาพทดสอบที่ 8 ค่ารับรู้แสง F5.6 โฟกัส
กลาง.....	21 รูปที่ 3- 13 โมเดลภาพทดสอบที่ 9 ค่ารับรู้แสง F5.6 โฟกัส
ไกล.....	21 รูปที่ 3- 14 โมเดลภาพทดสอบที่ 10 ค่ารับรู้แสง F8 โฟกัส
ไกล.....	22 รูปที่ 3- 15 โมเดลภาพทดสอบที่ 11 ค่ารับรู้แสง F8 โฟกัส
กลาง.....	22 รูปที่ 3- 16 โมเดลภาพทดสอบที่ 12 ค่ารับรู้แสง F8 โฟกัส
ไกล.....	23 รูปที่ 3- 17 โมเดลภาพทดสอบที่ 13 ค่ารับรู้แสง F11 โฟกัส
ไกล.....	23 รูปที่ 3- 18 โมเดลภาพทดสอบที่ 14 ค่ารับรู้แสง F11 โฟกัส
กลาง.....	24 รูปที่ 3- 19 โมเดลภาพทดสอบที่ 15 ค่ารับรู้แสง F11 โฟกัส
ไกล.....	24 รูปที่ 3- 20 ภาพส าหรับการประเมินที่ต าแหน่งโฟกัสวัดระยะ
ไกล.....	25 รูปที่ 3- 21 ภาพส าหรับการประเมินที่ต าแหน่งโฟกัสวัดระยะ
กลาง.....	25 รูปที่ 3- 22 ภาพส าหรับการประเมินที่ต าแหน่งโฟกัสวัดระยะ
ไกล.....	25 รูปที่ 3- 23 ภาพทดสอบความสามารถในการมองเห็นภาพสาม
มิติ.....	27 ฎ สารบัญแผนภูมิ หน้า แผนภูมิที่ 4 -1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่าง
ระนาบวัตถุและรอยละของการรับรู้.....	29 แผนภูมิที่ 4-2 แสดงค่าผลที่ต าแหน่งโฟกัสทั้ง ัสามระยะจากค่ารับรู้แสง
F2.8.....	30 แผนภูมิที่ 4-3 แสดงค่าผลที่ต าแหน่งโฟกัสทั้ง ัสามระยะจากค่ารับรู้แสง
F4.....	31 แผนภูมิที่ 4-4 แสดงค่าผลที่ต าแหน่งโฟกัสทั้ง ัสามระยะจากค่ารับรู้แสง
F5.6.....	32 แผนภูมิที่ 4-5 แสดงค่าผลที่ต าแหน่งโฟกัสทั้ง ัสามระยะจากค่ารับรู้แสง
F8.....	33 แผนภูมิที่ 4-6 แสดงค่าผลที่ต าแหน่งโฟกัสทั้ง ัสามระยะจากค่ารับรู้แสง
F11.....	34 แผนภูมิที่ 4-7 ที่ต าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค่ารับรู้แสง

F2.8.....35 แผนภูมิที่ 4-8 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะกลาง ค ำร ูรับแสง
 F2.8.....35 แผนภูมิที่ 4-9 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F2.8.....36 แผนภูมิที่ 4-10 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F4.....36 แผนภูมิที่ 4-11 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะกลาง ค ำร ูรับแสง
 F4.....37 แผนภูมิที่ 4-12 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F4.....37 แผนภูมิที่ 4-13 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F5.6.....38 แผนภูมิที่ 4-14 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะกลาง ค ำร ูรับแสง
 F5.6.....38 แผนภูมิที่ 4-15 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F5.6.....39 แผนภูมิที่ 4-16 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F8.....39 แผนภูมิที่ 4-17 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะกลาง ค ำร ูรับแสง
 F8.....40 ท หน้า แผนภูมิที่ 4-18 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F8.....40 แผนภูมิที่ 4-19 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F11.....41 แผนภูมิที่ 4-20 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะกลาง ค ำร ูรับแสง
 F11.....41 แผนภูมิที่ 4-21 ที่ด าแหน่งการโฟกัสวัดระยะไกล ค ำร ูรับแสง
 F11.....42 แผนภูมิที่ 5-1 ผลการรับร ูระดับความลึกภาพสามมิติที่ขึ้น ั กั นร ูรับแสงและด ำ
 แหน่งโฟกัส.....49 1 บทที่ 1 บทน ำ 1.1 บทน ำ ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าเทคโนโลยีภาพสามมิติเข้ามามี
 บทบาทในการ ูรับของมนุษย์มากขึ้น ั ไม่ว่าจะเป็นส่วนของความบันเทิงที่โรงภาพยนตร์ส่วนใหญ่มีการ น ำภาพยนตร์
 ระบบสามมิติเข้ามาฉายเป็นทางเลือกให้กับลูกค้าเพื่อตอบสนองอรรถรสใน การรับชมภาพยนตร์ให้สมจริงมากยิ่งขึ้น ัน
 นอกจากนี้ ั ในวงการแพทย์เองนั้น ั ก็มีก ำร ำเอา เทคโนโลยีสามมิติเข้ามาช่วยในการวินิจฉัยโรคให้กับผู้ป่วยที่ฉาย
 รังสีสแกนภาพเอ็กซเรย์ เพื่อความแม่นยำ ำ ของจุดเด่นเหตุอ ำ ก ำร ย่นระยะเวลาในการวิเคราะห์ และลดความเสี่ยง และ
 ความเสียหายจากการวินิจฉัยที่คลุมเครือได้ดียิ่งขึ้น ั จากประโยชน์ของก ำร ำเอาเทคโนโลยีภาพสามมิตินี้มา ั ไข่ ท
 ำ ให้ในส่วน ของผู้ผลิตสื่อและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสามมิตินี้ ั อ ำ ท ำ หน้าจอสถิตภาพ สามมิติ เครื่อง
 ฉายภาพสามมิติ บริษัทผลิตภาพยนตร์สามมิติ อุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น ท ำ ให้ในห้องตลาดทางธุรกิจเกิดการ
 แข่งขันต่อม ำ ก ำร คิดค้น ทดลองวิจัย และพัฒนา คุณภาพของสินค้าและอุปกรณ์ให้ตอบโจทยความต้องการของลูกค้าผู้
 ใช้งานให้ได้มาก ที่สุดไม่ว่าจะเป็น ในแง่คุณภาพการรับร ู และร ำ ค ำ ที่เหมาะสม [1] สิ่งเหล่านี้ ั จึงเป็นข้อดี และผล
 ประโยชน์ของผู้ใช้งานที่จะได้รับเพื่อประโยชน์สูงสุดในการใ้ชมร ูวัดระยะสูงค ำ ของงานในประเภทต่างๆ เนื่องด้วย
 เหตุผลดังกล่าวข้างต้น ท ำ ให้ผู้วิจัยเห็นความส ำ คัญ

47 การศึกษาในส่วน ของระบบ ก ำร

รับร ูภาพสามมิติของมนุษย์ โดยใช้การออกแบบชุดการทดลองเพื่อวัด ประเมินด้วยชั้น ั ตอนและวิธีการสร้างที่ไม่ยุ่งยาก
 ซ้ำซ้อนค่าใช้จ่ายน้อย แต่สามารถบรรลุ วัดดูประสงค ำ ของสิ่งที่สนใจศึกษาได้ ซึ ่งจากการส ำ รวจวิธีการศึกษาข้างต้นมี
 ตัวแปรหลาย ประการที่ส่งผลต่อการมองเห็นภาพสามมิติของมนุษย์ [2] และส่วนใหญ่ของก ำร ศึกษาวิจัยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ที่ตัวข้อมูลภาพสามมิติเพื่อหาคุณภาพของภาพสามมิติใน การมองเห็น [3-4] 2 1.2 ความเป็นมาและความส ำ คัญ
 ระบบการมองเห็นของมนุษย์มีขอบเขตความสามารถในการมองเห็นอย่าง จ ำ กัด โดยเฉพาะระดับการรับร ูความลึกของ
 ภาพสามมิติที่มีผลเกี่ยวข้องกับมาจกหลายปัจจัย [5] เช่น ลักษณะทางกายภาพของดวงตา สภาวะการมองเห็น ช่วงอายุ
 ลักษณะวัดดู เป็นต้น นอกจากนี้ ั ำ วามต้องการที่จะศึกษาหาช่วงของการรับร ูระดับความลึกของภาพสามมิติ และ ผลกระทบ
 จากความชัดความเบลอของภาพส่งผลต่อการมองเห็นมีแนวโน้มในทิศทางใด เป็นหัวข้อที่น่าสนใจ หากสามารถหาวิธี
 การที่ไม่ซับซ้อนมากเพื่อ ำ การประเมินได้ นั้น เท่ากับว่าสามารถลดระยะเวลาในการท ำ งาน และค่าใช้จ่ายลงได้
 1.3 วัดดูประสงค ำ ของการวิจัย เพื่อประเมินการรับร ูคุณภาพระดับความลึกของภาพสามมิติและผลของระยะ ความชัดลึกชัด
 ดัน ั ของภาพสามมิติต่อการรับร ูระดับความลึก 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ เป็ ำ ท ำ มายของงานวิจัยชิ้นนี้ ั คือหาการรับร ูระดับ
 ความลึกภาพสามมิติด้วยวิธีการ ประเมินอย่างง่ายพร้อมทั้ง ั ผลจากตัวแปรของความชัดลึกชัดดัน ั ภาพและด ำ แหน่ง
 การ โฟกัสวัดดูที่ระยะแตกต่างกันของการรับร ูได้ 1.5 แนวคิดและทฤษฎี การรับร ูระดับความลึกของภาพสามมิติด้วยการ
 ประเมินจากตัวบุคคล เป็นผลที่ เกิดจากการทดสอบการมองเห็นโดยตรงจากตัวผู้สังเกตโดยควบคุมการสร้างชุดทดสอบ
 ตามวัดดูประสงค ำ ที่ต้องการวัดเพื่อหาผลที่เกิดขึ้น ั จริง โดยมุ่งเน้นในบทบาทของระยะห่าง ของวัดดูในระนาบความลึกที่
 มนุษย์เริ่มแยกแยะความแตกต่างได้เป็นตัวแปรหลักของการ วิจัย นอกจากนี้ ั ในการเพิ่มตัวแปรของระยะชัดลึกชัดดันข
 องภาพที่สร้างขึ้น ั จะส่งผลต่อ 3 การรับร ูและประเมินคุณภาพของภาพที่สร้างขึ้น ั ำ ผู้สังเกตรับร ูเป็นอย่างไร ท ำ ให้
 เป็น งานวิจัยชิ้นนี้ ั

35เกิดขึ้น ้นบทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2.1

การเกิดภาพสามมิติ (Stereoscopic image) การรับรู้แบบสามมิติส่วนใหญ่เป็นการ คำนึงถึงการรับรู้ความลึกของภาพที่ปรากฏ ส่วนของปัจจัยหลักที่ในการรับรู้คือระบบการมองเห็นของมนุษย์ (Human visual system) [6] ซึ่งสามารถอธิบายส่วนสำคัญจากระบบการมองเห็นของมนุษย์ สามารถแบ่งแยกได้ ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ [7] คือ ส่วนแรกเป็นเรื่องของกายภาพของลูกตาเพื่อใช้ในการ มองเห็น (Oculomotor cues) นั้น ัน ประกอบไปด้วยลักษณะความหลากหลายของรูปร่าง เลนส์ตากับการโฟกัสภาพบนวัตถุในระยะที่เหมาะสม (Accommodation) และ การกรอก เคลื่อนกล้ามเนื้อ ัลลูกตาทั้ง ัง สองข้างให้มองที่วัตถุเดียวกัน (Vergence) ส่วนที่สอง คือการ พิจารณาการมองเห็นภาพ (Visual cues) สามารถพิจารณาการมองเห็นด้วยขนาดวัตถุ, พ ันตัว, มิตีความลึก, แสง-เงา (Monocular visual cues) และการพิจารณาการมองเห็นด้วย ระยะห่างระหว่างจุดตากับภาพวัตถุที่มองเห็นจากมุมมองที่แตกต่างกันของภาพจากตาซ้าย และตาขวา (Binocular visual cues) แสดงใน รูปที่ 2- 1 Human Vision System Oculomotor Cues accommodation vergence Visual Cues monocular binocular รูปที่ 2- 1 ส่วนประกอบของระบบการมองเห็นของมนุษย์ เนื่องจากดวงตาซ้ายและตาขวา ทาหน้าที่รับภาพที่ต่างกัน มุมมองของภาพจึงแตกต่างกัน ดังนั้น ัง การที่เราสามารถมองเห็นภาพเป็นภาพสามมิติที่มีความลึก ความนูนได้นั้น ัง เกิด จากการเลื่อนและซ้อนทับของภาพจากตาทั้ง ัง สองข้าง แต่สาเหตุที่ทาให้มนุษย์มองเห็นภาพ เห็น รวมกันเป็นภาพเดียวเกิดจากการที่สมองแปรผลรวมออกมาเป็นหนึ่ง ัง ภาพ แสดงในรูป 2-2 ตาแหน่งของภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ ภาพ ก. แสดง ตาแหน่งภาพจากตาซ้ายและตาขวา บนระนาบจอที่ทาให้การรับรู้ภาพสามมิติมีความลึกเข้าไปในจอภาพ กล่าวคือจุดตัดที่ภาพ จากตาทั้ง ัง สองรวมกันจะอยู่ทางด้านหลังระนาบจอโทรทัศน์ ส่วนภาพ ข. แสดง ตาแหน่ง ภาพของตาซ้ายและตาขวาที่อยู่บนระนาบของหน้าจอตีทัศน์ที่สลับ ตาแหน่งภาพกัน แล้ว เกิดภาพจุดตัดอยู่ทางด้านหน้าของจอ ทาให้ปรากฏภาพดูแล้วนูนออกมาจากหน้าจอตี (ข) รูปที่ 2- 2 ตาแหน่งภาพและการปรากฏภาพสามมิติบนระนาบจอโทรทัศน์ นอกจากนี้ ัง ส่วนประกอบหลักที่มีผลทาให้เกิดภาพสามมิติ [8] มีดังนี้ ัง 2.1.1 ระยะห่างระหว่างตาทั้ง ัง สองข้าง (Inter-pupil baseline) ตรงตามมนุษย์มี ระยะห่างค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6.5 เซนติเมตร 2.1.2 ระยะการมองภาพ (Viewing distance) คือระยะห่างระหว่างผู้สังเกตถึง ระนาบหน้าจอตีทัศน์ 2.1.3 ตาแหน่งภาพสามมิติ (Stereoscopic voxel) คือ ตาแหน่งภาพสามมิติที่เกิด จากการที่สมองแปรผลรวมภาพจากตาทั้ง ัง สองเป็นภาพเดียว 2.1.4 ระนาบความลึกของภาพ (Depth plane) ในแต่ละระนาบความลึกของภาพสามมิติเกิดจากจุดตัดของจากจากตาซ้ายและตาขวาที่อยู่บนจอภาพมีระยะห่างต่างกันมาก น้อยเพียงใด ยิ่งระยะของตาซ้ายและตาขวาบนระนาบจอโทรทัศน์ห่างกันเท่าไร ระนาบ ความลึกภาพสามมิติก็ยิ่งลึกมากเท่านั้น ัง ดังแสดงในรูป 2-3 รูปที่ 2- 3 ระนาบความลึกภาพสามมิติจากการมองเห็นของมนุษย์ [8] 2.2 ประเภทจอโทรทัศน์สามมิติ [9, 10] (Stereo pair discrimination) 2.2.1 แบบ Polarization ใช้หลักการส่องผ่านของล าสแสงจากแหล่งกำเนิดแสงของ หน้าจอ โดยแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ผ่านแผ่นฟิลเตอร์กรองแสง เพื่อกรองทิศทางระนาบ แสง และแยกความยาวคลื่นแสงออกคร ึ่งหนึ่ง ัง ($N/2$) โดยแบ่งออกเป็นล าดับคู่และล าดับคี่ ซึ่ง ัง คุณสมบัติของแผ่นกรองแสงนี้ ังจะทา การมิดล าสแสงของระนาบล าดับคี่ออกไปเป็นมุม $\pi/2$ เรเดียน ล าดับต่อไปแผ่นกรองแสง ($N/4$) ขึ้นสุดท้ายจะกรองแสงทั้ง ัง สองแบบนี้ ัง ักครั้ง ัง จาก เดินล าสปสงมีลักษณะเป็นระนาบแบนๆจะบิดตัวกลายเป็นเกลียว (Circular polarization) ใน การมองภาพสามมิติด้วยระบบนี้ ังมีความจ าวเป็นต้องใช้แว่นตาแบบโพลาไรซ์ร่วมด้วย โดยทั่วไป ลักษณะแว่นตาโพลาไรซ์ข้างหนึ่ง ังจะมีฟิลเตอร์สีแดงและอีกข้างเป็นสีฟ้า าวเป็นต้น เนื่องจาก ภาพที่แสดงออกมาจากหน้าจอตีทัศน์ระบบนี้ ัง เวลาเรารับชมภาพแว่นตามี หน้าที่ในการย้อนกั้นขบวนการการมองเห็นให้เกิดการรวมภาพซ้อนกันระหว่างตาซ้ายและ ขวาเป็นภาพสามมิติแสดงในรูป 2-4 รูปที่ 2- 4 กระบวนการเกิดภาพสามมิติของจอโทรทัศน์แบบโพลาไรซ์ [9] 2.2.2 แบบ Time multiplex เป็นระบบจอแสดงภาพที่สามารถแสดงได้ทั้ง ัง แบบสอง มิติและสามมิติ หลักการมองภาพแบบสามมิตินั้น ังต้องอาศัยการมองผ่านแว่นตาที่มีระบบ ซิงโครไนซ์ (synchronization) เข้ากับสัญญาณหน้าจอตีทัศน์แสดงผลโดยอาศัยหลักการสลับล าดับ ภาพของตาซ้ายและตาขวา ังที่มีความถี่การสลับภาพทั้ง ัง สองอย่างน้อย 16 ภาพต่อวินาที ทาให้ ตาคอนเราเห็นภาพรวมกันเป็นภาพต่อเนื่อง จากนั้น ัง เมื่อเราสวมแว่นตานั้น ังที่มีระบบปิด-เปิด ภาพตาซ้ายและขวา ซึ่ง ังก็คือการกักรับรรับสลับภาพอย่างรวดเร็วสัมพันธ์กับการฉายภาพบน หน้าจอตีทัศน์ระบบนี้ ังเกิดเป็นภาพสามมิติที่มีการรับรู้ความลึกความนูนของภาพเกิดขึ้น ัง แสดงในรูป 2-5 รูปที่ 2- 5 แสดงกระบวนการเกิดภาพสามมิติของจอโทรทัศน์แบบใหม่มีลิตเพล็กซ์ Lino [10] ได้ทา การศึกษาว่าความสามารถของอุปกรณ์แสดงภาพสามมิติที่ผลิต ออกสู่ตลาดของผู้ใช้งาน ในหัวข้อของการรับรู้คุณภาพความลึกของภาพสามมิติมีผลกับ ขนาดของจอแสดงผลแบบ time multiplex และ แบบ polarize เป็นอย่างมาก 2.3 การค าวนวลระยะความชัดลึกของภาพถ่าย การถ่ายภาพแบบสามมิติเพื่อการแสดงผลที่มีคุณภาพ Di Xu [11] ศึกษาอิทธิพล ระหว่างระยะจากกล้องถ่ายภาพกับระยะวัตถุที่ใกล้ที่สุดควรมีระยะห่างกันอย่างน้อย 2 เมตร ส าวหรับการถ่ายภาพเมื่อโฟกัสภาพไปที่วัตถุชิ้นหนึ่ง ัง วัตถุอื่นที่อยู่ข้างหน้าหรือหลัง วัตถุชิ้น ัง บางครั้ง ัง ก็ปรากฏความชัดด้วยกัน จึงเรียกว่าเกิดระยะชัดลึกขึ้น ัง สาเหตุที่เกิดภาพ ลึกชณะนี้ ังได้ เนื่องจากตาคอนเรามีขอบเขตของการแยกแยะรายละเอียด ถ้าจุดสองจุดอยู่ใกล้ กันมากเกินไปการมองด้วยตาทั้ง ัง สองข้างเราจะไม่สามารถแยกแยะจุดสองจุดนั้น ัง ออก

จาก กันได้ ึ่ง ึ่งที่จุดยังคงอยู่ที่ระยะห่างเท่าเดิม ดังนั้น ้ตรง ดา แห่งการมองเห็นที่ตาคนเราไม่ สามารถแยกจุดออก ได้ เรียกว่า วงเบลล (Circle of confusion) ตามปกติของการมองเห็นนั้น ้ ดา แห่งของวัตถุที่ไม่ได้อยู่ในจุดโฟกัสต้อง มีความเบลลเกิดขึ้น ้ แต่จากสาเหตุที่กล่าวไว้ ข้างต้นที่ท าให้เราเห็นภาพได้ชัดทั้ง ้ วัตถุหน้าและหลังเกิดจากขนาด ของวงเบลลในภาพเล็ก กว่าวงเบลลของตามมนุษย์ ึ่งอยู่ที่ 0.2 มิลลิเมตร แต่ถ้าการถ่ายภาพด้วยเลนส์ที่มีขนาดวง เบลลใหญ่กว่าขนาดวงเบลลของตามมนุษย์ ภาพที่ปรากฏ คนเราจะสามารถแยกแยะความ เบลลของภาพนั้น ้ได้ปกติ ดัง นั้น ้ ในการถ่ายภาพปัจจัยที่มีผลต่อการท าให้ความชัดของ ภาพถ่ายมีการเปลี่ยนแปลงมีสาเหตุหลัก ๆ อยู่ 3 ประการ

2.3.1 ช่องเปิดของเลนส์ หรือที่รู้จักกันคือการตั้ง ้ ค่ารูรับแสง (F-Number, Aperture) ยิ่งช่องเปิดมีขนาดแคบกรวย แสงมีขนาดเล็กแสงท า ให้ผลของระยะชัดลึกที่มากขึ้น ้ 2.3.2 ทางยาวโฟกัสของเลนส์ เลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสมากจะ ส่งผลต่อ ระยะชัดลึกที่น้อยลง 2.3.3 ระยะทางในการถ่ายภาพ การถ่ายภาพระยะใกล้ ๆ ภาพจะมี ความชัดลึกน้อยกว่า ดัง นั้น ้ ผลของระยะชัดลึกในการถ่ายภาพจากปัจจัยทั้ง ้ สามนี้ ้ ส่งผลท าให้วงเบลลมี ขนาดเปลี่ยนไป ภาพที่เกิดขึ้น ัน ตาคคนเรามองเห็นจึงเกิดเป็นระยะชัดลึกชัดตื้น ้ ที่ต่างกัน ดัง แสดงในรูป 2-6 ระนาบการโฟกัส f/4 f/8 วงเบลล รูปที่ 2-6 แสดงความแตกต่างของวงเบลลที่มีขนาดรูรับแสงต่างกัน จากรูป ที่ขนาดรูรับแสง f/4 มีขนาดวงเบลลใหญ่กว่า f/8 เรา จะได้ภาพถ่ายที่ f/4 มี ระยะชัดลึกน้อยกว่าที่ f/8 ในด าแหน่งที่โฟกัสวัตถุ ณ ดา แห่งเดียวกัน ท าให้ภาพที่ถ่ายด้วย ค่ารู รับแสงที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อระยะชัดลึกของภาพที่ต่างกัน และผลของระยะชัดลึกที่ เกิดขึ้น ้ ท าให้มีการค านวณหาค่า ระยะทางในช่วงที่ภาพถ่ายจะมีค่าความชัดลึกครอบคลุม ดา แห่งที่ต้องการตั้ง ้ แต่ระยะใกล้ที่สุดจนถึงช่วงระยะที่ไกล ที่สุดที่เรียกว่า ระยะไฮเปอร์โฟ คัล (Hyperfocal Distance) โดยตัวกล้องอยู่ห่างจากวัตถุหน้าสุดเป็นระยะทางครึ ึ่งหนึ ึ่งของ ระยะไฮเปอร์โฟคัล ภาพที่ได้จะชัดตั้ง ้ แต่ระยะ1ใน3ด้านหน้าไฮเปอร์โฟคัล โฟกัส และชัด ลึกไปทางด้านหลัง อีก2ใน3 ที่ระยะนั้น ้ สามารถหา ดา แห่งนี้ ้ ได้โดยการค านวณจาก สมการ [12] ดังนี้ ้ $H = + (1) \text{ ระยะใกล้ที่สุดของความชัด} = (2) \text{ ระยะไกลที่สุดของความชัด} = (3) \text{ ช่วงระยะชัดลึกของภาพ} = - (4) \text{ โดยที่ } H = \text{ระยะไฮเปอร์โฟคัล (มิลลิเมตร)} = \text{ทางยาวโฟกัสเลนส์ (มิลลิเมตร)} S = \text{ระยะโฟกัส (มิลลิเมตร)} = \text{ระยะใกล้ที่สุดของความชัด (มิลลิเมตร)} = \text{ระยะไกลที่สุดของความชัด (มิลลิเมตร)} N = \text{ค่าการรับแสง (ค านวณได้จาก โดยที่ } i = 1, 2, 3 \dots \text{ เมื่อค่ารับ แสงกล้องมี ค่า$

46f/1.4, f/2, f/2.8...

ตามล าดับ) C = วงเบลล (Circle of confusion) (มิลลิเมตร) จากสมการสามารถระบุ ดา แห่งของวัตถุและระยะความชัด ของภาพได้ดังแสดงในรูป 2 -7 กล้องถ่ายภาพ ระยะโฟกัส (S) ดา แห่ง โฟกัส ช่วงระยะชัดลึกของภาพ ระยะใกล้สุด ของ ระยะไกลสุดของ ความชัด() ความชัด() รูปที่ 2- 7 ดา แห่งช่วงระยะชัดลึกของวัตถุในภาพถ่าย Silva [13] ได้ท า การศึกษาผลวิเคราะห์ของความรู้สึกที่รับรู้ความรู้สึกของภาพสามมิติ โดยวิธีการค านวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาจุดที่รับรู้ ถึงความแตกต่างได้ และเมื่อท การ ทดสอบกับผู้สังเกตผลการตอบสนองต่อการรับรู้มากที่สุดบริเวณ ดา แห่งระนาบ หน้าจอ Silva [14] ท การทดสอบหาจุดรับรู้ค่าความแตกต่างของภาพเคลื่อนไหวสามมิติด้วย วิธีการเปลี่ยนระยะห่าง ของระหว่างพิกเซลให้มีความเหลื่อมในระดับต่าง ๆ กันตั้ง ้ แต่ 0 -255 พิกเซล เพื่อวัดผลการรับรู้จากผู้สังเกตสามารถ เห็นความแตกต่างในความนูนและความลึก ของภาพ แสดงในรูป 2-7 และตารางที่ 2-1 รูปที่ 2- 8 ภาพการทดลองเพื่อ ทดสอบระดับความรู้สึกภาพสามมิติ ตารางที่ 2-1: ผลการรับรู้ระดับความรู้สึกภาพสามมิติจากการทดลอง [14]

Experiments Results(Average & Round) Reading Number

3Variation of Object Depth Levels Left Car Right Car Just Noticed Depth level
Number of Unnoticed Depth level

Object Moving Forward 0 64 128 192 0 -> 128 64->192 128->255 192->255 22 84 148 214 22 20 20 22
Object Moving Backward 64 128 192 255 64->0 128->0 192->64 255->128 43 112 176 233 21 16 16 22
ผลของการวิจัยที่ได้ [14] จากรูป 2-7 และตารางที่ 2-1 ผู้สังเกตมีความสามารถในการรับรู้ระดับความรู้สึกเริ่มต้นที่ 16 พิกเซลจึงสามารถแยกแยะความแตกต่างได้เทียบเท่ากับ ระยะวัตถุห่างกันที่ 1.92 เซนติเมตร Lebreton [15] ท การ ศึกษาผลของการประเมินคุณภาพการรับรู้ภาพเคลื่อนไหวสาม มิติ โดยหนึ ึ่ง ึ่งในตัวแปรที่ส าคัญยิ่งคือ ข้อมูลของระดับ ความลึกภาพในการบีบอัดเป็นสื่อสาม มิติ ส่งผลต่อการรับรู้ ด้วยการปรับเงื่อนไขตัวแปรทางคณิตศาสตร์และเพื่อสร้าง ข้อมูลความ ลึกภาพให้มีคุณภาพตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดได้

32บทที่ 3วิธีการ ต าเนินการวิจัย 3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้

ส ำหรับกำรวิจัย 1. หน้าจอโทรทัศน์สามมิติ Sony รุ่น UD40D6600 ขนาด 40 นิ้ว ความละเอียด 1920X1080 พิกเซล
 2. เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก Macintosh 3. กล้องถ่ายภาพสะท้อนเลนส์เดี่ยว Canon EOS 60D 4. ซอฟต์แวร์Cinema
 4D R13 for Macintosh และ Adobe Flash cs4 3.2 วิธีการ ต าเนินงานวิจัย งานวิจัยนี้แบ่ง ำงขึ้น ำตอนกำรต ำเนิน
 งานออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ ำการสร้างภาพโมเดลเพื่อการทดลอง การคัดเลือกผู้ ำการทดลอง การกำหนด
 สภาวะแวดล้อมในการพิจารณา เกณฑ์การประเมินการรับรู้ ำ3.2.1 กำรสร้างภาพโมเดลเพื่อการทดลอง กำรสร้างภาพ
 สามมิติเพื่อใช้ทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยภาพในส่วน ที่ 1 เพื่อหำกำรรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติจากผู้สังเกต
 และ ส่วนที่ 2 เพื่อหำผล ของระยะชัดลึกชัดตื้น ำของภาพสามมิติต่อกำรรับรู้ระดับความลึกสร้างมำจาก โปรแกรมส ำเร
 จรูป Cinema 4D ส ำหรับส่วนที่ 3 เป็นกำรถ่ายภาพจริงสามมิติด้วย กล้องถ่ายภาพเพื่อการประเมินความพึงพอใจภาพ
 ในเชิงอัตวิสัยซึ่ง ำงภาพในการ ทดลองส่วนที่ 3 นี้ได้ ำมำจากกำรถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพจริงสองตัว ที่มีกำรจัด าระ
 ยะห่างระหว่างกึ่ง ำกลางเลนส์ที่ระยะ 6.5 เซนติเมตรเท่ากับค่าเฉลี่ยระยะห่าง ระหว่างต ำหัง ำสองของมนุษย์และ
 ท ำการช้อนภาพที่ได้จำกกล้องท ำงซ้ายและ ขวำด้วยโปรแกรมส ำเรจรูป Adobe flash cs4 3.2.1.1 กำรทดลองส่วน
 ที่ 1 กำรสร้างโมเดลภาพสามมิติจ ำลองจำก โปรแกรมกราฟิกที่มีกำรก ำหนดระนาบพิกัดของวัตถุเป็นแกน X, Y, Z
 ตามต ำแหน่งของระยะวัตถุ โดยสร้างรูปโมเดลวัตถุที่ต้องกำรประกอบด้วย ชุดทดสอบหัง ำหมด 4 ชุดโดยแต่ละชุดจะ
 มีโมเดลเป็นรูปทรงกลม ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร หัง ำหมด 9 รูป โมเดลชุดหนึ่ง ำงได้มีกำร ก ำหนด
 ค่ำของระยะห่างระนาบวัตถุที่ค ำวต่างแต่ละระดับ (threshold) ที่ เท่ากัน ดังนี้ ำโมเดลภาพชุดที่ 1 มีความแตกต่าง
 ของวัตถุที่ระยะ 0.5 เซนติเมตร ดังนั้น ำภาพแต่ละภาพในชุดนั้น ำจะมีความแตกต่างของระยะห่างระนาบที่ 0, 0.5, 1,
 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 และ 4 เซนติเมตรตำล ำดับ แสดงในรูปที่ 3-1 ด้านบน ต ำน ำง ด้าน ำง รูปที่ 3- 1 โมเดลภาพ
 ทดสอบชุดที่ 1 ระยะ 0.5 ซม. โมเดลภาพชุดที่ 2 มีความแตกต่างวัตถุที่ระยะ 1 เซนติเมตร ดังนั้น ำภาพแต่ละภาพในชุด
 นั้น ำจะมีความแตกต่างของระยะห่างระนาบที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เซนติเมตรตำล ำดับ แสดงในรูปที่ 3-2
 ด้านบน ต ำน ำง รูปที่ 3- 2 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 2 ระยะ 1 ซม. โมเดลภาพชุดที่ 3 มีความแตกต่างวัตถุที่ระยะ 5
 เซนติเมตร ดังนั้น ำภาพแต่ละภาพในชุดนั้น ำจะมีความแตกต่างของระยะห่างระนาบที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35
 และ 40 เซนติเมตรตำล ำดับ แสดงในรูปที่ 3-3 ด้านบน ต ำน ำง รูปที่ 3- 3 โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 3 ระยะ 5 ซม.
 โมเดลภาพชุดที่ 4 มีความแตกต่างวัตถุที่ระยะ 10 เซนติเมตร ดังนั้น ำภาพแต่ละภาพในชุดนั้น ำจะมีความแตกต่างของ
 ระยะห่างระนาบที่ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 เซนติเมตรตำล ำดับแสดงใน

55รูปที่ 3-4ด้านบน ต ำน ำง รูปที่ 3- 4

โมเดลภาพทดสอบชุดที่ 4 ระยะ 10 ซม. 3.2.1.2 กำรทดลองส่วนที่ 2 เป็นกำรสร้างภาพสามมิติจ ำลองจำก โปรแกรม
 กราฟฟิกโดยก ำหนดระนาบพิกัดสามมิติเป็น X, Y, Z และภาพ วัตถุที่สร้างขึ้น ำให้พิกัด X, Y ของวัตถุให้มีค ำคงที่แต่
 เปลี่ยนเฉพาะระยะ พิกัด Z โดยโมเดลเป็นรูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร หัง ำหมด 9 รูป มีระ
 ยะห่างกัน 50 เซนติเมตร ต ำนแนวแกน Z กำรตั้ง ำ ค่ำ ประเภทของกล้องถ่ายภาพในโปรแกรมมีดังนี้ ำท ำงย ำวโฟกัส
 ของเลนส์มี ขนาด 50 มิลลิเมตร อัตราส่วนภาพเทียบเท่ำฟิล์มขนาด 36 มิลลิเมตร ระยะ จ ำกตัวกล้องถึงวัตถุที่ใกล้ที่สุด
 ห ำงกัน 2.5 เมตรและวัตถุไกลที่สุดห ำงจำก กล้อง 6.5 เมตร และมีกำรเพิ่มตัวแปรควมแตกต่างของขนาดรูรับแสง
 (Depth of Field) และต ำแหน่งของกล้องโฟกัสวัตถุ (Focal length) ที่ระยะ ต่าง ๆเมื่อก ำหนดค ำการสร้างภาพจ ำ
 ลองได้แล้วนั้น ำต้อง ท ำกำรสั่งให้ โปรแกรมมีกำรประมวลผล (Render) ภาพออกมาเป็นข้อมูลที่สามารถ แสดงผลกับ
 จอโทรทัศน์สามมิติระบบ Time multiplex ดังนั้น ำในการ ทดลองส่วนนี้ ำมีโมเดลชุดทดสอบหัง ำหมด 15 ชุดดังนี้ ำ
 โมเดลภาพชุดที่ 1 ก ำหนดค ำรูรับแสงที่ f/2.8 และต ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-5 รูปที่
 3- 5 โมเดลภาพทดสอบที่ 1 ค ำรูรับแสง f/2.8 โฟกัสใกล้ โมเดลภาพชุดที่ 2 ก ำหนดค ำรูรับแสงที่ f/2.8 และต ำแหน่ง
 โฟกัส วัตถุระยะก ำง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-6 รูปที่ 3- 6โมเดลภาพทดสอบที่ 2 ค ำรูรับแสง f/2.8 โฟกัสก ำง
 โมเดลภาพชุดที่ 3 ก ำหนดค ำรูรับแสงที่ f/2.8 และต ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะไกลสุด (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-7 รูปที่
 3- 7 โมเดลภาพทดสอบที่ 3 ค ำรูรับแสง f/2.8 โฟกัสไกล โมเดลภาพชุดที่ 4 ก ำหนดค ำรูรับแสงที่ f/4 และต ำแหน่ง
 โฟกัส วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-8 รูปที่ 3- 8 โมเดลภาพทดสอบที่ 4 ค ำรูรับแสง f/4 โฟกัสใกล้ โมเดล
 ภาพชุดที่ 5 ก ำหนดค ำรูรับแสงที่ f/4 และต ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะก ำง (4.5 เมตร) แสดง

44ในรูป 3-9 รูปที่ 3- 9

โมเดลภาพทดสอบที่ 5 คำรับแสง f/4 โฟกัสกลาง โมเดลภาพชุดที่ 6 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/4 และด ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะใกล้สุด (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-10 รูปที่ 3- 10 โมเดลภาพทดสอบที่ 6 คำรับแสง f/4 โฟกัสไกล โมเดล ภาพชุดที่ 7 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/5.6 และด ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-11 รูปที่ 3- 11 โมเดลภาพทดสอบที่ 7 คำรับแสง f/5.6 โฟกัสใกล้ โมเดลภาพชุดที่ 8 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/5.6 และด ำแหน่ง โฟกัส วัตถุระยะกลาง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-12 รูปที่ 3- 12 โมเดลภาพทดสอบที่ 8 คำรับแสง f/5.6 โฟกัสกลาง โมเดลภาพชุดที่ 9 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/5.6 และด ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะใกล้สุด (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-13 รูป ที่ 3- 13 โมเดลภาพทดสอบที่ 9 คำรับแสง f/5.6 โฟกัสไกล โมเดลภาพชุดที่ 10 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/8 และด ำ ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงในรูป 3-14 รูปที่ 3- 14 โมเดลภาพทดสอบที่ 10 คำรับแสง f/8 โฟกัส ใกล้ โมเดลภาพชุดที่ 11 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/8 และด ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะกลาง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-15 รูปที่ 3- 15 โมเดลภาพทดสอบที่ 11 คำรับแสง f/8 โฟกัสกลาง โมเดลภาพชุดที่ 12 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/8 และด ำ ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะใกล้สุด (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-16 รูปที่ 3- 16 โมเดลภาพทดสอบที่ 12 คำรับแสง f/8 โฟกัสไกล โมเดลภาพชุดที่ 13 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/11 และด ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะใกล้สุด (2.5 เมตร) แสดงใน รูป 3-17 รูปที่ 3- 17 โมเดลภาพทดสอบที่ 13 คำรับแสง f/11 โฟกัสใกล้ โมเดลภาพชุดที่ 14 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/11 และด ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะกลาง (4.5 เมตร) แสดงในรูป 3-18 รูปที่ 3- 18 โมเดลภาพทดสอบที่ 14 คำรับแสง f/11 โฟกัสกลาง โมเดลภาพชุดที่ 15 ก ำหนดคำรับแสงที่ f/11 และด ำแหน่งโฟกัส วัตถุระยะกลาง (6.5 เมตร) แสดงในรูป 3-19 รูปที่ 3- 19 โมเดลภาพทดสอบที่ 15 คำรับแสง f/11 โฟกัสไกล 3.2.1.3 การทดลองส่วนที่ 3 สร้าง ชุดทดสอบด้วยการถ่ายภาพสามมิติจาก กล้องถ่ายภาพจริงด้วยกล้องดิจิทัลสะท้อนเลนส์เดี่ยว ำนวนสองตัวและ ะยะห่างระหว่างเลนส์เท่ากับ 6.5 เซนติเมตร ก ำหนดค่าทางยาวโฟกัส เลนส์ที่ 50 มิลลิเมตร อุปกรณ์จัดวางอยู่บนขา ดึง ำกล้อง คำตัวแปรที่ เปลี่ยนไป คือ ในแต่ละระยะโฟกัสวัตถุที่ด ำแหน่งระยะใกล้ (2.5 เมตร) ระยะกลาง (4.5 เมตร) และ ระยะไกล (7 เมตร) จะมีกำกร ำหนดคำรับ แสงกล้องถ่ายภาพที่ขนาด F2.8, F4, F5.6, F8 และ F11 ตามล ำดับ ส่วน ของระยะห่างวัตถุแต่ละชิ้น ขนาดของวัตถุ ำนวนและกำกรจัดเรียงวัตถุ เหมือนเช่นกำกรทดลองในหัวข้อ (3.2.1.2) ดังนั้น ำกรทดสอบในส่วนนี้ ำสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 กรณีหลักดังนี้แ่ ดงในรูป 3-20 ถึง 3-22 กรณีที่1 โฟกัส วัตถุที่ด ำแหน่งระยะใกล้ (2.5 เมตร) รูปที่ 3- 20 ภาพส ำหรับกำกรประเมินที่ด ำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะใกล้ กรณีที่2 โฟกัสวัตถุที่ด ำแหน่งระยะกลาง (4.5 เมตร) รูปที่ 3- 21 ภาพส ำหรับกำกรประเมินที่ด ำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะกลาง กรณีที่3 โฟกัสวัตถุที่ด ำแหน่งระยะไกล (6.5 เมตร) รูปที่ 3- 22 ภาพส ำหรับกำกรประเมินที่ด ำแหน่งโฟกัสวัตถุระยะ ไกล 3.2.2 กำกรคัดเลือกผู้ท ำกำกรทดลอง กำกรคัดเลือกผู้สังเกตเพื่อท ำกำกรทดลองนั้น ำจะเลือกบุคคลที่มีความสำมำ รด ในการมองเห็นภาพสเตอริโอสโกปิกตามเกณฑ์กำกรรับรู้ที่ก ำหนด โดยอำศัยกำกร มองเห็นจากแผ่นภาพทดสอบ ตามมาตรฐาน ITU-R BT. 1438 [16] test materials for subjective assessment of stereoscopic television pictures โดยผู้วิจัย ำหนด เลือชุดภาพทดสอบดังนี้ ำVT-04: Fine stereopsis (Circle Test) และ VT-07: dynamic stereopsis (dynamic random dot stereogram test) แสดงในรูป 3-23 VT-04 VT-07 รูปที่ 3- 23 ภาพทดสอบความสามารถในการมองเห็นภาพสามมิติ ผู้ที่ผ่านเกณฑ์สำมำรถมองเห็นภาพและตอบค ำถำมถูกต้องมีคะแนนรวม ร้อยละ 80 ขึ้นไป โดยต้องกำกรผู้สังเกตที่ผ่านเพื่อท ำกำกรทดลองทั้ง ำหมด 15 คน 3.2.3 กำกร ำหนดสภาวะ แวดล้อมในการที่กำรนำ ะยะจอโทรทัศน์แสดงผลเป็นแบบระบบสามมิติ ความละเอียดภาพ 1920 x 1080 พิกเซล อัตราส่วน 16:9 โดยใช้แว่นตาสามมิติแบบขั้วเตอร์ และความสว่าง ของห้องที่ใช้ คือ 200 lux ะยะในการมองภาพของผู้ สังเกตเป็น 3 เท่าของขนาด ความสูงของภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ [9,10] 3.2.4 เกณฑ์กำกรประเมินกำกรรับรู้ จาก 3.2.1.1 ผู้วิจัยให้ผู้สังเกตที่กำรนำภาพโมเดลแต่ละชุด โดยยึดภาพวัตถุ ด ำแหน่งตรงกลางเป็นวัตถุอ้างอิงเปรียบเทียบวัตถุ ที่อยู่โดยรอบทีละด ำแหน่งว่า วัตถุที่ที่กำรนำมีระดับความลึกแตกต่างไปจากวัตถุอ้างอิงหรือไม่ จากนั้น ำผู้วิจัยท ำ กำกรบันทึกผล จาก 3.2.1.2 ผู้วิจัยให้ผู้สังเกตที่กำรนำภาพโมเดลแต่ละชุด โดยให้ผู้สังเกต บอกกำรเรียงล ำดับภาพ วัตถุจากโมเดลที่ทดสอบให้มีระดับความลึกไล่ระดับเรียง กันจากนั้น ำผู้วิจัยท ำกำกรบันทึกผลของผู้สังเกตแต่ละคน จาก 3.2.1.3 ผู้วิจัยให้ผู้สังเกตที่กำรนำภาพถ่ายสามมิติจริงเพื่อประเมินให้ คะแนนความชอบในแง่ของกำกรรับรู้ควำมเป็น สามมิติจากภาพถ่ายในแต่ละกรณีจะ มีภาพอยู่ทั้ง ำหมด 5 ภาพที่มีความแตกต่างกันอันเนื่องมาจากคำรับแสงที่เปลี่ยน ไป ให้ผู้สังเกตที่กำรนำเปรียบเทียบภาพทั้ง ำ 5 และเรียงล ำดับความชอบทั้ง ำหมด 5 ระดับดังกล่าวข้างต้น โดย ระดับคะแนนที่ก ำหนดอยู่ในช่วง 1-5 คะแนน (ชอบน้อย สด-ชอบมากที่สุด) บทที่4 ผลการวิจัย 4.1 การรับรู้ระดับความ ลึกของภาพสามมิติโดยผู้สังเกต ผลทดสอบการรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติผู้สังเกตทั้ง ำหมด แผนภูมิที่ 4 - 1: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระนาบวัตถุและร้อยละของการรับรู้ 120 110 % 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 ระยะห่างระนาบวัตถุ (ซม.) $y = 31.583\ln(x) + 24.338$ $R^2 = 0.9261$ จากผลการทดลองในส่วนที่นี้ ังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของผู้ สังเกตที่สามารถแยกแยะความ แตกต่างระดับความลึกจากภาพสามมิติสังเคราะห์ที่ระยะห่างระนาบ วัตถุที่แตกต่างกันตั้ง ำแต่ช่วง 0.5 เซนติเมตร ถึง 15 เซนติเมตร ได้ว่าแนวโน้มของการรับรู้ระดับความ ลึกของภาพสามมิติมีค่าอัตราส่วนร้อยละที่เพิ่มขึ้น ำละเมื่อท ำ กำกร กำหนดหาจุดตัดความชันแบบ เส้นตรงจากสมการ $y = 31.583\ln(x) + 24.338$ และค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ มีค่า เท่ากับ 0.9261 เพื่อทราบผลของ ำนวนผู้สังเกตที่ร้อยละ 50 สามารถแยกแยะความแตกต่างระยะห่าง ของ

ระนาบได้ที่ 2.25 เซนติเมตรเป็นต้นไป 4.2 ผลของระยะชัดลึกต่อการรับรู้ระดับความลึกของภาพสามมิติ 4.2.1 ผลจากผู้สังเกตที่พิจารณาเห็นว่าภาพวัตถุที่ตำแหน่งระยะใดเห็นว่า ชัดที่สุด เปรียบเทียบกับการคานวณจากสมการ (2)และ(3)

25ตารางที่ 4 - 1แสดง ค่าการคานวณ

ช่วงความชัดที่ค่ารับแสงขนาดต่างกัน ค่ารับแสง โฟกัส ที่ 2.5 ม. ช่วงระยะชัดลึก(ม.) โฟกัส ที่ 4.5 ม. ช่วงระยะชัดลึก(ม.) โฟกัส ที่ 6.5 ม. ช่วงระยะชัดลึก(ม.) f/2.8 2.37-2.64 4.11-4.98 5.71-7.55 f/4 2.33-2.70 3.96-5.20 5.43-8.09 f/5.6 2.26-2.79 3.78-5.56 5.09-8.99 f/8 2.18-2.94 3.54-6.17 4.67-10.70 f/11 2.06-3.17 3.25-7.29 4.18-14.60 แผนภูมิที่ 4-2: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็น ว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้ง 3 สามารถรับแสง f/2.8 16 ระยะชัดลึก 1154 1132 ลำดับผู้สังเกต 1110 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะโฟกัสวัตถุ (ม.) โฟกัสระยะใกล้ โฟกัสระยะกลาง โฟกัสระยะไกล ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 80 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคานวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลางและไกล ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำ อยู่ที่ร้อยละ 53.33 และ ร้อยละ 33.33 ตามลำดับ นอกจากนี้ หากพิจารณาแผนภูมิช่วงที่แสดงความครอบคลุมระยะชัดของภาพ ทำให้ทราบว่าผู้สังเกตเห็นภาพที่ความชัดในระยะของวัตถุข้างเคียงด้วยเช่นกันเป็นผลเนื่องมาจากช่วงความชัดลึก แผนภูมิที่ 4-3: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็น ว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้ง 3 สามารถรับแสง f/4 16 ระยะชัดลึก 15 14 13 ลำดับผู้สังเกต 11 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะโฟกัสวัตถุ (ม.) โฟกัสระยะใกล้ โฟกัสระยะกลาง โฟกัสระยะไกล ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 80 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคานวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลางและไกล ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำ อยู่ที่ร้อยละ 6.67 และ ร้อยละ 33.33 ตามลำดับ นอกจากนี้ หากพิจารณาแผนภูมิช่วงที่แสดงความครอบคลุมระยะชัดของภาพ ทำให้ทราบว่าผู้สังเกตเห็นภาพที่ความชัดในระยะของวัตถุข้างเคียงด้วยเช่นกันเป็นผลเนื่องมาจากช่วงความชัดลึก แต่ในช่วงของโฟกัสระยะกลางและไกลผลของผู้สังเกตมีแนวโน้มในการเห็นว่าภาพวัตถุมีความชัดในระยะที่ใกล้กว่าระยะจริงที่กำหนดไว้ตำแหน่ง 4.5 เมตร และ 6.5 เมตร แผนภูมิที่ 4-4: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็น ว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้ง 3 สามารถรับแสง f/5.6 16 ระยะชัดลึก 15 14 13 ลำดับผู้สังเกต 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะโฟกัสวัตถุ (ม.) โฟกัสระยะใกล้ โฟกัสระยะกลาง โฟกัสระยะไกล ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 60 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคานวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลางและไกล ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำ อยู่ที่ร้อยละ 20 และ ร้อยละ 6.67 ตามลำดับ นอกจากนี้ หากพิจารณาแผนภูมิช่วงที่แสดงความครอบคลุมระยะชัดของภาพ ทำให้ทราบว่าผู้สังเกตเห็นภาพที่ความชัดในระยะของวัตถุข้างเคียงด้วยเช่นกันเป็นผลเนื่องมาจากช่วงความชัดลึก สำหรับตำแหน่งโฟกัสระยะไกลผลความแตกต่างในการพิจารณาความชัดภาพจะอยู่ในระยะ 2.5 เมตรและ 3 เมตร แต่ในช่วงของโฟกัสระยะกลาง และไกลผลของผู้สังเกตมีการกระจายค่อนข้างมาก แต่ก็ยังมีแนวโน้มเห็นว่าภาพวัตถุมีความชัดในระยะที่ใกล้กว่าระยะจริง แผนภูมิที่ 4-5: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็น ว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้ง 3 สามารถรับแสง f/8 16 ระยะชัดลึก 15 14 13 ลำดับผู้สังเกต 11 12 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะโฟกัสวัตถุ (ม.) โฟกัสระยะใกล้ โฟกัสระยะกลาง โฟกัสระยะไกล ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 53.33 มีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วงความชัดลึกที่ได้จากการคานวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลาง ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำ อยู่ที่ร้อยละ 23.33 แต่ที่ตำแหน่งโฟกัสระยะไกล ไม่มีผู้สังเกตระบุระยะชัดภาพที่ตำแหน่ง 6.5 เมตรเลย แต่จากการพิจารณาช่วงระยะชัดลึกที่ได้จากการคานวณพบว่าในช่วงการโฟกัสระยะกลางพื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมผลจากผู้สังเกตมองเห็นวัตถุในภาพมีความชัดแล้ว แผนภูมิที่ 4-6: แสดงค่าผลจากผู้สังเกตทั้ง 15 คน ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งวัตถุที่เห็น ว่าชัดที่สุดในตำแหน่งโฟกัสทั้ง 3 สามารถรับแสง

52รับแสง f/11 16 ระยะชัด

ลึก 15 ลำดับผู้สังเกต 9 14 13 12 11 10 8 7 6 5 4 3 2 1 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะ

โฟกัสวัตถุ (ม.) โฟกัสระยะใกล้ โฟกัสระยะกลาง โฟกัสระยะไกล ผลที่ได้ที่ตำแหน่งโฟกัสภาพระยะใกล้ ผู้สังเกตร้อยละ 46.67 มีการรับรู้ความชัด ของภาพที่แม่นยำ ที่ตำแหน่งระยะ 2.5 เมตร และครอบคลุมอยู่ในบริเวณพื้นที่ของช่วง ความชัดลึกที่ได้จากการคานวณ ส่วนตำแหน่งการโฟกัสภาพระยะกลาง ผู้สังเกตมีการรับรู้ความชัดของภาพที่แม่นยำ อยู่อ้อยละ 6.67 แต่ที่ตำแหน่งโฟกัสระยะไกล ไม่มีผู้สังเกตระบุระยะความชัดภาพที่ตำแหน่ง 6.5 เมตรเลย แต่จากการ พิจารณาช่วงระยะชัด ลึกที่ได้จากการคานวณพบว่าในช่วงการโฟกัสระยะกลางพื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมผล จากผู้สังเกตมองเห็นวัตถุในภาพมีความชัดแล้ว 4.2.2 ผลของระยะชัดลึกต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ แผนภูมิที่ 4-7: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับแสง f/2.8 100 90 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 80 70 60 50 40 30 20 10 0 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่า ผลการเรียง ตาตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 80 ขึ้น ้ไป ที่ระยะโฟกัสวัตถุ ตำแหน่ง 2.5 เมตร ภาพมีระยะความชัดดีน ้แคบ จากตารางที่ 4- 1 แต่ผลของการรับรู้ในเชิงภาพสาม มิติของผู้สังเกต ความเบลอภาพมีผลกระทบน้อยต่อการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ แผนภูมิที่ 4-8: ที่ตำแหน่งการ โฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับแสง f/2.8 100 90 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 80 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ตาตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องมีแนวโน้มใกล้เคียงกับ แผนภูมิที่ 4-7 แผนภูมิที่ 4-9: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับแสง f/2.8 100 90 80 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน า เสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ตาตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วน ร้อยละ 60 ขึ้น ้ไปและมีแนวโน้มของการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติที่เพิ่มขึ้น ้และที่ตำแหน่ง วัตถุ 6.5 เมตร ผล ของผู้สังเกตมีการรับรู้ ตาตำแหน่งที่ถูกต้องทั้ง ้หมด แผนภูมิที่ 4-10: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับแสง f/4 100 90 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 80 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะ วัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ตาตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 70 ขึ้น ้ไป แต่ในตำแหน่งระยะวัตถุที่ 4.5 เมตร เป็นตำแหน่งที่มีค่าการรับรู้ ตาที่สูงสุดใน แผนภูมิ แผนภูมิที่ 4-11: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับแสง f/4 100 90 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 80 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ตาตำแหน่งของวัตถุในการรับรู้ระดับความ ลึกภาพสามมิติค่าแนวโน้มการรับรู้ใกล้เคียงกับ แผนภูมิที่ 4-10

50 แต่จุดที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดคือ

ที่ตำแหน่ง 4.5 เมตร มีค่าอัตราส่วนร้อยละที่ผู้สังเกตรับรู้เมื่อเรียงระดับความลึกภาพสามมิติที่ต่ำกว่ามาก แผนภูมิที่ 4-12: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับแสง f/4 100 90 80 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) จากผลการทดลองน าเสนอข้อมูลตามแผนภูมิ พบว่าผล จากการเรียงตาแหน่ง ของวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ การรับรู้ค่า ต่ำสุดอยู่ที่ตำแหน่ง 2.5, 3 และ 4.5 เมตร แผนภูมิที่ 4-13: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับแสง f/5.6 100 90 80 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์ และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ตาตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องใน อัตราส่วนร้อยละ 80 ขึ้น ้ไปของตำแหน่งวัตถุที่ 2.5-3.5 เมตร และ 5.5-6.5 เมตร แต่ ที่ตำแหน่งระยะวัตถุที่ 4.5 เมตร มีค่าอัตราส่วนร้อยละในการรับรู้มีค่า ต่ำที่สุด แผนภูมิที่ 4-14: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับ แสง f/5.6 100 90 80 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะ วัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ตาตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับ ความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องโดยรวมที่อัตราส่วน ร้อยละ 80 ขึ้น ้ไป และที่ตำแหน่งวัตถุที่ 4.5 เมตร มีค่า ต่ำสุด แผนภูมิที่ 4-15: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับแสง f/5.6 100 90 80 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน า เสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ตาตำแหน่งวัตถุในการรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติ ค่าความถูกต้องสูงสุดที่ตำแหน่งวัตถุ 6 เมตร และเป็นตำแหน่งที่ครอบคลุมช่วงความชัดลึก แผนภูมิที่ 4-16: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับแสง f/8 100 90 80 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ตาตำแหน่งวัตถุใน การรับรู้ระดับความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 80 ขึ้น ้ไป เมื่อเลือกพิจารณาโฟกัสที่วัตถุ ตำแหน่ง 2.5 เมตร ในช่วงของระยะชัดลึกที่ ครอบคลุม จากตารางที่ 4-1 ผลของความชัดท าให้อัตราส่วนร้อยละในการรับรู้มีค่าสูง แผนภูมิที่ 4-17: ที่ตำแหน่งการโฟกัสวัตถุระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับแสง f/8 100 90 80 % ผู้สังเกต ตรีษฐ์ 70 60 50

40 30 20 10 0 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัดดู (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ต าแหน่งวัดดูในการรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในต าแหน่ง 3 เมตร และ 4.5 เมตร มีค่าต ่าที่สุด และตั้ง ้ แต่วัดดู ต าแหน่งที่ 5 เมตรมีค่าแนวโน้มการรับรู้ที่เพิ่มขึ้น ้ แผนภูมิที่ 4-18: ที่ต าแหน่งการโฟกัสวัดดูระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับแสง f/8 100 90 % ผู้สังเกต ด้รับรู้ 80 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัดดู (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าในการตั้ง ้ ค่ารับแสงที่ F 8 เหมือนกัน แต่พิจารณาผลของต าแหน่งโฟกัสของภาพระยะกลาง และไกล มีแนวโน้มความถูกต้องเพิ่มขึ้น ้นในการเรียงการรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติ แผนภูมิที่ 4-19: ที่ต าแหน่งการโฟกัสวัดดูระยะใกล้ (2.5เมตร) ค่ารับแสง f/11 100 90 80 % ผู้สังเกต ด้รับรู้ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัดดู (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ต าแหน่งวัดดูในการรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติที่ต าแหน่งวัดดู 4.5 เมตร มีค่าอัตราส่วน ร้อยละการรับรู้ต ่าที่สุด และมีแนวโน้มของอัตราส่วนร้อยละการรับรู้ที่เพิ่มขึ้น ้ เมื่อต าแหน่ง ระยะวัดดูมากกว่า 5 เมตรขึ้นไป แผนภูมิที่ 4-20: ที่ต าแหน่งการโฟกัสวัดดูระยะกลาง (4.5เมตร) ค่ารับแสง f/11 100 90 80 % ผู้สังเกต ด้รับรู้ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัดดู (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ต าแหน่งวัดดูในการรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 70 ้ ้นไป และที่ต าแหน่งวัดดู 3.5 เมตร ผู้สังเกตเรียงค่าได้ถูกต้องในต าแหน่งนี้ที่ ัง ้ หมด แต่ ส าหรับวัดดูที่ 4.5 เมตร มีค่าต ่าที่สุด และมีแนวโน้มคล้ายกับแผนภูมิที่ 4-19 แผนภูมิที่ 4-21: ที่ต าแหน่งการโฟกัสวัดดูระยะไกล (6.5เมตร) ค่ารับแสง f/11 100 90 80 % ผู้สังเกต ด้รับรู้ 70 60 50 40 30 20 10 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัดดู (ม.) จากผลการทดลองค่าที่วิเคราะห์และน าเสนอตามแผนภูมิ พบว่าผลจากการเรียง ต าแหน่งวัดดูในการรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติมีความถูกต้องในอัตราส่วนร้อยละ 70 ้ ้นไป และวัดดู ต าแหน่ง 4.5 เมตร ยังคงมีค่าต ่าที่สุด ดังนั้น ้ จากการทดลองในหัวข้อ 4.2.2 ท าการวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางสถิติ Two

26-way analysis of variance (ANOVA)ตามตาราง ที่ 4- 2 เพื่อทราบ ผล

นัยส าคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ้ 95% ของความแตกต่างการรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติของภาพที่ค่ารับแสงและ ต าแหน่งโฟกัสวัดดูที่เปลี่ยนไป กรณีของสมมติฐานจะปฏิเสธที่ค่า F มีค่าน้อยกว่าค่า F วิกฤต โดยการตั้ง ้ สมมติฐานมี ดังนี้ ้ 1) Ho: การรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติเมื่อค่ารับแสงที่เปลี่ยนไปไม่มีผล H1: การรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติเมื่อค่ารับแสงที่เปลี่ยนไปมีผล 2) Ho:การรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติเมื่อต าแหน่งโฟกัสที่เปลี่ยนไปไม่มีผล H1: การรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติเมื่อต าแหน่งโฟกัสที่เปลี่ยนไปมีผล 3) Ho: ค่ารับแสงและต าแหน่งโฟกัสไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการรับรู้อัตราส่วนความลึก ภาพสามมิติ H1: ค่ารับแสงและต าแหน่งโฟกัสมีปฏิสัมพันธ์กับการรับรู้อัตราส่วนความลึก ภาพสามมิติ ตารางที่ 4-2 : การวิเคราะห์

34Two-way analysis of variance (ANOVA)

34Source of Variation df F F- crit P-

value ค่ารับแสง 4 1.728 2.415 0.145 ต าแหน่งโฟกัส 2 8.359 3.039 0.000* ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่ารับแสงและต าแหน่ง โฟกัส 8 1.196 1.983 0.303 *แตกต่างอย่างมีนัยส าคัญ จากผลค่าความแปรปรวนของรับแสงได้ค่า F = 1.728 ซึ่ง ้ น้อยกว่าค่า F วิกฤต จึงสรุป ได้ว่า ค่ารับแสงไม่มีผลต่อการรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติที่ความเชื่อมั่น 95% จากผลค่าความแปรปรวนของต าแหน่งโฟกัสได้ค่า F = 8.359 ซึ่ง ้ ามากกว่าค่า F วิกฤต จึงสรุปได้ว่า ต าแหน่งโฟกัสภาพมีผลต่อการรับรู้อัตราส่วนความลึกภาพสามมิติที่ความเชื่อมั่น 95% และแตกต่างอย่างมีนัยส าคัญ จากผลค่าความแปรปรวนปฏิสัมพันธ์รับแสงและต าแหน่งโฟกัสได้ค่า F = 1.196 ซึ่ง ้ ้น้อยกว่าค่า F วิกฤต จึงสรุปได้ว่า ค่ารับแสงและต าแหน่งโฟกัสมีผลต่อการรับรู้อัตราส่วน ความลึกภาพสามมิติที่ความเชื่อมั่น 95% 4.3 การประเมินความพึงพอใจในภาพสามมิติ ผลจากการทดลองที่ได้น ามารววิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของ Kruskal-Wallis Test โดยมีการตั้ง ้ สมมติฐานและผลของสมมติฐานแสดงผลไว้ในตารางที่ 4-3 ถึง ตารางที่ 4-5 ัวดังนี้ ้ (1) ที่ต าแหน่งโฟกัสระยะใกล้ (2.5เมตร) Ho: ความพึงพอใจภาพไม่มีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน H1: ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน (2) ที่ต าแหน่งโฟกัสระยะกลาง (4.5เมตร) Ho: ความพึงพอใจภาพไม่มีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน H1: ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน (3) ที่ต าแหน่งโฟกัสระยะไกล (6.5เมตร) Ho: ความพึงพอใจภาพไม่มีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน H1: ความ

พึงพอใจภาพมีผลเมื่อคาร์รับแสงเปลี่ยน ตารางที่ 4-3 : ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสไกล ผู้สังเกต ต าแหน่งโฟกัสระยะไกล 2.5 เมตร

14F2.8 F 4 F 5.6 F 8 F 11

(ล าดับ) (ล าดับ) (ล าดับ) (ล าดับ) (ล าดับ) 1 4 5 3 3 1 2 1 4 2 5 3 3 3 2 5 4 1 4 1 2 3 4 5 5 5 4 3 1 2 6 5 1 2 4 3 7 5 4 3 2 1 8 4 5 3 2 1 9 2 1 3 4 5 10 5 2 1 3 4 11 2 1 5 3 4 12 2 3 1 5 4 13 5 5 3 2 1 14 4 2 3 5 1 15 5 1 3 2 4 Kruskal-Wallis Test Ranks (ต าแหน่งโฟกัสไกล 2.5 เมตร) ค ารูรับแสง N Mean Test Statisticsa,b ความพอใจ 2.8 4 5.6 8 11 Total 15 15 15 15 15 75 4R5a.n8k3 34.93 36.23 40.00 33.00 a= Kruskal Wallis Test b=Gropuing Variable: ค ารูรับแสง Chi-Square df Asymp. Sig. ความพอใจ 3.386 4 .4954 ผลการทดสอบ Kruskal – Wallis test ของต าแหน่งโฟกัสระยะไกล 2.5เมตร ได้ค่าสถิติ ทดสอบ Chi – Square เท่ากับ 3.386 ที่ df = 4 และ Asymp. Sig. เท่ากับ .4954 ซึ ่ง

7มากกว่าระดับ นัยส าคัญที่ก าหนด ($\alpha = .05$) จึงยอมรับ

Ho คือ ความพึงพอใจภาพไม่มีผลเมื่อคาร์รับแสงเปลี่ยน

17ที่ระดับนัยส าคัญ 0.05 ตารางที่ 4-4 : ผล

การประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสกลาง ต าแหน่งโฟกัสระยะกลาง 4.5 ม. ผู้สังเกต F2.8 (ล าดับ) F 4 (ล าดับ) F 5.6 (ล าดับ) F 8 (ล าดับ) F 11 (ล าดับ) 1 1 3 2 5 4 2 2 1 5 4 3 3 1 5 3 2 4 4 1 2 3 5 4 5 1 3 2 4 5 6 1 3 5 4 2 7 1 2 3 4 5 8 4 5 3 2 1 9 1 2 3 4 5 10 1 2 5 3 4 11 1 2 3 5 4 12 2 4 1 5 3 13 5 4 3 2 1 14 1 2 3 4 5 15 2 1 3 5 4 Kruskal-Wallis Test Ranks (ต าแหน่งโฟกัส ค ารูรับแสง สกกลาง 4.5 เมตร) Mean Rank Test Statisticsa,b ความพอใจ 2.8 4 5.6 8 11 Total 15 15 15 15 15 75 18.00 34.00 40.00 51.00 47.00 a= Kruskal Wallis Test b=Gropuing Variable: ค ารูรับแสง Chi-Square df Asymp. Sig. ความพอใจ 22.036 4 .000* *แตกต่างอย่างมีนัยส าคัญ ผลการทดสอบ Kruskal – Wallis test ของต าแหน่งโฟกัสระยะไกล 4.5 เมตร ได้ ค่าสถิติทดสอบ Chi – Square เท่ากับ 22.036 ที่ df = 4 และ Asymp. Sig. เท่ากับ .000*ซึ ่ง

7น้อยกว่า ระดับนัยส าคัญที่ก าหนด ($\alpha = .05$)

จึงปฏิเสธ Ho คือ ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อคาร์รับแสงเปลี่ยน แตกต่างอย่างมีนัยส าคัญ ภาพที่คาร์รับแสง f/8 มีค่าล าดับเฉลี่ยสูงที่สุดผู้สังเกตพึงพอใจภาพมากที่สุด ตารางที่ 4-5 : ผลการประเมินความพึงพอใจภาพสามมิติที่ระยะโฟกัสไกล ผู้สังเกต ต าแหน่งโฟกัสระยะไกล 6.5 ม.

14F2.8 F 4 F 5.6 F 8 F 11

(ล าดับ) (ล าดับ) (ล าดับ) (ล าดับ) (ล าดับ) 1 1 2 3 4 5 2 1 2 3 5 4 3 5 4 3 2 1 4 1 2 3 4 5 5 2 2 5 4 3 6 1 3 4 2 5 7 1 2 3 5 4 8 1 2 3 4 5 9 1 2 4 5 3 10 3 4 5 1 2 11 2 1 3 4 5 12 1 5 2 4 3 13 5 4 3 2 1 14 1 2 3 4 5 15 1 3 4 3 5 Kruskal-Wallis Test Ranks (ต าแหน่งโฟกัสไกล 6.5 เมตร) Mean Rank ค ารูรับแสง N Test Statisticsa,b ความพอใจ 2.8 4 5.6 8 11 Total 15 15 15 15 15 75 19.50 32.37 43.63 45.73 48.77 a= Kruskal Wallis Test b=Gropuing Variable: ค ารูรับแสง Chi-Square df Asymp. Sig. ความพอใจ 19.127 4 .001* *แตกต่างอย่างมีนัยส าคัญ ผลการทดสอบ Kruskal – Wallis test ของต าแหน่งโฟกัสระยะไกล 6.5 เมตร ได้ ค่าสถิติ ทดสอบ Chi – Square เท่ากับ 19.127ที่ df = 4 และ Asymp. Sig. เท่ากับ .001*ซึ ่ง

7น้อยกว่าระดับ นัยส าคัญที่ก าหนด ($\alpha = .05$)

จึงปฏิเสธ Ho คือ ความพึงพอใจภาพมีผลเมื่อค่ารับแสงเปลี่ยน แตกต่างอย่างมีนัยส าคัญ ภาพที่ค่ารับแสง f/11 มีค่าล าดับเฉลี่ยสูงที่สุดผู้สังเกตพึงพอใจภาพมากที่สุด

49บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 5.1 วิจาร์ณ ผลการทดลอง 5.1.

1 ผลการทดลองส่วนที่1 การรับรู้ความแตกต่างระยะห่างของวัตถุที่ระนาบ ต่างกัน ผู้สังเกตสามารถเริ่มแยกแยะได้ทีระยะ 2.25 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผลจาก การศึกษาก่อนหน้านี้ ้ของ Silva [13] ผลเปรียบเทียบความแตกต่างจาก การทดสอบของผู้วิจัยที่ ได้มีค่าระยะวัตถุที่ห่างออกไปมากกว่าอยู่ 0.33 เซนติเมตร 5.1.2 ผลการทดลองส่วนที่ 2-1 สามารถสรุป

40ได้จากแผนภูมิ ที่ 5-1 ดังนี้ ั แผนภูมิ ที่ 5-1:

ผลการรับรู้ระดับความสัภาพสามมิติที่ขึ้น ั กับรับแสงและต าแหน่งโฟกัส ค่ารับแสง f/2.8 100 % ผู้สังเกต ได้รับรู 80 60 40 20 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) Near Focus Middle Focus Far Focus 100 % ผู้สังเกต ได้รับรู 80 60 40 20 0 ค่ารับแสง

42f/4 0 0. 5 1 1.5 2 2.5 3 3.

5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) Near Focus Middle Focus Far Focus 100 % ผู้สังเกต ได้รับรู 80 60 40 20 0 ค่ารับแสง f/5.6 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) Near Focus Middle Focus Far Focus 100 % ผู้สังเกต ได้รับรู 80 60 40 20 0 ค่ารับแสง

20f/8 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5

5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) Near Focus MiddleFocus Far Focus 100 % ผู้สังเกต ได้รับรู 80 60 40 20 0 ค่ารับแสง f/11 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 ระยะวัตถุ (ม.) Near Focus Middle Focus Far Focus จากผลการ ศึกษา ท าให้ทราบว่า ในการสร้างสื่อสามมิติ ผลของค่ารับแสงร่วมกับ ต าแหน่งระยะโฟกัสวัตถุ ส่งผลต่อการรับรู้ระดับ ความสัภาพสามมิติ และโดยเฉพาะ ต าแหน่งโฟกัสให้ความแตกต่างอย่างมีนัยส าคัญต่อการรับรู้เป็นอย่างมากทีระดับ นัยส าคัญ 0.05 5.1.3 ผลการทดลองส่วนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจจากการพิจารณาภาพถ่ายจริงสาม มิติ ที่ด า แหน่งโฟกัสระยะใกล้ 2.5 เมตร ผลของความพึงพอใจภาพสามมิติที่ค่ารับ แสงเปลี่ยนไปไม่

17มีความแตกต่างกัน ทีระดับนัยส าคัญ 0.05 ที่

ต าแหน่งโฟกัสระยะกลาง 4.5 เมตร ผลของความพึงพอใจภาพสามมิติมีคามาก ที่สุดเมื่อใช้ค่ารับแสง f/8 ส าหรับการ ถ่ายภาพสามมิติ ที่ด าแหน่งโฟกัสระยะไกล 6.5 เมตร ผลของความพึงพอใจภาพสามมิติมีคามาก ที่สุดเมื่อใช้ค่ารับแสง f/11 (ภาพมีความชัดลึก) และรองลงมาตามล าดับขนาดค่ารับแสง ทีน้อยลงผลของความพึงพอใจมีคาลดลง ตามล าดับ รายการอ้างอิง [1] เมธาวี จารุวัฒน์จิรังกร และ อธิกรร ช าเดช. การศึกษาการตัดสินใจเลือกขี ้อโทรทัศน์สาม มิติ

51ในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารการเงิน การลงทุน การตลาดและ

บริหารธุรกิจ 2, 3 (2012). [2] K. Ukai, "Human factors for

30stereoscopic images," in Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference on, 2006, pp.

1697-1700. [3]

3G. Leon, H. Kalva, and B. Furht, "3D video quality evaluation with depth quality variations," in 3DTV Conference: The True Vision-Capture, Transmission and Display of 3D Video, 2008, pp. 301-304.

[4]

11A. Benoit, P. Le Callet, P. Campisi, and R. Cousseau, "Using disparity for quality assessment of stereoscopic images," in Image Processing, ICIP 2008. 15th IEEE International Conference on, 2008, pp. 389-392.

[5] M. Lambooi,

16M. Fortuin, I. Heynderickx, and, W. Jsselsteijn, "Visual discomfort and visual fatigue of stereoscopic displays: a review," Journal of Imaging Science and Technology, 53(3),

30201-1. [6] S. Reichelt, R. Häussler, G. Fütterer, G.

22and N. Leister, "Depth cues in human visual perception and their realization in 3D displays," in SPIE

Defense, Security, and Sensing, vol. 7690, Apr. 2010. [7] S. Winkler, D. Min, "Stereoscopic image quality compendium,"

29in Information, Communications and Signal Processing (ICICS) 2011 8th International Conference on, pp. 1-5,

15Dec. 2011. [8] W. Chen, J. Fournier, M. Barkowsky, and P. Le Callet, "New requirements of subjective video quality assessment methodologies for 3DTV,"

37NEW REQUIREMENTS OF SUBJECTIVE VIDEO QUALITY ASSESSMENT

METHODOLOGIES FOR 3DTV, 2010.

[9] O. Kaller, L. Bolecek, M. Slanina, and T. Kratochvil, "Comparison of Steroscopic Display Systems by Subjective Testing," in

43ICDT 2012, The Seventh International Conference on Digital Telecommunications,

pp. 73-77, Apr. 2012. [10] O. Kaller, L. Bolecek, M. Slanina, "Subjective Evaluation and Measurement of Angular Characteristics of the 3D Stereoscopic Displays," in 22nd International Conference Radioelektronika 2012, Apr. 2012. [11]

18D. Xu, L. Coria, and P. Nasiopoulos, "Guidelines for capturing high quality stereoscopic content based on a systematic subjective evaluation," in

33Electronics, Circuits, and Systems (ICECS), 2010 17th IEEE International Conference on , pp.

162-165, Dec. 2010. [12] Greenleaf, R. Allen, "Photographic Optic," The MacMillan Company, New York, pp. 25-27, 1950. [13]

9V. De Silva, A. Fernando, S. Worrall, H. K. Arachchi, and A. Kondo, "Sensitivity analysis of the human visual system for depth cues in stereoscopic 3-D displays," Multimedia, IEEE Transactions on,

13(3), pp. 498-506, 2011. [14]

10D. V. S. De Silva, W. A. C. Fernando, G. Nur, E. Ekmekcioglu, and S. T. Worrall, "3D video assessment with just noticeable difference in depth evaluation," in Image Processing (ICIP), 2010

17th

56IEEE International Conference on, pp. 4013-4016,

Sep. 2010. [15]

23P. Lebreton, A. Raake, M. Barkowsky, and P. Le Callet, "Evaluating depth [16] perception of 3D stereoscopic videos,"

focus 10011001110200111111103001100000041111111110511001111
 116111111110711111111081110000110911110011101000000111
 101111111100012111100111013111111111014111001111015111100
 1110 total error 4 4 2 3 8 6 2 2 2 14 % 26.67 26.67 13.33 20 53.33 40 13.33 13.33 13.33 93.33
 Observer AV4_Far :Focus at Object to

2Object 123456789

focus 10011111110200000111103001100010041111001110511111111
 10611111111171111111118001001000091111111111000100010
 101111111100012111100111113111111111114111111111015001111
 1110 total error 6 6 1 3 6 4 2 3 3 10 % 40 40 6.667 20 40 26.67 13.33 20 20 66.67 Observer 1 2
 AV5.6_Near :Focus at Object to

12Object 3456789

1focus 11111111102111111111130011

0001004111100111151111111110611111111071111111111810000
 111119111100111101111000111111100111101211111111113111
 1111111141110011110151111001111 total error 1 2 1 3 8 5 2 0 1 6 Observer 6.667 1
 13.33 2 6.667 20 53.33 33.33 13.33 0 AV5.6_Mid :Focus at Object to Object 3 4 5 6 7 8 6.667 9 40

1focus 1111001101

0200010111103001100010141111111110511111111116111111111
 71111111110811100001109111111111010111001111011111111000
 121111111101311100111101411111111110151111001110 total error 2 2 1 4
 7 3 2 2 2 12 % 13.33 13.33 6.667 26.67 46.67 20 13.33 13.33 13.33 80 Observer AV5.6_Far :Focus at
 Object to

2Object 123456789

focus 10011111110200000001103001100010041111001105111110011
 061111111107111111110811100001119111111111010000000011
 011111111110120011111110131111111110141110011110150011111
 110 total error 6 6 2 4 6 6 5 0 1 14 % Observer 40 1 40 2 13.33 AV8_Near :Focus at Object to Object 3 4
 5 6 7 8 26.67 40 40 33.33 0 6.667 9 93.33 focus 100111001102111111111030011000
 1014111111011151111100110611111111071111111111811100001
 119111111101011111111111111111101211111111013111111
 00111411111111115111111111 total error 2 2 0 1 2 4 6 1 1 7 % 13.33 13.33 0 6.667
 13.33 26.67 40 6.667 6.667 46.67 Observer AV8_Mid :Focus at Object to

2Object 1 2 3 4 5 6 7 8 9

focus 1001111001020000001103001100000141111001110511111001
11611110011107111111110810000111109001111110100000111
101111111110121111111101311111100101400110011101511111
1110 total error 67337653113% Observer 40 46.67 20 20 46.67 40 33.33 20 AV8_Far :Focus at
Object to Object 6.667 86.67 1 2 3 4 5 6 7 8 9 focus 1000011111020000011110300110
00004111100111051111100110611111111071111111108111111
11109111100111010000000111011111111000120011111110131111
11001014111111110150011111110 total error 66335533215% 40 40 20 20
33.33 33.33 20 20 13.33 100 Observer AV11_Near :Focus at Object to

2Object 1 2 3 4 5 6 7 8 9

focus 1001111110200000111103001100001041111001111511111111
106111111111171111111118111111111091001001110101110000
111111100111101211111111101311111100111400100111115111100
1111 total error 4524853308% 26.67 33.33 13.33 26.67 53.33 33.33 20 20 0 53.33 Observer
AV11_Mid :Focus at Object to

2Object 1 2 3 4 5 6 7 8 9

focus 1001111100020010011110311110000004111111110511111111
11611111111107111111111081110000110911110011101000100111
1011111111101200111100101311111111101411111111015111100
1110 total error 44036433214% 26.67 26.67 0 20 40 26.67 20 20 13.33 93.33 Observer
AV11_Far :Focus at Object to

2Object 1 2 3 4 5 6 7 8 9

focus 1000111111021111111110300000000041111001110511111111
10611111111107111111111081111001110911111111101011100111
1011111111011012001111101013111111110101411111111015111111
1110 total error 33224323115% 20 20 13.33 13.33 26.67 20 13.33 20 6.667 100 ประวัติผู้ ้เขียน
วิทยานิพนธ์ - พ.ศ. 2548 ส ำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน "มัธยม

48สำธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสนันท่า"

- พ.ศ. 2552

24ส ำเร็จการศึกษาวชิยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาศาสตร์

ทางภาพถ่าย

27 และ เทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยา ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- พ.ศ. 2554

13 เข้าศึกษา ต่อ ในหลักสูตรวิทยา ศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะ
วิทยา ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61