การปรับระยะลึกภาพสเตอริโอสโคปิคเพื่อการรับรู้ของมนุษย์

Stereoscopic Image Perceived Depth Adjustment

ก้องเกียรติ เรืองไทย* และ วัชระ ฉัตรวิริยะ*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคได้ถูกใช้ในหลายรูปแบบ ระบบการแสดงภาพดังกล่าวสร้างภาพสามมิติจากภาพสองมิติสองมุม พร้อมทั้งรักษาคุณภาพของภาพและให้ประสบการณ์การรับชมที่สะดวก แต่เมื่อภาพมีระยะขอบเขตความลึกที่กว้าง จะทำให้เกิดการล้าที่นัยตาและเห็นความลึกของภาพไม่ชัดเจน ทำให้การบันทึกภาพแบบสเตอริโอจะต้องทำภายในสตูดิโอที่สามารถควบคุมองค์ประกอบของภาพให้มีระยะขอบเขตความลึกที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ได้นำปัจจัยในการมองเห็นของมนุษย์และข้อจำกัดของอุปกรณ์การแสดงผลมาใช้กับการประมวลผลภาพเพื่อปรับระยะความเหลื่อมล้ำขององค์ประกอบในภาพสเตอริ-โอสโคปิคให้เหมาะสมต่อการรับชมโดยไม่เกิดความล้าต่อนัยตาและยังแสดงระยะลึกที่ชัดเจนในบริเวณที่สนใจ จึงอาจนำไปใช้กับการบันทึกภาพนอกสตูดิโอเพื่อบันทึกภาพที่มีความเหลื่อมล้ำมากหรือน้อยโดยยากต่อการควบคุมได้

คำสำคัญ: สเตอริโอสโคปิค 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

การแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิค (Stereoscopic) หรือการแสดงภาพสามมิติกำลังเป็นที่พบเห็นได้โดยทั่วไป โดยใช้หลักการสร้างภาพสองมุมมองสำหรับแต่ละนัยตา ระบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์เพื่อบังคับให้นัยตามองเห็นภาพเฉพาะมุมและจอภาพที่แสดงภาพสองมุมมองสลับกันหรือสองมุมมองในเวลาเดียวกัน อุปกรณ์บังคับการมองได้แก่ แว่นตาชัตเตอร์สำหรับจอภาพ [1] หรือแว่นตาโพลาไลซ์สำหรับจอแสดงภาพฉาย และยังมีเทคโนโลยีอื่นที่ไม่ต้องการอุปกรณ์บังคับการมอง เช่น จอภาพผลึกเหลวแบบสเตอริโอสโคปิคอัตโนมัติ (Auto-Stereoscopic) [2]

การแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคมีข้อได้เปรียบจากการแสดงระยะลึกสัมพัทธ์กับจอภาพ เป็นการขยายขอบเขตของการนำเสนอ ทำให้ผู้ชมได้รับรู้มิติความลึกที่ดีขึ้นและทำให้ข้อมูลภาพที่นำเสนอมีคุณค่ามากขึ้น

เป้าหมายของระบบการแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคจำเป็นต้องรักษาคุณภาพของภาพ ได้แก่ ความสว่าง ความละเอียดสูง สีครบถ้วน อัตราเฟรม และมีการรบกวนกัน (Crosstalk) ระหว่างสองมุมมองที่ต่ำเพื่อลดภาพซ้อน (Ghosting) [3] ในการบันทึกภาพเพื่อการสร้างภาพดังกล่าว

* *สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และวิทยาการสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*

ทำได้โดยการใช้กล้องสองตัว หรือกล้องแบบสเตอริโอที่สามารถบันทึกภาพจากสองมุมมองได้ในเวลาเดียวกัน

เนื่องจากการรับรู้ระยะลึกถูกสร้างขึ้นโดยสมองของมนุษย์ [4] ซึ่งมีขีดจำกัดในการรวมภาพจากนัยตาทั้งสองข้าง ตัวแปรสำคัญที่ต้องได้รับการพิจารณาสำหรับการสร้างภาพสเตอริ-โอสโคปิค คือ ระยะห่างระหว่างกล้องสองตัว ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลรวมของระยะลึกที่ผู้ชมรับรู้ได้ในภาพผลลัพธ์ อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะลึกขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในฉาก ทำให้อาจบันทึกภาพที่มีความเหลื่อมล้ำ (Disparity, ระยะต่างระหว่างจุดที่สอดคล้องกันในภาพด้านซ้ายและขวา ซึ่งสมองจะแปลความหมายเป็นระยะลึก) มากหรือน้อยโดยยากต่อการควบคุม และส่งผลให้เกิดระยะลึกที่ไม่เหมาะสมต่อการรับชม ในทางปฏิบัติระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการสร้างภาพสามมิติ ส่วนใหญ่จะได้มาผ่านการลองผิดลองถูก (Trial and Error)

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการประมวลผลภาพเพื่อปรับระยะความเหลื่อมล้ำ ขององค์ประกอบในภาพที่ได้มาจากการบันทึกภาพแบบสเตอริโอสโคปิคให้เหมาะสมต่อการรับชมโดยไม่เกิดความล้าเกินไปต่อผู้ชม

ในบทความนี้แบ่งเป็นสี่ส่วนประกอบด้วย ปัญหาและแนวคิดในบทที่ 2 กล่าวถึงเรขาคณิตการรับรู้ระยะลึกและการปรับระยะของภาพ จากนั้นการออกแบบระบบในบทที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ ต่อด้วยการดำเนินงานวิจัยในบทที่ 4 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ และบทที่ 5 แสดงผลการดำเนินงานวิจับ ส่วนสุดท้ายสรุปงานวิจัย

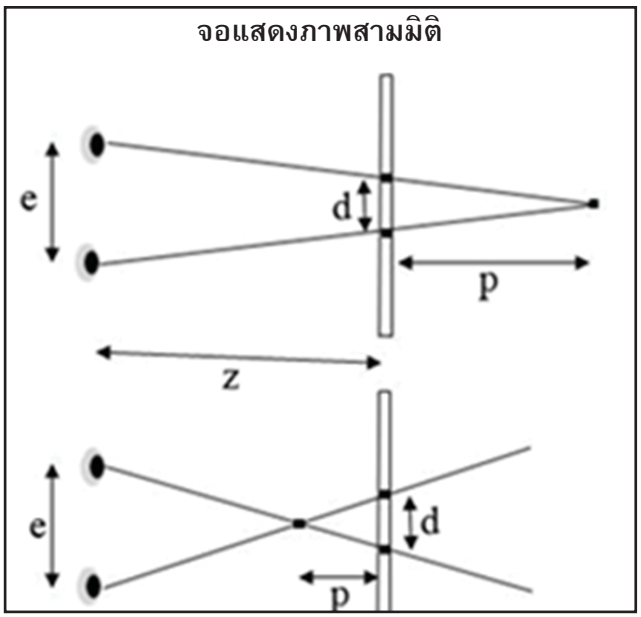
2. ปัญหาและแนวคิด

หนึ่งในปัญหาสำคัญของการแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคคือเนื้อหาที่ปรากฏในฉากมีขอบเขตระยะลึกมากกว่าที่จอแสดงภาพจะสามารถแสดงต่อผู้ชมได้ ทางออกของปัญหานี้สามารถถูกพิจารณาเป็นการแมพระยะลึกจริงในฉากไปยังระยะลึกที่เหมาะสมบนจอแสดงภาพเป้าหมาย

ระยะลึกที่เหมาะสม หรือไม่เกิดความล้าต่อนัยตาต่อผู้ชมได้มีการศึกษาในรายละเอียดและตีพิมพ์เผยแพร่ในหัวข้อปัจจัยของมนุษย์ (Human Factors) [4], [5], [6] หนึ่งในข้อสรุปที่สอดคล้องกันจากทุกรายงานการศึกษาคือขนาดของความเหลื่อมล้ำ ในภาพสเตอริโอสโคปิคควรถูกจำกัดให้อยู่ในระยะเพียงพอที่ได้กำหนดไว้ สาเหตุหลักสำหรับเรื่องนี้คือระบบการมองเห็นของมนุษย์โดยปกติแล้วทำงานโดยการเชื่อมกันระหว่างการหันเข้าของลูกตาและการปรับโฟกัสของภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากการที่ต้องให้ลูกตาของผู้ชมปรับเข้าหาเพื่อรับรู้ระยะลึกที่ต่างไปจากระนาบบนจอแสดงภาพ แต่ยังคงต้องการให้โฟกัสอยู่บนระนาบนี้ การจำกัดความเหลื่อมล้ำของภาพดังกล่าวจะทำให้การรับรู้ระยะลึกของผู้ชมถูกควบคุม และการปรับเข้าของลูกตาและการปรับโฟกัสเพื่อรับรู้ภาพสามมิติจะไม่เกิดความเครียด

2.1 เรขาคณิตการรับรู้ระยะลึก

การรับรู้ระยะลึกผ่านภาพสเตอริโอสโคปิคที่มีแสดงบนระนาบได้มีการศึกษาในวงกว้าง และเรขาคณิตการรับรู้ระยะลึกจากภาพสเตอริโอสโคปิค (Geometry of Stereoscopic Depth Perception) ได้มีการศึกษาใน [7], [8] เมื่อความเหลื่อมล้ำบนจอภาพถูกรับเข้าผ่านทางจอประสาทตาแล้ว สมองจะทำการตีความเป็นระยะลึก ด้านหน้า หรือด้านหลังระนาบจอภาพ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 *เรขาคณิตการรับรู้ระยะลึกภาพสเตอริโอสโคปิคในกรณีที่ภาพปรากฏหลังจอภาพ (บน) และหน้าจอภาพ (ล่าง)*

เมื่อผู้ชมรับรู้ระยะลึกผ่านความเหลื่อมล้ำบนจอภาพ การประมาณค่าที่ใช้ทั่วไปสำหรับเรขาคณิตการรับรู้ระยะลึก (Geometric Perceived Depth, gpd) [7], [8] ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ e คือระยะห่างระหว่างตาของซ้ายกับตาขวาผู้ชม z คือระยะห่างระหว่างผู้ชมถึงจอแสดงภาพสามมิติ d คือระยะความเหลื่อมล้ำของ

จุดพิกเซลใดๆ ในภาพ และ p คือระยะลึกที่ผู้ชมจะรับรู้ได้สัมพัทธ์กับฉากแสดงผล

โดยสามารถคำนวนหาค่า p ในกรณีที่ภาพปรากฏด้านหลังจอภาพจากสมการที่ (1) และในกรณีที่ภาพปรากฏด้านหน้าจอภาพจากสมการที่ (2) ตามลำดับ

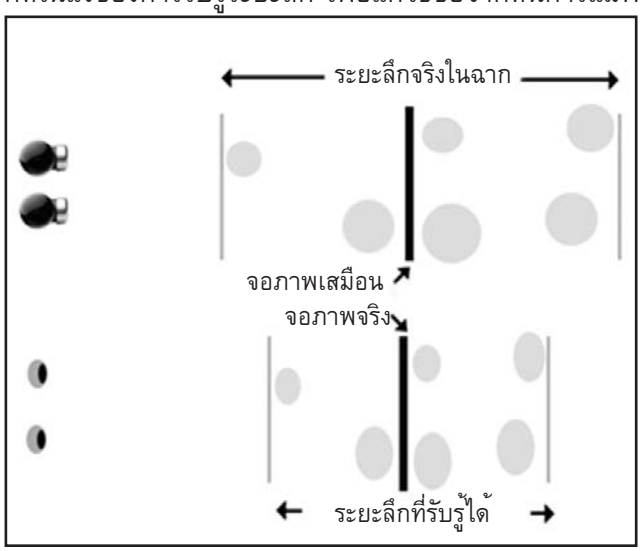
$$p = \frac{Z}{(\frac{e}{d}) - 1} \quad (1)$$

$$p = \frac{Z}{(\frac{e}{d}) + 1} \quad (2)$$

ซึ่งค่า gpd จะเป็นผลรวมระหว่างค่า z กับ p โดยระยะที่เหมาะสมของ p ในการรวมภาพเข้าหากันสำหรับผู้ชมอยู่ที่ -55 มม. ถึง +55 มม. สัมพัทธ์กับจอภาพ อ้างอิงจากการชมผ่านจอแสดงภาพสเตอริโอสโคปิคแบบตั้งโต๊ะ [9]

2.2 การปรับระยะของภาพให้อยู่ในกรอบที่เหมาะสม

ที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับการแมพระยะลึกในฉากให้เหมาะสมกับการแสดงภาพสเตอริโอสโคปิคทั้งแบบขอบเขตเดียว (Single Range) [9] และแบบหลายขอบเขต (Multi Range) [10] ซึ่งในแบบขอบเขตเดียวเป็นการแมพระยะลึกทั้งหมดในฉากไปยังจอแสดงภาพเป้าหมายแบบอัตราส่วนคงที่ทั้งภาพ ดังนั้นถ้าขอบเขตระยะลึกในฉากมีขนาดใหญ่กว่าที่จอแสดงภาพจะสามารถแสดงได้จะส่งผลให้เกิดการบีบอัดของระยะลึกที่รับรู้ได้ และไม่สามารถยืนยันได้ว่าในบริเวณที่สนใจ (Region of Interest) จะได้รับการแสดงภาพที่ดีในแง่ของการรับรู้ระยะลึก เพื่อแก้ไขข้อจำกัดนี้การแมพแบบหลายขอบเขตจะทำการแบ่งบริเวณที่สนใจออกจากฉากหน้าและฉากหลัง ทำให้ยืนยันได้ว่าบริเวณที่สนใจจะได้รับการแสดงระยะลึกที่ดีเมื่อเทียบกับฉากหน้าและฉากหลัง



ภาพที่ 2 *การแมพระยะลึกในฉากไปเป็นระยะลึกที่เหมาะสมบนจอแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิค*

อย่างไรก็ตามในการแมพแบบหลายขอบเขต แต่ละขอบเขตจะถูกแมพด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นที่ความชันแตกต่างกัน ดังนั้นระหว่างสองขอบเขตจะเกิดรอยต่อที่สังเกตได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้กล่าวถึงการประเมินระยะลึกจากภาพจริงที่ได้จากการบันทึกภาพแบบสเตอริโอสโคปิคหรือกระบวนการปรับปรุงภาพเหล่านั้นให้เหมาะสมต่อการแสดงภาพดังที่ได้กล่าวมา

ในงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงฟังก์ชันที่ใช้ในการแมพต่อจากแบบหลายขอบเขตโดยการใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid) ดังแสดงในสมการ (3)

$$p(x) = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{1 + e^{s(z-x)}} \quad (3)$$

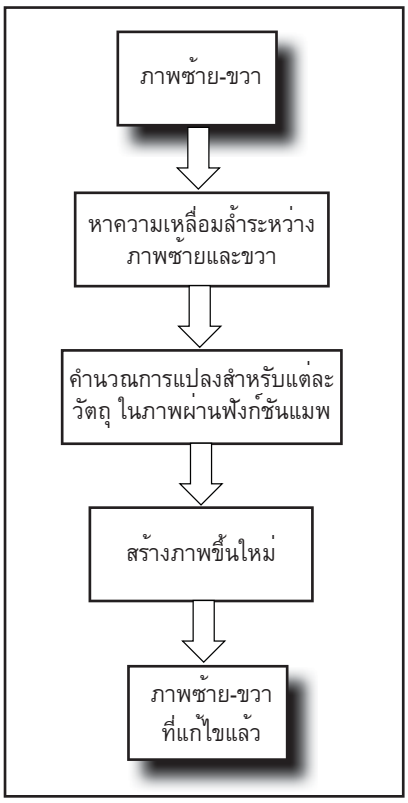
สาเหตุที่เลือกใช้ฟังก์ชันนี้เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหาที่ต้องการคือ มีความชันที่สูงในช่วงจุดเปลี่ยนซึ่งจะช่วยเน้นระยะลึกในบริเวณที่สนใจและมีขอบเขตบนล่างที่จำกัด ฟังก์ชันที่ใช้เป็นรูปหนึ่งของฟังก์ชันซิกมอยด์ โดยตัวแปรต่างๆ ในสมการมีนิยามดังนี้ d_{max}, d_{min} คือระยะลึกมากที่สุดและน้อยที่สุดที่ผู้ชมรับรู้ผ่านจอแสดงภาพเป้าหมาย ตัวแปร s คือความชันของฟังก์ชันซึ่งมีผลกับความกว้างของขอบเขตบริเวณที่สนใจในฉาก และ Z คือระยะของจอแสดงภาพเสมือนหรือโฟกัสในฉาก และระยะจอแสดงภาพจะต้องอยู่กึ่งกลางระหว่าง d_{max}, d_{min} ซึ่งเป็นข้อจำกัดเนื่องจากลักษณะของฟังก์ชันซิกมอยด์ ซึ่งฟังก์ชันที่นำเสนอนี้จะเน้นการรับรู้ระยะลึกในบริเวณที่สนใจ หรือบริเวณรอบระยะจอแสดงภาพเสมือน และบีบบริเวณที่ห่างออกมาจากระยะดังกล่าวให้อยู่ภายในขอบเขตที่เหมาะสมต่อการแสดงภาพ โดยมีการเปลี่ยนแปลงที่ต่อเนื่อง และยังแสดงระยะลึกในบริเวณที่สนใจได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่น

3. การออกแบบระบบ

3.1 ภาพรวม

การทำงานของระบบได้แสดงในภาพที่ 3 แสดงถึงการส่งต่อข้อมูลและผลลัพธ์จากส่วนต่างๆ ของระบบการทำงานกระบวนการปรับปรุงระยะลึกให้เหมาะสมกับการแสดงภาพ

แบบสเตอริโอสโคปิคเริ่มต้นจากการรับข้อมูลอินพุตเป็นภาพที่บันทึกแบบสเตอริโอสโคปิคโดยจัดวางกล้องให้โฟกัสไปที่ระยะอนันต์ หรือมีความเหลื่อมล้ำเท่ากับ 0 ที่ระยะอนันต์ โดยวางกล้องทั้งสองตัวขนานกัน จากนั้นขั้นแรกทำการหาความเหลื่อมล้ำระหว่างภาพซ้ายและขวาของแต่ละจุดพิกเซลในภาพ แล้วนำค่าความเหลื่อมล้ำซึ่งสัมพันธ์กับระยะลึกของภาพมาผ่านฟังก์ชันแมพให้ได้ค่าความเหลื่อมล้ำที่เหมาะสมต่อการแสดงภาพ โดยค่าคงที่ในฟังก์ชันแมพจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของบริเวณที่สนใจซึ่งได้กล่าวถึงในส่วนก่อนหน้า สุดท้ายจึงทำการสร้างภาพด้านซ้ายและด้านขวาขึ้นมาใหม่เพื่อนำไปแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคต่อไป



ภาพที่ 3 *ภาพรวมการทำงานของระบบ*

3.2 การหาระยะลึกจริงของเนื้อหาในฉาก

การหาระยะลึกจริงในฉากสามารถหาได้จากระยะความเหลื่อมล้ำของแต่ละพิกเซลระหว่างภาพซ้ายและขวา แล้วนำมาคำนวนด้วยสมการดังแสดงในภาพที่ 1 โดยกำหนดค่าระยะห่างระหว่างตา e ให้ตรงกับที่จะใช้ในการแสดงภาพ และค่าระยะจอแสดงภาพ z ให้เป็นระยะวัตถุที่อยู่ไกลที่สุดในฉาก เนื่องจากเราทำการตั้งกล้องสองตัวให้มีโฟกัสที่ระยะอนันต์ ดังนั้นระยะลึกปรากฏของวัตถุในฉากจะอยู่ใกล้กว่าระยะจอแสดงภาพเสมอ

กระบวนการหาค่าความเหลื่อมล้ำจากภาพสเตอริโอหรือการจับคู่สเตอริโอ (Stereo Matching) มีเป้าหมายเพื่อพิจารณาการเลื่อนตำแหน่งของพิกเซลที่มีความสอดคล้องกันระหว่างสองภาพ ในงานวิจัยนี้ได้นำกระบวนการจับคู่สเตอริโอแบบอิงการแบ่งส่วน (Segment-Based) ของ Andreas Klaus และคณะ [11] มาใช้ในการสร้างแผนที่ความเหลื่อมล้ำ (Disparity Map) กระบวนการแบบอิงการแบ่งส่วนนี้เป็นวิธีการที่ให้ผล-ลัพธ์ที่ดี โดยกระบวนการเหล่านี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าโครงสร้างในฉากสามารถประมาณอย่างใกล้เคียงได้ด้วยเซตของระนาบที่ไม่ซ้อนทับกันในปริภูมิของความเหลื่อมล้ำ (Disparity Space) และระนาบแต่ละแผ่นจะพ้องกันกับส่วนที่มีสีเป็นเนื้อเดียวกันอย่างน้อยหนึ่งส่วนในภาพอ้างอิง หรือกล่าวได้ว่าค่าความเหลื่อมล้ำจะมีความเรียบมากในขอบเขตที่มีสีเป็นเนื้อเดียวกันนี้ และความไม่ต่อเนื่องของความเหลื่อมล้ำจะพบเฉพาะบริเวณขอบของขอบเขตเท่านั้น

3.3 การจัดระยะเนื้อหาในภาพใหม่

ในส่วนก่อนหน้า หลังจากที่ได้ค่าความเหลื่อมล้ำและแปลงให้อยู่ในรูปของระยะลึกที่ปรากฏในภาพแล้ว ขอบเขตของระยะลึกที่ปรากฏอาจไม่เหมาะสมต่อการแสดงผลแบบสเตอริ-โอสโคปิคด้วยเหตุผลทางปัจจัยของมนุษย์ดังที่ได้กล่าวไว้ในส่วนของปัญหา ดังนั้น กระบวนการแมพระยะลึกที่ปรากฏในฉากจริงให้เป็นระยะลึกที่เหมาะสมต่อการแสดงภาพจึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหานี้ โดยวิธีการที่ใช้เป็นฟังก์ชันซิกมอยด์ประยุกต์ดังที่ได้แสดงไว้ในสมการที่ (3)

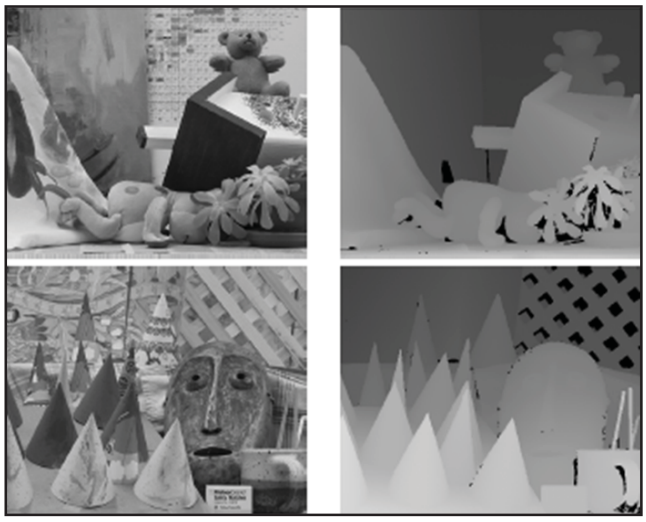
เมื่อได้ระยะลึกที่เหมาะสมของแต่ละวัตถุในฉากแล้ว กระบวนการสร้างภาพใหม่ที่มีระยะความเหลื่อมล้ำที่ทำให้ผู้ชมรับรู้ระยะลึกดังกล่าวได้อย่างถูกต้องจึงถูกนำมาใช้งาน เริ่มต้นจากการแปลงระยะลึกที่ต้องการแสดงภาพให้กลับเป็นค่าความเหลื่อมล้ำจากสมการที่แสดงในภาพที่ 1 แล้วทำการเลื่อนแต่ละวัตถุในฉากทั้งจากภาพด้านซ้ายและขวาด้วยเทคนิค Multi-Perspective Plane Sweep [12] ซึ่งเป็นการสร้างมุมกล้องเสมือนจากข้อมูลภาพ

สุดท้ายเมื่อได้ภาพสำหรับตาซ้ายและขวาที่ทำการแก้ไขระยะความเหลื่อมล้ำแล้วจึงนำไปแสดงภาพด้วยจอแสดงภาพสเตอริโอสโคปิคเป้าหมายต่อไป

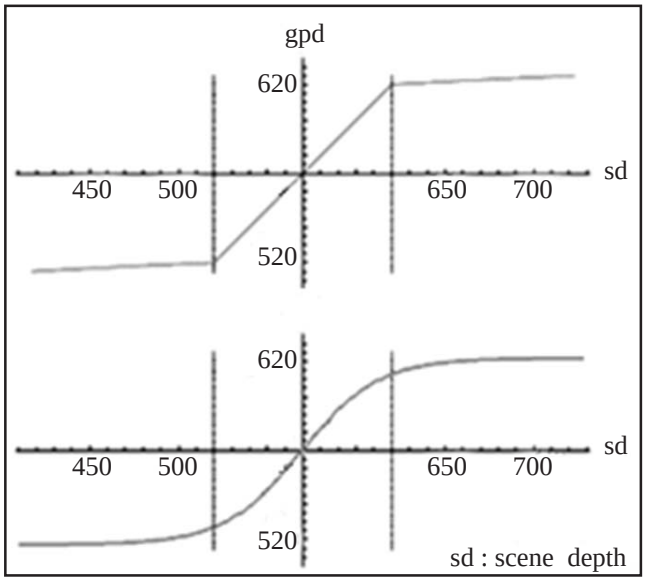
4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ที่มาของข้อมูลในการดำเนินงานวิจัยนี้ใช้ชุดภาพจาก Middlebury Stereo Datasets ซึ่งมีวิธีการบันทึกภาพตรงตามเงื่อนไขของกระบวนการ และมีขอบเขตระยะลึกของวัตถุในฉากที่หลากหลาย แตกต่างกันไปตามแต่ละชุดข้อมูล

ดังแสดงตัวอย่างภาพ และผลจากการหาระยะลึกจริงที่ปรากฏในฉากในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 *ตัวอย่างภาพจากชุดข้อมูล (ซ้าย) และผลจากการหาระยะลึกที่ปรากฏในฉาก (ขวา)*

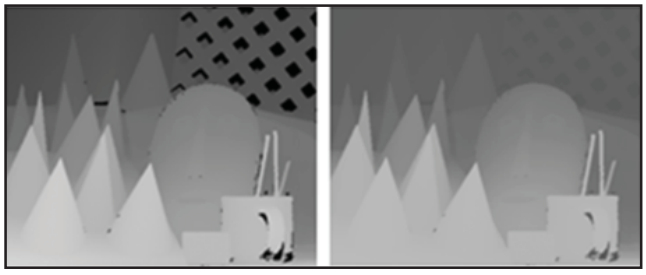


ภาพที่ 5 *เปรียบเทียบลักษณะของฟังก์ชันแมพ ภาพบนแสดงฟังก์ชันแมพของ N. Holliman และภาพล่างจากงานวิจัยนี้*

5. ผลการดำเนินงาน

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

ภาพผลลัพธ์ของการแปลงระยะลึกจากระยะลึกในฉากจริงให้เหมาะสมต่อการแสดงผลด้วยจอแสดงภาพสเตอริโอสโคปิค ดังที่ได้แสดงในภาพที่ 6 โดยกำหนดบริเวณที่สนใจอยู่ที่ระยะของหน้ากาก สังเกตได้ว่าระยะลึกบริเวณหน้ากากมีระดับความชัดเจนมากกว่าส่วนที่อยู่ด้านหน้าหรือหลัง และระยะลึกรวมก็ยังอยู่ในขอบเขตที่ผู้ชมสามารถรับรู้ได้โดยไม่เกิดความเครียด



ภาพที่ 6 *ตัวอย่างภาพระยะลึกจริงที่ปรากฏในฉาก (ซ้าย) เทียบกับผลลัพธ์แสดงระยะลึกที่ปรับปรุงแล้ว (ขวา)*

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการประมวลผลภาพถ่ายแบบสเตอริโอสโคปิคเพื่อให้มีระยะความเหลื่อมล้ำที่เหมาะสมต่อการแสดงผลผ่านจอแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคโดยไม่สร้างภาระความเครียดให้แก่ผู้ชม และขับเน้นการรับรู้ระยะลึกในบริเวณที่สนใจให้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่ห่างออกมาโดยไม่สร้างรอยต่อที่เด่นชัดระหว่างบริเวณ กระบวนการนี้ผู้ใช้สามารถปรับแก้พารามิเตอร์สำคัญต่างๆ ให้เหมาะสมต่อการแสดงภาพในแต่ละสภาพการนำเสนอและสัมพันธ์กับข้อมูลภาพที่รับเข้า

กระบวนการนี้จะช่วยให้การสร้างสื่อการนำเสนอแบบ 3 มิติจากฉากจริงมีความสะดวกมากขึ้น เป็นอิสระจากระยะลึกรวมในฉากเปิดที่ควบคุมได้ยาก และความสามารถในการแสดงภาพแบบสเตอริโอสโคปิคที่แตกต่างกันของแต่ละจอแสดงภาพ

7. 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. Silverstien, "Limits of Fusion and Depth Judgment in Stereoscopic Color Displays," *Human Factors 32(1)*, pp. 45 - 60, 1990.

[5] N. Hiruma, and T. Fukuda, "Accomodation 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. Karner, "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, and Matthew Uyttendaele, "Seamless Stitching using Multi-Perspective Plane Sweep," *Microsoft Research Technical Report*, MSR-TR-2004-48.