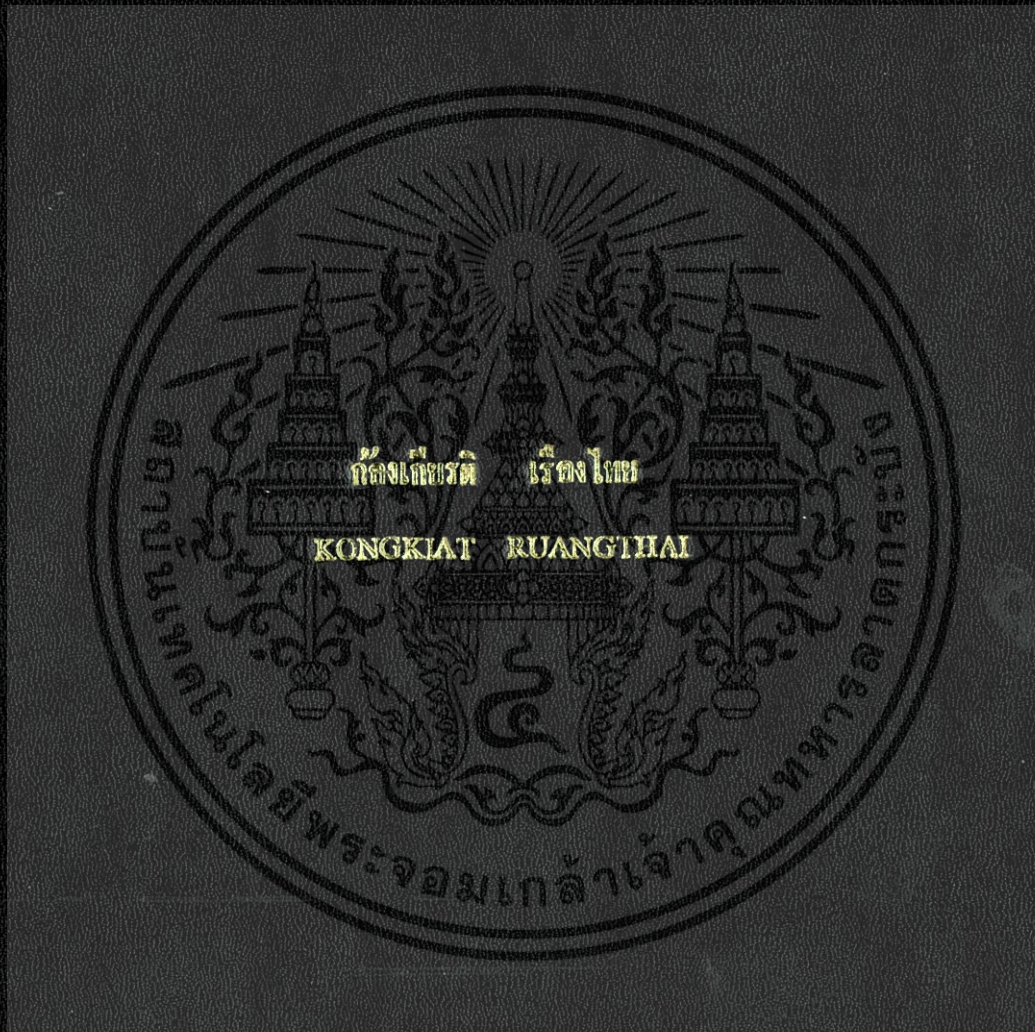


การปรับภาพสเตอริโอโคปิกเพื่อเพิ่มคุณภาพการรับรู้ระยะลึก
STEREOSCOPIC IMAGE ADJUSTMENT
FOR
WELL DEPTH PERCEPTION



วิทยานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อขอรับเกียรตินิยมบัณฑิตศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2554

KMT11-2011-EN-M-070-010

การปรับภาพสเตอริโอภาพเพื่อเพิ่มคุณภาพการรับรู้ระยะลึก

STEREOSCOPIC IMAGE ADJUSTMENT

FOR

WELL DEPTH PERCEPTION



T117865



พ.
ก344ก
2554

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117865
วัน,เดือน,ปี 22 ต.ค. 2554

b. 12350023
i.....

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะชื่อของโรงเรียนเท่านั้นไปอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL 2011-EN-M-070-010

**STEREOSCOPIC IMAGE ADJUSTMENT
FOR
WELL DEPTH PERCEPTION**



**A THESIS SUBMITTED IN FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMUTL) 2011-EN-M-070-010 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2011

FACULTY OF ENGINEERING,

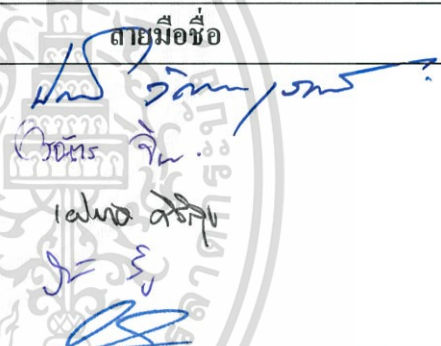
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับสภาพสเตอริโอภาพเพื่อเพิ่มคุณภาพการรับรู้ระยะลึก
Thesis Title Stereoscopic Image Adjustment for Well Depth Perception
นักศึกษา นายก้องเกียรติ เรืองไทย
รหัสประจำตัว 51060601
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.วัชระ นัครวิริยะ
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2011-EN-M-070-010

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.ปกรณ์	วิฒนจตุรพร	
ผศ.ดร.อรนัตร์	จิตต์โสภักตร์	
ผศ.ดร.เผ่าศักดิ์	ศิริสุข	
รศ.ดร.ปิติเขต	ผู้รักษา	
ดร.วัชระ	นัครวิริยะ	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เวลา 14.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 2 ห้องประชุม 1

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชัยวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับภาพสเตอริโอโคปิกเพื่อเพิ่มคุณภาพการรับรู้ระยะลึก
นักศึกษา	นายก้องเกียรติ เรืองไทย
รหัสนักศึกษา	51060601
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.วัชร ฉัตรวิริยะ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอโคปิกได้ถูกใช้ในหลายรูปแบบ ระบบการแสดงผลดังกล่าวสร้างภาพสามมิติจากภาพสองมิติสองมุมมอง โดยต้องรักษาคุณภาพของภาพและให้ประสบการณ์การรับชมที่สะดวก แต่เนื่องจากปัจจัยด้านการมองเห็นของมนุษย์เมื่อภาพมีระยะขอบเขตความลึกที่กว้างจะทำให้เกิดการล้าที่นัยตาและเห็นความลึกของภาพไม่ชัดเจน ทำให้การบันทึกภาพแบบสเตอริโอจะต้องทำภายในสตูดิโอที่สามารถควบคุมองค์ประกอบของภาพให้มีระยะขอบเขตความลึกที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ได้นำปัจจัยในการมองเห็นของมนุษย์และข้อจำกัดของอุปกรณ์การแสดงผลมาใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อปรับระยะการเลื่อนตำแหน่งขององค์ประกอบในภาพสเตอริโอโคปิก และเพิ่มลักษณะของตัวบ่งชี้ความลึกมุมมองเดียว เพื่อปรับภาพสามมิติให้เหมาะสมต่อการรับชม โดยไม่เกิดความล้าที่นัยตาและยังแสดงระยะลึกที่ชัดเจนในบริเวณที่สนใจ จึงอาจนำไปใช้กับการบันทึกภาพในสภาพแวดล้อมเปิดที่มีระยะการเลื่อนตำแหน่งมากหรือน้อยโดยยากต่อการควบคุมได้ ผลการทดลองจากชุดข้อมูลภาพสเตอริโอของ Middlebury แสดงถึงการรับรู้ระยะลึกที่ดีของวิธีการที่นำเสนอ

Thesis Title	Stereoscopic Image Adjustment for Well Depth Perception
Student	Mr. Kongkiat Ruangthai
Student ID.	51060601
Degree	Master of Engineering
Program	Computer Engineering
Year	2011
Thesis Advisor	Dr. Watchara Chatwiriya

ABSTRACT

Stereoscopic displays are used in various designs. Those display systems compose of creating 3D from a pair of 2D images while the goal is to maintain quality of the image and give a comfortable viewing experience. Due to human factor in visual perception in case of too much depth range in the image will cause viewer's eyestrain and unclear depth perception. Thus stereo image has to be taken in a studio that can control image contents to make appropriate depth range.

This thesis takes human factor in visual perception and display limitation into the image processing on purpose to adjust disparity range of stereoscopic image contents and append monocular depth cue on stereo image. For properly view with causing no eyestrain and still present good depth perception on region of interest. So this method could be used to take stereoscopic image on real world scene where the disparity on the scene content is hardly controlled. Experimental results using the Middlebury stereo dataset demonstrate the good depth perception of the proposed method.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก ดร.วัชร ฉัตรวิริยะ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ก้องเกียรติ เรืองไทย

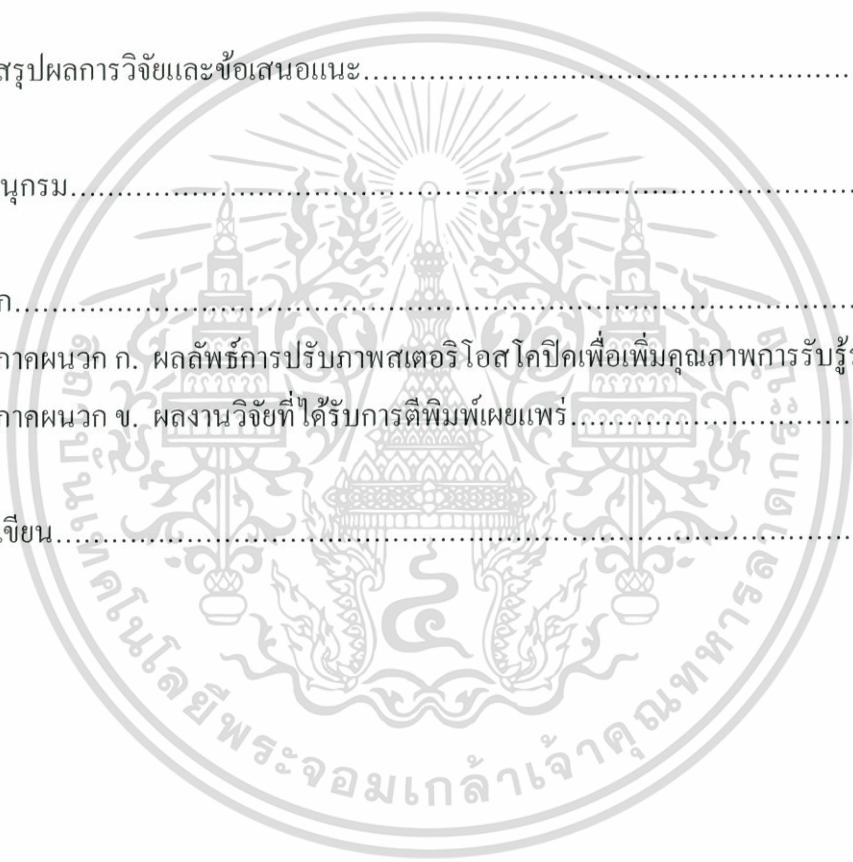
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.....	3
1.6 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.7 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยและระบบภาพสเตอริโอสโคปิก.....	5
2.1 การรับรู้ระยะลึกของมนุษย์.....	5
2.1.1 ตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดี่ยว และกล้ามเนื้อนัยน์ตา.....	5
2.1.2 การรับรู้ระยะลึกจากภาพสองมุมมองในโลกธรรมชาติ.....	7
2.1.3 การรับรู้ระยะลึกจากภาพสเตอริโอสโคปิกอิเล็กทรอนิกส์.....	12
2.2 การควบคุมระยะลึกรับรู้จากภาพสเตอริโอสโคปิก.....	15
บทที่ 3 กระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้ภาพสเตอริโอสโคปิก.....	18
3.1 การสร้างแผนที่การเลื่อนตำแหน่ง.....	18
3.2 การแบ่งชั้นความลึก และจำลองตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยว.....	21
3.3 การแมพระยะลึกในฉากจริงไปยังระยะลึกรับรู้.....	25
3.3.1 ฟังก์ชันการแมพระยะลึกจริงไปยังระยะลึกรับรู้.....	25
3.3.2 กระบวนการชดเชยข้อมูลภาพ.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบแนวคิดกระบวนการ.....	31
4.1 ขั้นตอนและสภาพแวดล้อมในการทดลอง.....	31
4.2 ที่มาของชุดข้อมูลภาพ.....	32
4.3 การสร้างภาพสามมิติแบบกรองสี.....	33
4.4 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	42
บรรณานุกรม.....	44
ภาคผนวก.....	46
ภาคผนวก ก. ผลลัพธ์การปรับภาพสเตอริโอสโคปิกเพื่อเพิ่มคุณภาพการรับรู้ระยะลึก..	47
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	64
ประวัติผู้เขียน.....	82



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพสองมิติมุมมองเดียว (“Paris Street, rainy day” โดย Gustave Caillebotte).....	6
2.2 การมองแบบสองตาของมนุษย์เมื่อดูโลกธรรมชาติ.....	8
2.3 การเลื่อนตำแหน่งเชิงมุมถูกกำหนดให้สัมพันธ์กับจุดรวมสายตาในขณะนั้น.....	9
2.4 ความชัดเจนสเตอริโอกำหนดระดับความลึกที่แตกต่างกันน้อยที่สุดที่สามารถรับรู้ได้.....	10
2.5 การรับรู้ระยะลึกด้านหลัง (บน) และด้านหน้า (ล่าง) ของระนาบแสดงผล.....	13
2.6 การแมพความลึกในฉากจริงไปยังระยะลึกรับรู้.....	15
3.1 ภาพรวมการทำงานของกระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้.....	19
3.2 แผนภาพแสดงอัลกอริธึมการจับคู่สเตอริโอแบบแบ่งส่วนพร้อมข้อมูลอินพุตและผลลัพธ์..	20
3.3 แผนที่มีการเลื่อนตำแหน่งและฮิสโทแกรม.....	22
3.4 ผลการแบ่งชั้นความลึกจากแผนที่มีการเลื่อนตำแหน่ง.....	23
3.5 ภาพต้นฉบับ (บน) เปรียบเทียบกับภาพที่เพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดียว (ล่าง).....	24
3.6 กราฟแสดงผลของอัลกอริธึมการแมพ ระหว่างระยะลึกในฉาก (scene depth, sd) กับระยะลึกรับรู้เรขาคณิต (geometric perceived depth, gpd).....	26
3.7 แผนที่มีการเลื่อนตำแหน่งและฮิสโทแกรมของคู่ภาพสเตอริโอต้นฉบับ (บน) เปรียบเทียบกับคู่ภาพสเตอริโอที่ผ่านการแมพระยะลึกใหม่แล้ว (ล่าง).....	27
3.8 ภาพผลลัพธ์หลังการจัดระยะลึกรับรู้ในภาพ (ล่าง) เปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ (บน) โดยแสดงภาพทั้งจากช่องมองภาพตาซ้าย และช่องมองภาพตาขวา.....	28
3.9 ภาพที่ผ่านการเลื่อนตำแหน่งและบริเวณที่ต้องการชดเชยข้อมูลภาพแสดงด้วยสีแดงม่วง (magenta).....	29
3.10 ภาพที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพแล้ว.....	29
3.11 ภาพแสดงกรอบการแบ่งส่วนของข้อมูลที่ต้องการทำการชดเชย.....	30
4.1 ขั้นตอนการทดลองแนวคิดกระบวนการปรับปรุงภาพสเตอริโอสโคปิค.....	32
4.2 ตัวอย่างภาพจากชุดข้อมูลภาพสเตอริโอของ Middlebury.....	33
4.3 ตัวอย่างภาพที่แสดงด้วยวิธีสามมิติแบบกรองสี.....	35
4.4 ตัวอย่างภาพสเตอริโอผลลัพธ์ (ล่าง) เปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ (บน).....	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ตัวอย่างภาพผลลัพธ์ (ล่าง) เปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ (บน) เมื่อแสดงด้วยภาพฉายไป ยังปริภูมิ 3 มิติ.....	37
4.6 ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่ไม่ผ่านการปรับปรุง.....	38
4.7 ตัวอย่างภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีการแมพระยะลึกแบบทั้งหมดเป็นส่วนเดียว.....	39
4.8 ตัวอย่างภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์.....	39
4.9 แผนภูมิแสดงคะแนนเฉลี่ยตามหัวข้อในแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ แสดงภาพสเตอริโอสโคป.....	40
ก.1 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ต้นฉบับ.....	48
ก.2 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการเพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดียว.....	48
ก.3 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการแมพระยะลึกจริงไปยังระยะลึกรับรู้.....	49
ก.4 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพ.....	49
ก.5 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ต้นฉบับฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ.....	50
ก.6 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ.....	50
ก.7 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ต้นฉบับแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี.....	51
ก.8 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรอง สี.....	51
ก.9 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ต้นฉบับ.....	52
ก.10 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการเพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดียว.....	52
ก.11 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการแมพระยะลึกจริงไปยังระยะลึกรับรู้.....	53
ก.12 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพ.....	53
ก.13 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ต้นฉบับฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ.....	54
ก.14 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ.....	54
ก.15 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ต้นฉบับแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี.....	55
ก.16 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรอง สี.....	55
ก.17 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ต้นฉบับ.....	56
ก.18 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ที่ผ่านการเพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดียว.....	56
ก.19 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ที่ผ่านการแมพระยะลึกจริงไปยังระยะลึกรับรู้.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.20	คู่มือภาพถ่ายไอชูดภาพ Dolls ที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพ.....57
ก.21	ภาพถ่ายไอชูดภาพ Dolls ต้นฉบับฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ..... ..58
ก.22	ภาพถ่ายไอชูดภาพ Dolls ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ..... ..58
ก.23	ภาพถ่ายไอชูดภาพ Dolls ต้นฉบับแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี.....59
ก.24	ภาพถ่ายไอชูดภาพ Dolls ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี.....59
ก.25	คู่มือภาพถ่ายไอชูดภาพ Teddy ต้นฉบับ.....60
ก.26	คู่มือภาพถ่ายไอชูดภาพ Teddy ที่ผ่านการเพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยว.....60
ก.27	คู่มือภาพถ่ายไอชูดภาพ Teddy ที่ผ่านการแมประยะลึกจริงไปยังระยะลึกรับรู้.....61
ก.28	คู่มือภาพถ่ายไอชูดภาพ Teddy ที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพ.....61
ก.29	ภาพถ่ายไอชูดภาพ Teddy ต้นฉบับฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ.....62
ก.30	ภาพถ่ายไอชูดภาพ Teddy ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ.....62
ก.31	ภาพถ่ายไอชูดภาพ Teddy ต้นฉบับแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี.....63
ก.32	ภาพถ่ายไอชูดภาพ Teddy ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี.....63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการแสดงผลภาพในรูปแบบสามมิติกำลังเป็นที่พบเห็นได้โดยทั่วไป โดยใช้การแสดงผลภาพแบบสเตอริโอ (stereoscopic) ซึ่งเป็นการสร้างภาพสองมุมมองสำหรับแต่ละนัยน์ตาของผู้ชมเพื่อให้เกิดการรับรู้ระยะลึกขององค์ประกอบในภาพ ระบบการแสดงผลภาพดังกล่าวนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์เพื่อการบังคับให้นัยน์ตาแต่ละข้างมองเห็นภาพเฉพาะมุม ซึ่งทำงานร่วมกับจอภาพที่สามารถแสดงผลภาพสองมุมมองสลับกันหรือสองมุมมองในเวลาเดียวกัน กระทั่งมีระบบสเตอริโออัตโนมัติ (auto-stereoscopic) ที่ไม่ต้องใช้แว่นตาและยังมีคุณภาพของภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีในยุคก่อน

หลักการในการรับรู้ระยะลึกจากภาพสองมุมมอง หรือความลึกสเตอริโอ (stereoscopic) สามารถถูกสร้างขึ้นใหม่ได้โดยการแสดงผลภาพสองมิติที่แยกออกจากกันแก่นัยน์ตาแต่ละข้าง ซึ่งภาพที่เห็นโดยนัยน์ตาข้างซ้ายและข้างขวาจะเป็นภาพสองมิติของฉากเดียวกันที่ถ่ายจากมุมมองที่แตกต่างกันเล็กน้อย ความแตกต่างของมุมมองนี้ทำให้เกิดการเลื่อนตำแหน่ง (disparity) ของวัตถุในภาพและทำให้ผู้ชมสามารถรับรู้ระยะลึกในฉากได้

อย่างไรก็ตามการรับรู้ระยะลึกจากคู่ของแผ่นภาพสเตอริโอและการรับรู้ระยะลึกสเตอริโอในโลกธรรมชาติมีความแตกต่างทางกายภาพที่สำคัญ คือ นัยน์ตาทั้งสองข้างจำเป็นต้องรวมแผ่นภาพสเตอริโอทั้งสองไปยังจุดรวมภาพ ขณะที่การปรับโฟกัสของนัยน์ตาในทางลึกยังคงต้องคงสถานะให้แผ่นภาพเองยังอยู่ในโฟกัส นี่บังคับให้ผู้ชมต้องปรับเปลี่ยนการเชื่อมโยงตามปกติระหว่างการรวมสายตาและการปรับโฟกัสของนัยน์ตา และนี่เป็นเหตุผลหนึ่งว่าทำไมภาพสเตอริโอ-ไอโอสโคปิกที่มีช่วงระยะลึกขนาดใหญ่จึงยากต่อการรับชม สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าขอบเขตระยะลึกที่รับรู้ได้ในคู่ภาพสเตอริโอจำเป็นต้องถูกจำกัดเพื่อให้แน่ใจว่าผู้ชมจะสามารถรับชมได้อย่างสะดวก

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษาการรับรู้ระยะลึกจากภาพของมนุษย์เพื่อพัฒนาการแสดงผลภาพสามมิติแบบสเตอริโอสโคปิก ระบบภาพสามมิติที่คืนั้นควรให้การรับรู้มิติระยะลึกที่ชัดเจนและไม่สร้างภาระความเครียดต่อการมองเห็น ซึ่งปัจจัยในการสร้างระบบแสดงผลภาพสามมิติที่คืนั้นนอกจากวิธีการและอุปกรณ์การแสดงผลแล้ว กลุ่มภาพสเตอริโอสโคปิกที่นำมาแสดงก็มีผลต่อคุณภาพในการรับชมด้วยเช่นกัน ดังนั้นกระบวนการปรับปรุงกลุ่มภาพสเตอริโอสโคปิกจึงได้ถูกนำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

กระบวนการปรับปรุงกลุ่มภาพสเตอริโอสโคปิกมุ่งเน้นในการจัดการภาพที่ได้มาจากการบันทึกภาพสเตอริโอแบบขนานให้มีความเหมาะสมต่อการแสดงผลภาพสามมิติบนจอแสดงผลเป้าหมาย ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้จะช่วยให้ผู้สร้างคอนเทนต์สำหรับการแสดงผลภาพสามมิติสามารถทำงานได้สะดวกมากขึ้น ไม่จำเป็นต้องควบคุมขอบเขตของระยะลึกในฉากจริงทางกายภาพทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ในพื้นที่เสมือนแบบเปิด และผู้ชมก็ยังได้รับประสบการณ์ในการรับชมที่ดี

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การที่จะสร้างการรับรู้มิติระยะลึกที่ดีให้กับผู้ชมจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจที่ชัดเจนว่า ภาพสเตอริโอใดคือที่ถูกรับรู้ได้อย่างไร และมนุษย์มีวิธีการตัดสินระยะลึกจากการมองเห็นอย่างไร การใช้การรับรู้มิติระยะลึกแบบสองตาบนระบบแสดงผลภาพสามมิติสเตอริโอสโคปิกมีข้อจำกัดเนื่องจากขอบเขตระยะลึกที่รับรู้ได้ในกลุ่มของภาพสเตอริโอจำเป็นต้องถูกจำกัดไว้ในช่วงที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามระบบการมองเห็นของมนุษย์ยังมีการใช้ตัวบ่งชี้ความลึกแบบอื่นๆ ประกอบเพื่อช่วยในการแปลภาพทั้งสองที่เกิดขึ้นบนจอประสาทตาและสร้างแบบจำลองของโลกสามมิติขึ้นในสมองจากสิ่งเหล่านี้

เพื่อให้การตัดสินระยะลึกที่ดีแก่ผู้ชมโดยไม่สร้างภาระความเครียดต่อการมองเห็นตัวบ่งชี้ระยะลึกจากภาพมุมมองเดี่ยว (monocular depth cue) หรือตัวบ่งชี้ระยะลึกจากภาพ (pictorial depth cue) สามารถช่วยชดเชยการรับรู้ระยะลึกแบบสองมุมมองที่สูญเสียไปเนื่องจากข้อจำกัดที่ได้กล่าวไปแล้ว ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อสร้างลักษณะของตัวบ่งชี้ความ

ลึกจากภาพมุมมองเดี่ยวลงไปในแต่ละภาพของกลุ่มภาพสเตอริโอ ร่วมกับการจัดระยะลึกแบบสอง มุมมองของแต่ละวัตถุในฉากให้อยู่ภายในช่วงระยะลึกที่รับรู้ที่เหมาะสม

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

กระบวนการปรับปรุงภาพสเตอริโอ โอส โคปิกให้เหมาะสมต่อการรับรู้ของมนุษย์ใน วิทยานิพนธ์นี้มุ่งใช้กับภาพถ่ายสเตอริโอแบบขนาน ขั้นตอนแรกที่สำคัญในกระบวนการนี้คือการ ประเมินความลึกของแต่ละจุดพิกเซลในภาพซึ่งวิธีการจับคู่สเตอริโอแบบแบ่งส่วนได้ถูกนำเข้ามา แก้ไขปัญหานี้

ถัดมาในส่วนของการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อสร้างลักษณะของตัวบ่งชี้ความลึกจาก ภาพมุมมองเดี่ยว ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยส่วนของการแยกองค์ประกอบของภาพให้อยู่ ในรูปของชั้นความลึกและการเพิ่มลักษณะตัวบ่งชี้ความลึกลงไปให้แต่ละชั้นดังกล่าว สำหรับจุด แบ่งชั้นความลึกนั้น ได้มาจากการวิเคราะห์แผนที่การเลื่อนตำแหน่งที่แสดงถึงระยะลึกของแต่ละจุด พิกเซลในภาพ และลักษณะของตัวบ่งชี้ความลึกแบบมุมมองเดี่ยวได้เลือกใช้ความพรมัวเป็นตัว บ่งชี้ที่ลึกร่วมกับการทับซ้อนตำแหน่งของวัตถุ

ในการควบคุมระยะลึกที่รับรู้แบบสเตอริโอ โอส โคปิกได้ใช้วิธีการแมพระยะลึกที่ปรากฏใน ฉากจริงไปยังระยะลึกที่รับรู้บนจอแสดงภาพเป้าหมาย โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการนำเสนอ ฟังก์ชันในการแมพแบบเปลี่ยนแปลงสัดส่วนต่อเนื่อง ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้มีการแสดงระยะลึก แบบสเตอริโอที่ดีในบริเวณที่สนใจเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณระยะไกลและระยะใกล้ และยังมีการ เปลี่ยนแปลงระหว่างแต่ละช่วงที่ราบเรียบ

ผลลัพธ์ของกระบวนการปรับปรุงภาพสเตอริโอ โอส โคปิกนี้ได้แสดงผ่านระบบแสดงภาพ สามมิติสเตอริโอ โอส โคปิกแบบกรองสี (anaglyph) เพื่อเปรียบเทียบภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้วกับ ภาพต้นฉบับ

1.5 การเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีแบบพื้นฐาน

กระบวนการปรับปรุงภาพสเตอริโอ โอส โคปิกที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย จุดที่มีการพัฒนาจากวิธีแบบพื้นฐานสองส่วน ได้แก่ วิธีการแมพแบบเปลี่ยนแปลงสัดส่วนต่อเนื่อง ซึ่งนอกจากจะให้การรับรู้ระยะลึกสเตอริโอที่ดีในบริเวณที่สนใจเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะใกล้และระยะไกลแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างแต่ละช่วงที่ราบเรียบเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแมพหลายช่วงแบบพื้นฐาน และการเพิ่มลักษณะของตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดี่ยวจะช่วยชดเชยความสามารถในการตัดสินใจระยะลึกในบริเวณระยะใกล้และระยะไกลที่การแสดงความลึกแบบสเตอริโอถูกบีบอัด รวมถึงขั้นตอนกระบวนการปรับปรุงนี้สามารถใช้งานได้กับคู่ภาพสเตอริโอที่ถ่ายในสภาพแวดล้อมแบบเปิด

1.6 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอกระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้ในภาพสเตอริโอ-ไอเอสโคปที่ถ่ายในสภาพแวดล้อมแบบเปิดให้เหมาะสมต่อการรับรู้ของมนุษย์ผ่านจอแสดงภาพสามมิติเป้าหมาย โดยใช้การแมพระยะลึกในฉากจริงไปยังระยะลึกรับรู้แบบเปลี่ยนแปลงสัดส่วนต่อเนื่อง และทำการชดเชยการตัดสินใจระยะลึกที่ถูกบีบอัดด้วยตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดี่ยว ภาพสเตอริโอ ไอเอสโคปผลลัพธ์ได้เปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับด้วยการแสดงภาพสามมิติแบบกรองสี

1.7 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยและระบบภาพสเตอริโอ ไอเอสโคป ซึ่งประกอบด้วยการรับรู้ระยะลึกของมนุษย์ ซึ่งรวมถึงจากตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดี่ยวและจากภาพสองมุมมอง และการควบคุมระยะลึกรับรู้จากภาพสเตอริโอ ไอเอสโคป

บทที่ 3 กล่าวถึงกระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้ภาพสเตอริโอ ไอเอสโคปโดยใช้การแปลงระยะลึกในฉากจริงไปยังระยะลึกรับรู้ และเพิ่มตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดี่ยว

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดสอบแนวคิดกระบวนการ ประกอบด้วยที่มาของชุดข้อมูลคู่ภาพสเตอริโอ พารามิเตอร์ที่ใช้และวิธีการแสดงภาพสามมิติแบบกรองสี เพื่อแสดงให้เห็นว่ากระบวนการที่นำเสนอสามารถที่ช่วยให้การรับรู้ระยะลึกที่ดีขึ้น

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย และระบบภาพสเตอริโอสโคปิก

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย และพื้นฐานของระบบภาพสเตอริโอสโคปิก ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการรับรู้ระยะลึกของมนุษย์ ทั้งจากภาพมุมมองเดี่ยวและภาพสองมุมมอง พื้นฐานของระบบภาพสเตอริโอสโคปิกและข้อจำกัดของระบบ รวมถึงวิธีการก่อนหน้าในการควบคุมระยะลึกให้เหมาะสมต่อการรับรู้ของมนุษย์ ซึ่งเนื้อหาเหล่านี้จำเป็นสำหรับการศึกษา และพัฒนากระบวนการสร้างเนื้อหาภาพสำหรับแสดงบนจอสเตอริโอสโคปิก

2.1 การรับรู้ระยะลึกของมนุษย์

การกำหนดความต้องการของระบบสำหรับการแสดงภาพสามมิติและภาพที่ถูกแสดงด้วยระบบนั้นนับเป็นก้าวแรกในการสร้างระบบแสดงภาพสามมิติที่มีคุณภาพ เราต้องการความเข้าใจอย่างชัดเจนว่าภาพสเตอริโอสโคปิกดีจิตอลถูกรับรู้อย่างไร โดยผู้ใช้งาน เพื่อที่จะได้รับรองการปรับปรุงที่ถูกต้องในระหว่างขั้นตอนการออกแบบ

การมองภาพแบบสองตาช่วยให้มนุษย์ได้เปรียบในการรับรู้ระยะลึกจากความต่างเล็กน้อยของจุดตำแหน่งในภาพ ซึ่งจุดทั้งสองมีความสัมพันธ์หรือสอดคล้องกัน ในภาพทั้งสองที่เกิดขึ้นบนจอประสาทตาแต่ละข้าง การรับรู้ระยะลึกแบบนี้เรียกว่า การรับรู้มิติ (stereopsis, แปลตามตัวอักษรได้ว่า การมองที่เชื่อถือได้) ซึ่งสามารถให้ข้อมูลที่แม่นยำของความสัมพันธ์เชิงความลึกของแต่ละวัตถุที่ปรากฏในฉาก

นอกจากนี้ระบบการมองเห็นของมนุษย์ยังใช้ตัวบ่งชี้ความลึกอื่นๆ เพื่อช่วยในการแปลภาพทั้งสองที่เกิดขึ้นบนจอประสาทตาและทำการสร้างเป็นแบบจำลองของโลกสามมิติขึ้นในสมองจากสิ่งเหล่านี้ ตัวบ่งชี้ความลึกอื่นๆ นั้นรวมถึงตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดี่ยว (monocular depth cues) ซึ่งจะมีความสำคัญชัดเจนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเรียนรู้ และตัวบ่งชี้จากกล้ามเนื้ออ่อนโยนตา (oculomotor cues) ซึ่งเป็นส่วนขยายให้กับตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบสองตา

เราได้นำเสนอเรื่องนี้ไปตามลำดับ รวมถึงในรายละเอียดของการมองแบบสองตาทั้งในโลกธรรมชาติและเมื่อมองผ่านจอแสดงภาพสามมิติแบบอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1 ตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดี่ยว และกล้ามเนื้ออ่อนโยนตา

ในระบบการมองเห็นมีส่วนที่ทำงานซ้ำซ้อนกันอยู่ ทำให้แม้กระทั่งในคนที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเพียงข้างเดียวก็สามารถตัดสินระยะลึกได้เป็นอย่างดีในโลกจริง ดังนั้นการออกแบบระบบแสดงภาพสามมิติจึงควรคิดถึงการช่วยเหลือการรับรู้ระยะลึกจากภาพสองมิติ และมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป้าหมายให้คุณภาพการแสดงผลภาพที่ไม่ด้อยไปกว่าจอแสดงภาพสองมิติธรรมดา คุณภาพการแสดงภาพนั้น Ezra [1] ได้แนะนำว่านี่ควรรวมถึงระดับของความสว่าง (brightness) คอนทราสต์ (contrast) ความละเอียด (resolution) และขอบเขตการมอง (viewing range) ซึ่งนำจอแสดงภาพสองมิติมาตรฐานมาเพิ่มด้วยตัวบ่งชี้ระยะลึกสเตอริโอสโคปิกโดยการสร้างภาพแยกสำหรับแต่ละนัยน์ตา

การบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดียวเป็นเรื่องของประสบการณ์ โดยผู้สังเกตจะเรียนรู้ผ่านระยะเวลาถึงลักษณะสำคัญจากความแตกต่างของภาพที่เห็นและความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านั้นกับวัตถุในโลกจริง การบ่งชี้ความลึกจากภาพมุมมองเดียวประกอบด้วย [2]



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงตัวบ่งชี้ความลึกจากภาพสองมิติมุมมองเดียว (“Paris Street, rainy day” โดย Gustave Caillebotte)

- การสอดทับ (interposition) วัตถุที่บดบังวัตถุอื่นบอกลำดับความลึกของแต่ละวัตถุ
- มุมมองตัดเส้นเชิงเส้น (linear perspective) วัตถุที่มีขนาดเท่ากันเมื่ออยู่ในระยะห่างที่ต่างกัน จะฉายภาพที่มีขนาดต่างกันบนจอประสาทตา
- แสงและเงา (light and shade) วิธีที่แสงสะท้อนจากวัตถุบ่งบอกลำดับความสัมพันธ์ในเชิงความลึกของพวกมัน และเงาจะมีความสำคัญอย่างมากในประเด็นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเทียบเคียงขนาด (relative size) วัตถุที่ให้ภาพเล็กกว่าบนจอประสาทตาจะถูกตัดสินว่าอยู่ไกลกว่าวัตถุเดียวกันที่ให้ภาพใหญ่กว่าบนจอประสาทตา
- การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิว (texture gradient) พื้นผิวของวัตถุที่มีขนาดคงที่ เช่น กรวดหรือหญ้า จะมีขนาดของภาพบนจอประสาทตาที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะห่าง
- มุมมองสัดส่วนบรรยากาศ (aerial perspective) ชั้นบรรยากาศส่งผลกระทบต่อแสงที่เดินทางผ่านมัน ตัวอย่างเช่นผ่านหมอก ฝุ่น หรือฝน ยิ่งแสงเดินทางเป็นระยะทางไกลขึ้นมันก็จะเกิดการกระเจิงมากขึ้น สีจะเสียความอึมครึม ขอบที่คมจะพร่า และโทนสีจะเปลี่ยนไปทางสีน้ำเงินมากขึ้น

ตัวบ่งชี้ความลึกเหล่านี้ได้ถูกพิจารณาว่าเป็นตัวบ่งชี้ความลึกแบบสองมิติเนื่องจากมันสามารถพบได้ในภาพมุมมองเดี่ยวแท้ ตัวบ่งชี้ความลึกอีกสองแบบโดยไม่พึ่งการมองแบบสองตา ได้แก่ ความเหลือมจากการเคลื่อนที่ (motion parallax) และตัวบ่งชี้จากกล้ามเนื้อนัยน์ตา (oculomotor cues)

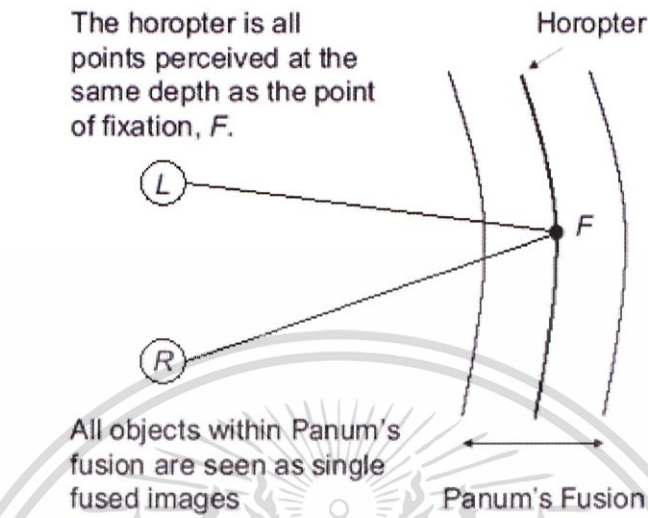
ความเหลือมจากการเคลื่อนที่เป็นการให้ตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์ในพื้นที่สามมิติที่มีประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งการมองแบบสเตอริโอ ซึ่งนี้เกิดจากกรณีที่วัตถุในฉากหรือศีรษะของผู้สังเกตอย่างใดอย่างหนึ่งมีการเคลื่อนที่ อย่างไรก็ตามความเหลือมจากการเคลื่อนที่นี้ไม่ได้ทำให้การมองแบบสเตอริโอกลายเป็นสิ่งไม่เพียงพอ เนื่องจากการรวมภาพของฉากที่มีความซับซ้อนสามารถทำได้ยากหากไม่มีการมองแบบสองตา ที่ผ่านมานงานวิจัยของ Yeh และคนอื่นๆ [3] ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อรวมการมองแบบสเตอริโอและความเหลือมจากการเคลื่อนที่เข้าด้วยกันจะให้ผลการรับรู้ระยะลึกได้ดีกว่าการใช้เพียงแบบใดแบบหนึ่ง

ส่วนของตัวบ่งชี้ความลึกจากกล้ามเนื้อนัยน์ตานี้ได้จากการป้อนกลับของกล้ามเนื้อที่ใช้ควบคุมการหันเข้า และการปรับโฟกัสของนัยน์ตา สิ่งเหล่านี้ที่กล่าวมาข้างต้นถูกพิจารณาว่ามีขีดจำกัดของศักยภาพในการตัดสินระยะลึก และในส่วนต่อไปเราจะพิจารณาถึงการทำงานของ การมองแบบสองตาของมนุษย์ในกรณีการมองโลกธรรมชาติ

2.1.2 การรับรู้ระยะลึกจากภาพสองมุมมองในโลกธรรมชาติ

การสกัดข้อมูลสามมิติของสภาพแวดล้อมจากภาพที่รับเข้ามาด้วยตาทั้งสองข้างนับเป็นปัญหารากฐานของระบบการมองเห็นในสัตว์หลายประเภท บางครั้งวิธีที่ดีที่สุดในการทำสิ่งนี้ได้มาจากการหาการเลื่อนตำแหน่ง (disparity) ในภาพแบบสองมุมมองที่ได้มาจากนัยน์ตาทั้งสองซึ่งมองตรงไปข้างหน้า โดยมีของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเล็กน้อย [4] การเลื่อนตำแหน่งของภาพแบบ

สองมุมมองนี้จะถูกประมวลผล โดยสมองซึ่งให้เป็นการรับรู้ถึงความลึกที่เรียกว่าการรับรู้มิติ (stereopsis)



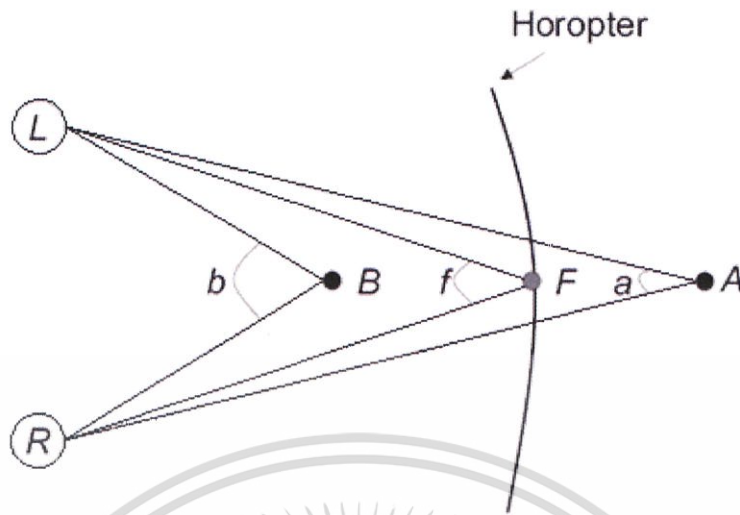
รูปที่ 2.2 การมองแบบสองตาของมนุษย์เมื่อดูโลกธรรมชาติ [2]

การรับรู้ระยะลึกจากภาพสเตอริโอในโลกรธรรมชาติแสดงในรูปที่ 2.2 นัยน์ตาทั้งสองข้างบีบแแกนการมองภาพเพื่อทำให้จุด F ซ้อนทับกัน และปรับสภาพการโฟกัสของสายตาให้จุดต่างๆ ในพื้นที่บริเวณรอบจุด F เข้ามาอยู่ในระยะโฟกัส

จุดรวมสายตา F นี้จะฉายไปยังตำแหน่งเดียวกันบนจอประสาทตาแต่ละข้างดังนั้นจึงมีการเลื่อนตำแหน่งบนจอประสาทตาเป็นศูนย์ กล่าวคือไม่มีค่าความต่างของตำแหน่งของจุดนี้ในภาพบนจอประสาทตาด้านซ้ายและขวา สำหรับจุดใดๆ ที่อยู่ด้านหน้าหรือหลังจุดรวมสายตานี้จะฉายไปยังตำแหน่งที่ต่างกันบนจอประสาทตาด้านซ้ายและขวา ซึ่งส่งผลให้เกิดการเลื่อนตำแหน่งจากภาพสองมุมมองระหว่างจุดในภาพบนจอประสาทตาด้านซ้ายและขวาซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้ความลึกสเตอริโอสโคปิก (stereoscopic) แก่สมองของผู้สังเกต การตัดสินใจความลึกเป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับจุดรวมสายตา F ในขณะนั้นๆ และจะเป็นประโยชน์ได้มากที่สุดเมื่อทำการประเมินความลึกในเชิงสัมพัทธ์แทนที่จะเป็นการประเมินค่าความลึกสัมบูรณ์ของแต่ละวัตถุในฉาก

จุดในปริภูมิ (space) นอกจากจุด F ซึ่งฉายภาพที่ไม่มีการเลื่อนตำแหน่งบนจอประสาทตา จะถูกรับเข้ามาโดยมองว่าตั้งอยู่บนความลึกเดียวกันกับจุดรวมสายตา จุดเหล่านี้ทุกจุดซึ่งฉายภาพที่มีการเลื่อนตำแหน่งบนจอประสาทตาเป็นศูนย์นั้น ได้ถูกระบุว่าอยู่บนพื้นผิวที่เรียกว่า โฮรอปเตอร์ (horopter) รูปร่างของโฮรอปเตอร์ที่ได้แสดงในรูปที่ 2.2 เป็นเพียงการยกตัวอย่างประกอบเท่านั้น ในทางปฏิบัติเป็นที่ทราบกันว่าโฮรอปเตอร์มีรูปร่างที่ซับซ้อนและมีลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การเลื่อนตำแหน่งเชิงมุมถูกกำหนดให้สัมพันธ์กับจุดรวมสายตาในขณะนั้น[2]

ในเชิงเรขาคณิตเราสามารถกำหนดการเลื่อนตำแหน่งเชิงมุม (angular disparity) α ให้อยู่ในรูปผลต่างระหว่างขนาดมุมที่จุดรวมสายตา F กับขนาดมุมที่จุดสนใจ โดยเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.3 พบว่า

จุดใดๆ ที่อยู่ด้านหลังจุดรวมสายตา เช่น จุด A จะมีค่าการเลื่อนตำแหน่งเป็นบวก

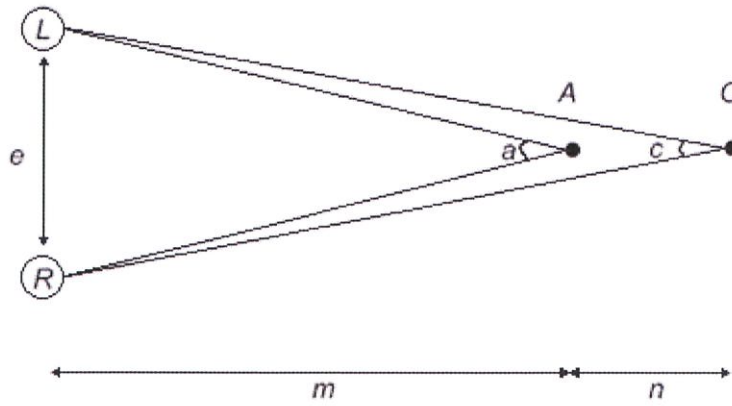
$$\alpha_a = f - a \quad (2.1)$$

จุดใดๆ ที่อยู่ด้านหน้าจุดรวมสายตา เช่น จุด B จะมีค่าการเลื่อนตำแหน่งเป็นลบ

$$\alpha_b = f - b \quad (2.2)$$

การเปลี่ยนแปลงของการเลื่อนตำแหน่งเชิงมุมที่มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถรับรู้ได้ระหว่างสองวัตถุขนาดเล็กใดๆ ถูกอ้างถึงเป็น ความชัดเจนสเตอริโอ (stereo acuity) δ ซึ่งได้เปรียบของการกำหนดความชัดเจนสเตอริโอในรูปของมุมคือทำให้สามารถกำหนดเป็นค่าคงที่โดยไม่ขึ้นกับระยะห่างจริงระหว่างจุด A และจุด B อย่างไรก็ตามมันจะมีประโยชน์หากทราบหลักการแปลความของสิ่งนี้ในแง่ของการรับรู้ระยะทางที่น้อยที่สุดระหว่างแต่ละวัตถุที่ระยะการมองตามปกติของจอแสดงภาพสามมิติแบบตั้งโต๊ะ ซึ่งจะทำให้เราสามารถเปรียบเทียบความสามารถของดวงตาในการรับรู้ระยะลึกกับความสามารถของจอแสดงผลที่ถูกออกแบบมาต่างๆ กัน และสามารถทำซ้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ความชัดเจนสเตอริโอกำหนดระดับความลึกที่แตกต่างกันน้อยที่สุดที่สามารถรับรู้ได้ [2]

พิจารณารูปที่ 2.4 เมื่อจุด A และจุด C มีระยะห่างกันน้อยที่สุดเท่าที่สามารถรับรู้ว่ามีระยะลึกที่แตกต่างกัน ดังนั้นความชัดเจนสเตอริโอจึงมีค่าเป็น

$$\delta = a - c \quad (2.3)$$

ในหลายงานศึกษา [6, 7, 8] ได้แสดงว่าดวงตานั้นสามารถจำแนกความแตกต่างของ δ ที่มีขนาดเล็กมากๆ ได้ถึงระดับ 1.8" (ฟิลิปดา) แต่เนื่องจากขีดจำกัดที่แน่นอนนั้นแตกต่างกันไปตามแต่ละบุคคล Diner และ Fender [9] ได้เสนอว่าในการใช้งานเชิงปฏิบัติขีดจำกัดของค่าความชัดเจนสเตอริโอควรกำหนดไว้ที่ 20" จากการกำหนดค่าดังกล่าวเราสามารถคำนวณหาขนาดของความลึกที่น้อยที่สุดที่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ที่ระยะห่างจากผู้สังเกตที่กำหนด เช่น เราเลือกระยะ $m = 750mm$ เป็นระยะห่างจากผู้สังเกต ซึ่งนี่เป็นระยะปกติสำหรับการมองจอแสดงผลสเตอริโอสโคปิกแบบตั้งโต๊ะ และใช้ระยะห่างระหว่างดวงตาโดยเฉลี่ย $e = 65mm$

เมื่อคำนวณตามแนวเส้นกลางระหว่างแกนการมองภาพ เราสามารถหาความลึกที่น้อยที่สุดที่สามารถจำแนกความแตกต่างได้เป็น n ที่ระยะห่าง m โดยพิจารณาจากจุด A และ C มุม a สามารถคำนวณได้จาก

$$a = 2 * \arctan\left(\frac{e/2}{m}\right) = 2 * \arctan\left(\frac{32.5}{750}\right) \quad (2.4)$$

จากนิยามของความชัดเจนสเตอริโอเราทราบว่า

$$\tan(c/2) = \tan\left(\frac{a-\delta}{2}\right) = \tan\left(\frac{a-20''}{2}\right) \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้า n เป็นระยะห่างระหว่าง A กับ C เรายังทราบอีกด้วยว่า

$$\tan(c/2) = \frac{(e/2)}{m+n} \quad (2.6)$$

ทำการจัดรูปสมการที่ (2.6) จะได้

$$n = \left(\frac{e/2}{\tan(c/2)} \right) - m \quad (2.7)$$

จากนั้นทำการแทนค่า (2.4) ใน (2.5) และนำผลลัพธ์ที่ได้มาแก้สมการที่ (2.7) จะได้คำตอบว่า $n = 0.84mm$

จากที่กล่าวมาเราสามารถสรุปผลได้ว่าบุคคลที่มีความชัดเจนสเตอริโอที่ 20" และมีระยะห่างระหว่างดวงตาที่ 65mm จะสามารถรับรู้ถึงความต่างของระยะลึกระหว่างวัตถุขนาดเล็กได้ละเอียดถึง 0.84mm ที่ระยะห่าง 750mm จากดวงตา

นอกจากนี้มันยังเป็นไปได้ที่จะคำนวณค่าทางเรขาคณิตสำหรับระยะห่างที่ไกลที่สุดที่เป็นไปได้สำหรับการมองภาพแบบสองตาซึ่งรับภาพเข้ามาเมื่อมุมในการรวมสายตาระหว่างแกนการมองภาพทั้งสองข้างมีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับความชัดเจนสเตอริโอ

ระยะห่าง m จากผู้สังเกตไปถึงจุด A เมื่อให้มุม $a = \delta$ หาได้จาก

$$m = \frac{e/2}{\tan(a/2)} \quad (2.8)$$

เมื่อแทนค่า $a = \delta = 20''$ และ $e = 65mm$ จะได้ผลลัพธ์ค่า $m = 670m$

นี่หมายความว่า ณ จุดใดๆ เช่น C ที่มีระยะห่างจากผู้สังเกตที่ 670m หรือมากกว่านั้น ผู้สังเกตจะไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของระยะห่างจากจุด A ได้หากใช้การมองภาพแบบสองตาเพียงอย่างเดียว

ในความเป็นจริงแค่ก่อนที่จะถึงขีดจำกัดนี้ ความแตกต่างของระยะลึที่น้อยที่สุดระหว่างจุดใดๆ ที่สามารถจำแนกความแตกต่างได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นมากกว่า 300m และชัดเจนว่าเป็นเพียงแค่ความต่างในระยะลึกอย่างหยาบเท่านั้นที่จะถูกรับรู้ที่ขีดจำกัดระยะทางไกลที่สุดของการรับรู้แบบสเตอริโอสโคปิก

เพื่อเป็นการสรุปที่กล่าวมาข้างต้น การมองภาพแบบสองตาที่ใช้การบอกความลึกจากระยะการเลือนตำแหน่งบนจอประสาทตาเพื่อรับรู้ระยะลึกของวัตถุมีความสัมพันธ์กับจุดรวมสายตาระหว่างดวงตาทั้งสองข้าง ที่ระยะประชิดและระยะไกลสิ่งนี้จะให้การแยกแยะระยะลึกในระดับสูง

หรือแม้ในระยะห่างหลายสิบเมตรจากผู้สังเกตก็ยังสามารถที่จะให้การรับรู้ระยะลึกเชิงสัมพัทธ์สำหรับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้

2.1.3 การรับรู้ระยะลึกจากภาพสเตอริโอสโคปคิเล็กทรอนิกส์

Wheatstone [10] ได้ทำการสาธิตว่าการรับรู้ระยะลึกแบบสเตอริโอสโคปสามารถถูกสร้างขึ้นใหม่ได้โดยการแสดงภาพสองมิติที่แยกออกจากกันสำหรับนัยน์ตาแต่ละข้าง ภาพที่เห็นด้วยนัยน์ตาข้างซ้ายและข้างขวาควรเห็นเป็นภาพสองมิติของฉากเดียวกันที่ถ่ายมาจากมุมมองที่แตกต่างกันเล็กน้อย ความแตกต่างของมุมมองนี้ทำให้เกิดการเลื่อนตำแหน่งขึ้นในภาพ เมื่อภาพได้ถูกรับเข้ามาแล้วผู้สังเกตจะรับรู้ระยะลึกในฉากได้เนื่องจากการเลื่อนตำแหน่งในภาพได้ก่อให้เกิดการเลื่อนตำแหน่งบนจอประสาทตาในทำนองเดียวกัน แต่ไม่เหมือนกันทุกประการกับการมองไปยังฉากในธรรมชาติโดยตรง

นอกจากนี้ Wheatstone ยังได้ทำการสาธิตปรากฏการณ์นี้โดยทำการสร้างกล้องสเตอริโอสโคปเครื่องแรก และต่อมามีอุปกรณ์อีกหลายชิ้นได้รับการประดิษฐ์ขึ้นสำหรับการแสดงภาพสเตอริโอสโคปซึ่งแต่ละชิ้นก็มีลักษณะทางการมองเห็นที่แตกต่างกันออกไป

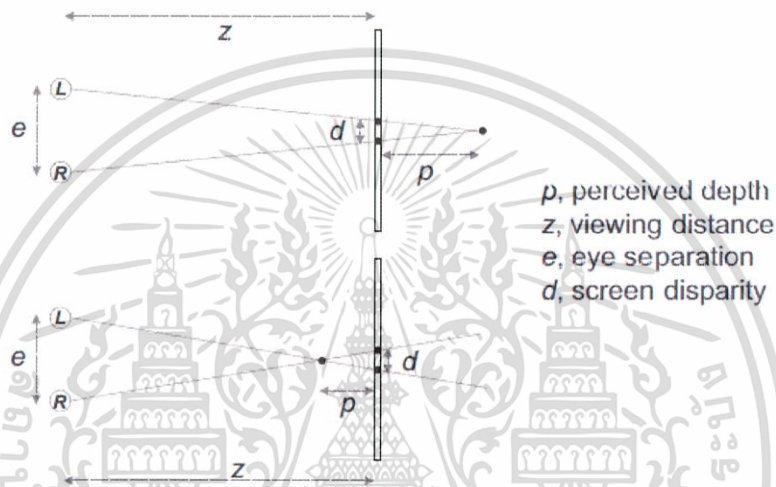
เพื่อช่วยในการแสดงลักษณะและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแสดงภาพสามมิติอิเล็กทรอนิกส์แบบต่างๆ กัน เราจะทำการพิจารณาการรับรู้ระยะลึกจากคู่ของระนาบภาพสเตอริโอและความแตกต่างจากการรับรู้ระยะลึกสเตอริโอในโลกธรรมชาติ

ความแตกต่างทางกายภาพที่สำคัญคือแม้ว่านัยน์ตาจำเป็นที่จะต้องรวมระนาบภาพสเตอริโอไปยังจุดรวมภาพ ในขณะที่เดียวกันการปรับโฟกัสทางลึกของนัยน์ตายังต้องคงสถานะให้โฟกัสอยู่บนตัวของระนาบภาพเอง นี่เป็นการบังคับให้ผู้สังเกตต้องสามารถปรับเปลี่ยนการเชื่อมโยตามปกติระหว่างการรวมแนวสายตาและการปรับโฟกัสของนัยน์ตา และก็เป็นเหตุผลหนึ่งว่าทำไมภาพสามมิติที่มีระยะลึกขนาดใหญ่จึงรับชมได้ยาก สิ่งนี้ออกเป็นนัยว่าขอบเขตระยะลึกที่รับรู้ได้ในคู่ของภาพสเตอริโอจำเป็นต้องถูกจำกัดเพื่อให้แน่ใจว่าผู้สังเกตจะรับชมได้อย่างสะดวก

ถึงแม้ว่าจะมีรายงานการศึกษาหลายชิ้นเกี่ยวกับการรับรู้ระยะลึกที่สะดวกสบายผ่านการแสดงภาพสามมิติอิเล็กทรอนิกส์ [6, 11, 12] ก็ยังเป็นการยากที่จะแยกแยะตัวแปรที่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการแสดงผลออกจากผลลัพธ์ ตัวแปรในการแสดงภาพประกอบด้วยค่าสัมบูรณ์ (หรือค่าความแตกต่างระหว่างช่องมองภาพ) ของระดับความสว่างและคอนทราสต์ รวมถึงการจัดแนวภาพสเตอริโอสโคปและการรบกวนระหว่างช่องมองภาพ (crosstalk) สิ่งทั้งหมดนี้สามารถมีผลกระทบต่อขอบเขตการรับรู้ระยะลึกที่สะดวกสบายบนจอภาพนั้นๆ ยกตัวอย่างเช่นจอภาพที่มีการรบกวนระหว่างช่องมองภาพสูงโดยปกติจะไม่สนับสนุนภาพที่มีความลึก เนื่องจากปรากฏการณ์ภาพทับซ้อน (ghosting effect) จะรบกวนผู้ชมมากขึ้นตามความถี่ที่เพิ่มมากขึ้นบนจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางเรขาคณิตของการรับรู้ระยะลึกลงอยู่บนสมมติฐานว่าจอแสดงภาพสามมิตินั้นมีสมบัติในอุดมคติ ซึ่งช่วยให้บ่งชี้ตัวแปรทางเรขาคณิตที่มีผลต่อการรับรู้ระยะลึกโดยไม่ขึ้นกับจอแสดงภาพที่ใช้งาน แบบจำลองทางเรขาคณิตของการรับรู้ระยะลึกได้ถูกศึกษาโดย Helmholtz [13] และ Valyus [14] รวมถึงเมื่อไม่นานมานี้ใน [9, 12, 15] ในวิทยานิพนธ์นี้เราได้นำเสนอแบบจำลองที่ลดความซับซ้อนลงดังแสดงในรูปที่ 2.5 เพื่อจุดประสงค์ในการอธิบายซึ่งจะช่วยเน้นย้ำถึงตัวแปรทางเรขาคณิตที่สำคัญซึ่งมีผลกระทบต่อกรรับรู้ระยะลึกจากภาพสเตอริโอโคปิก



รูปที่ 2.5 การรับรู้ระยะลึกด้านหลัง (บน) และด้านหน้า (ล่าง) ของระนาบแสดงผล [15]

รูปที่ 2.5 แสดงเรขาคณิตการรับรู้ระยะลึกสำหรับจอแสดงภาพสเตอริโอโคปิกแบบระนาบ และเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายเราจึงทำการพิจารณาเชิงเรขาคณิตตามแนวศูนย์กลางของจอแสดงภาพเท่านั้น สำหรับรูปทั่วไปของเรขาคณิตการรับรู้ระยะลึกนี้สามารถศึกษาได้จาก [12, 13] นัยน์ตา L และ R ของผู้สังเกตแยกกันด้วยระยะห่างระหว่างดวงตา e และอยู่ในตำแหน่งที่มีระยะการมอง z ห่างจากระนาบการแสดงผล ระยะการเลื่อนตำแหน่งบนจอภาพ d ระหว่างจุดที่มีความสัมพันธ์กันในภาพซ้ายและขวาเป็นระยะห่างทางกายภาพที่เป็นผลมาจากการเลื่อนตำแหน่งในภาพซึ่งมีค่าทางตรรกะวัดได้เป็นหน่วยพิกเซล ระยะการเลื่อนตำแหน่งในภาพเป็นค่าคงที่สำหรับคู่ภาพสเตอริโอโคปิก อย่างไรก็ตามระยะการเลื่อนตำแหน่งที่ปรากฏบนจอแสดงภาพจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะเฉพาะทางกายภาพของจอแสดงภาพนั้นๆ ระยะการเลื่อนตำแหน่งบนจอภาพในกลุ่มของภาพสเตอริโอที่จัดแนวแล้วจะเป็นเพียงความแตกต่างของพิกัดในแกน x ของจุดที่สัมพันธ์กันระหว่างภาพขวา x_r และภาพซ้าย x_l

$$d = x_r - x_l \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองนิพจน์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเลื่อนตำแหน่งบนจอภาพกับระยะลึกที่รับรู้สามารถหาได้จากสามเหลี่ยมคล้ายในรูปที่ 2.5 กรณีระยะลึกรับรู้อยู่ด้านหลังระนาบจอแสดงภาพ กล่าวคือ d มีค่าเป็นบวก หาได้จาก

$$p = \frac{z}{\left(\frac{e}{|d|}\right) - 1} \quad (2.10)$$

และกรณีระยะลึกรับรู้อยู่ด้านหน้าระนาบจอแสดงภาพ กล่าวคือ d มีค่าเป็นลบ หาได้จาก

$$p = \frac{z}{\left(\frac{e}{|d|}\right) + 1} \quad (2.11)$$

สมการที่ (2.10) และ (2.11) ได้ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยหลายตัวทางเรขาคณิตที่มีผลกระทบต่อระยะลึกรับรู้ดังต่อไปนี้

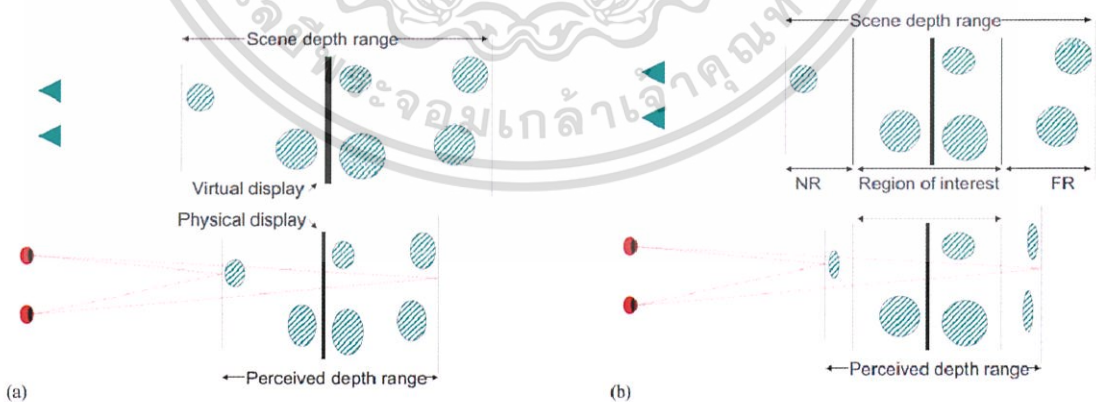
- z เป็นระยะการมองจากผู้สังเกตถึงจอแสดงภาพ ซึ่งระยะลึกรับรู้จะแปรผันตรงกับระยะการมอง z นี้ เพราะฉะนั้นผู้สังเกตคนหนึ่งที่ยังมองไปยังภาพสเตอริโอสโคปิกเดิมจากระยะที่แตกต่างกันจะเกิดการรับรู้ระยะลึกได้แตกต่างกัน ความสำคัญของสิ่งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น ในการใช้งาน CAD, ภาพทางการแพทย์ หรือภาพทางวิทยาศาสตร์อาจจำเป็นต้องให้การตัดสินใจความลึกที่ถูกต้องและไม่เปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งสำคัญ
- d เป็นระยะการเลื่อนตำแหน่งบนจอภาพ ระยะลึกรับรู้ก็แปรผันตรงกับระยะการเลื่อนตำแหน่งบนจอภาพ d นี้ด้วยเช่นกัน ระยะการเลื่อนตำแหน่งบนจอภาพสำหรับภาพสเตอริโอสโคปิกที่กำหนดใดๆ จะเปลี่ยนแปลงไปหากภาพนั้นถูกแสดงในขนาดที่แตกต่างกัน ทั้งจากความแตกต่างของขนาดหน้าต่างแสดงผลบนจอแสดงภาพเดียวกัน หรือจากจอแสดงภาพที่มีขนาดต่างกันก็ตาม สิ่งนี้เป็นสิ่งสำคัญที่ควรทราบในการใช้งานในกรณีที่การตัดสินใจความลึกที่ถูกต้องเป็นปัจจัยสำคัญ นี่หมายความว่าภาพสเตอริโอสโคปิกขึ้นอยู่กับการแสดงผล และภาพใดๆ ที่แสดงบนจอแสดงภาพที่ใหญ่กว่าจอแสดงภาพเป้าหมายเดิมอาจมีขอบเขตระยะลึกเกินขีดจำกัดการรับรู้ระยะลึกที่สะดวกหรือให้ความรู้สึกต่อความลึกที่ผิดพลาด
- e เป็นระยะห่างระหว่างนัยน์ตาของแต่ละบุคคล ระยะลึกรับรู้จะแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างนัยน์ตา ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 55mm ถึง 75mm โดยค่าเฉลี่ยที่ใช้โดยทั่วไปคือ 65mm เด็กมักมีระยะห่างระหว่างดวงตานั้นน้อยกว่าผู้ใหญ่และนั่นหมายถึงการรับรู้ระยะลึกจากภาพสเตอริโอสโคปิกที่มากกว่าเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของผู้ใหญ่ นี่อาจเป็นส่วนสำคัญอย่าง

ยิ่งในการควบคุมระยะลึกรับรู้ในระบบสำหรับใช้งาน โดยเด็ก เนื่องจากพวกเขาจะไปถึงขีดจำกัดของความสามารถในการหันเข้าของนัยน์ตาต่อการปรับระยะโฟกัสเร็วกว่าผู้ใหญ่

ในการออกแบบจอแสดงภาพ การควบคุมตัวแปรเหล่านี้เพื่อให้ผู้สังเกตเห็นความลึกที่สอดคล้องอย่างสมบูรณ์แบบจำเป็นต้องการติดตามตำแหน่งของศีรษะ, ระยะระยะห่างระหว่างดวงตา และควบคุมระยะการเลื่อนตำแหน่งบนจอภาพได้ เหล่านี้เป็นเป้าหมายที่ท้าทายในการออกแบบระบบนอกเหนือไปจากประสิทธิภาพในการแสดงภาพที่ดีเทียบเท่าการแสดงภาพสองมิติ

2.2 การควบคุมระยะลึกรับรู้จากภาพสเตอริโอโคปิก

เนื่องด้วยปัจจัยการรับรู้ระยะลึกแบบสเตอริโอของมนุษย์และลักษณะของจอแสดงภาพสเตอริโอโคปิกที่พบได้ในปัจจุบัน นี่จึงเป็นความท้าทายต่อผู้สร้างคอนเทนต์ที่ในหลายๆ ฉากมักมีขอบเขตระยะลึกที่มีขนาดใหญ่กว่าที่จอแสดงภาพสามมิติจะสามารถนำมาแสดงต่อผู้รับชมได้ ซึ่งได้มีตัวอย่างการทดลองใน [15] โดยการใช้จอแสดงภาพสเตอริโอโคปิกอัตโนมัติคุณภาพสูงแบบตั้งโต๊ะแสดงให้เห็นว่าขอบเขตของระยะลึกที่สามารถรับรู้ได้ควรถูกจำกัดอยู่ภายในช่วงระหว่าง [-50mm, +60mm] ด้านหน้าและด้านหลังของระนาบพื้นผิวการแสดงผล ข้อจำกัดนี้เป็นที่เข้าใจได้โดยทั่วไปว่าเป็นผลลัพธ์ที่มาจากผลรวมกันของหลายปัจจัย ได้แก่ ระดับของการรบกวนกันระหว่างช่องมองภาพ (inter-channel crosstalk) ของจอภาพ [6], คุณภาพของภาพสเตอริโอโคปิก [2] และความสามารถของผู้รับชมในการรวมการเลื่อนตำแหน่งบนจอภาพให้กลายเป็นภาพเดี่ยว



รูปที่ 2.6 การแมพความลึกในฉากจริงไปยังระยะลึกรับรู้ [16]

มีการนำเสนอหลายกระบวนการในการควบคุมความลึกของฉากที่ถูกบันทึกลงในภาพสเตอริโอสโคปิก ปัญหาที่สามารถนำมาพิจารณาเป็นลักษณะของการแมพจากความลึกที่ปรากฏในฉากจริงให้เข้าสู่ขอบเขตของระยะลึกที่สามารถรับรู้ได้บนจอแสดงภาพสเตอริโอสโคปิก เป้าหมายดังแสดงในรูปที่ 2.6 ด้วยวิธีการแก้ปัญหาในลักษณะนี้ที่ผ่านมาสามารถรับประกันได้ว่ากระบวนการแมพมีสมบัติที่ถูกต้องคือระยะลึกรับรู้จะไม่เกินขอบเขตที่กำหนดไว้ ผลลัพธ์นี้เป็นประโยชน์ต่อผู้สร้างคอนเทนต์ซึ่งตอนนี้สามารถกำหนดขอบเขตความลึกในฉากที่ต้องการจะสร้าง ในขณะที่สามารถมั่นใจได้ว่าจะถูกทำซ้ำและให้ผลอย่างทีคาดไว้บนจอแสดงภาพเป้าหมาย จากประสบการณ์ในการสร้างคอนเทนต์สามมิติด้วยวิธีเหล่านี้ [15] ได้ให้ผลในเชิงบวก นี้ช่วยให้ผู้ใช้งานจอแสดงภาพสามมิติมือใหม่สามารถควบคุมการแมพความลึกในฉากไปยังภาพที่ต้องการแสดง ผลลัพธ์ที่ได้คือในการสร้างคอนเทนต์จากคอมพิวเตอร์กราฟิกและภาพถ่ายดิจิทัลไม่จำเป็นต้องทดลองทำซ้ำด้วยการลองผิดลองถูกอีกต่อไปด้วยการกำหนดสมบัติระยะลึกทางสเตอริโอสโคปิกไว้ล่วงหน้า

อย่างไรก็ตามวิธีการแก้ปัญหสำหรับกรณีบันทึกภาพสเตอริโอสโคปิกยังคงมีข้อด้อยเนื่องจากความจริงที่ว่าวิธีการเหล่านั้นเป็นการแมพแบบใช้ขอบเขตเดียวของระยะลึกในฉากทั้งหมดไปยังขอบเขตระยะลึกบนจอแสดงภาพเป้าหมาย ในกรณีที่ขอบเขตระยะลึกในฉากมีขนาดใหญ่มากกว่าขอบเขตระยะลึกรับรู้ที่เหมาะสมของจอภาพก็จะส่งผลให้เกิดการบีบอัดของระยะลึกรับรู้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6(a) นี้ยังส่งผลต่อเนื่องให้ระยะลึกของบริเวณที่สนใจในฉากไม่ได้รับการรับประกันว่าจะมีการแสดงผลที่ดีในแง่ของระยะลึกรับรู้จากภาพที่แสดง

จากข้อด้อยดังกล่าวได้มีการเสนอการแมพระยะลึกแบบหลายช่วง [16] ที่ยอมให้ผู้สร้างคอนเทนต์กำหนดการแมพจากระยะลึกในฉากจริงไปยังระยะลึกรับรู้บนจอแสดงภาพที่มีความแตกต่างกันสำหรับระยะสามช่วง ได้แก่ บริเวณที่สนใจ (region of interest, ROI) และบริเวณระยะใกล้ (near region, NR) กับบริเวณระยะไกล (far region, FR) ที่ปรากฏในฉากดังแสดงในรูปที่ 2.6(b) ระยะทั้งสามช่วงสามารถถูกแมพด้วยสัดส่วนที่แตกต่างกันของขอบเขตระยะลึกรับรู้ที่เหมาะสมบนจอแสดงภาพสามมิติเป้าหมาย ผลที่ได้คือผู้สร้างภาพสามมิติสามารถเลือกที่จะให้การแสดงระยะลึกสเตอริโอสโคปิกที่ดีขึ้นในบริเวณที่สนใจเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณระยะใกล้และระยะไกล นอกจากนี้ยังสามารถเก็บเนื้อหาของฉากนอกบริเวณที่สนใจแทนที่จะเป็นการตัดทิ้งเนื่องจากในการใช้งานจำนวนมากจำเป็นที่จะต้องมองเห็นบริบทรอบบริเวณที่สนใจ ตัวอย่างเช่นในเกมหรือโปรแกรมประยุกต์ตอบโต้ (interactive application) แบบอื่น ๆ นี้ อาจเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องมองเห็นในระยะไกลเพื่อตรวจสอบสิ่งที่เกิดขึ้น แต่มันไม่สำคัญว่าจะต้องแสดงด้วยระยะลึกรับรู้สเตอริโอความละเอียดสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีตัวบ่งชี้ความลึกอื่นๆ ที่สามารถใช้ได้

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เราได้นำเสนอการแมพแบบเปลี่ยนแปลงสัดส่วนต่อเนื่อง [17] ที่พัฒนาต่อมาจากแนวคิดของการแมพแบบหลายช่วง โดยได้ปรับปรุงฟังก์ชันการแมพให้มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างแต่ละช่วงที่เรียบขึ้น และควบคุมขอบเขตระยะยัติกรับรู้ได้ถูกต้องยิ่งขึ้นซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 3 ต่อไป โดยโปรแกรมประยุกต์ที่จะได้รับประโยชน์จากอัลกอริธึมใหม่นี้เป็นพวกที่ใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกเป็นฐานและรวมถึงเกมคอมพิวเตอร์ การแพทย์ วิทยาศาสตร์ และการสร้างภาพนามธรรมสารสนเทศ (information visualization) เป็นต้น



บทที่ 3

กระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้ภาพสเตอริโอโคปิก

ภาพถ่ายแบบสเตอริโอในสภาพแวดล้อมแบบเปิดนั้นเป็นการยากที่จะควบคุมขอบเขตของระยะลึกในฉาก ดังนั้นในการนำมาแสดงบนจอภาพสเตอริโอโคปิกแบบระนาบจึงต้องมีการปรับปรุงระยะลึกรับรู้ให้เหมาะสมกับสภาพการมองของมนุษย์เสียก่อน ซึ่งการปรับปรุงระยะลึกรับรู้จากระยะลึกในฉากที่มีขอบเขตระยะลึกกว้างกว่าที่จอภาพสเตอริโอโคปิกเป้าหมายสามารถแสดงได้จะทำให้เกิดการบีบอัดระยะลึกขึ้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการชดเชยระยะลึกรับรู้แบบสเตอริโอที่ถูกบีบอัดเนื่องจากข้อจำกัดดังกล่าวด้วยการประมวลผลภาพเพื่อจำลองตัวบ่งชี้ความลึกแบบสองมิติบนภาพในแต่ละช่องมอง

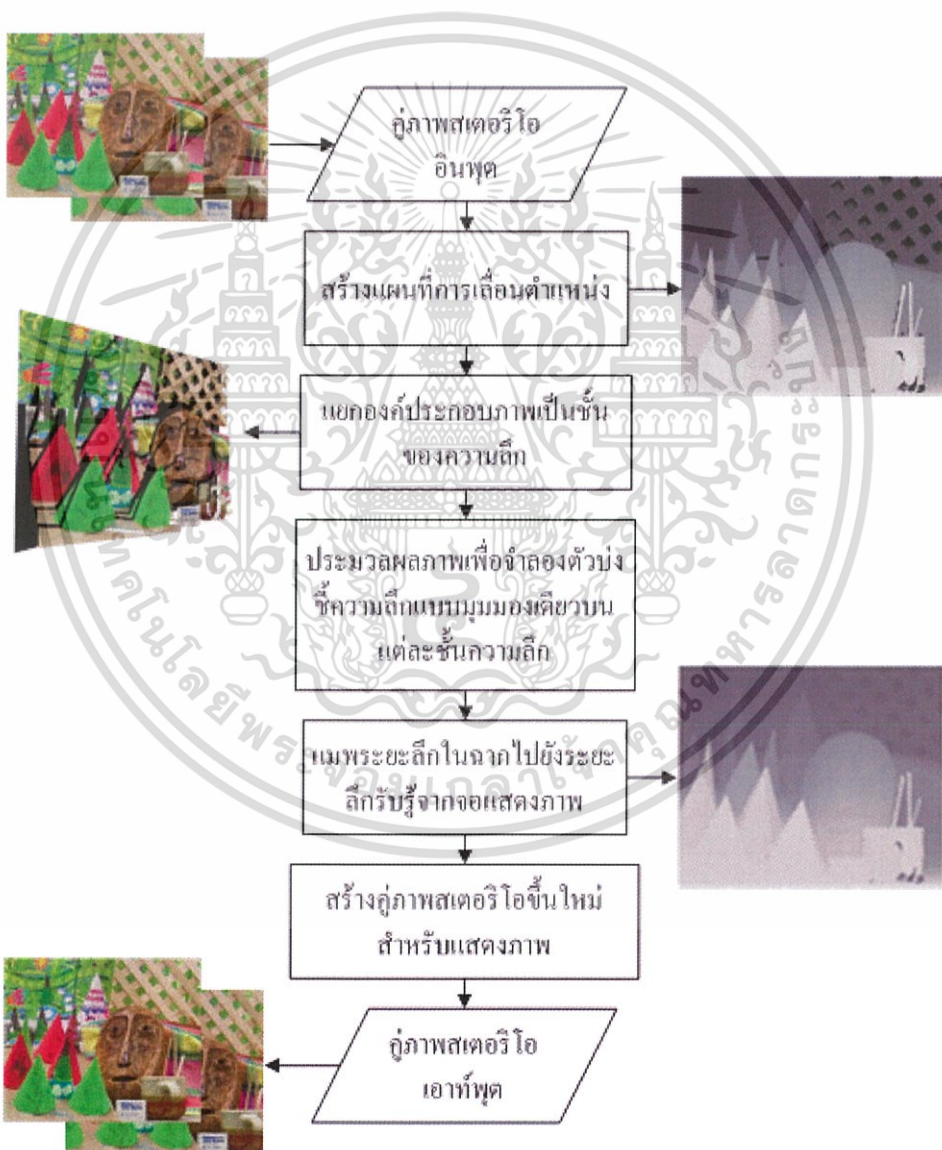
เพื่อทำการทดสอบแนวคิดนี้รวมถึงการพัฒนากระบวนการสร้างคอนเทนต์ภาพที่เหมาะสมต่อการแสดงผลแบบสามมิติที่มีภาพถ่ายแบบสเตอริโอเป็นพื้นฐาน จึงได้ออกแบบกระบวนการในการจัดการกับภาพถ่ายสเตอริโอแบบขนานซึ่งไม่มีการเลื่อนตำแหน่งในแนวแกนตั้ง และจุดที่มีระยะลึกเป็นอนันต์จะมีค่าการเลื่อนตำแหน่งเป็นศูนย์ โดยภาพรวมของกระบวนการเป็นดังแสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยส่วนของการประมวลผลภาพหลักดังนี้ การสร้างแผนที่การเลื่อนตำแหน่งเพื่อประเมินระยะลึกของวัตถุในฉากด้วยการจับคู่สเตอริโอ การควบคุมระยะลึกรับรู้ด้วยการแมพระยะลึกในฉากไปยังระยะลึกรับรู้จากจอภาพ การแยกองค์ประกอบภาพตามระยะลึก และการประมวลผลเพื่อจำลองตัวบ่งชี้ความลึกแบบสองมิติ

3.1 การสร้างแผนที่การเลื่อนตำแหน่ง

ขั้นแรกของกระบวนการที่นำเสนอเริ่มต้นด้วยการประเมินระยะลึกของแต่ละวัตถุในฉากจากคู่ภาพสเตอริโอ วิธีการจับคู่สเตอริโอ (stereo matching) ยังเป็นสาขาการวิจัยที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เห็นได้จากจำนวนผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ในหัวข้อนี้ [18][19][20][21] เป้าหมายของการจับคู่สเตอริโอคือการระบุระยะการเลื่อนตำแหน่งซึ่งบ่งชี้ถึงความแตกต่างของตำแหน่งพิกเซลที่มีความสอดคล้องกัน และการเลื่อนตำแหน่งนี้ยังสัมพันธ์กับระยะลึกในฉากโดยตรง การสร้างแผนที่การเลื่อนตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำยังคงเป็นความท้าทาย เนื่องจากสาเหตุต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จุดพิกเซลที่อยู่ในขอบเขตกึ่งบดบังจะไม่มีคู่สอดคล้องปรากฏอยู่ในอีกภาพหนึ่ง ซึ่งจะนำไปสู่การจับคู่ที่ผิดพลาดหากไม่ได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ
- ภาพที่ถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนบนเซนเซอร์ นี้ถือเป็นกรณีที่ยากจะแก้ปัญหาได้ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีรายละเอียดของพื้นผิวน้อย เนื่องจากทำให้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (signal-to-noise-ratio, SNR) มีค่าต่ำ
- การบังคับควบคุมความสว่างหรือค่าสีให้คงที่นั้นจะให้ผลเป็นที่น่าพอใจภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมเท่านั้น ซึ่งสามารถพบได้ยากในทางปฏิบัติ



รูปที่ 3.1 ภาพรวมการทำงานของกระบวนการปรับปรุงระยะลึกที่รับรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพรวมที่ครอบคลุมการจับคู่สเตอริโอแบบต่างๆ สามารถศึกษาได้จาก [22] โดยทั่วไปอัลกอริทึมในการจับคู่สเตอริโอสามารถแบ่งออกได้เป็นวิธีการแบบเฉพาะส่วน (local) และแบบโดยรวม (global) วิธีการแบบเฉพาะส่วนใช้ประโยชน์จากค่าสีหรือความสว่างที่อยู่ภายในหน้าต่างที่กำหนดเพื่อระบุระยะการเลื่อนตำแหน่งของแต่ละจุดพิกเซล ส่วนวิธีการแบบโดยรวมจะเป็นการผสมผสานระหว่างสมมติฐานความเรียบชัดเจน (explicit smoothness assumption) กับการกำหนดการเลื่อนตำแหน่งทั้งหมดในคราวเดียวโดยใช้เทคนิคการลดพลังงาน (energy minimization) เช่น วิธีการตัดกราฟ [19] หรือการเผยแพร่ความเชื่อ (belief propagation) [20] เป็นต้น



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงอัลกอริทึมการจับคู่สเตอริโอแบบแบ่งส่วนพร้อมข้อมูลอินพุตและผลลัพธ์ [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

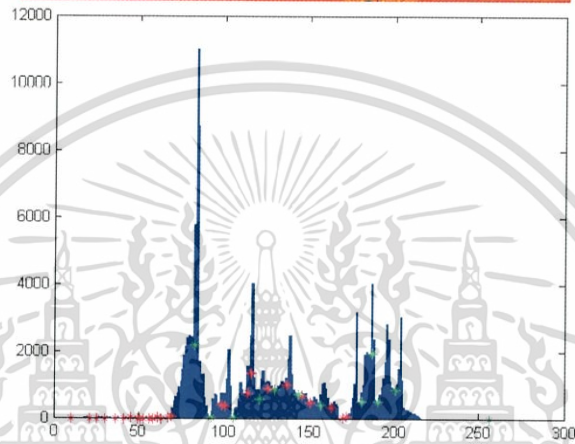
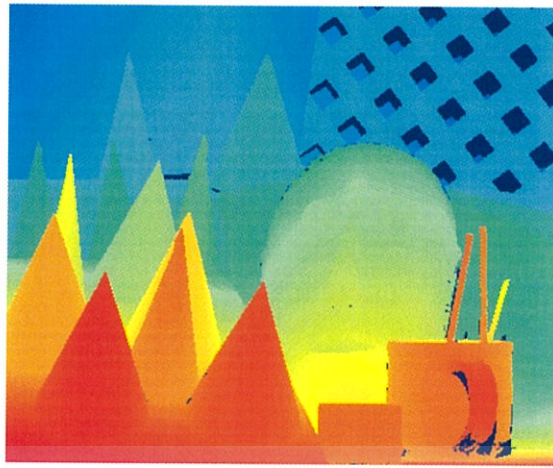
ปัจจุบันวิธีการที่มีพื้นฐานมาจากการแบ่งส่วน [18][19][20] ได้รับความสนใจเนื่องจากมีประสิทธิภาพที่ดี วิธีการแบบนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าโครงสร้างภายในฉากใดๆ จะสามารถกำหนดแทนได้ด้วยเซตของแผ่นระนาบซึ่งไม่ซ้อนทับกันในปริภูมิของการเลื่อนตำแหน่ง และระนาบแต่ละแผ่นนั้นจะสอดคล้องกันกับส่วนของกลุ่มสีเนื้อเดียว (homogeneous color segment) อย่างน้อยหนึ่งส่วนในภาพอ้างอิง หรือกล่าวได้ว่าค่าการเลื่อนตำแหน่งจะเปลี่ยนแปลงอย่างราบเรียบในพื้นที่ที่เป็นสีเนื้อเดียวและความลึกจะมีความไม่ต่อเนื่องกันเฉพาะในบริเวณที่เป็นขอบของพื้นที่เท่านั้น ซึ่งวิธีการแบบแบ่งส่วนโดยทั่วไปจะมีขั้นตอนต่อเนื่องกัน 4 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.2

ในขั้นแรกขอบเขตของส่วนที่เป็นกลุ่มสีเนื้อเดียวถูกกำหนดจากวิธีการแบ่งส่วนสี (color segmentation) ขั้นที่สองวิธีการจับคู่โดยใช้หน้าต่าง (window-based matching) ถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดระยะเวลาการเลื่อนตำแหน่งของจุดที่เชื่อถือได้ ขั้นที่สามใช้เทคนิคการปรับปรุงระนาบ (plane fitting) เพื่อหาระนาบการเลื่อนตำแหน่งซึ่งจะถูกพิจารณาเป็นเซตของฉลาก (label) และขั้นที่สี่ทำการกำหนดระนาบการเลื่อนตำแหน่งที่เหมาะสม (การปิดฉลากที่เหมาะสม) ซึ่งจะถูกประมาณด้วยการบวนการปรับแต่งให้เหมาะสมด้วยวิธีตัดกราฟ (graph cut) [18][19] หรือวิธีประเภทละโมภ (greedy) [23]

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้วิธีการจับคู่สเตอริโอแบบแบ่งส่วนของ Klaus [21] แม้ว่าวิธีการที่เลือกใช้จะมีขั้นตอนต่อเนื่องไม่ต่างจากวิธีการแบบแบ่งส่วนทั่วไป แต่ยังมีคุณสมบัติเด่นที่แตกต่างอยู่สามประการ ได้แก่ การวัดความแตกต่างแบบปรับแปลงตัวเองถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มจำนวนคู่ความสอดคล้องที่น่าเชื่อถือ มีการใช้วิธีการที่ทนทานต่อข้อมูลที่ไม่ว่างในการแยกแยะระนาบการเลื่อนตำแหน่ง และสุดท้ายแก้ไขปัญหาการปิดฉลากที่เหมาะสมด้วยวิธีการเผยแพร่ความเชื่อ คุณสมบัติเหล่านี้ช่วยให้วิธีการนี้ได้ผลการจับคู่สเตอริโอที่มีคุณภาพ

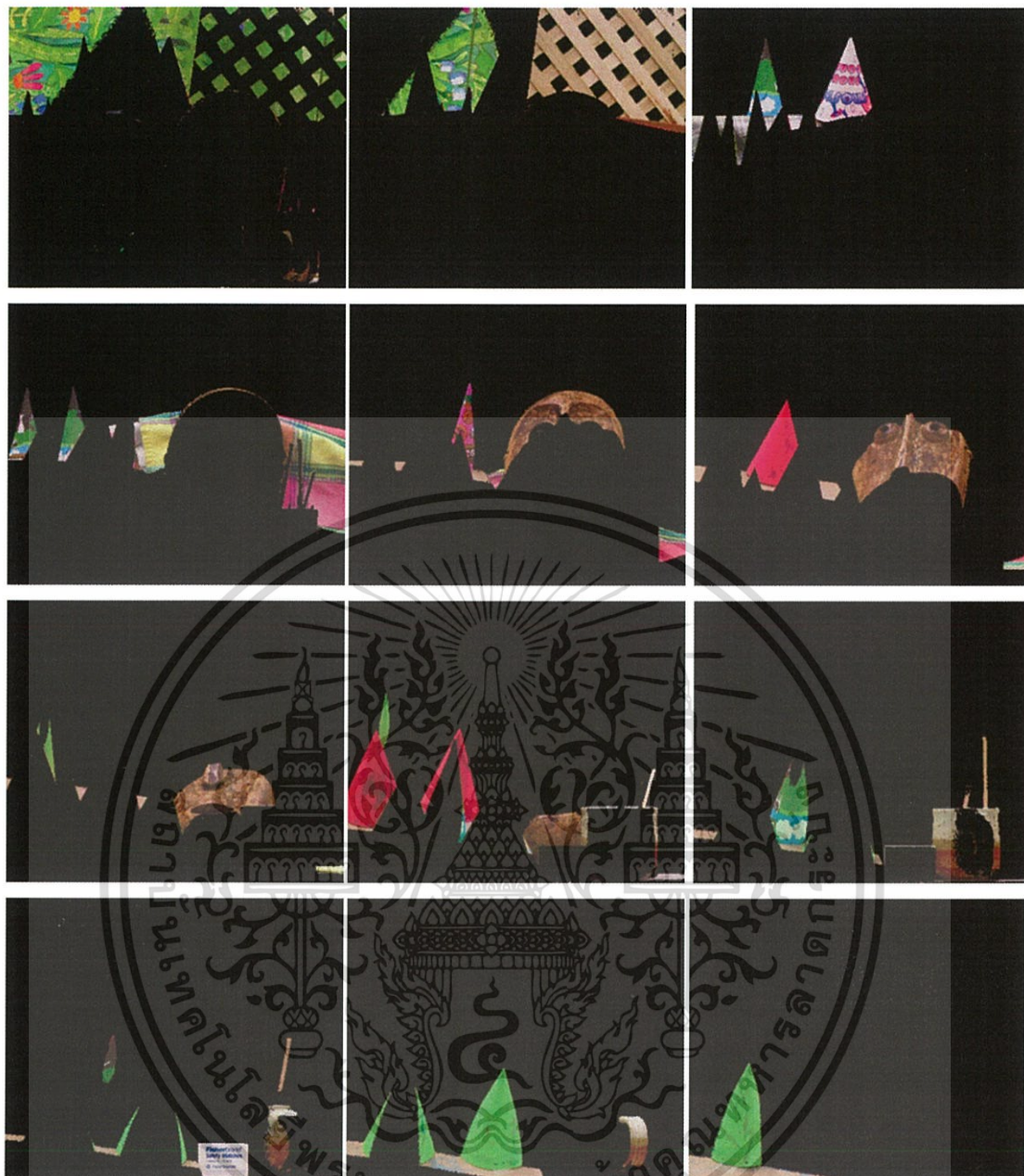
3.2 การแบ่งชั้นความลึก และจำลองตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดียว

ขั้นตอนนี้เป็นการแยกส่วนภาพให้อยู่ในรูปของเซตของชั้นความลึก และจากนั้นแต่ละชั้นความลึกนี้จะถูกทำการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อสร้างลักษณะของตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดียวเข้าไป ผลลัพธ์ของการแบ่งชั้นความลึกนี้ควรที่จะเป็นชั้นที่มีนัยสำคัญและมีเนื้อหาข้อมูลของภาพเพียงพอต่อการนำไปประมวลผลภาพต่อไป



รูปที่ 3.3 แผนที่การเลื่อนตำแหน่งและฮิสโทแกรม

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการเลือกจุดแบ่งชั้นความลึกจากการวิเคราะห์แผนที่การเลื่อนตำแหน่งของกลุ่มพลาสมา โดยสมมติฐานที่ว่าแต่ละวัตถุที่ประกอบกันในฉากจะมีลักษณะเป็นชั้นที่ไม่ต่อเนื่องกัน ในปริภูมิการเลื่อนตำแหน่ง กระบวนการนี้ในขั้นแรกทำการสร้างฮิสโทแกรม (histogram) ของแผนที่การเลื่อนตำแหน่งเพื่อนำมาวิเคราะห์การกระจายตัวของวัตถุในฉากตามระยะลึก จากนั้นทำการหาจุดต่ำสุดเฉพาะที่ (local minima) จากกราฟฮิสโทแกรมซึ่งแสดงถึงช่องว่างระหว่างวัตถุในเชิงความลึกและใช้เป็นจุดแบ่งชั้นความลึก ในกรณีที่ชั้นความลึกใดมีเนื้อหาของภาพน้อยกว่าค่าที่กำหนดจะถูกรวมเข้ากับชั้นที่อยู่ใกล้กันมากที่สุด ดังตัวอย่างที่ได้แสดงในรูปที่ 3.3 แผนที่การเลื่อนตำแหน่งและฮิสโทแกรม โดยจุดสีเขียวและสีแดงในกราฟแจกแจงความถี่ฮิสโทแกรมแสดงถึงจุดต่ำสุดเฉพาะที่ และเฉพาะจุดสีเขียวเท่านั้นที่ถูกเลือกขึ้นมาเป็นจุดแบ่งชั้นความลึกเนื่องจากข้อบังคับด้านปริมาณเนื้อหาของภาพในแต่ละชั้นความลึก



รูปที่ 3.4 ผลการแบ่งชั้นความลึกจากแผนที่การเลื่อนตำแหน่ง

หลังจากทำการแยกองค์ประกอบของกลุ่มภาพสเตอริโอให้อยู่ในรูปของชั้นความลึกแล้ว ขั้นตอนต่อมาทำการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อสร้างลักษณะของตัวบ่งชี้ความลึกแบบมุมมองเดี่ยวเข้าไปในแต่ละชั้นความลึกเพื่อแสดงถึงระยะลึกที่แตกต่างกัน และช่วยให้ผู้ชมสามารถตัดสินระยะลึกได้อย่างสะดวกสบายมากขึ้น

วิธีการที่เลือกใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อแสดงความแตกต่างของระยะลึกเป็นการเพิ่มลักษณะของความพร่ามัว (blur) เข้าไปในภาพ การทำภาพให้พร่ามัวนี้ใช้การกรองข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(image filtering) ผ่านตัวกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเกาส์ (Gaussian lowpass filter) ซึ่งตัวกรองนี้สามารถปรับระดับของความพรางมัวได้จากการปรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยในกระบวนการที่นำเสนอนี้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะห่างของชั้นความลึกนั้นๆ ถึงชั้นความลึกของระยะโฟกัสกับระยะโฟกัสดังแสดงในสมการที่ (3.1)

$$\sigma_i = k \frac{|d_i - d_{focus}|}{d_{focus}} \quad (3.1)$$

เมื่อกำหนดให้ σ_i เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชั้นความลึกที่ i , d_i เป็นค่าเฉลี่ยความลึกของแต่ละจุดพิกเซลในชั้นที่ i , d_{focus} เป็นค่าเฉลี่ยความลึกของแต่ละจุดพิกเซลที่ครอบคลุมระยะโฟกัส และ k เป็นค่าสัมประสิทธิ์เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงระดับความพรางมัวให้มีขนาดที่เหมาะสม



รูปที่ 3.5 ภาพต้นฉบับ (บน) เปรียบเทียบกับภาพที่เพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยว (ล่าง) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากลักษณะของการทำการกรองข้อมูลภาพ นอกจากขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วในทางปฏิบัติเพื่อป้องกันไม่ให้สีของภาพในบริเวณขอบของเนื้อหาในแต่ละชั้นความลึกเกิดการผิดเพี้ยนจึงจำเป็นต้องทำการเติมเนื้อหาบริเวณขอบของชั้นความลึกก่อนนำไปเข้ากระบวนการกรองข้อมูลภาพต่อไป โดยวิธีการแผ่ขยายภาพ (image dilation) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหานี้

3.3 การแมพระยะลึกในฉากจริงไปยังระยะลึกรับรู้

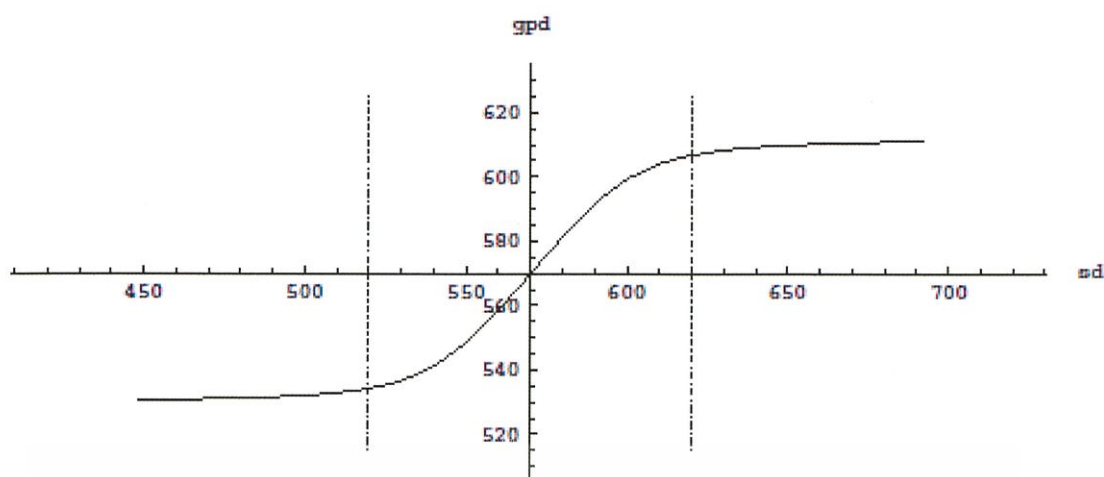
จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าขอบเขตของระยะลึกในฉากที่ปรากฏในรูปภาพสเตอริโอ นั้นอาจไม่เหมาะสมต่อการแสดงผลสเตอริโอโคปิกแบบระนาบต่อผู้ชมด้วยเหตุผลจากปัจจัยในการรับรู้ระยะลึกแบบสองตาของมนุษย์ ดังนั้นกระบวนการแมพระยะลึกที่ปรากฏในฉากจริงให้เป็นระยะลึกที่เหมาะสมต่อการแสดงผ่านจอภาพสเตอริโอโคปิกเป้าหมายจึงได้ถูกนำเข้ามาแก้ปัญหานี้

3.3.1 ฟังก์ชันการแมพระยะลึกจริงไปยังระยะลึกรับรู้

วิธีการแมพที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ประยุกต์ดังที่ได้แสดงในสมการที่ (3.2) เนื่องจากฟังก์ชันซิกมอยด์มีคุณสมบัติสอดคล้องกับลักษณะการแก้ปัญหาคือ ต้องการ กล่าวคือ กราฟของฟังก์ชันมีค่าความชันสูงในช่วงของจุดเปลี่ยนซึ่งจะช่วยเน้นความแตกต่างของระยะลึกสเตอริโอในบริเวณที่สนใจ และสามารถกำหนดขอบเขตบนล่างให้จำกัดอยู่ในช่วงการรับรู้ระยะลึกที่เหมาะสมสำหรับแต่ละจอภาพสเตอริโอโคปิกเป้าหมายได้

$$P(x) = \frac{d_{max} - d_{min}}{1 - e^{s(z-x)}} + d_{min} \quad (3.2)$$

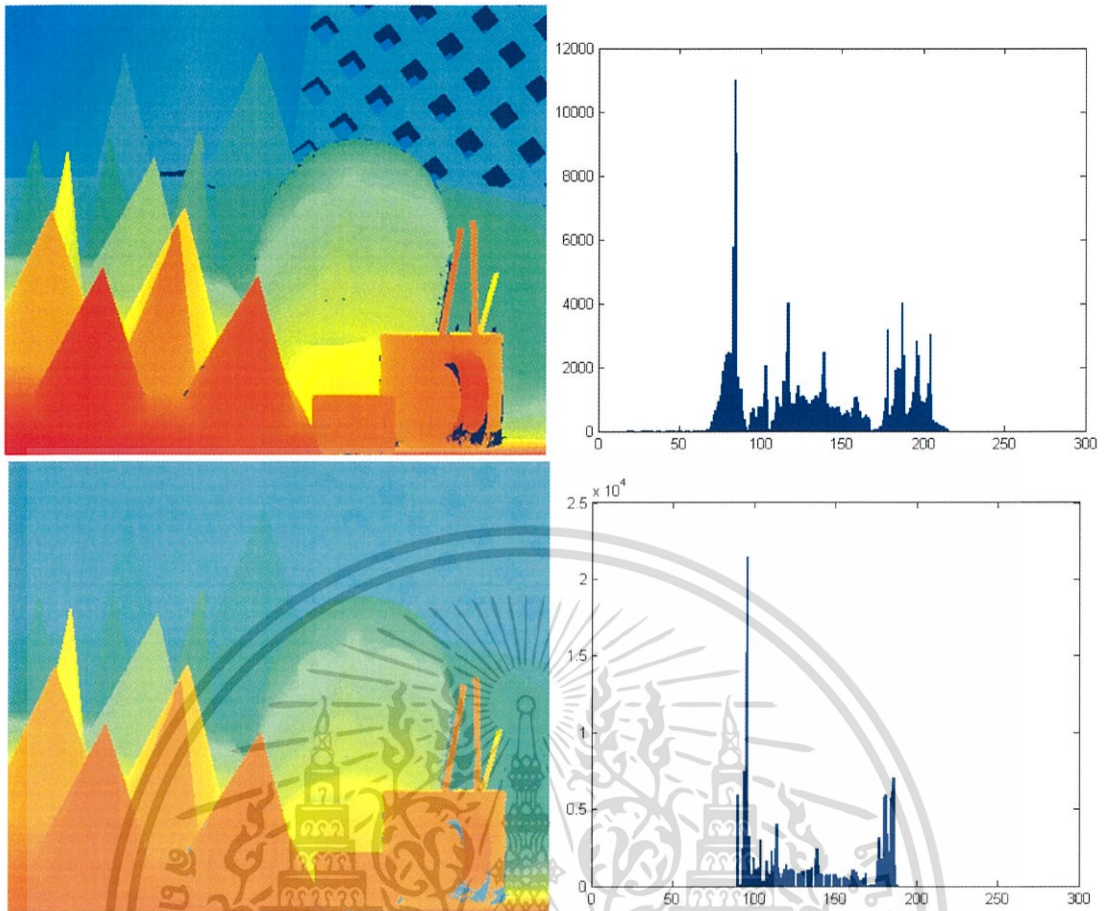
เมื่อตัวแปรในสมการที่ (3.2) มีการกำหนดนิยามดังนี้ $P(x)$ คือระยะลึกรับรู้ที่แสดงต่อผู้ชม, x คือระยะลึกที่ปรากฏในฉากจริง, d_{max} และ d_{min} คือขอบเขตระยะลึกมากที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับที่ต้องการแสดงผ่านจอภาพสเตอริโอโคปิกเป้าหมาย, ตัวแปร z คือระยะของจอแสดงภาพเสมือนในฉากหรือก็คือระยะโฟกัส ซึ่งที่ระยะ z นี้จะถูกแมพไปยังระยะกึ่งกลางระหว่าง d_{max} กับ d_{min} เนื่องจากลักษณะของฟังก์ชันซิกมอยด์ และสุดท้ายตัวแปร s คือค่าสัมประสิทธิ์ความชันของฟังก์ชันซึ่งมีผลต่อความกว้างของขอบเขตบริเวณที่สนใจ



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงผลของอัลกอริธึมการแมพ ระหว่างระยะลึกในฉาก (scene depth, sd) กับระยะลึกรับรู้เรขาคณิต (geometric perceived depth, gpd)

เมื่อได้ระยะลึกที่เหมาะสมของแต่ละวัตถุในฉากแล้ว กระบวนการสร้างภาพใหม่ที่มีระยะการเลื่อนตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการรับชมจะทำการเลื่อนแต่ละวัตถุในฉากทั้งจากภาพในช่องมองตาซ้ายและขวาของคู่ภาพสเตอริโอ

เป้าหมายของผลลัพธ์ของกระบวนการแมพระยะลึกในฉากจริง ไปยังระยะลึกรับรู้ได้แสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.7 เมื่อทำการพิจารณาฮิสโทแกรมของแผนที่การเลื่อนตำแหน่งซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะลึกรับรู้จะเห็นได้ว่าคู่ภาพสเตอริโอที่ผ่านการแมพระยะลึกแล้วมีช่วงขอบเขตระยะลึกที่ถูกจำกัดอยู่ภายในช่วงที่เหมาะสมต่อการรับชมซึ่งแคบกว่าระยะลึกในฉากจริง อย่างไรก็ตาม ระยะลึกช่วงกลางที่เป็นบริเวณที่สนใจนั้นยังมีการกระจายตัวที่กว้างทำให้สามารถรับรู้ระยะลึกแบบสเตอริโอได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับบริเวณฉากหน้าและฉากหลังที่ถูกบีบอัดระยะลึก



รูปที่ 3.7 แผนที่การเลื่อนตำแหน่งและฮิสโทแกรมของกลุ่มภาพสเตอริโอต้นฉบับ (บน) เปรียบเทียบกับกลุ่มภาพสเตอริโอที่ผ่านการแมพระยะลึกใหม่แล้ว (ล่าง)

ขั้นตอนการเลื่อนตำแหน่งแต่ละวัตถุในฉากเริ่มต้นจากการคำนวณหาแผนที่การเลื่อนตำแหน่งเป้าหมายที่เหมาะสมต่อการนำไปแสดงบนจอแสดงภาพสเตอริโอ 3D จากนั้นทำการเปรียบเทียบแผนที่การเลื่อนตำแหน่งเป้าหมายกับแผนที่การเลื่อนตำแหน่งของภาพต้นฉบับเพื่อหาค่าการเลื่อนตำแหน่งของแต่ละจุดพิกเซลในภาพ จากนั้นจึงทำการเลื่อนตำแหน่งแต่ละจุดพิกเซลในภาพทั้งจากช่องมองภาพด้านซ้าย และช่องมองภาพด้านขวาโดยทำการเลื่อนอย่างละครึ่งในแต่ละช่องมองภาพ ในกรณีที่มีการเลื่อนจุดพิกเซลไปทับตำแหน่งเดียวกันในภาพผลลัพธ์ วิธีการที่นำเสนอนี้จะทำการเลือกใช้ข้อมูลจากจุดพิกเซลที่อยู่หน้าสุด ผลลัพธ์ของภาพที่ผ่านการจัดระยะใหม่ได้แสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ภาพผลลัพธ์หลังการจัดระยะระยะลึกกรับรู้ในภาพ (ล่าง) เปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ (บน) โดยแสดงภาพทั้งจากช่องมองภาพตาซ้าย และช่องมองภาพตาขวา

จากภาพผลลัพธ์เห็นได้ว่าเกิดปัญหาคุณภาพของภาพจากกระบวนการแมพระยะลึกในฉากจริงไปยังระยะระยะกรับรู้ เนื่องจากในขั้นตอนนี้เป็นการเล่นตำแหน่งของแต่ละวัตถุในภาพ ซึ่งวัตถุที่แต่ละระยะระยะลึกในกลุ่มภาพสเตอริโอจะถูกทำการเคลื่อนด้วยระยะที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดรอยแตกที่สามารถสังเกตเห็นได้ในภาพเป็นรอยเส้นสีดำในรูปที่ 3.8 และนี่จัดว่าเป็นปัญหาด้านคุณภาพของการนำเสนอภาพที่สำคัญ

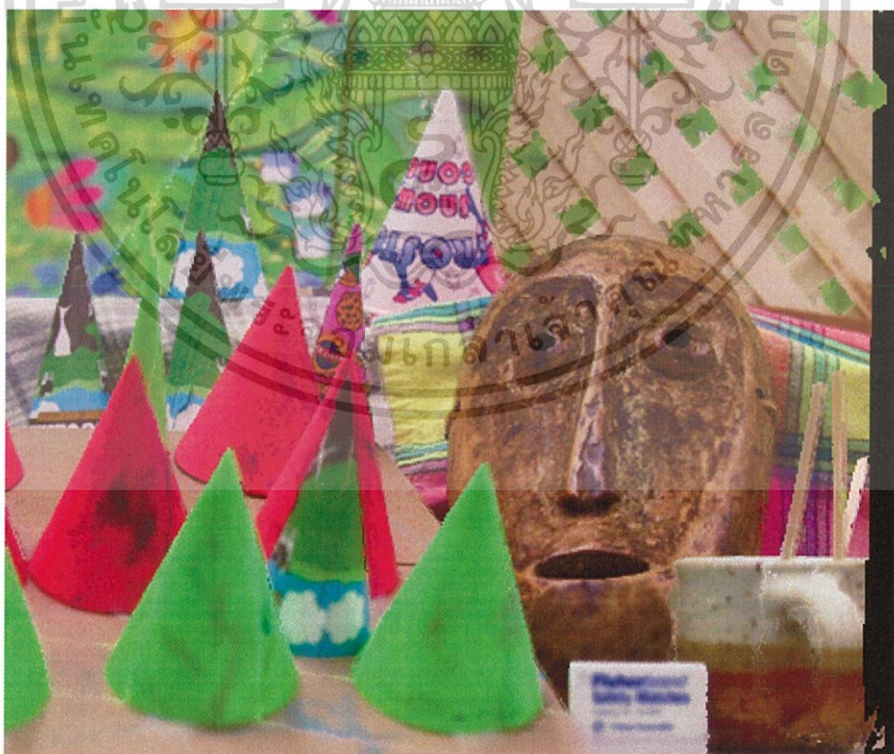
3.3.2 กระบวนการชดเชยข้อมูลภาพ

รอยแตกที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนตำแหน่งของแต่ละวัตถุในภาพสามารถแก้ไขได้โดยใช้เทคนิคการชดเชยข้อมูลภาพ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำวิธีการชดเชยข้อมูลภาพแบบอิงตัวอย่าง (Exemplar-based) ของ Antonio Criminisi และคณะ [24] เข้ามาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ภาพที่ผ่านการเลื่อนตำแหน่งและบริเวณที่ต้องการชดเชยข้อมูลภาพ
แสดงด้วยสีแคงม่วง (magenta)



รูปที่ 3.10 ภาพที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแบบอิงตัวอย่างนี้ได้รวมเอาข้อดีของวิธีการแบบสังเคราะห์พื้นผิว (texture synthesis) และวิธีการเติมข้อมูลภาพ (inpainting) กล่าวได้ว่าการสังเคราะห์พื้นผิวแบบอิงตัวอย่างจะประกอบด้วยกระบวนการสำคัญที่จำเป็นในการคัดลอกแบบทั้งลักษณะพื้นผิวและโครงสร้าง โดยความสำเร็จของการเผยแพร่โครงสร้างจะขึ้นอยู่กับอันดับของความก้าวหน้าในการเติมข้อมูลภาพ สำหรับประสิทธิภาพในการคำนวณของวิธีการนี้ได้มาจากการประมวลผลตัวอย่างแบบแบ่งส่วน (block-based sampling)



รูปที่ 3.11 ภาพแสดงกรอบการแบ่งส่วนของข้อมูลที่ต้องการทำการชดเชย

ในรูปที่ 3.11 แสดงการแบ่งส่วนที่ต้องการทำการชดเชยข้อมูลภาพออกเป็นส่วนย่อย ก่อนนำไปทำการชดเชยข้อมูลภาพด้วยวิธีการแบบอิงตัวอย่าง โดยจะทำการเติมข้อมูลภาพจากบริเวณขอบของส่วนที่หายไปก่อน

บทที่ 4

การทดสอบแนวคิดกระบวนการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการการทดสอบแนวคิดกระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้จากภาพสเตอริโอสโคปิกในสภาพแวดล้อมแบบเปิดที่ได้นำเสนอไปในบทที่ 3 ประกอบด้วยขั้นตอนและสภาพแวดล้อมในการทดลอง การได้มาของชุดข้อมูลภาพ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม วิธีการแสดงผลภาพสามมิติสเตอริโอสโคปิก และการเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อจำกัดของวิธีการที่นำเสนอ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ขั้นตอนและสภาพแวดล้อมในการทดลอง

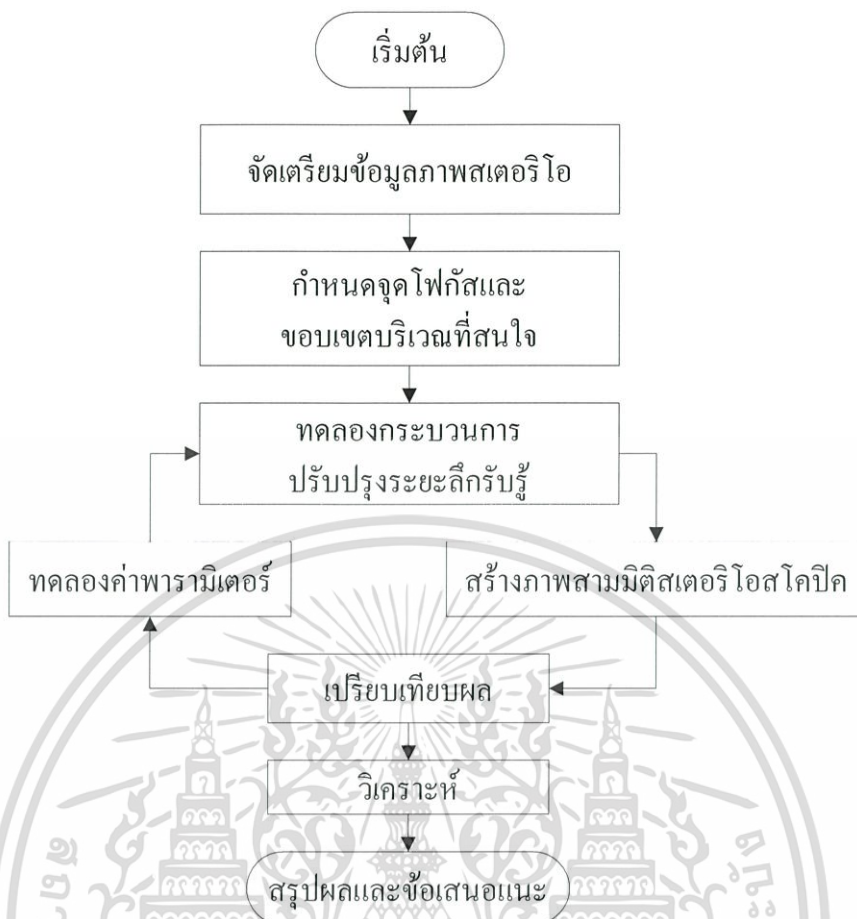
ขั้นตอนในการทดสอบแนวคิดกระบวนการเริ่มจากการเก็บข้อมูลอินพุตภาพถ่ายสเตอริโอแบบขนาน ทำการกำหนดจุดโฟกัสหรือบริเวณที่สนใจในภาพ จากนั้นนำภาพที่ได้มาผ่านกระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้ แล้วทำการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแมพระยะลึกและการสร้างลักษณะของตัวบ่งชี้ความถี่ความถี่มุมมองเดี่ยว เมื่อได้คู่ภาพสเตอริโอที่มีระยะลึกรับรู้ที่เหมาะสมแล้วจึงทำการสร้างภาพสามมิติสเตอริโอสโคปิกด้วยการกรองสีเพื่อนำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับชม ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์ผลการรับชมและข้อจำกัดของวิธีการที่นำเสนอ

สภาพแวดล้อมของอุปกรณ์เครื่องมือในการทดลองนี้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้เป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีรายละเอียดข้อมูลจำเพาะดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางความถี่ 2.4 GHz
- หน่วยความจำหลัก 4 GB
- หน่วยความจำการ์ดประมวลผลกราฟิก 1 GB

ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนากระบวนการประกอบด้วย

- ระบบปฏิบัติการ ไมโครซอฟต์วินโดวส์ 7 แบบ 32 บิต
- โปรแกรมเมทแล็บ (Matlab) เวอร์ชัน 7
- กล้องอุปกรณ์ประมวลผลภาพสำหรับเมทแล็บ



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทดลองแนวคิดกระบวนการปรับปรุงภาพสเตอริโอสโคปิก

4.2 ที่มาของชุดข้อมูลภาพ

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายสเตอริโอแบบขนานจากทีมงานวิจัยด้านการหาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายสเตอริโอแบบสองเฟรมของสถาบัน Middlebury Collage ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก Microsoft Research และ the National Science Foundation ข้อมูลภาพทั้งหมดในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดาวน์โหลดได้จาก <http://vision.middlebury.edu/stereo> ซึ่งเป็นชุดข้อมูลภาพถ่ายสเตอริโอที่ไม่มีระยะการเลื่อนตำแหน่งในแนวแกนตั้ง และระยะการเลื่อนตำแหน่งที่ระยะอนันต์มีค่าเป็นศูนย์ นอกจากนี้ในแต่ละชุดข้อมูลภาพยังมีระยะห่างระหว่างกล้องในการถ่ายภาพที่แตกต่างกันหลายระยะ การทดสอบกระบวนการที่นำเสนอนี้ได้เลือกชุดภาพที่มีช่วงขอบเขตความลึกที่แตกต่างกันจากชุดข้อมูลในปี 2003 และ 2005 ซึ่งมีวัตถุในฉากจำนวนมาก มีระยะแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน และมีรายละเอียดบนพื้นผิวสูง



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างภาพจากชุดข้อมูลภาพสเตอริโอของ Middlebury

4.3 การสร้างภาพสามมิติแบบกรองสี

เพื่อทำการเปรียบเทียบผลของกระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้ภาพสเตอริโอโฮสโคปิกที่ได้พัฒนาขึ้นมาจำเป็นที่จะต้องแสดงภาพสเตอริโอโฮสโคปิกโดยเน้นที่การรับรู้ระยะลึกที่ถูกต้องจากข้อมูลภาพ ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้วิธีการแสดงภาพสามมิติแบบกรองสี (anaglyph image) ที่มีการรบกวนระหว่างช่องมองภาพต่ำ สามารถแสดงผลได้ในหลายสื่อกลาง และยังใช้ต้นทุนในการสร้างภาพสามมิติและอุปกรณ์รับชมที่น้อยอีกด้วย

ภาพสามมิติแบบกรองสี (anaglyph image) ถูกใช้เพื่อสร้างภาพสามมิติแบบสเตอริโอโฮสโคปิก เมื่อมองภาพผ่านแว่นตาซึ่งเลนส์สองข้างแตกต่างกัน (ปกติมักเป็นคู่สีตรงข้ามกัน) เช่น แดง กับ น้ำเงินอมเขียว (cyan) ในหนึ่งภาพจะประกอบด้วยภาพที่ผ่านการกรองสีที่แตกต่างกันสองภาพสำหรับแต่ละนัยน์ตา เมื่อมองภาพผ่านแว่นตาที่มีตัวกรองรหัสสี (color coded) จะมองเห็นเป็นภาพแบบสเตอริโอโฮสโคปิก และสมองส่วนการมองเห็นจะทำการรวมภาพให้เกิดการรับรู้แบบสามมิติขององค์ประกอบในฉาก

วิธีการสร้างภาพสามมิติแบบกรองสีนี้ถูกคิดขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1853 โดยชาวเยอรมันชื่อ Wilhelm Rollmann และภาพสามมิติแบบกรองสีถูกเริ่มกลับมาใช้งานในช่วงที่ผ่านมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการนำเสนอภาพและวิดีโอบนอินเทอร์เน็ต, สื่อดิจิทัลความละเอียดสูง และแม้กระทั่งสิ่งพิมพ์ เนื่องจากอุปกรณ์การแสดงผลภาพสามมิติแบบนี้มีราคาถูก ใช้เพียงกรอบแว่นกระดาษหรือกรอบแว่นพลาสติกที่นำมาใส่แผ่นกรองสีที่ถูกต้อง โดยแนวโน้มในปัจจุบันเลือกใช้คู่สีแดงและสีน้ำเงินอมเขียว แม้ว่าภาพสามมิติแบบกรองสีจะสามารถรับชมได้สะดวกแต่ก็มีข้อด้อยในการแสดงสีให้ได้อย่างถูกต้องอย่างไรก็ตามยังมีการพัฒนาทางด้านวัสดุสำหรับภาพแบบครบสี (full color) โดยเฉพาะเพื่อให้ได้โทนสีผิวที่ถูกต้อง

การสร้างภาพสามมิติแบบกรองสีนี้ได้ใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อจำลองผลของการใช้ตัวกรองสีในการถ่ายภาพ ที่ผ่านมามีการนำเสนอวิธีการคำนวณค่าสีสำหรับภาพช่องซ้ายและขวาได้หลายวิธี สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก [25] วิธีการที่เลือกใช้เพื่อนำเสนอผลการทดสอบกระบวนการในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือ Optimized Anaglyph ของ Wimmer [26] ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยลดลักษณะขัดแย้งของภาพ (retinal rivalry) โดยวิธีการนี้จะทำการตัดส่วนประกอบที่เป็นสีแดงในภาพต้นฉบับ และแทนด้วยสัญญาณสีแดงที่ผันมาจากส่วนประกอบสีเขียวและสีน้ำเงิน

$$\begin{bmatrix} r_a \\ g_a \\ b_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.7 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} r_{left} \\ g_{left} \\ b_{left} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} r_{right} \\ g_{right} \\ b_{right} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

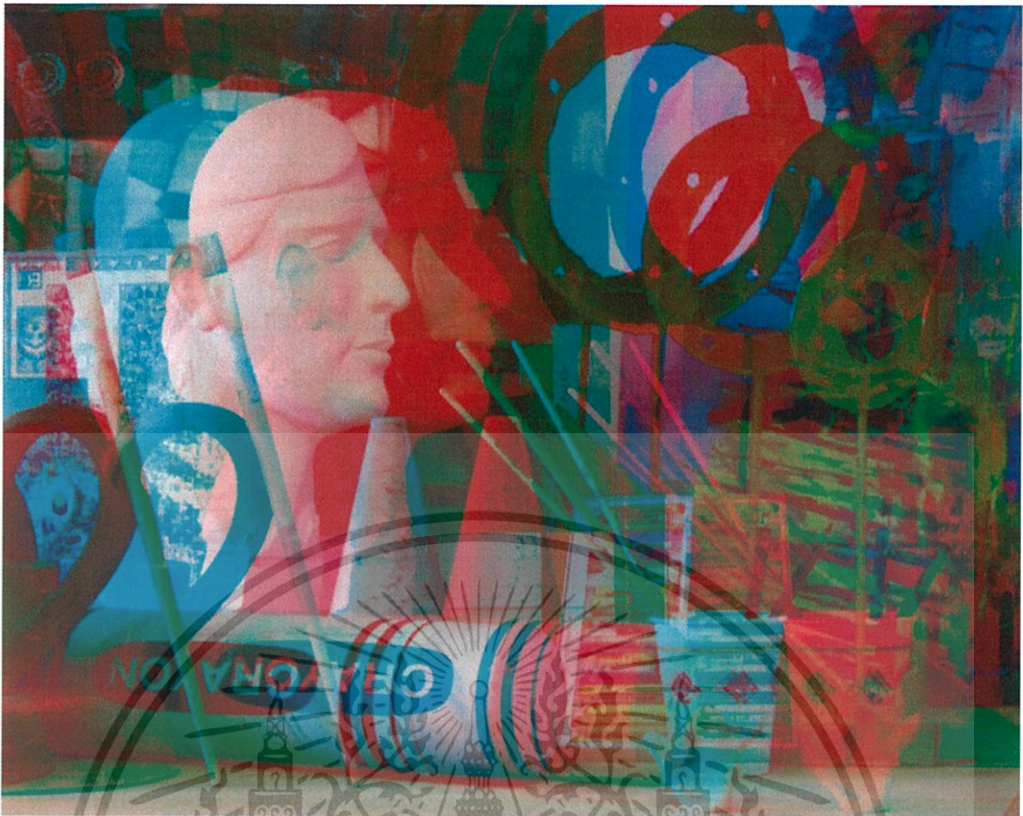
วิธีการแบบ Optimized Anaglyph ช่วยลดความขัดแย้งของภาพได้แต่ก็ทำให้การแสดงผลมีคุณภาพที่แย่ง โดยเฉพาะส่วนที่เป็นสีแดง Wimmer จึงได้ปรับปรุงวิธีการด้วยการแก้ไขค่าแกมมา (gamma correction) เพื่อเพิ่มความสว่างให้กับสัญญาณสีแดงในภาพผลลัพธ์ และทำการแมพสัญญาณสีแดงในภาพต้นฉบับไปยังช่องสีเขียวและสีน้ำเงินก่อนการแปลงเป็นภาพสามมิติ

$$g' = g + f_1 * \max(0, r - g) \quad (4.2)$$

$$b' = b + f_2 * \max(0, r - b) \quad (4.3)$$

$$\begin{bmatrix} r_a \\ g_a \\ b_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (0.7 * g'_{left} + 0.3 * b'_{left})^{\frac{1}{\gamma}} \\ g'_{right} \\ b'_{right} \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

ค่า f_1 และ f_2 คือพารามิเตอร์ในการแมพสีแดง ขณะที่ค่าแกมมา γ ใช้เพื่อเพิ่มความสว่างให้กับสัญญาณสีแดง ในวิทยานิพนธ์นี้เราใช้ค่า $f_1 = 0.45$, $f_2 = 0.25$ และ $\gamma = 1.2$

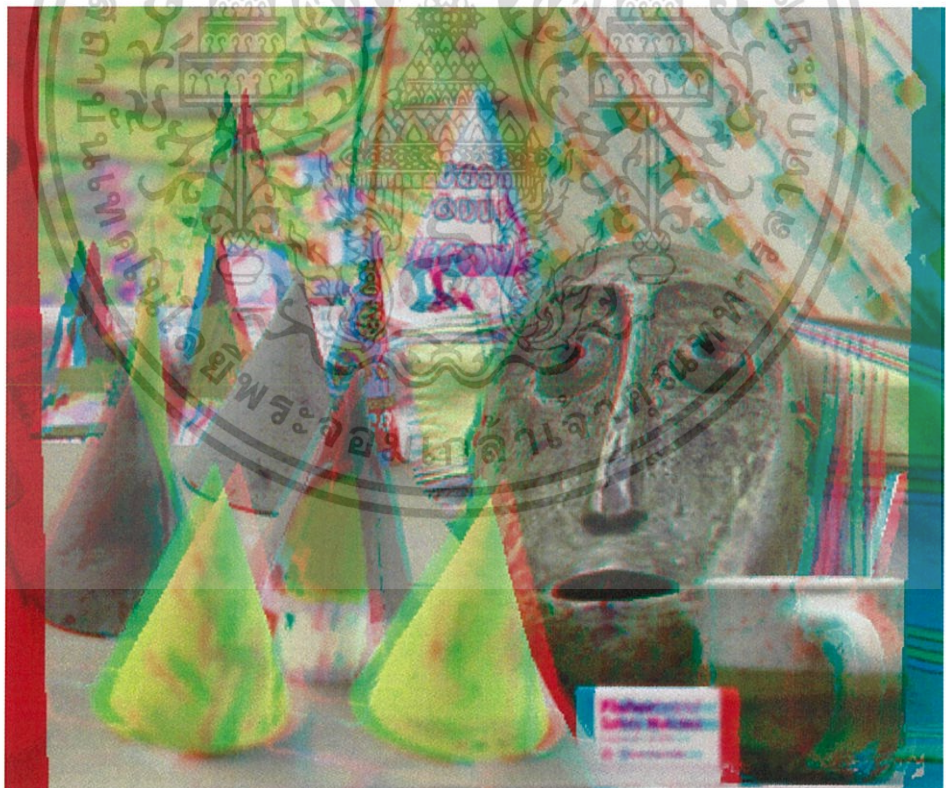


รูปที่ 4.3 ตัวอย่างภาพที่แสดงด้วยวิธีสามมิติแบบกรองสี

4.4 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลอง

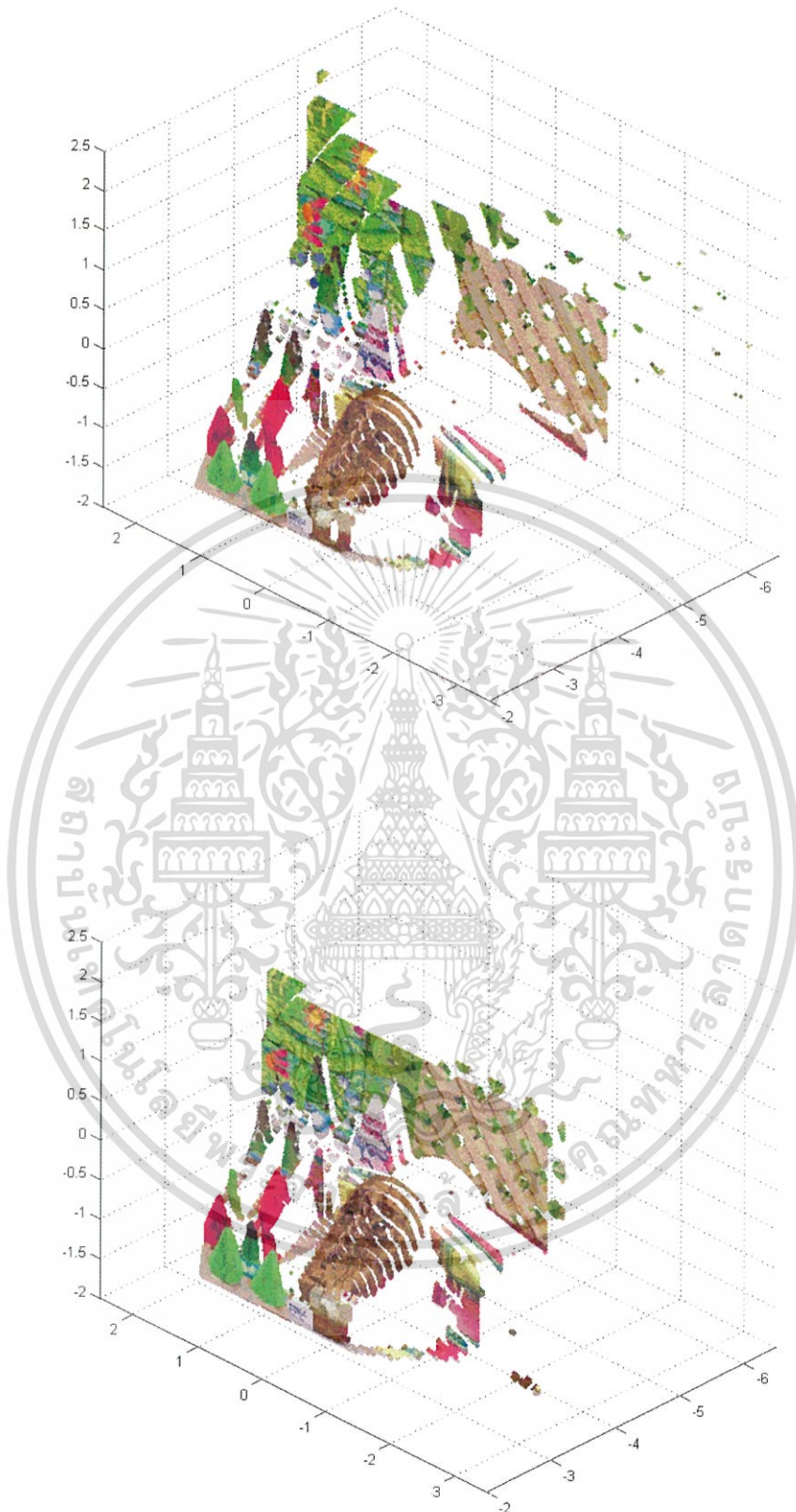
ภาพผลลัพธ์ของกระบวนการปรับปรุงระยะลึกรับรู้จากภาพสเตอริโอโคปิกที่ได้นำเสนอ
นี้สร้างการรับรู้ระยะลึกต่อผู้รับชมจากสองส่วน ประกอบด้วยระยะลึกจากการมองแบบสองตาซึ่ง
ได้ผ่านการปรับปรุงด้วยการแปลงระยะลึกจากระยะลึกในฉากจริงให้เหมาะสมต่อการแสดงผลด้วย
จอแสดงภาพสเตอริโอโคปิก สังเกตได้ว่าระยะลึกบริเวณที่สนใจมีช่วงการแสดงระดับความลึกที่
กว้าง ทำให้มีความชัดเจนในการตัดสินระยะลึกมากกว่าส่วนที่อยู่ด้านหน้าหรือหลัง ซึ่งคุณลักษณะ
ค่อนข้างเป็นแผ่นราบเนื่องจากการถูกบีบระยะลึก อย่างไรก็ตามผู้รับชมยังสามารถตัดสินระยะลึก
ในบริเวณนี้ได้จากการบอกระยะลึกอีกส่วนหนึ่ง คือ การบอกระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยวที่ได้ทำการ
เพิ่มลักษณะของความพรั่มัวเข้าไป และภาพผลลัพธ์ที่ได้ยังมีระยะลึกรวมอยู่ในขอบเขตที่ผู้ชม
สามารถรับรู้ได้โดยไม่เกิดความเครียดต่อดวงตามากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างภาพสเตอร์โอพลัทซ์ (ล่าง) เปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ (บน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างภาพผลลัพธ์ (ล่าง) เปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ (บน)
เมื่อแสดงด้วยภาพฉายไปยังปริภูมิ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบเปรียบเทียบกระบวนการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบทดสอบเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแสดงภาพสเตอริโอสโคปิก โดยในการทดสอบจะให้ผู้รับชมได้เปรียบเทียบภาพสเตอริโอสโคปิกสามแบบ โดยแต่ละรูปแบบของภาพที่ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดในการสร้างภาพขึ้นมาดังนี้

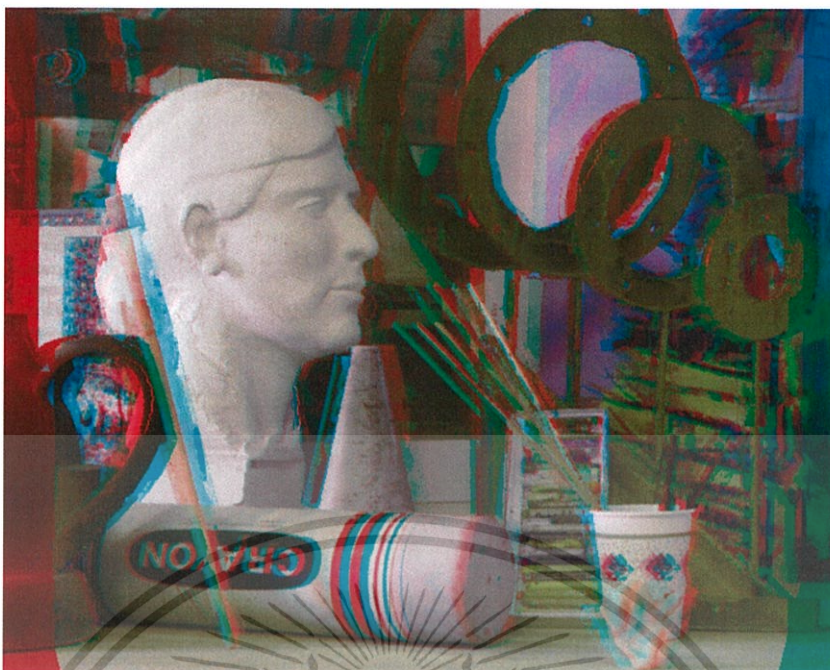
1. ภาพต้นฉบับที่ไม่ผ่านการปรับปรุง เป็นภาพสเตอริโอแบบขนานที่นำมาซ้อนทับกัน และแสดงให้กับผู้ชมด้วยวิธีการแสดงภาพสามมิติแบบกรองสี



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่ไม่ผ่านการปรับปรุง

2. ภาพที่ผ่านการปรับปรุง โดยวิธีการแมพระยะลึกแบบทั้งหมดเป็นส่วนเดียว เป็นกระบวนการแมพระยะลึกในฉากไปยังระยะลึกที่สามารถรับรู้ได้จากจอแสดงภาพสเตอริโอ โดยใช้การแปลงแบบเชิงเส้นซึ่งอัตราส่วนการบีบอัดจะขึ้นอยู่กับความกว้างของระยะลึกในฉากของภาพสเตอริโออื่นๆ เพื่อให้ใช้ระยะลึกรับรู้ได้มากที่สุด นอกจากนี้ได้ทำการกำหนดให้ระยะลึกของวัตถุที่สนใจในภาพมีระยะเท่ากับระยะจอแสดงผล ซึ่งแนวคิดของกระบวนการอ้างอิงนี้ได้รับมาจากงานวิจัยของ Jones และคณะ [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีการแม่พระยะติกแบบทั้งหมดเป็นส่วนเดียว

3. ภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ เป็นการนำกระบวนการที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์มาใช้งาน โดยจะกำหนดความกว้างของขอบเขตระยะลิกรับรู้และวัตถุที่สนใจในภาพให้เหมือนกับวิธีการอ้างอิง



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งภาพที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยกลุ่มภาพสเตอริโอทั้งสิ้น 5 กลุ่มที่มีลักษณะความลึกและการจัดวางองค์ประกอบในภาพที่แตกต่างกัน ได้แก่ชุดข้อมูลภาพ Arts, Cones, Dolls, Rocks1 และ Teddy จากสถาบัน Middlebury Collage ในการทดสอบนี้ผู้วิจัยได้ใช้จอแสดงผลภาพแบบตั้งโต๊ะขนาด 17 นิ้วในการแสดงผลผ่านวิธีการแบบกรองสี มีระยะห่างจากผู้ชมถึงจอแสดงผลภาพที่ 70 เซนติเมตร และกำหนดให้ระยะลึกรับรู้อยู่ในช่วง -50 มิลลิเมตร ถึง +50 มิลลิเมตร สัมพันธ์กับระนาบของจอแสดงผล

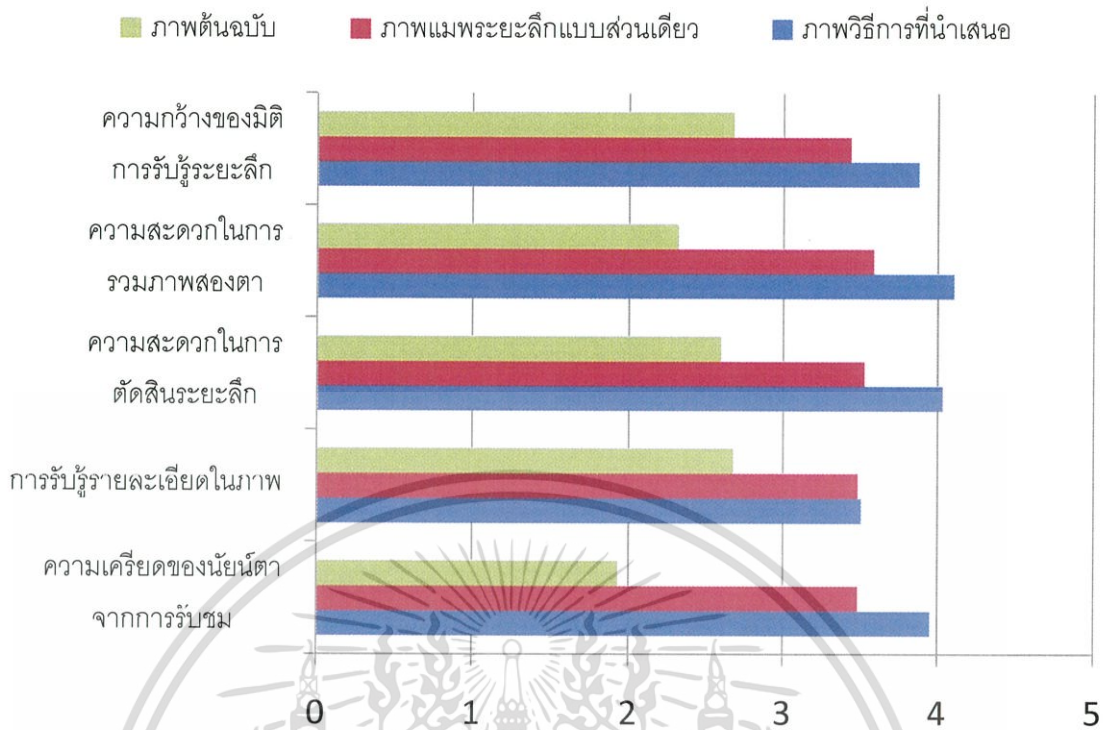
โดยได้ให้ผู้รับชมประเมินความพึงพอใจที่ได้รับในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ความกว้างของมิติการรับรู้ระยะลึก คือ ความกว้างของขอบเขตระยะลึกรับรู้ที่ผู้ชมสามารถรับรู้ได้
2. ความสะดวกในการรวมภาพสองตา คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการรวมภาพจากช่องภาพตาซ้ายและตาขวา เพื่อรับรู้ระยะลึกแบบสองตา
3. ความสะดวกในการตัดสินระยะลึก คือ ความชัดเจนในการตัดสินแยกแยะตำแหน่งของแต่ละวัตถุว่าวัตถุชิ้นใดอยู่หน้าหรืออยู่หลังวัตถุอื่นๆ ภายในภาพ
4. การรับรู้รายละเอียดในภาพ คือ ความชัดเจนของภาพ และรวมถึงความสามารถในการเข้าใจเนื้อหาภายในภาพ
5. ความเครียดของนัยน์ตาจากการรับชม คือ ความรู้สึกไม่สบายในการรับชมภาพสเตอริโอ-ไอสโคปิคนั้นๆ ทั้งในช่วงที่ทำการรับชมรวมถึงระยะเวลาหลังการรับชม

ผู้วิจัยได้ใช้ผู้ทำการทดสอบจำนวน 20 คนรับชมและให้ระดับคะแนนความพึงพอใจตั้งแต่ 1 คะแนนสำหรับแย่มากไปจนถึง 5 คะแนนสำหรับดีมากในแต่ละหัวข้อการประเมิน สุดท้ายได้ค่าเฉลี่ยของคะแนนสำหรับแต่ละหัวข้อเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างภาพสเตอริโอ-ไอสโคปิคแต่ละแบบ ดังแสดงในรูปของแผนภูมิแท่งดังแสดงในรูปที่ 4.9

จากคะแนนผลการทดสอบพบว่าวิธีการที่นำเสนอขึ้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการอ้างอิงเมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละหัวข้อ โดยส่วนที่ไม่เกิดความแตกต่างอย่างชัดเจนคือส่วนหัวข้อการรับรู้รายละเอียดในภาพเนื่องจากกระบวนการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ได้มีการเพิ่มลักษณะของความพร่ามัวเข้าไปเป็นตัวบ่งชี้ความลึกแบบมุมมองเดี่ยวซึ่งส่งผลลบโดยตรงต่อรายละเอียดของภาพ

นอกจากการรักษาการรับรู้ระยะลึกของภาพสเตอริโอ-ไอสโคปิคแล้ว จากผลการทดลองพบว่าภาพสเตอริโอที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกรับรู้ด้วยขั้นตอนวิธีที่นำเสนอแล้ว ผู้ชมจะสามารถรวมภาพจากช่องมองตาซ้ายและตาขวาได้เร็วกว่าภาพต้นฉบับ ซึ่งนี้จะส่งผลดีต่อการนำไปใช้กับการแสดงผลภาพสามมิติแบบเคลื่อนไหวดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงคะแนนเฉลี่ยตามหัวข้อในแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแสดงภาพสเตอริโอ 3D

ความถูกต้องของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพการรับรู้ระยะลึกนี้ขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการสร้างแผนที่ระยะการเลื่อนเป็นสำคัญ ซึ่งวิธีการจับคู่ภาพสเตอริโอจะสามารถทำงานได้ถูกต้องมากขึ้นขึ้นอยู่กับภาพต้นฉบับ หากภาพต้นฉบับมีรายละเอียดพื้นผิวที่ดีก็จะได้รับผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

ในส่วนของารชดเชยข้อมูลภาพในบริเวณรอยแตกที่เกิดจากระยะการเลื่อนที่ไม่เท่ากันของแต่ละวัตถุนี้ให้ผลลัพธ์ในระดับที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามในส่วนของคุณภาพที่ด้านซ้ายและด้วยขวาของภาพที่เกิดรอยเลื่อนขนาดใหญ่การชดเชยข้อมูลภาพไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์

ลักษณะความพร่ามัวที่เพิ่มเข้าไปในแต่ละช่องมองภาพช่วยให้การตัดสินระยะลึกทำได้ถูกต้องมากขึ้นเมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับที่มีช่วงความชัดลึกที่กว้าง อย่างไรก็ตามหากใช้ในภาพที่มีรายละเอียดของพื้นผิวบริเวณฉากหน้าหรือฉากหลังน้อยจะไม่ส่งผลให้เกิดการตัดสินระยะลึกที่ดีเพิ่มขึ้นมากเท่าที่ควร

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ความต้องการสื่อแบบสามมิติแบบสองตา หรือสเตอริโอสโคปิกกำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังจะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของอุปกรณ์การแสดงผลแบบสามมิติรูปแบบต่างๆ ตั้งแต่อุปกรณ์ขนาดเล็กใหญ่ไปจนถึงอุปกรณ์พกพาส่วนบุคคล และในอนาคตการแสดงผลแบบสามมิตินี้จะเข้าถึงผู้ใช้ทั่วไปในวงกว้าง สิ่งสำคัญนอกจากตัวอุปกรณ์แสดงผลแบบสามมิติแล้ว คอนเทนต์แบบสามมิติก็เป็นส่วนประกอบที่จะขาดไม่ได้เช่นกัน แต่การสร้างคอนเทนต์แบบสามมิติให้ให้เหมาะสมต่อการแสดงผลด้วยอุปกรณ์ที่ต่างๆ กันนั้นยังทำได้โดยลำบากเนื่องจากปัจจัยของมนุษย์ในการรับรู้ระยะลึกแบบสองตา

การแมพระยะลึกจริงในฉากไปยังระยะลึกรับรู้จากจอแสดงผลสเตอริโอสโคปิกเป็นวิธีการที่ช่วยให้การสร้างคอนเทนต์สามมิติทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามในงานวิจัยที่ผ่านมากระบวนการดังกล่าวถูกพัฒนาเพิ่มมุ่งเน้นใช้กับภาพคอมพิวเตอร์กราฟิก และยังมีปัญหาการถูกบีบอัดของระยะลึกที่รับรู้จากการมองแบบสองตาเพื่อไม่ให้เกิดความเครียดต่อสายตาของผู้รับชม

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอกระบวนการปรับปรุงภาพสเตอริโอสโคปิกเพื่อเพิ่มคุณภาพในการรับรู้ระยะลึก โดยนำกระบวนการแมพระยะลึกจริงในฉากไปยังระยะลึกรับรู้จากจอแสดงผลสเตอริโอสโคปิกมาประยุกต์ใช้กับภาพต้นฉบับที่ถ่ายโดยกล้องสเตอริโอแบบขนาน และพัฒนาฟังก์ชันในการแมพให้มีลักษณะการเน้นระยะลึกในขอบเขตบริเวณที่สนใจ และเพื่อเป็นการชดเชยระยะลึกแบบสองตาที่ถูกบีบอัดได้มีการนำตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยว เข้ามาเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการตัดสินใจระยะลึกอีกส่วนหนึ่ง

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถช่วยให้ระยะลึกในขอบเขตบริเวณที่สนใจมีช่วงการแสดงระดับความลึกแบบสองตาที่กว้าง ทำให้มีความชัดเจนในการตัดสินใจระยะลึกมากกว่าส่วนที่เป็นฉากหน้าหรือฉากหลัง ซึ่งคุณลักษณะค่อนข้างเป็นแผนราบเนื่องจากการถูกบีบระยะลึก การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการแมพระยะลึกก็เป็นไปอย่างราบเรียบไม่ได้ทิ้งรอยต่อที่สังเกตเห็นได้โดยชัดเจน นอกจากนี้ผู้ชมยังสามารถตัดสินใจระยะลึกในบริเวณที่ถูกบีบอัดนี้ได้จากการบอกระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยว และระยะลึกรวมก็ยังอยู่ในขอบเขตที่ผู้ชมสามารถรับรู้ได้โดยไม่เกิดความเครียดต่อดวงตามากเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับที่ไม่ผ่านการปรับปรุง

วิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์เป็นเทคนิคหนึ่งเท่านั้น ในการปรับปรุงคุณภาพการรับรู้ระยะลึกจากภาพสเตอริโอสโคปิก ซึ่งความถูกต้องของกระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเมินระยะลึกในฉากจากคู่ภาพสเตอริโอต้นฉบับเป็นสำคัญ ทำให้ยังคงมีแนวทางในการพัฒนากระบวนการนี้ไปได้ทั้งในการปรับปรุงคุณภาพของวิธีการจับคู่ภาพสเตอริโอ หรือการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์เพื่อช่วยในการประเมินระยะลึกในฉาก นอกจากนี้ลักษณะของตัวบ่งชี้ความลึกแบบมุมมองเดี่ยวอื่นๆ นอกเหนือไปจากที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็มีความเป็นไปได้ที่จะจำลองขึ้นมาด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] D.Ezra, G.Woodgate, J.Harrold, B.Omar, N.Holliman and L. Shaprio, **New Auto-stereoscopic display system**, *Proceedings of the SPIE*, Vol. 2409, 1995.
- [2] N. Holliman, “**3D Display Systems**,” to appear; *Handbook of Opto-electronics*, IOP Press, Spring 2004.
- [3] Y. Yeh, **Visual and perceptual issues in stereoscopic colour displays**, In *Stereo computer graphics and other true 3D technologies*, Ed. D. McAllister, Princeton University Press, 1993.
- [4] B.G. Cumming and G.C. DeAngelis. **The physiology of stereopsis**. *Annu. Rev. Neurosci.*, (24):203-238, 2001.
- [5] C. Blakemore, **The range and scope of binocular depth discrimination in man**, *Physiology*, Vol. 211:599-622, 1970.
- [6] Y. Yeh and L.D. Silverstein, **Limits of fusion and depth judgement in stereoscopic colour displays** *Human Factors*, V32n1, pp45-60, 1990.
- [7] B. Julesz, **Foundations of cyclopean perception**, The University of Chicago Press, 1971.
- [8] N. Langlands, **Experiments on binocular vision**, *Trans. Optical Soc.*, Vol.XXVII No.2:4-82, 1926.
- [9] D.B. Diner and D.H. Fender, **Human Engineering in Stereoscopic Display Devices**, Plenum Press, 1993.
- [10] C. Wheatstone, **Contributions to the physiology of vision I: On some remarkable and hitherto unobserved phenomena of vision**, *Phil Trans R Soc (Biol)*, 18(13):371-395, 1838.
- [11] L. Gooding, M.E. Miller, J. Moore and S. Kim, **The effect of viewing distance and disparity on perceived depth**, *Proceedings of the SPIE*, Vol. 1457, 1991
- [12] A. Woods, T. Docherty and R. Koch, **Image distortions in stereoscopic video systems**, *Proceedings of the SPIE*, Vol. 1915:36-48, 1993.
- [13] H. Helmholtz, *Treatise on physiological optics 1867*, 1924 edition reprinted Thoemmes Press, 2000.
- [14] N.A. Valyus, **Stereoscopy**, The Focal Press, 1966.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [15] G. Jones, D. Lee, N. Holliman and D. Ezra, **Controlling perceived depth in stereoscopic images**, *Proceedings of the SPIE*, Vol. 4297A, 2001.
- [16] N. Holliman, “**Mapping perceived depth to regions of interest in stereoscopic images**,” in *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XI*, Proceedings of SPIE 5291, 2004.
- [17] K. Ruangthai and W. Chatwiriya, **Stereoscopic Image Perceived Depth Adjustment**, *Proceedings of NCCIT*, Vol. 2, 2010.
- [18] M. Bleyer and M. Gelautz, **Graph-based surface reconstruction from stereo pairs using image segmentation**, In *SPIE*, pages vol. 5665: 288–299, January 2005.
- [19] Y. Deng, Q. Yang, X. Lin, and X. Tang, **A symmetric patch-based correspondence model for occlusion handling**, In *ICCV*, pages II: 1316–1322, 2005.
- [20] Q. Yang, L. Wang, R. Yang, H. Stew'enius, and D. Nist'er, **Stereo matching with color-weighted correlation, hierarchical belief propagation and occlusion handling**, Accepted to CVPR 2006.
- [21] A. Klaus, M. Sormann, and K. Karner, “**Segment-Based Stereo Matching Using Belief Propagation and a Self-Adapting Dissimilarity Measure**,” *ICPR 2006*, Vol. 3, pp.15–18, 2006.
- [22] D. Scharstein and R. Szeliski, **A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms**, *International Journal of Computer Vision*, 47(1-3):7–42, Apr. 2002.
- [23] M. Bleyer and M. Gelautz, **A layered stereo matching algorithm using image segmentation and global visibility constraints**, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(3):128–150, May 2005.
- [24] A. Criminisi, P. Perez, K. Toyama and Microsoft Res. Ltd, Cambridge, UK; **Object Removal by Exemplar-based Inpainting**, *WI Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, Madison, Jun. 2003.
- [25] D. F. McAllister, Y. Zhou and S. Sullivan, “**Methods for computing color anaglyphs**,” *Proceedings of the SPIE*, Vol. 75240S, 2010.
- [26] P. Wimmer, **Anaglyph methods comparison**,
<http://3dtv.at/Knowhow/AnaglyphComparison_en.aspx>, 2005.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดข้อมูลภาพสเตอริโอ Cones

<<http://vision.middlebury.edu/stereo/data/scenes2003/newdata/cones/>>



ช่องมองตาซ้าย



ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.1 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ต้นฉบับ



ช่องมองตาซ้าย



ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.2 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการเพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่องมองตาซ้าย

ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.3 ภาพถ่ายสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการแมพระยะลึกจริงไปยังระยะลึกรับรู้

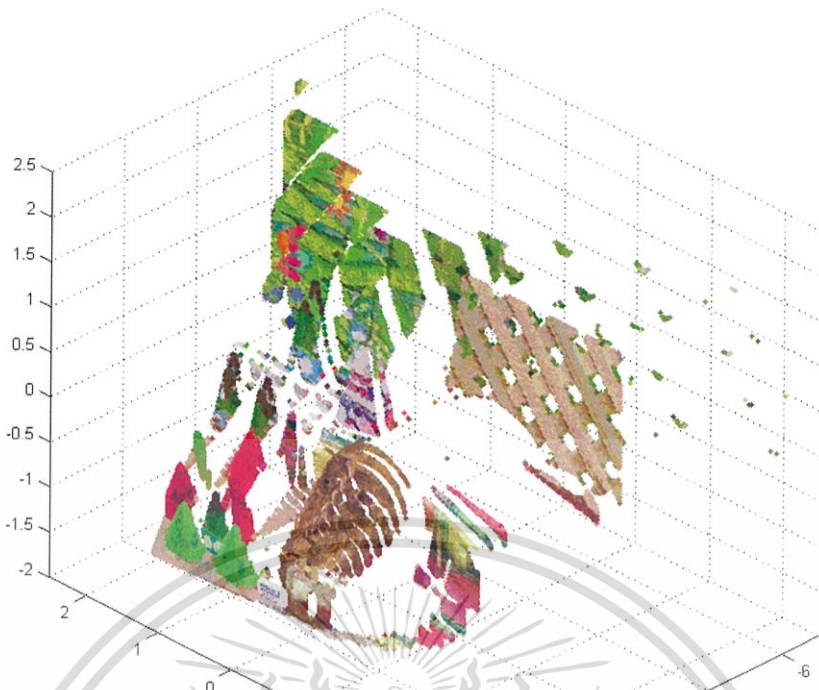


ช่องมองตาซ้าย

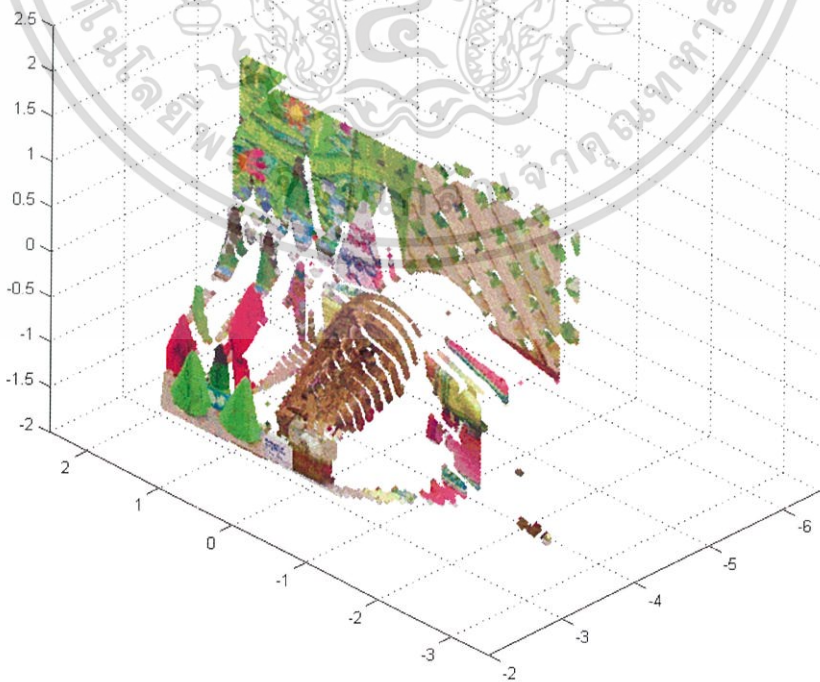
ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.4 ภาพถ่ายสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพ

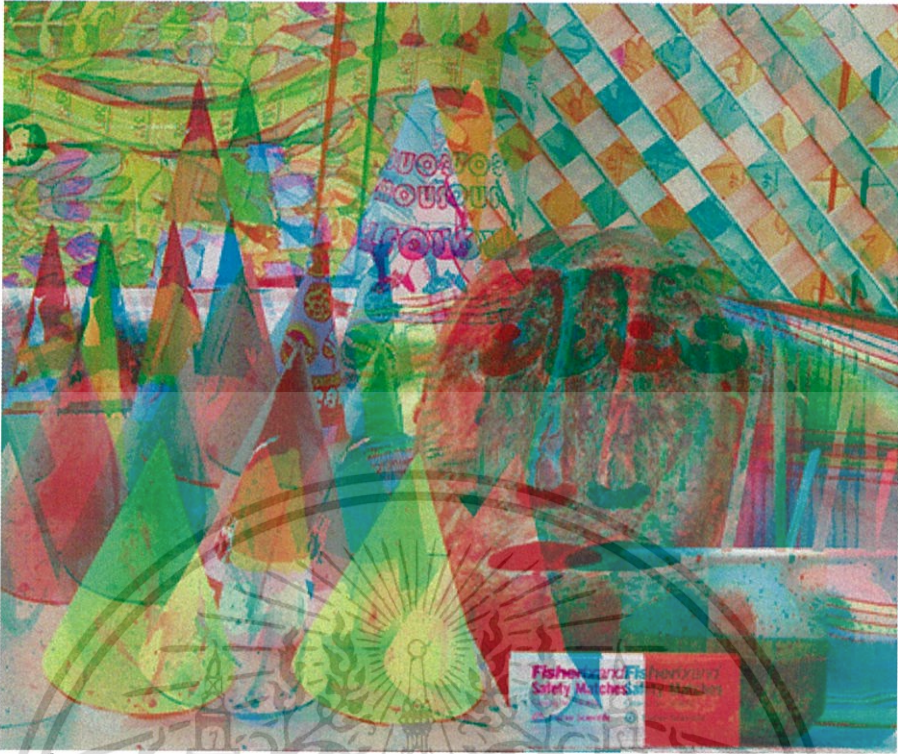
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



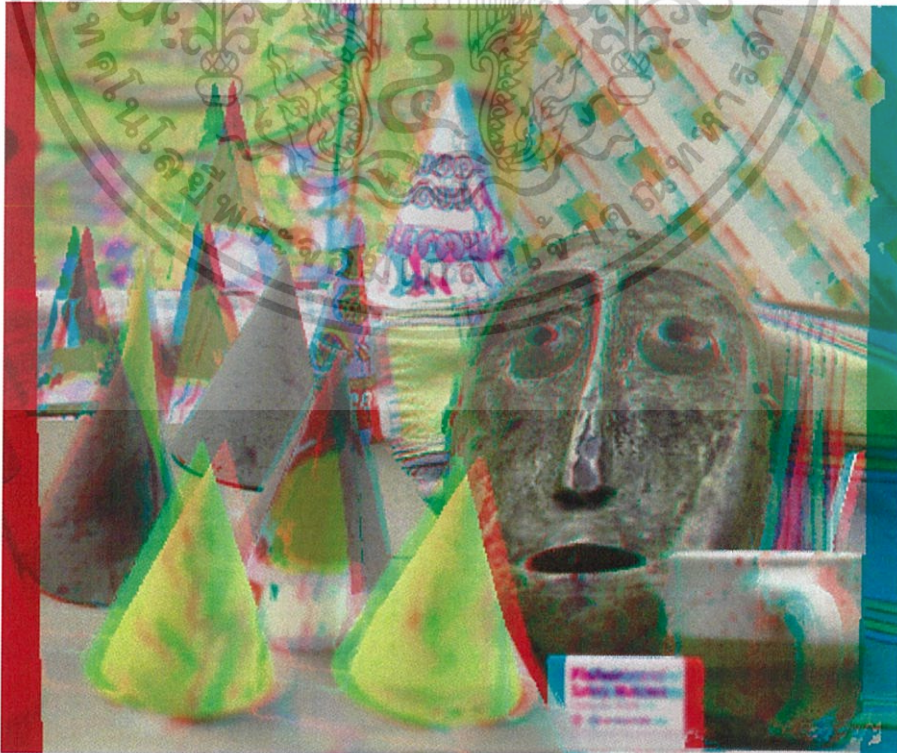
รูปที่ ก.5 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ต้นฉบับฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ



รูปที่ ก.6 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



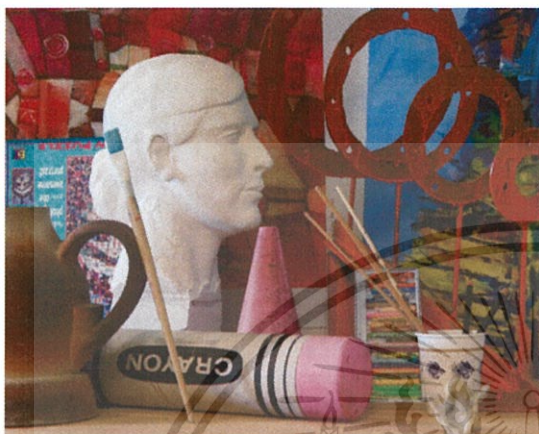
รูปที่ ก.7 ภาพสแตอริโอชุดภาพ Cones ต้นฉบับแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี



รูปที่ ก.8 ภาพสแตอริโอชุดภาพ Cones ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดข้อมูลภาพสเตอริโอ Art

<<http://vision.middlebury.edu/stereo/data/scenes2005/FullSize/Art/>>

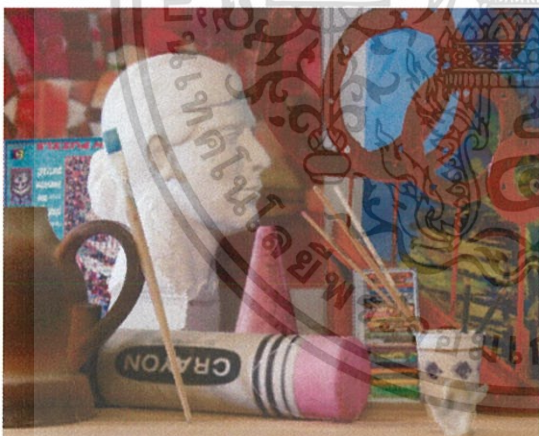


ช่องมองตาซ้าย



ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.9 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ต้นฉบับ



ช่องมองตาซ้าย



ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.10 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการเพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ห้องมองตาซ้าย



ห้องมองตาขวา

รูปที่ ก.11 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการแมพระยะลึกจริง ไปยังระยะลึกรับรู้



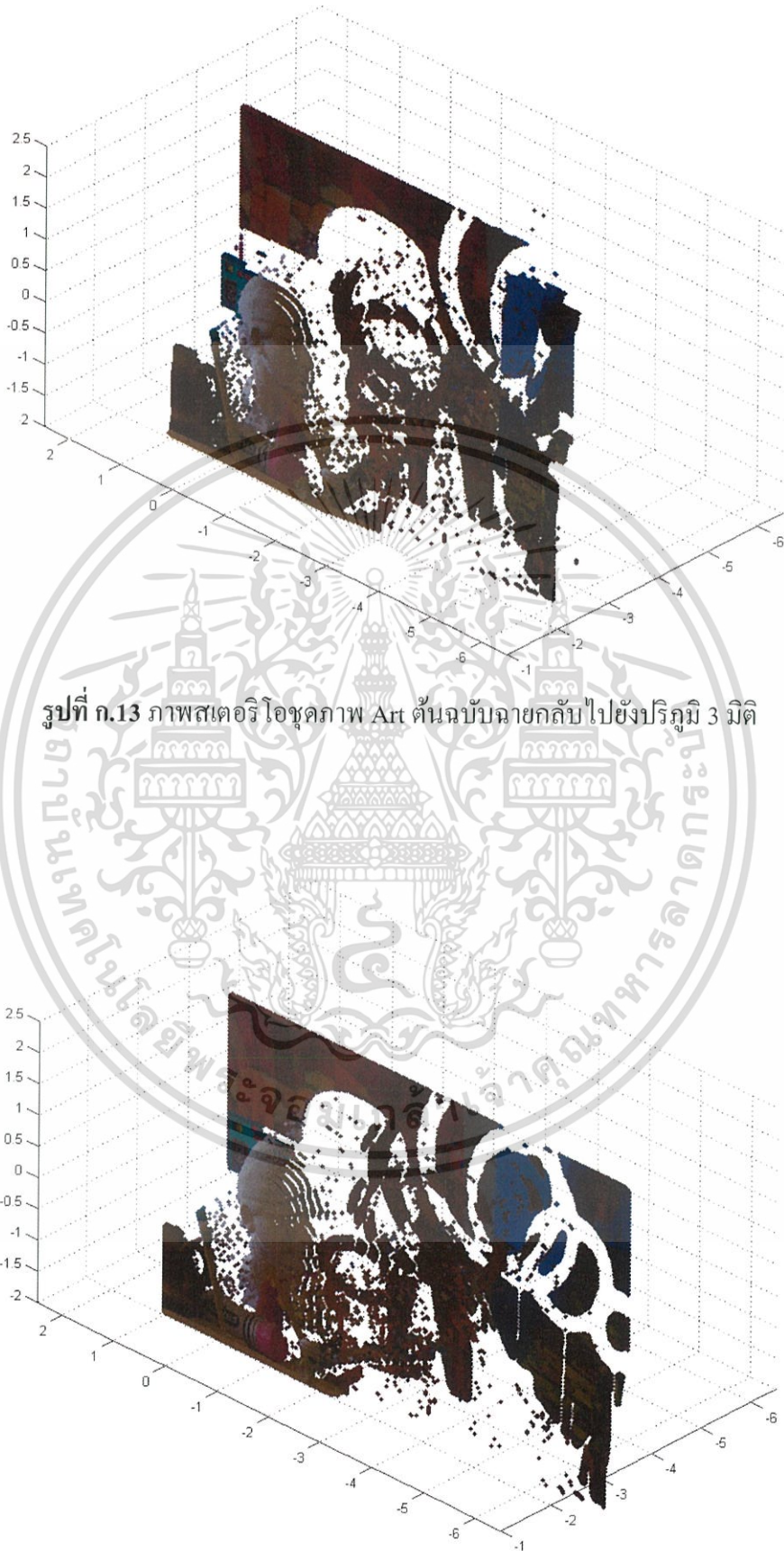
ห้องมองตาซ้าย



ห้องมองตาขวา

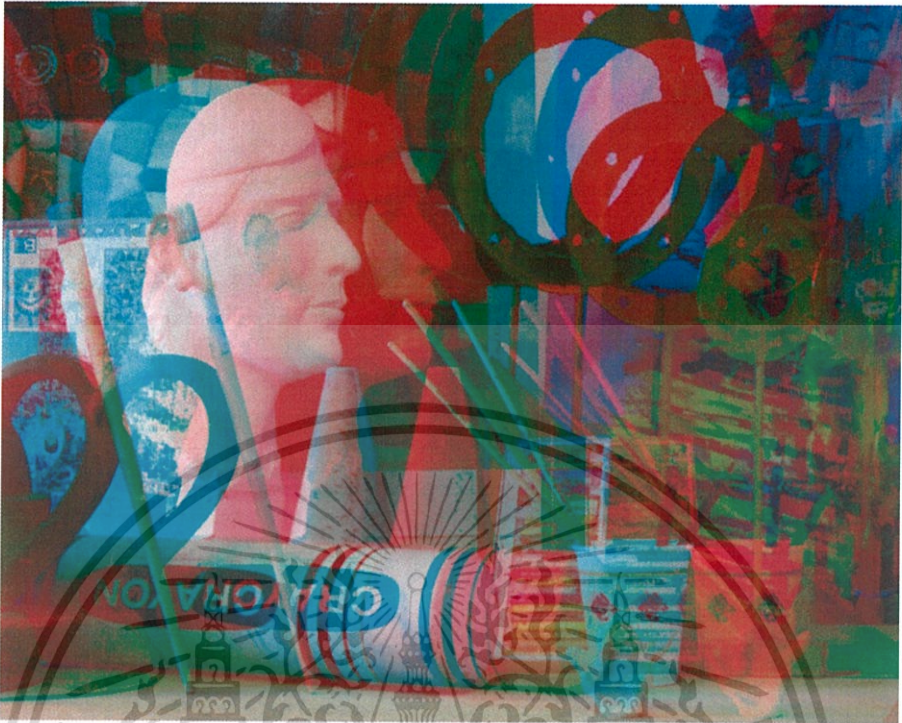
รูปที่ ก.12 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.13 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ต้นฉบับฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ

รูปที่ ก.14 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Art ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.15 ภาพสแตอริ โอชุดภาพ Art ด้นฉบับแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี



รูปที่ ก.16 ภาพสแตอริ โอชุดภาพ Art ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดข้อมูลภาพสเตอริโอ Dolls

<<http://vision.middlebury.edu/stereo/data/scenes2005/FullSize/Dolls/>>



ช่องมองตาซ้าย



ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.17 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ต้นฉบับ



ช่องมองตาซ้าย



ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.18 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ที่ผ่านการเพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่องมองตาซ้าย

ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.19 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ที่ผ่านการแมพระยะลึกจริงไปยังระยะเยลีย์กรับรู้

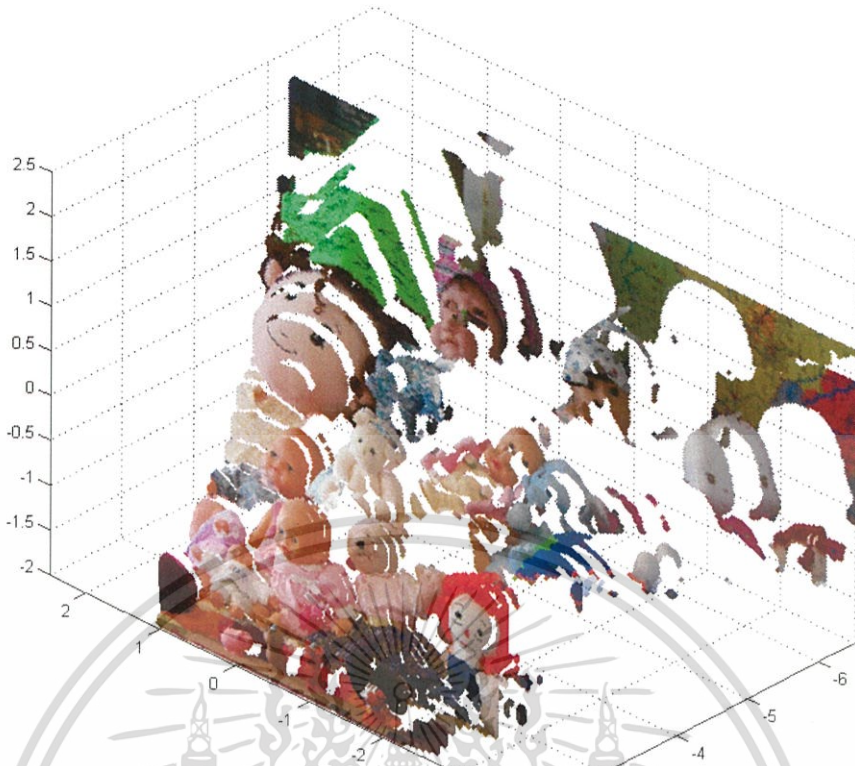


ช่องมองตาซ้าย

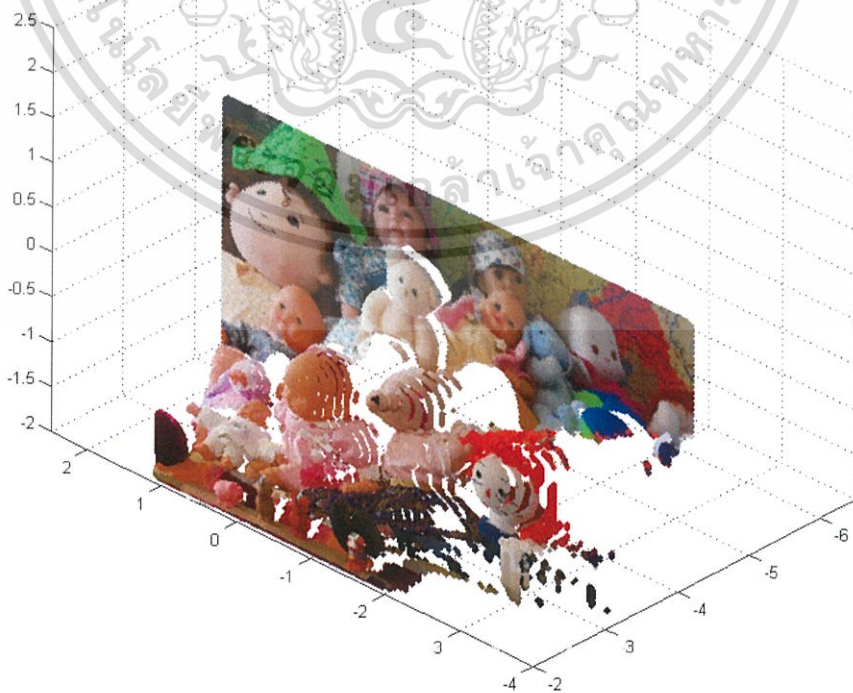
ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.20 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.21 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ต้นฉบับฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ



รูปที่ ก.22 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Dolls ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.23 ภาพสตอรี่ โอชुकภาพ Dolls ต้นฉบับแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี



รูปที่ ก.24 ภาพสตอรี่ โอชुकภาพ Dolls ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดข้อมูลภาพสเตอริโอ Teddy

<<http://vision.middlebury.edu/stereo/data/scenes2003/newdata/teddy/>>



ช่องมองตาซ้าย



ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.25 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Teddy ต้นฉบับ



ช่องมองตาซ้าย



ช่องมองตาขวา

รูปที่ ก.26 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Teddy ที่ผ่านการเพิ่มตัวบ่งชี้ระยะลึกแบบมุมมองเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ห้องมองตาซ้าย

ห้องมองตาขวา

รูปที่ ก.27 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Teddy ที่ผ่านการเมมพระยะลึกจริงไปยังระยะตื้นรับรู้

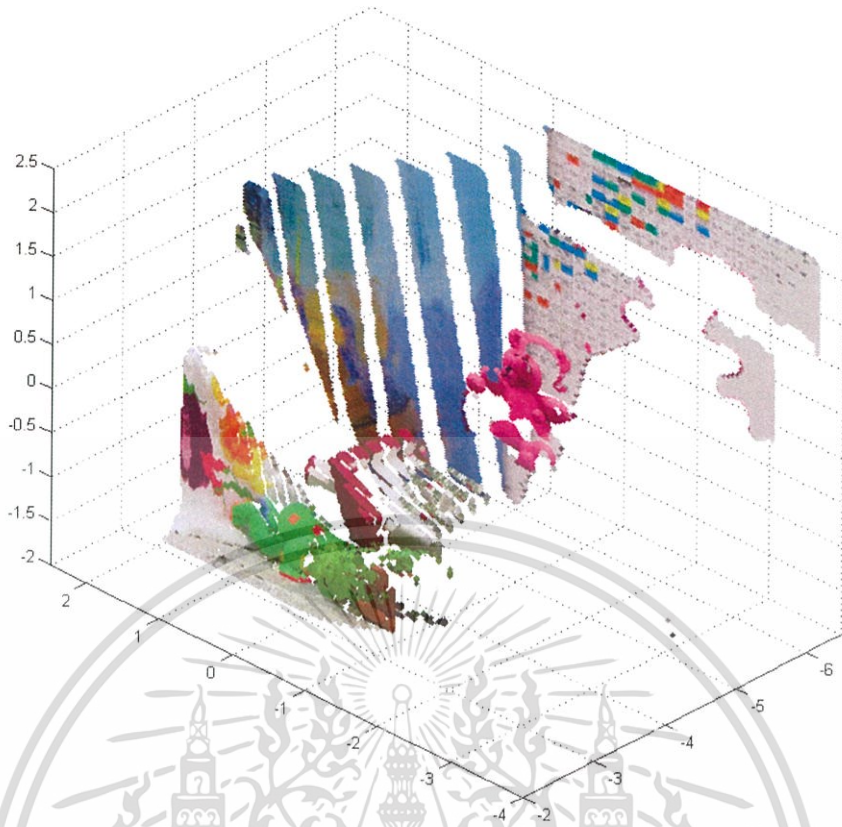


ห้องมองตาซ้าย

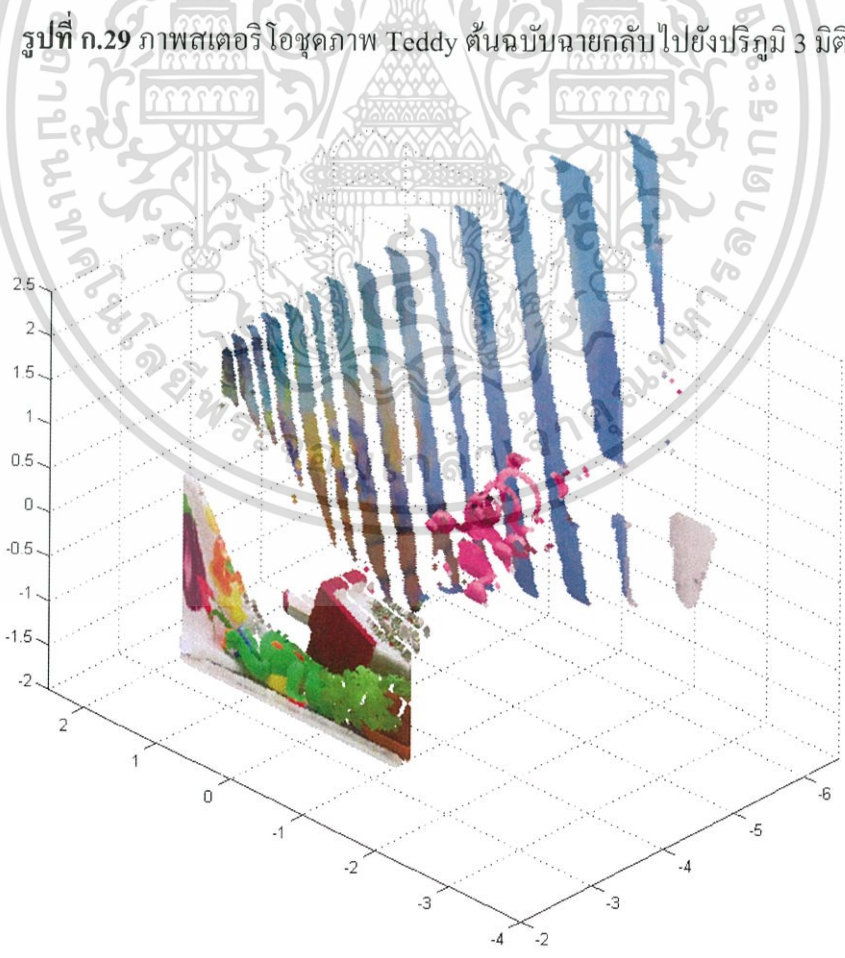
ห้องมองตาขวา

รูปที่ ก.28 คู่ภาพสเตอริโอชุดภาพ Teddy ที่ผ่านการชดเชยข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



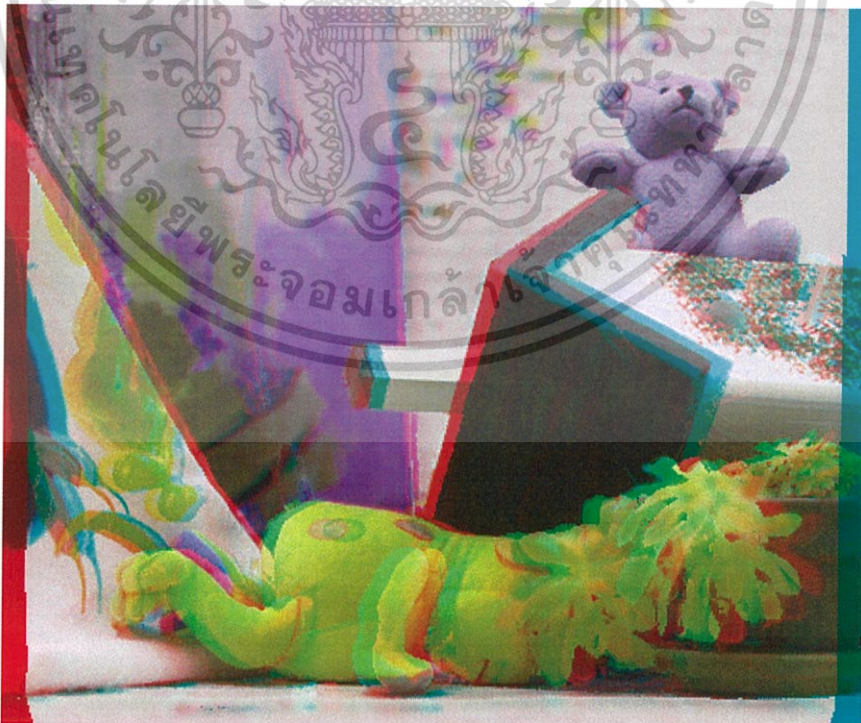
รูปที่ ก.29 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Teddy ต้นฉบับฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ



รูปที่ ก.30 ภาพสเตอริโอชุดภาพ Teddy ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึกฉายกลับไปยังปริภูมิ 3 มิติ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.31 ภาพสแตอริ โอชุดภาพ Teddy ต้นฉบับแสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี



รูปที่ ก.32 ภาพสแตอริ โอชุดภาพ Teddy ที่ผ่านการปรับปรุงระยะลึก

แสดงด้วยรูปสามมิติแบบกรองสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. Kongkiat Ruangthai and Watchara Chatwiriya, “**Route Panorama Background Mosaic with Motion Segmentation**,” Electrical Engineering Conference 32 (EECON 32), Prachinburi, Thailand, October 29-30, 2009.
2. Kongkiat Ruangthai and Watchara Chatwiriya, “**Stereoscopic Image Perceived Depth Adjustment**,” The 6th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2010), Bangkok, Thailand, June 3-5, 2010.
3. Kongkiat Ruangthai and Watchara Chatwiriya, “**Stereoscopic Depth Perception Enhancement with Monocular Depth Cue**,” The 3rd Joint International Information & Communication Technology, Electronic and Electrical Engineering (JICTEE 2010), Luangprabang, Lao PDR, December 21-24, 2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ABTRACTS

- PW - Electrical Power System
- PE - Power Electronics
- CT - Control System and Instrument Technology
- CP - Computer and Information Technology
- CM - Communication
- EL - Electronics
- DS - Digital Signal Processing
- PH - Photonics
- GN - General Engineering and Science
- BE - Biomedical Engineering

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๓๒
๒๘-๓๐ ตุลาคม ๒๕๕๒ โรงแรมทวาราวดี รีสอร์ท จ.ปราจีนบุรี

32nd Electrical Engineering Conference
28-30 October 2009 Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand












จัดการประชุมโดย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ
และภาควิชาวิศวกรรมเชิงการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างภาพโมเสคพื้นหลังสำหรับพาโนรามาเส้นทางโดยการแยกส่วนการเคลื่อนไหวที่

Route Panorama Background Mosaic with Motion Segmentation

ก้องเกียรติ เรือง ไทย¹ และ วีระะ จักรวิริยะ²

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนจตุรทิศ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ 02-326-4540 Email: s1060601@kmitl.ac.th¹, kewatcha@kmitl.ac.th²

บทคัดย่อ

การถ่ายภาพเพียงหนึ่งครั้งไม่สามารถเก็บเนื้อหาของฉากข้างทางได้ทั้งหมด และการใช้เลนส์มุมกว้างก่อให้เกิดการบิดเบือนบริเวณขอบภาพ ภาพพาโนรามาเส้นทาง คือ ภาพที่รวมฉากต่อเนื่องทั้งหมดไปตามแนวของถนน เป็นสื่อข้อมูลในการเก็บภาพของเมือง หรือนำไปประกอบการนำทางด้วยแผนที่ โดยให้มุมมองเสมือนมุมมองธรรมชาติของผู้สังเกต บทความนี้นำเสนออัลกอริทึมการถ่ายภาพที่นำเสนอสู่พาโนรามาเส้นทาง โดยใช้หลักการแยกส่วนการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นผลสัมพันธ์กับความลึกของวัตถุในภาพในการแยกส่วนพื้นหลัง โดยใช้การลงคะแนนเทนเซอร์ (tensor voting) ในการปรับปรุงคุณภาพการเคลื่อนไหวที่

คำสำคัญ: การสร้างภาพโมเสคหลายมุมมอง, พาโนรามาเส้นทาง, การแยกส่วนพื้นหลัง

Abstract

Since a single photograph could not capture all the scene along the street and a photograph with wide angle lens would make distortion on the edges of the image. Route panorama is the image that contain entire scene along the route. It is an image medium to profile cities or enhanced map navigation which has viewpoint like a viewer naturally see. In this paper, the algorithm for route panorama background mosaic with motion segmentation is proposed. The motion which related to depth effect is employ to extract background then improve the motion layer quality with tensor voting.

Keyword: multi-perspective mosaicking, route panorama, background extraction

1. บทนำ

ภาพพาโนรามาเส้นทาง คือ ข้อมูลภาพที่เก็บจากต่อเนื่องทั้งหมดหลายมุมมองเป็นภาพหลายมุมมอง (Multi-perspective) ซึ่งใช้เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลน้อยกว่าการเก็บภาพวิดีโอ สามารถอ้างอิงตำแหน่งเชิงข้อมูลได้สะดวกและนำไปประมวลผลหรือแสดงภาพได้ง่าย แต่ละส่วนของภาพจะให้มุมมองเสมือนผู้สังเกตมองตรงเข้าไปในฉาก [1] อาจใช้สำหรับการเก็บภาพของเมืองหรือประกอบการนำทางด้วยแผนที่

มีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการถ่ายภาพพาโนรามาหลายมุมมอง เทคนิคที่เป็นที่รู้จัก ได้แก่ Slit-scan panorama หรือ Strip panorama [1-3] ซึ่งสามารถรักษาอัตราส่วนของวัตถุในระยะห่างที่แน่นอนได้ แต่เนื่องจากเป็นการแสดงภาพตั้งฉาก(orthogonal)ในแนวนอน และภาพฉายแบบมุมมอง(Perspective)ในแนวตั้ง ทำให้วัตถุที่มีระยะห่างออกจากกล้องมีลักษณะบิดเบี้ยวในแนวนอน ขณะที่วัตถุใกล้กว่ามีลักษณะบิดเบี้ยวในแนวตั้งได้รับการแก้ไขด้วยวิธีการปรับความกว้างของแถบภาพแบบอัลโนมิค [4,5] ซึ่งให้ผลที่ดีในการลดผลกระทบจากความลึกของภาพ แต่ต้องการการดึงข้อมูลของทริกวิทัศน์ที่คิดกับแนวการเลื่อนของกล้องอย่างเหมาะสม เพื่อสร้าง 3D light field โดยใช้กล้องความละเอียดสูง 300 เฟรมต่อวินาทีคิดถึงบรรทัดับอย่างช้าๆ ในการเก็บภาพ โดยปกติวิธีการ Slit-scan panorama จะใช้ข้อมูลจากภาพวิดีโอ งานวิจัยที่นำเสนอวิธีการสำหรับใช้ข้อมูลภาพนิ่ง [6] ซึ่งสามารถเก็บภาพได้ง่าย และคุณภาพของภาพแต่ละเฟรมดีกว่าการใช้ภาพวิดีโอแต่ผู้ใช้ต้องกำหนดแนวพื้นหลังให้กับระบบ อย่างไรก็ตามวัตถุที่วางอยู่นั้นจากเป็นอุปสรรคต่อการเก็บเนื้อหาภาพที่ต้องการ และอาจทำให้การประมวลผลการเลื่อนระหว่างแต่ละเฟรมของภาพคลาดเคลื่อนส่งผลให้การต่อภาพล้มเหลว

ส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในระบบคือการแยกส่วนพื้นหลัง (Background extraction) ซึ่งพัฒนามาจากการแยกส่วนการเคลื่อนไหวที่ (Motion segmentation) โดยแต่ละส่วนที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระจากกันจะถูกเก็บในรูปแบบของชั้นการเคลื่อนไหว (Motion layer) ซึ่งการแสดงวัตถุในรูปแบบของชั้นการเคลื่อนไหวนี้ ได้ออกนำเสนอใน [7] โดยมีอัลกอริทึมจำนวน

DS 012

มากสำหรับการแยกส่วนการเคลื่อนที่จากการประมวลผลภาพสองเฟรม เช่น การประเมินค่าการเคลื่อนที่จาก Maximum-likelihood [8] หรือวิธีการคิดกราฟเพื่อลด Energy function สำหรับปัญหาความสอดคล้อง [9] นอกจากนี้ยังมีวิธีการปรับปรุงขั้นตอนการเคลื่อนที่ด้วยกรอบงานการลงคะแนนเทนเซอร์ (Tensor voting framework) ในขอบเขตพื้นที่ 4 มิติ (x, y, ux, vy) เพื่อสร้างพื้นที่ผิวที่เรียบ [10]

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการต่อภาพพื้นหลัง สำหรับภาพพาโนรามาเส้นทาง โดยใช้หลักการแยกส่วนการเคลื่อนที่ในการแยกส่วนของพื้นหลัง และใช้กรอบงานการลงคะแนนเทนเซอร์ในการปรับปรุงคุณภาพของขั้นตอนการเคลื่อนที่ จากนั้นสร้างภาพพาโนรามาเส้นทางโดยกำหนดให้พื้นหลังที่ได้เป็นพื้นฉากหลัก

2. ข้อมูลพื้นฐานและแนวคิดการแก้ปัญหา

การสร้างภาพพาโนรามาเส้นทางนี้สนใจวัตถุที่ขึ้นฉากพื้นหลังอย่างอาคาร หรือสิ่งก่อสร้าง มากกว่าวัตถุหน้าฉาก เช่น ต้นไม้ คนเดินถนน หรือรถยนต์ ดังนั้น งานวิจัยจึงนำเสนอการแยกส่วนพื้นหลังออกจากเฟรมภาพก่อนนำไปทำการต่อภาพโมเสค

2.1 หลักการแยกส่วนภาพ

การแยกส่วนของพื้นหลังสามารถแยกได้จากลักษณะการเคลื่อนที่ซ้อนเหลื่อม (Motion parallax) ของวัตถุที่มีความสัมพันธ์กับความลึกของวัตถุ กล่าวคือ วัตถุที่มีความลึกที่ไม่เท่ากันของวัตถุในภาพ ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ที่ไม่เท่ากันของแต่ละวัตถุเมื่อเปลี่ยนมุมมอง โดยวัตถุที่อยู่ใกล้จะเคลื่อนที่มากกว่าวัตถุที่อยู่ไกล ซึ่งในการสร้างภาพโมเสคปราศจากการซ้อนเหลื่อมอาจทำให้ขั้นตอนการประเมินค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ระหว่างเฟรมคลาดเคลื่อน การแยกส่วนแต่ละวัตถุที่มีการเคลื่อนที่เป็นอิสระออกจากกันก่อน ทำให้การประเมินค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่มีความแม่นยำขึ้น และลดปัญหาภาพซ้อน (Ghosting)

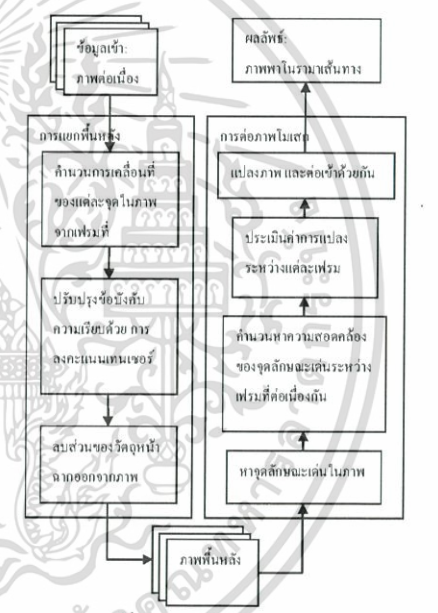
ในการแบ่งแต่ละวัตถุที่แยกออกจากกันเป็นชั้น ระดับความถูกต้องของการแยกส่วนการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการประเมินการเคลื่อนที่ของของแต่ละจุดพิกเซล และเนื่องจากวัตถุที่ปรากฏในภาพปกติมีสมบัติเป็นของแข็ง (Rigid) ดังนั้นข้อบังคับความเร็วของการเคลื่อนที่ (Smoothness of motion) จึงมีความสำคัญมาก อย่างไรก็ตาม ในขั้นเริ่มต้นขั้นตอนการเคลื่อนที่ที่ยังมีลักษณะไม่เรียบเนื่องจากถูกสร้างขึ้นมาจากการเคลื่อนที่ของพิกเซลที่มีการรบกวนสูง เพื่อให้ได้ชั้นมีความเรียบจึงประยุกต์ใช้การลงคะแนนเทนเซอร์ [11] ซึ่งเป็นกรอบการประมวลผลที่ประสบความสำเร็จในการบังคับความเร็วเรียบในลักษณะการรวมเข้า และยังรักษาความไม่ต่อเนื่องของแต่ละวัตถุไว้ได้

2.2 แนวคิดการออกแบบ

จากลักษณะของภาพซ้อนเหลื่อมในเฟรมภาพที่ต่อเนื่องกันสามารถนำมาใช้แยกพื้นหลังในแต่ละเฟรมได้ และนำการลงคะแนนเทนเซอร์มาใช้เพื่อบังคับความเร็วของขั้นตอนการเคลื่อนที่ หลังจากได้ส่วนพื้นหลังของแต่ละเฟรมแล้วจึงนำมาหาลักษณะเด่น และความสอดคล้องเพื่อประเมินค่าการแปลงระหว่างเฟรม โดยภาพพาโนรามาเส้นทางที่ได้ควรมีคุณสมบัติคือ แต่ละวัตถุในฉากถูกแสดงในมุมมองด้านหน้า มีอัตราส่วนต่อความลึกที่ถูกต้อง และไม่ปรากฏรอยต่อระหว่างแต่ละเฟรมอย่างเด่นชัด

3. ภาพรวมระบบ

อัลกอริทึมนี้เป็นการสร้างภาพโมเสคหลายมุมมอง จากชุดของลำดับภาพต่อเนื่อง มีการแยกส่วนพื้นหลังก่อนทำการต่อภาพโมเสค ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดของแต่ละกระบวนการในส่วนถัดไป โดยมีภาพรวมการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: ภาพรวมการทำงานของระบบ

3.1 การแยกส่วนพื้นหลัง

การแยกส่วนพื้นหลังเริ่มจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละจุดพิกเซลระหว่างเฟรมภาพด้วย วิธีการสหสัมพันธ์ไขว้ (Cross-correlation) [12] เพื่อแทนการเคลื่อนที่ของแต่ละจุดพิกเซลในขั้นต้น แต่ขั้นตอนการเคลื่อนที่ที่ได้มีลักษณะไม่เรียบจากความไม่แน่นอนในการประเมินจึงต้องทำการบังคับความเรียบด้วยการกรองคะแนนตามฮอริ โดยแปลงแต่ละจุดข้อมูลให้เป็นทวนเซอร์ทรงกลมในขอบเขตพื้นที่ 3 มิติ (x, y, z) เมื่อ (x, y) คือพิกัดของภาพ และ z คือการเชื่อมตำแหน่งของจุดตามแนวแกน x ที่เป็นแนวการเคลื่อนที่หลักของภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ลดมิติการเคลื่อนในแนวแกน y ลงเนื่องจากมีนัยสำคัญต่ำ



รูปที่ 2: ภาพต้นกำเนิดก่อนที่ภาพสองเฟรม

3.2 การต่อภาพไม่แตก

การต่อภาพไม่แตก คือ การซ้อนทับภาพซึ่งได้มาจากฉากเดียวกันแต่มีความต่างในด้านของเวลา, มุมมอง, และสีหรืออุปกรณ์ในการถ่ายภาพ โดยเริ่มจากการตรวจจับลักษณะเด่นที่มีความสำคัญและมีความเฉพาะ อยู่ของจุดที่มีความสอดคล้องหาได้จากกรรมาจับคู่ลักษณะเด่น SURF [13] ซึ่งมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงมุมมอง และทำการกรองพื้นที่ไม่เข้าพวกด้วยวิธีการหุ้มด้วยวงกลมที่มีความสอดคล้องส่วนมาก (RANSAC) [14] เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินค่าพารามิเตอร์การแปลง สำหรับฟังก์ชันการแปลงที่ใช้กำหนดมุมมองพื้นฐานให้ภาพพื้นหลังมีลักษณะเป็นเส้นตรง สามารถแปลงระหว่างเฟรมต่อเนื่องกันมีลักษณะเป็น การแปลงมุมมอง (Perspective transformation) [15] ซึ่งมีค่าได้โดยการฉาย P ซึ่งทำการแปลงภาพต้นฉบับ L เป็นภาพ V ดังนี้

$$V = T * P \tag{1}$$

ในที่สุดก็เนื่องจากสภาวะแสงที่เปลี่ยนไปจากตำแหน่ง และช่วงเวลาในการถ่ายภาพที่ต่างกัน ทำให้เกิดรอยต่อระหว่างภาพชัดเจน การแก้ไขติดตามแนวการเคลื่อนที่ของกล้องจะช่วยให้รอยต่อกลมกลืนขึ้น

4. การทดลอง

การทดลองใช้ภาพฉากที่มีแนวเป็นเส้นตรง ถ่ายผ่านการเคลื่อนที่กับภาพโดยแต่ละเฟรมมีระยะห่างกันประมาณ 1 เมตร มีวัตถุหน้าฉาก

หลายระยะ ทั้งที่เป็นวัตถุคงที่ เช่น ต้นไม้ หรือเสา และวัตถุไม่คงที่ เช่น คนที่เดินผ่านไปมา โดยตัวอย่างภาพต้นฉบับที่ผ่านการแยกส่วนพื้นหลังแล้วได้แสดงในรูปที่ 2 ผลการทดลองพบว่าภาพพื้นหลังช่วยลดการเกิดภาพซ้อน ทำให้เห็นรายละเอียดของฉากชัดเจนขึ้น เปรียบเทียบได้จากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 แต่ในกรณีที่บางส่วนของภาพที่ถูกลบไปไม่ปรากฏอยู่ในเฟรมใดๆ เลยทำให้ภาพพาโนรามาเห็นทางเกิดเป็นรอยโหว่ และอัลกอริทึมการแยกส่วนยังคงมีปัญหาบริเวณขอบของวัตถุทำให้ยังคงปรากฏภาพซ้อนเป็นลักษณะเส้นขอบวัตถุ

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการต่อภาพพื้นหลังสำหรับภาพพาโนรามาเส้นตรง ผ่านการแยกส่วนการเคลื่อนที่ หรือการซ้อนทับที่ชัดเจนเป็นสำคัญ จากภาพทดลองพบว่าอัลกอริทึมสามารถแยกส่วนพื้นหลังได้ ทำให้การประเมินการเคลื่อนของฉากมีความทนทานมากขึ้น และลดการเกิดภาพซ้อน อย่างไรก็ตามในกรณีที่เกิดรอยโหว่บนภาพผลลัพธ์จะดูขรุขระไปพัฒนาต่อไปในอนาคต โดยการเพิ่มส่วนของกรรมาจับคู่ข้อมูลภาพ



รูปที่ 3: ภาพต้นฉบับและหน้าฉากพื้นหลัง



รูปที่ 4: ภาพที่ต่อจากภาพต้นฉบับที่ไม่ผ่านการแยกส่วนพื้นหลัง



รูปที่ 5: ภาพที่ต่อจากภาพต้นฉบับที่ผ่านการแยกส่วนพื้นหลัง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Jiang Yu Zheng, "Digital Route Panoramas", IEEE MultiMedia, v.10 n.3, p.57-67, July 2003.
- [2] Augusto Roman, Gaurav Garg, Marc Levoy, "Interactive Design of Multi-Perspective Images for Visualizing Urban Landscapes", Proceedings of the conference on Visualization '04, p.537-544, October 10-15, 2004
- [3] Levin, G., "An informal catalogue of sit-scan video artworks", 2005.
- [4] Alex Rav-Acha, Yael Shor, Shmuel Peleg, "Mosaicing with Parallax using Time Warping", Proceedings of the 2004 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop (CVPRW'04) Volume 11, p.164, June 27-July 02, 2004.
- [5] Y. Wexler, D. Siraçkov, "Space-Time Scene Manifolds", Proceedings of the Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05) Volume 1, p.858-865, October 17-20, 2005.
- [6] Ascen Agarwala, Maneesh Agawala, Michael Cohen, David Salesin, Richard Szeliski, "Photographing long scenes with multi-viewpoint panoramas", ACM Transactions on Graphics (TOG), v.25 n.3, July 2006.
- [7] J.Y.A. Wang and E. H. Adelson, "Layered Representation for Motion Analysis", In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR' 93), pages 361-366. New York, New York, June 1993.
- [8] S. Ayer and H. Sawhney, "Layered Representation of Motion Video Using Robust Maximum-Likelihood Estimation of Mixture Models and MDL Encoding", Proc. Fifth Int'l Conf. Computer Vision, pp. 777-784, 1995.
- [9] V. Kolmogorov and R. Zabih, "Computing Visual Correspondence with Occlusions via Graph Cuts", Proc. Eighth Int'l Conf. Computer Vision, vol. 2, pp. 508-515, 2001.
- [10] M. Nicolescu and G. Medioni, "Layered 4D Representation and Voting for Grouping from Motion", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 4, pp. 492-501, Apr. 2003.
- [11] Gerard Medioni, Mi-Suen Lee, Chi-Keung Tang, "Computational Framework for Segmentation and Grouping", Elsevier Science Inc., New York, NY, 2000.
- [12] Lewis, J. P., "Fast Normalized Cross-Correlation", Industrial Light & Magic, 1995.
- [13] D. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints", Int'l J. Computer Vision, vol. 2, no. 60, pp. 91-110, 2004.
- [14] Fischler, Martin A. and Robert C. Bolles, "Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography", Communications of the ACM, 24, 381-395, 1981.
- [15] R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple-View Geometry in Computer Vision", Cambridge University Press, 2000.



นายอังกอร์ดี เนื่องไทย จบปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจ



นายวิระระ ดัชนีวิริยะ จบปริญญาตรีและปริญญาโท สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จากมหาวิทยาลัย West Virginia ปัจจุบันเป็นอาจารย์สอนภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจได้แก่ ระบบตรวจจับคุณภาพ โดยการใช้การประมวลผลภาพ ระบบประมวลผลสัญญาณ และระบบควบคุมอัตโนมัติ



**nccit
2010**

**THE 6TH NATIONAL CONFERENCE ON
COMPUTING AND INFORMATION
TECHNOLOGY**

PROCEEDINGS OF NCCIT 2010

THE 6TH NATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING AND INFORMATION TECHNOLOGY

3 - 5 JUNE 2010, EASTIN HOTEL, BANGKOK, THAILAND
WWW.NCCIT.NET

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
KING MONKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK

VOLUME 2

บทความวิจัย

**การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
ครั้งที่ 6**

3 - 5 มิถุนายน 2553 ณ โรงแรมอีสติน กรุงเทพฯ



คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NCCIT2010-35

การปรับระยะลึกภาพสเตอริโอสโคปิกเพื่อการรับรู้ของมนุษย์ Stereoscopic Image Perceived Depth Adjustment

ก้องเกียรติ เวียงไทย (K. Ruangthai)¹ และ วิษระ จักรวิริยะ (W. Chatwiriyaya)²

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และวิทยาการสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

kongRTH@gmail.com, kwatcha@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอสโคปิกได้ถูกใช้ในหลายรูปแบบ ระบบการแสดงผลดังกล่าวสร้างภาพสามมิติจากภาพสองมิติสองมุมมอง พร้อมทั้งรักษาคุณภาพของภาพและให้ประสบการณ์การรับชมที่สะดวก แต่เมื่อภาพมีระยะขอบเขตความลึกที่กว้าง จะทำให้เกิดการรำคาญตาและเห็นความลึกของภาพไม่ชัดเจน ทำให้การรับชมที่ภาพแบบสเตอริโอจะต้องทำภายในสตูดิโอที่สามารถควบคุมองค์ประกอบของภาพให้มีระยะขอบเขตความลึกที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ได้นำปัจจัยในการมองเห็นของมนุษย์และข้อจำกัดของอุปกรณ์การแสดงผลมาใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อปรับระยะความลึกขององค์ประกอบประกอบในภาพสเตอริโอ-สโคปิกให้เหมาะสมต่อการรับชมโดยไม่เกิดความรำคาญตาและยังแสดงระยะลึกที่ชัดเจนในบริเวณที่สนใจ จึงอาจนำไปใช้กับการบันทึกภาพนอกสตูดิโอเพื่อบันทึกภาพที่มีความละเอียดสูงหรือใช้โดยภาคการควบคุมได้

คำสำคัญ: สเตอริโอ-สโคปิก ปัจจัยของมนุษย์ การเรนเดอร์

Abstract

Stereoscopic displays are used in design varieties. Those display systems composes of creating 3-D from a pair of 2-D images while maintain quality of the image and give a comfortable viewing experience. In case of too much depth range in the image will cause viewer's eyestrain and unclear depth perception. Thus stereo

image has to be taken in a studio that can control image contents to make appropriate depth range.

This paper takes human factor in visual perception and display limitation into the image processing on purpose to adjust disparity range of stereoscopic image contents for properly view with causing no eyestrain and still present good depth perception on region of interest. So this method could be used to take stereoscopic image on real world scene where the disparity on the scene content is hardly controlled

Keyword: Stereoscopic, Human Factors, Rendering

1. บทนำ

การแสดงผลภาพแบบสเตอริโอ-สโคปิก (Stereoscopic) หรือการแสดงผลภาพสามมิติกำลังเป็นที่พบเห็นได้โดยทั่วไป โดยใช้ในการสร้างภาพสองมุมมองสำหรับแต่ละสายตา ระบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์เพื่อบังคับให้นัยตามองเห็นภาพเฉพาะมุมและจอภาพที่แสดงผลสองมุมมองสลับกันหรือสองมุมมองในเวลาเดียวกัน อุปกรณ์บังคับการมองเห็นเช่นแว่นตาชุดเดออร์สำหรับจอภาพ [1] หรือแว่นตาโพลาไรซ์สำหรับจอแสดงผลภาพหลาย และยังมีเทคโนโลยีอื่นที่ไม่ต้องการอุปกรณ์บังคับการมองเห็น เช่น จอภาพผลึกเหลวแบบสเตอริโอ-สโคปิกอัตโนมัติ (Auto-Stereoscopic) [2]

การแสดงผลภาพแบบสเตอริโอ-สโคปิกมีข้อได้เปรียบจากการแสดงระยะลึกสัมพันธ์กับจอภาพ เป็นการขยายขอบเขต

ของการนำเสนอ ทำให้ผู้ชมได้รับรู้มิติความลึกที่ดีขึ้นและทำให้ข้อมูลภาพที่นำเสนอมีคุณค่ามากขึ้น

เป้าหมายของระบบการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอ 3D คือการเป็นต้องรักษาคุณภาพของภาพ ได้แก่ แสงสว่าง, ความละเอียดสูง, สีครบถ้วน, อัตราเฟรม และมีการรบกวนกัน (Crosstalk) ระหว่างสองมุมมองที่ต่ำเพื่อลดภาพซ้อน (Ghosting) [3] ในการบันทึกภาพเพื่อการสร้างภาพดังกล่าวทำได้โดยการใช้กล้องสองตัว หรือกล้องแบบสเตอริโอที่สามารถบันทึกภาพจากสองมุมมองได้ในเวลาเดียวกัน

เนื่องจากการรับรู้ระยะลึกถูกสร้างขึ้นโดยสมองของมนุษย์ [4] ซึ่งมีขีดจำกัดในการรวมภาพจากมิตยตาทั้งสองข้างตัวแปรสำคัญที่ต้องได้รับการพิจารณาสำหรับการสร้างภาพสเตอริโอ-3D คือ ระยะห่างระหว่างกล้องสองตัว ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลรวมของระยะลึกที่ผู้ชมรับรู้ได้ในภาพผลลัพธ์ อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะลึกขึ้นอยู่กับประกอบในฉาก ทำให้ข้อจำกัดที่ภาพที่มีความเหลื่อมล้ำ (Disparity, ระยะต่างระหว่างจุดที่สอดคล้องกันในภาพด้านซ้ายและขวา ซึ่งสมองจะแปลความหมายเป็นระยะลึก) มากหรือน้อยโดยขาดการควบคุม และส่งผลให้เกิดระยะลึกที่ไม่เหมาะสมต่อการรับชม ในทางปฏิบัติระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการสร้างภาพสามมิติ ส่วนใหญ่จะได้รับการลองผิดลองถูก (Trial and Error)

งานวิจัยได้นำเสนอกระบวนการประมวลผลภาพเพื่อปรับระยะความเหลื่อมล้ำ ขององค์ประกอบในภาพที่ได้มาจากการบันทึกภาพแบบสเตอริโอ 3D ให้เหมาะสมต่อการรับชมโดยไม่เกิดความล้าเกินไปต่อผู้ชม

ในบทความนี้แบ่งเป็นสี่ส่วนประกอบด้วย ปัญหาและแนวคิดในบทที่ 2 กล่าวถึงเรขาคณิตการรับรู้ระยะลึกและการปรับระยะของภาพ จากนั้นการออกแบบระบบในบทที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ ด้วยคาร์ดาเนินงานวิจัยในบทที่ 4 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ และบทที่ 5 แสดงผลการดำเนินงานวิจัย ส่วนสุดท้ายสรุปงานวิจัย

2. ปัญหาและแนวคิด

หนึ่งในปัญหาสำคัญของการแสดงผลภาพแบบสเตอริโอ 3D คือเนื้อหาที่ปรากฏในฉากมีขอบเขตระยะลึกมากกว่าที่จอแสดงผลจะสามารถแสดงต่อผู้ชมได้ ทางออก

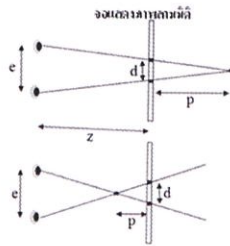
ของปัญหานี้สามารถถูกพิจารณาเป็นการแบ่งระยะลึกจริงในฉากไปยังระยะลึกที่เหมาะสมจนจอแสดงผลภาพเป้าหมาย

ระยะลึกที่เหมาะสม หรือ ไม่เกิดความล้าต่อผู้ชม ได้มีการศึกษาในรายละเอียดและตีพิมพ์เผยแพร่ในหัวข้อปัจจัยของมนุษย์ (Human Factors) [4], [5], [6] หนึ่งในข้อสรุปที่สอดคล้องกันจากทุกรายงานการศึกษาเกี่ยวกับขนาดของความเหลื่อมล้ำ ในภาพสเตอริโอ 3D ควรถูกจำกัดให้อยู่ในระยะเพียงพอที่ได้กำหนดไว้ สาเหตุหลักสำหรับเรื่องนี้คือระบบการมองเห็นของมนุษย์โดยปกติแล้วทำงานโดยการเชื่อมกันระหว่างการหันเข้าของลูกตาและการปรับโฟกัสของภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากการที่ต้องให้ลูกตาของผู้ชมปรับเข้าหาเพื่อรับรู้ระยะลึกที่ต่างไปจากระบบแสดงผลภาพ แต่ยังคงต้องการให้โฟกัสอยู่บนระนาบนี้ การจำกัดความเหลื่อมล้ำของภาพดังกล่าวจะทำให้การรับรู้ระยะลึกของผู้ชมถูกควบคุม และการปรับเข้าของลูกตาและการปรับโฟกัสเพื่อรับรู้ภาพสามมิติจะไม่เกิดความเครียด

2.1 เรขาคณิตการรับรู้ระยะลึก

การรับรู้ระยะลึกผ่านภาพสเตอริโอ 3D ที่มีแสดงบนระนาบ ได้มีการศึกษาในแง่เรขาคณิตการรับรู้ระยะลึกจากภาพสเตอริโอ (Geometry of Stereoscopic Depth Perception) ได้มีการศึกษาใน [7], [8] เมื่อความเหลื่อมล้ำของภาพถูกปรับเข้าผ่านทางจอประสาทตาแล้วสมองจะทำการตีความเป็นระยะลึก ด้านหน้า หรือด้านหลังระนาบจอภาพ ดังแสดงในภาพที่ 1

เมื่อผู้ชมรับรู้ระยะลึกผ่านความเหลื่อมล้ำของภาพ การประมาณค่าที่ใช้ทั่วไปสำหรับเรขาคณิตการรับรู้ระยะลึก (Geometric Perceived Depth, gpd) [7], [8] ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ ได้แก่ e คือระยะห่างระหว่างตาของซ้ายกับขวาผู้ชม, z คือระยะห่างระหว่างผู้ชมถึงจอแสดงผลภาพสามมิติ d คือระยะความเหลื่อมล้ำของจุดพิกเซลใดๆ ในภาพ และ p คือระยะลึกที่ผู้ชมจะรับรู้ได้สัมพันธ์กับฉากแสดงผล



ภาพที่ 1: เมฆาคณิตการรับรู้อะเอียดภาพสเตอริโอสโคปิก [7] ในกรณี ที่ภาพปรากฏหลังจอภาพ (บน) และหน้าจอภาพ (ล่าง)

โดยสามารถคำนวณค่า p ในกรณีที่มีภาพปรากฏ ด้านหลังจอภาพจากสมการที่ (1) และในกรณีที่มีภาพปรากฏ ด้านหน้าจอภาพจากสมการที่ (2) ตามลำดับ

$$p = \frac{z}{\left(\frac{d}{z}\right) - 1} \quad (1)$$

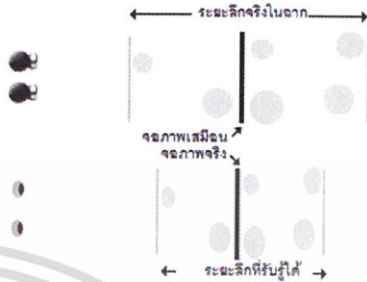
$$p = \frac{z}{\left(\frac{d}{z}\right) + 1} \quad (2)$$

ซึ่งค่า gpd จะเป็นผลรวมระหว่างค่า z กับ p โดยระยะที่เหมาะสมของ p ในการรวมภาพเข้ากันสำหรับผู้ชมอยู่ที่ -55 มม. ถึง +55 มม. สัมพันธ์กับจอภาพ อ้างอิงจากการชมผ่านจอแสดงภาพสเตอริโอสโคปิกแบบตั้งโต๊ะ [9]

2.2 การปรับระยะของภาพให้อยู่ในกรอบที่เหมาะสม

ที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับการแทนระยะลึกในโลกให้เหมาะสมกับการแสดงภาพสเตอริโอสโคปิกทั้งแบบขอบเขตเดี่ยว (Single Range) [9] และแบบหลายขอบเขต (Multi Range) [10] ซึ่งโมเดลขอบเขตเดี่ยวเป็นการแทนระยะลึกทั้งหมดในโลกไปยังจอแสดงภาพเป้าหมายแบบอัตราส่วนคงที่ทั้งภาพ ดังนั้นถ้าขอบเขตระยะลึกในโลกมีขนาดใหญ่กว่าที่จอแสดงภาพจะสามารถแสดงได้จะส่งผลให้เกิดการบีบอัดของระยะลึกที่รับรู้ได้ และไม่สามารถยืนยันได้ว่าในบริเวณที่สนใจ (Region of Interest) จะได้รับการแสดงภาพที่ดีในแง่ของการรับรู้อะเอียด เพื่อแก้ไขข้อจำกัดนี้การแทนแบบหลายขอบเขตจะทำการแบ่งบริเวณที่สนใจออกจาก

ฉากหน้าและฉากหลัง ทำให้ยืนยันได้ว่าบริเวณที่สนใจจะได้รับการแสดงรายละเอียดที่ดีเมื่อเทียบกับฉากหน้าและฉากหลัง



ภาพที่ 2: การแทนระยะลึกในโลกไปเป็นระยะลึกที่เหมาะสมจนจอแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิก

อย่างไรก็ตาม ในการแทนแบบหลายขอบเขต แต่ละขอบเขตจะถูกแทนด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นที่มีความชันแตกต่างกัน ดังนั้นระหว่างสองขอบเขตจะเกิดรอยต่อที่สังเกตเห็น นอกจากนี้ในงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้กล่าวถึงการประเมินระยะลึกจากภาพจริงที่ได้จากการบันทึกภาพแบบสเตอริโอสโคปิกหรือกระบวนการปรับปรุงภาพเหล่านั้นให้เหมาะสมต่อการแสดงภาพซึ่งได้กล่าวมา

ในงานวิจัยนี้ได้รับปรับปรุงฟังก์ชันที่ใช้ในการแทนต่อจากแบบหลายขอบเขตโดยการใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid) ดังแสดงในสมการ (3)

$$F(x) = \frac{d_{max} - d_{min}}{2 + e^{-(x - d_{mid})/d}} \quad (3)$$

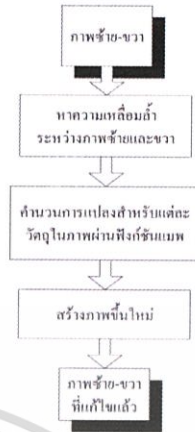
ตัวแปรที่เลือกใช้ฟังก์ชันนี้เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหาที่ต้องการคือ มีความชันที่สูงในช่วงจุดเปลี่ยนซึ่งจะช่วยเน้นระยะลึกในบริเวณที่สนใจ และมีขอบเขตบนล่างที่จำกัด ฟังก์ชันที่ใช้เป็นรูปหนึ่งของฟังก์ชันซิกมอยด์ โดยตัวแปรต่างๆในสมการมีนิยามดังนี้ d_{max} , d_{min} คือระยะลึกมากที่สุดและน้อยที่สุดที่ผู้ชมรับรู้ผ่านจอแสดงภาพเป้าหมาย ตัวแปร S คือความชันของฟังก์ชันซึ่ง

มีผลกับความกว้างของขอบเขตบริเวณที่สนใจในฉาก และ Z คือระยะของจอแสดงภาพเสมือนหรือโฟกัสในฉาก และระยะจอแสดงภาพจะต้องอยู่กึ่งกลางระหว่าง d_{max} กับ d_{min} ซึ่งเป็นข้อจำกัดเนื่องจากลักษณะของฟังก์ชันซิกมอยด์ ซึ่งฟังก์ชันที่นำเสนอนี้จะเน้นการรับรู้ระยะลึกในบริเวณที่สนใจหรือบริเวณรอบระยะจอแสดงภาพเสมือน และนิบบริเวณที่ห่างออกมาจากระยะดังกล่าวให้ที่อยู่ภายในขอบเขตที่เหมาะสมต่อการแสดงภาพ โดยมีการเปลี่ยนแปลงที่ต่อเนื่องและยังแสดงระยะลึกในบริเวณที่สนใจได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่น

3. การออกแบบระบบ

3.1 ภาพรวม

การทำงานของระบบได้แสดงในภาพที่ 3 แสดงถึงการส่งต่อข้อมูลและผลลัพธ์จากส่วนต่างๆ ของระบบการทำงาน กระบวนการปรับปรุงระยะลึกให้เหมาะสมกับการแสดงภาพแบบสเตอริโอ 3D โคลิกรีมด้วยวิธีการรับข้อมูลอินพุตเป็นภาพที่บันทึกแบบสเตอริโอ 3D โคลิกรีมโดยจัดวางกล้องให้โฟกัสไปที่ระยะอนันต์ หรือมีความเหลื่อมล้ำเท่ากับ 0 ที่ระยะอนันต์โดยวางกล้องทั้งสองตัวขนานกัน จากนั้นขั้นแรกทำการหาความเหลื่อมล้ำระหว่างภาพซ้ายและขวาของแต่ละจุดพิกเซลในภาพ แล้วนำค่าความเหลื่อมล้ำซึ่งสัมพันธ์กับระยะลึกของภาพมาผ่านฟังก์ชันซิกมอยด์ให้ได้ค่า ความเหลื่อมล้ำที่เหมาะสมต่อการแสดงภาพ โดยค่าคงที่ในฟังก์ชันซิกมอยด์จะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของบริเวณที่สนใจซึ่งได้กล่าวถึงในส่วนก่อนหน้า สุดท้ายจึงทำการสร้างภาพด้านซ้ายและด้านขวารขึ้นมาใหม่เพื่อนำไปแสดงภาพแบบสเตอริโอ 3D โคลิกรีมต่อไป



ภาพที่ 3: ภาพรวมการทำงานของระบบ

3.2 การหาระยะลึกจริงของเนื้อหาในฉาก

การหาระยะลึกจริงในฉากสามารถหาได้จากระยะความเหลื่อมล้ำของแต่ละพิกเซลระหว่างภาพซ้ายและขวา แล้วนำมาคำนวณด้วยสมการดังแสดงในภาพที่ 1 โดยกำหนดค่าระยะห่างระหว่างค่า e ให้ตรงกันที่จะใช้ในการแสดงภาพและหาระยะจอแสดงภาพ z ให้เป็นระยะวัตถุที่อยู่ไกลที่สุดในฉากเนื่องจากเราทำการตั้งกล้องสองตัวให้มีโฟกัสที่ระยะอนันต์ ดังนั้นระยะลึกปรากฏของวัตถุในฉากจะอยู่ใกล้กว่าระยะจอแสดงภาพเสมอ

กระบวนการหาค่าความเหลื่อมล้ำจากภาพสเตอริโอหรือการจับคู่สเตอริโอ (Stereo Matching) มีเป้าหมายเพื่อพิจารณาการเลื่อนตำแหน่งของพิกเซลที่มีความสอดคล้องกันระหว่างสองภาพ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กระบวนการจับคู่สเตอริโอแบบอิงการแบ่งส่วน (Segment-Based) ของ Andreas Klaus และคณะ [11] มาใช้ในการสร้างแผนที่ความเหลื่อมล้ำ (Disparity Map) กระบวนการแบบอิงการแบ่งส่วนนี้เป็นวิธีการที่ให้ผล-ลัพธ์ที่ดี โดยกระบวนการเหล่านี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าโครงสร้างในฉากสามารถประมาณอย่างใกล้ชิดได้ด้วยเซตของระนาบที่ไม่ซ้อนทับกันในปริภูมิของความเหลื่อมล้ำ (Disparity Space) และระนาบแต่ละแผ่นจะพ้องกันกับส่วนที่มีสีเป็นเนื้อเดียวกันอย่างน้อยหนึ่งส่วนใน



ภาพอ้างอิง หรือกล่าวได้ว่าค่าความเหลื่อมล้ำจะมีความเรียบมากในขอบเขตที่มีสีเป็นเนื้อเดียวกันนี้ และความไม่ต่อเนื่องของความเหลื่อมล้ำจะพบเฉพาะบริเวณขอบของขอบเขตเท่านั้น

3.3 การจัดระยะเนื้อหาในภาพใหม่

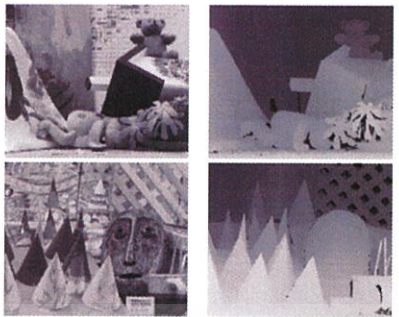
ในส่วนก่อนหน้า หลังจากที่ได้ค่าความเหลื่อมล้ำและแปลงให้อยู่ในรูปของระยะลึกที่ปรากฏในภาพแล้ว ขอบเขตของระยะลึกที่ปรากฏอาจไม่เหมาะสมต่อการแสดงผลแบบสเตอริโอ-โอสโคปิกด้วยเหตุผลทางปัจจัยของมนุษย์ซึ่งได้กล่าวไว้ในส่วนของปัญหา ดังนั้น กระบวนการแปรระยะลึกที่ปรากฏในฉากจริงให้เป็นระยะลึกที่เหมาะสมต่อการแสดงภาพจึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหา โดยวิธีการที่ใช้เป็นฟังก์ชันซิกมอยด์ประยุกต์ดังที่ได้แสดงไว้ในสมการที่ (3)

เมื่อได้ระยะลึกที่เหมาะสมของแต่ละวัตถุในฉากแล้ว กระบวนการสร้างภาพใหม่ที่มีระยะความเหลื่อมล้ำที่ทำให้ผู้ชมรับรู้อะไรดังกล่าว ได้อย่างถูกต้องจึงถูกนำมาใช้งานเริ่มต้นจากการแปลงระยะลึกที่ต้องการแสดงภาพให้กลับเป็นค่าความเหลื่อมล้ำจากสมการที่แสดงในภาพที่ 1 แล้วทำการเลื่อนแต่ละวัตถุในฉากทั้งจากทางด้านซ้ายและขวาด้วยเทคนิค Multi-Perspective Plane Sweep [12] ซึ่งเป็นการสร้างมัลติอิมเมจเสมือนจากข้อมูลภาพ

สุดท้ายเมื่อได้ภาพสำหรับตาซ้ายและขวาที่ทำการแก้ไขระยะความเหลื่อมล้ำแล้วจึงนำไปแสดงภาพด้วยจอแสดงภาพสเตอริโอโอสโคปิกเป็นหมยต่อไป

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

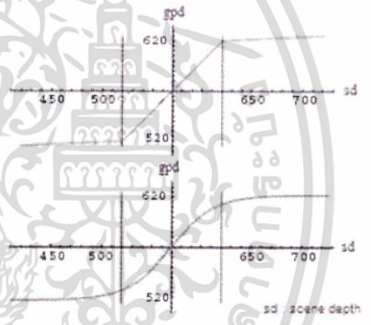
ที่มาของข้อมูลในการดำเนินงานวิจัยนี้ใช้ชุดภาพจาก Middlebury Stereo Datasets ซึ่งมีวิธีการบันทึกภาพตรงตามเงื่อนไขของกระบวนการ และมีขอบเขตระยะลึกของวัตถุในฉากที่หลากหลาย แตกต่างกันไปตามแต่ละชุดข้อมูล ดังแสดงตัวอย่างภาพ และผลจากการหาระยะลึกจริงที่ปรากฏในฉากในภาพที่ 4



ภาพที่ 4: ตัวอย่างภาพจากชุดข้อมูล (ซ้าย) และผลจากการหาระยะลึกที่ปรากฏในฉาก (ขวา)

5. ผลการดำเนินงาน

ผลจากการดำเนินงานวิจัย ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบฟังก์ชันแมทเธอร์ระยะลึกในฉากไปยังจอแสดงภาพแบบ 3 ช่วงของ N. Holliman [10] กับวิธีการที่เสนอในงานวิจัยนี้

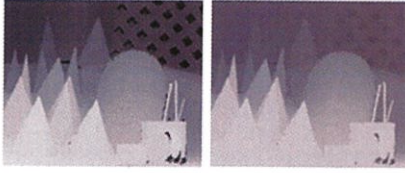


ภาพที่ 5: เปรียบเทียบลักษณะของฟังก์ชันแมท ภาพบนแสดงฟังก์ชันแมทของ N. Holliman และภาพล่างจากงานวิจัยนี้

ภาพผลลัพธ์ของกรแปลงระยะลึกจากระยะลึกในฉากจริงให้เหมาะสมต่อการแสดงผลด้วยจอแสดงภาพสเตอริโอโอสโคปิก ดังที่ได้แสดงในภาพที่ 6 โดยกำหนดบริเวณที่สนใจอยู่ที่ระยะของหน้าฉาก สังเกตได้ว่าระยะลึกบริเวณหน้าฉากมีระดับความชัดเจนมากกว่าส่วนที่อยู่ด้านหลังหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลัง และ ระยะลึกรวมทั้งยังอยู่ในขอบเขตที่ผู้ชมสามารถรับรู้ได้โดยไม่เกิดความเครียด



ภาพที่ 6: ตัวอย่างภาพระยะลึกจริงที่ปรากฏในฉาก (ซ้าย) เทียบกับผลลัพธ์แสดงระยะลึกที่ปรับปรุแล้ว (ขวา)

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการประมวลผลภาพด้วยแบบสเตอริโอสโคปิกเพื่อให้มีระยะความเห ลือมลึกที่เหมาะสมต่อการแสดงผลผ่านจอแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิกโดยไม่สร้างภาระความเครียดให้แก่ผู้ชม และเน้นการรับรู้ระยะลึกในบริเวณที่สนใจให้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่ห่างออกมาโดยไม่สร้างรอยต่อที่เด่นชัดระหว่างบริเวณ กระบวนการนี้ผู้ใช้สามารถปรับแก้พารามิเตอร์สำคัญต่างๆ ให้เหมาะสมต่อการแสดงผลในแต่ละสภาพการนำเสนอ และสัมพันธ์กับข้อมูลภาพที่รับเข้า

กระบวนการนี้จะช่วยในการสร้างสื่อการนำเสนอแบบ 3 มิติจากฉากจริงที่มีความสะดวกมากขึ้น เป็นอิสระจากระยะลึกรวมในฉากเปิดที่ควบคุมได้ยาก และความสามารถในการแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิกที่แตกต่างกันของแต่ละจอแสดงภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ELSA AG, *3D Revelator*, Quick Start Guide, Aachen, Germany, 1999.
- [2] J. Eichenlaub, "A Lightweight, Compact 2D/3D Autostereoscopic LCD Backlight for Games, Monitor and Notebook Applications," in *Proceedings of the SPIE*, vol. 3295, pp. 193-222, Jan. 1998.
- [3] R. Sand and A. Chiari, eds., *Stereoscopic Television: Standards, Technology and Signal Processing*, European Commission, Directorate General XIII-B, Brussels, 1998.
- [4] Y.-Y. Yeh and L. D. Silverstein, "Limits of Fusion and Depth Judgment in Stereoscopic Color Displays," *Human Factors* 32(1), pp. 45-60, 1990.
- [5] N. Hiruma and T. Fukuda, "Accommodation Response to Binocular Stereoscopic TV Images and their Viewing Conditions," *SMPTE Journal*, pp. 1137-1144, Dec. 1993.
- [6] M. Wopking, "Viewing Comfort with Stereoscopic Pictures: An Experimental Study on the Subjective Effects of Disparity Magnitude and Depth of Focus," *Journal of the SID* 3(3), pp. 101-103, 1995.
- [7] N. Holliman, "3D Display Systems," to appear; *Handbook of Opto-electronics*, IOP Press, Spring 2004, ISBN 0-7503-0646-7.
- [8] L. Hodges and E. Davies, "Geometric considerations for stereoscopic virtual environments," *Presence* 2(1), 1993.
- [9] G. Jones, D. Lee, N. Holliman, and D. Ezra, "Controlling perceived depth in stereoscopic images," in *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VIII*, Proceedings of SPIE 4297A, 2001.
- [10] N. Holliman, "Mapping perceived depth to regions of interest in stereoscopic images," *Displays and Virtual Reality Systems XI*, Proceedings of SPIE 5291, 2004.
- [11] A. Klaus, M. Sormann, and K. Kammer, "Segment-Based Stereo Matching Using Belief Propagation and a Self-Adapting Dissimilarity Measure," *ICPR 2006*, Vol. 3, pp.15-18, 2006.
- [12] Sing Bing Kang, Richard Szeliski, Matthew Uyttendaele, "Seamless Stitching using Multi-Perspective Plane Sweep," *Microsoft Research Technical Report*, MSR-TR-2004-48.



JICTEE-2010
Programs and
Abstracts



Copyright © JICTEE-2010

Liang Pradang, Lao PDR.

Co-Organized by:



Technical Sponsored by:



A-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stereoscopic Depth Perception Enhancement with Monocular Depth Cue

Kongkiat Ruangthai^{#1}, Watchara Chatwiriya^{#2}

[#]Faculty of Engineering, King Mongkut's Inst. of Technology Ladkrabang
Bangkok Thailand

¹kongrth@gmail.com

²kwatcha@kmitl.ac.th

Abstract— Recently, three-dimensional displays are being expected attention and the display method that is popular is stereoscopic system. Displaying 3D image using planar stereoscopic display is limited in depth expression due to human vision factor. Since the binocular vision contains a single-view images for each eye, therefore the use of image processing to create the monocular depth cues on each single-view image should recompense the perceive depth that has been compressed. The goal of this research is to get the procedure to deal with images capture using stereo camera to create the appropriate image content to view by stereoscopic display. Experimental results using the Middlebury stereo dataset demonstrate the good depth perception of the proposed method.

Keywords— 3D display, stereoscopic, depth perception, image processing

I. INTRODUCTION

Recently, three-dimensional displays are being expected attention. For the reason that the three-dimensional display provides humans with the wonderful viewing experience and understand content better. The display method that is popular is stereoscopic system [1], which creates a depth perception to the viewer with binocular vision. Stereoscopic display require a device, such as analysing glasses, that force left and right eye to see the correct view. A three-dimensional display has to provide a good picture quality, good depth perception and must be viewed comfortable. Factors that affect the quality of three-dimensional display are not only method and device, the images that will be presented is affected the viewing quality as well.

Displaying 3D image using planar stereoscopic display is limited in depth expression due to human vision factor [2], [3]. That make optimum viewing depth range has to be within a limited range. Especially in the case of capturing images in the open environment, contents of the image may have large depth range then they need to be compressed.

Beside perceived depth from binocular depth cue based on a retina disparity, humans can identify depth from single image of what is called monocular depth cue or pictorial depth cue. Since the binocular vision contains a single-view images for each eye, therefore the use of image processing to create the appearance of depth on each single-view image should recompense the perceive depth that has been compressed. In addition to providing image content from open environment for stereoscopic display can be used with ease, this research presents the procedure of processing. This procedure consist of how to capture stereo images, together with steps of image processing, and get result as images for the left and right eye channels that are appropriate for display.

The goal of this research is to get the procedure to deal with images capture using stereo camera, with parallel aligns to each other, to create the appropriate image content to view by stereoscopic display. Furthermore those images should have proper and clear depth perception without causing eye stress to the viewer by adding monocular depth cue into each eye channel.

II. BACKGROUND

This section discusses about the basic knowledge and the limitations of depth perception in binocular vision including monocular depth cue and how to estimate depth from stereo image pair.

A. Limits of Depth Judgment in Stereoscopic Display

Depth perception through planar stereoscopic image has been widely studied and the geometry of stereoscopic depth perception is well known [1], [4]. Once human seen the planar stereoscopic image which produce the retina disparity between the two eyes, their brain will interprets the disparity as perceived depth in front or behind the display plane, as shown in Fig. 1.

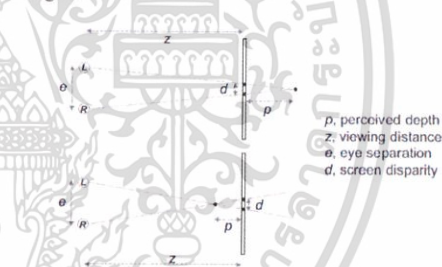


Fig. 1 Perceived depth behind (upper) and front (lower) of display plane [4]

The issue of viewing comfort for stereoscopic display is studied in detail in relatively human factor publications. There is a similar conclusion is drawn by all studies that the amount of disparity in stereoscopic images should be limited to be within a defined comfortable range. The main reason given for this is that the human visual system normally operates such that the convergence of the eyes and accommodation (focus) are linked. For all stereoscopic displays this relationship is thought to be stressed by requiring the viewer's eyes to converge perceive depth a long way off display plane but still being required to focus on the display plane.

In the past, there are researches on the controlling perceived depth in stereoscopic by mapping actual scene depth onto appropriate perceived depth on display screen. There are solutions that map a single range of scene depth onto the target display range as a single region [5] or define different mappings from real scene depth onto perceived display depth as multiple regions [6], as shown in Fig 2. However, those solutions will cause depth compression to maintain comfort in viewing.

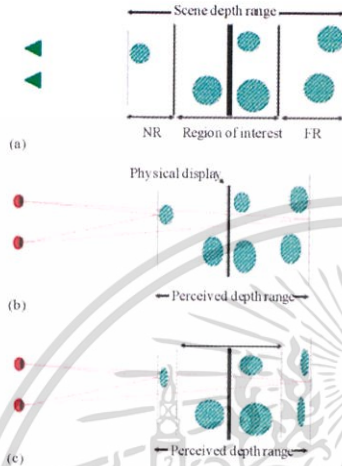


Fig. 2 Stereoscopic image maps a scene depth range to a display perceived depth range. (a) scene depth range, (b) map using single region and (c) map using multiple regions. [6]

B. Monocular Depth Cues

In the visual system even people with monocular vision are able to perform well when judging depth in the real world. Therefore in the design of 3D displays it is important to be attentive to the major contribution of monocular 2D depth cues in depth perception.



Fig. 3 Picture illustrating the depth cues available in a 2D image, (Gustave Caillebotte, *Paris Street, Rainy Day*, 1877).

The monocular depth cues are experiential and over time observers learn the physical significance of different retinal images and their relation to objects in the real world. The monocular depth cues include: interposition, linear perspective, light and shade, texture gradient and aerial perspective.

Fortunately, some of those certain characteristics can be simulated via digital image processing such as using contrast [7] or blur [8] as depth cue.

III. PROCEDURE DESIGN

This research presents the concept of depth compensation in three-dimensional stereoscopic images that have been compressed due to limitation of display depth range by processing 2D depth characteristics onto each viewing channel. To test this concept and to develop the process of creating image content that appropriate to display as stereoscopic images, thus the procedure to deal with stereo image has been designed. This stereoscopic camera system for this procedure is required to have parallel axes and necessary to avoid vertical disparity. For a parallel camera system, points at infinity have zero disparity so everything is on the front of display plane. The procedure process steps are as follow.

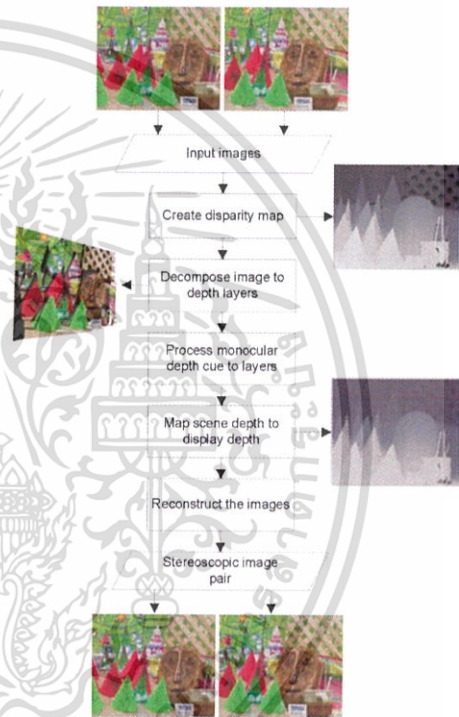


Fig. 4 Block diagram of stereoscopic depth perception enhancement procedure

A. Depth Estimation using Stereo Matching

Depth estimation of each pixel in the image related with the disparity between stereo images pair, which can be obtained from the process of stereo matching. Stereo matching process

is intended to determine disparities that are indicating the difference in locating corresponding pixels.

In this research, segment-based stereo matching methods [9] is applied to create a disparity map due to their good performance. They are based on assumption that the scene structure can be approximated by a set of non-overlapping planes in the disparity space and that each plane is coincident with at least one homogeneous color segment in the reference image. In other words, disparity values vary smoothly in homogeneous color regions and that depth discontinuities only occur on region boundary.

B. Decompose Image to Depth Layers

This process decomposes the image into a set of depth layers, and then each layer will be processed to create the appearance of monocular depth cue. Results of the decomposition process should be significant layers and have sufficient image content enough to do image processing.

In this research, select separate points using analysis of disparity map of original image. First make histogram of disparity map then use values at local minima points as the depth separation points. In the case of depth layers which contain less content of image than value specified, they will be merged into the closest layer.

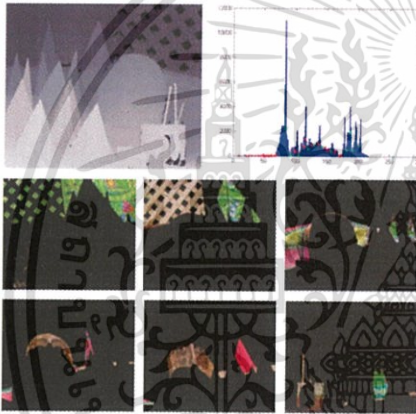


Fig. 5 Disparity map, histogram with local minima point and example of depth layers

C. Process Monocular Depth Cue to Layers

After receipt a set of depth layers then process characteristic of monocular depth cue and adding to the layers. By adding depth cue to the layers to show the difference depth, viewers will allowed to judge distance better.

In this research, blurring is applied to show the difference depth. This blurring is made by using of image filter with Gaussian lowpass filter, which can adjust the blur from the standard deviation value. The standard deviation value, sigma, is the ratio of distance of a layer to the focus per distance of viewer to the focus as in (1),

$$\sigma_i = k \frac{|d_i - d_{focus}|}{d_{focus}} \quad (1)$$

where σ is a sigma value of layer i , d_i is the average depth of all pixel in layer i , d_{focus} is the average depth of all pixel in layer covering focus and k is the coefficient for blur.



Fig. 6 Original image (upper) compare to depth enhanced image (lower)

In addition, due to the nature of image filtering process, to prevent the disturbing from the outlier region into the layer's content. Layers need to be padded the edge of objects in layer's content before the process. Image dilation is applied to solve this problem.

D. Map Scene Depth to Display Perceived Depth

As already mentioned depth range in the scene may not be suitable for stereoscopic display for reason of human factor. Therefore depth mapping method from actual scene depth into appropriate perceived depth has been used to solve this problem. The method used is an applied sigmoid function, as shown in (2). This function has the properties that match to the preferred solution. There is a high slope in the phase change, which can highlight region of interest in depth, and scope of the upper and lower limit, as shown in Fig. 7.

$$P(x) = \frac{d_{max} - d_{min}}{1 + e^{s(z-x)}} + d_{min} \quad (2)$$

The variables in (2) are defined as follows: d_{max} , d_{min} is the most and the minimal, respectively, depth that the viewer can perceive through target display, s is the slope of the function, which affects the range of region of interest in the scene, and z is the distance of virtual display plane in the actual scene, focus distance. However, physical display plane must be center between d_{max} and d_{min} due to the character of sigmoid function. This function will improve perceived depth representation in the region of interest (region around virtual display plane) compare to other regions of the scene by compress the region away from the plane to be within suitable depth range. Moreover, the region boundary is change smoothly. Result in Fig. 8 shown that overall depth range is fit within the confines while region of interest has wide depth range.

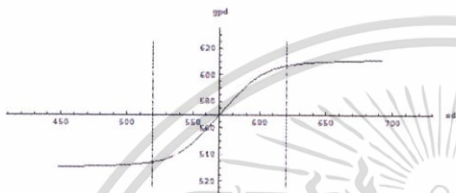


Fig. 7 The result of applying mapping algorithm. The scene depth, sd , is plotted against the geometric perceived depth, gpd .

After get the proper depth value of each object in the scene then transform the distance to disparity on the display screen, detail in [4]. The image will be reconstruct with a new disparity that make viewer recognize the depth correctly by move each object in the scene from both left and right image.



Fig. 8 Disparity map and histogram of the original stereo pair (upper) compare to the result of applying mapping algorithm (lower).

IV. IMPLEMENTATION

The set of stereo images using in this research are from Middlebury stereo dataset [10], which is meet the terms of capture process. Besides, there are varying of range and depth of objects in the scene.

Stereoscopic display system use anaglyph image. This method is viewing through the glasses where the two lenses are different (usually chromatically opposite) colors, in this case red and cyan.

V. CONCLUSIONS

Result of the image mapping from actual scene depth into stereoscopic display perceived depth; note that the perceived depth in region of interest has the wide depth range which makes clear in the depth judgment. While the near and far regions look quit flat as a result of force compression. Nevertheless, in those regions still can judge the depth from the monocular depth cue and overall depth range is still within the confines of the viewer that can view without too much stress to their eyes.

This research demonstrates that the use of monocular depth cue can compensate depth distance that is compressed by display system. However, addition of blur, there are other depth cues to indicate depth of scene in different environment. In addition, the selection of method in other processes, such as stereo matching or depth mapping method, to create a better result can be developed easier by this procedure.

VI. REFERENCES

- [1] N. Holliman, "3D Display Systems," to appear, Handbook of Optoelectronics, IOP Press, Spring 2004, ISBN 0-7503-0646-7
- [2] Y.-Y. Yeh and T. D. Silverstein, "Limits of Fusion and Depth Judgment in Stereoscopic Color Displays," Human Factors 32(1), pp. 45-60, 1990.
- [3] M. Wopking, "Viewing Comfort with Stereoscopic Pictures: An Experimental Study on the Subjective Effects of Disparity Magnitude and Depth of Focus," Journal of the SID 3(3), pp. 101-103, 1995.
- [4] L. Hodges and E. Davies, "Geometric considerations for stereoscopic virtual environments," Presence 2(1), 1993.
- [5] G. Jones, D. Lee, N. Holliman, and D. Ezra, "Controlling perceived depth in stereoscopic images," in Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VIII, Proceedings of SPIE 4297A, 2001.
- [6] N. Holliman, "Mapping perceived depth to regions of interest in stereoscopic images," Displays and Virtual Reality Systems XI, Proceedings of SPIE 5291, 2004.
- [7] O'Shea, R.P., Blackburn, S.G., & Ono, H. *Contrast as a depth cue*. Vision Research, 34, 1595-1604, 1994.
- [8] Mather, G. *The use of image blur as a depth cue*. Perception, 26, 1147-1158, 1997.
- [9] A. Klaus, M. Sormann, and K. Karner, "Segment-Based Stereo Matching Using Belief Propagation and a Self-Adapting Dissimilarity Measure," ICPR 2006, Vol. 3, pp.15-18, 2006.
- [10] D. Scharstein and R. Szeliski, "High-accuracy stereo depth maps using structured light." In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2003)*, volume 1, pages 195-202, Madison, WI, June 2003.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายก้องเกียรติ เรืองไทย
 วันเดือนปีเกิด วันที่ 24 กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2528
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ปีการศึกษา 2549

ความชำนาญเฉพาะด้าน 1.) ระบบการประมวลผลภาพดิจิทัล
 2.) คอมพิวเตอร์วิทัศน์
 3.) ปัญญาประดิษฐ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้