รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริงสำหรับสื่อการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิค Image-based Rendering และเทคนิค 3D Reconstruction

3D Model Creation from Tangible Object for Teaching Materials Using Image-based Rendering and 3D Reconstruction Techniques

ผศ.ดร.ณฐพล พันธุวงศ์

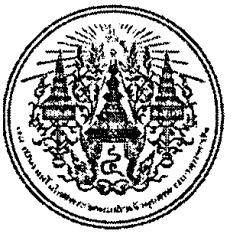
รศ.ดร.นพพร โชติกกำธร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริงสำหรับสื่อการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิค Image-based Rendering และเทคนิค 3D Reconstruction

3D Model Creation from Tangible Object for Teaching Materials Using Image-based Rendering and 3D Reconstruction Techniques

ผศ.ดร.ณฐพล พันธุวงศ์

รศ.ดร.นพพร โชติกกำธร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b00270255

RC00145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริงสำหรับสื่อการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิค Image-based Rendering และเทคนิค 3D Reconstruction

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2559 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 1,407,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2560

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ผศ.ดร.ณฐพล พันธุวงศ์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. รศ.ดร.นพพร โชติกกำธร คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้สื่อการเรียนการสอนไม่ได้ถูกพัฒนาในรูปแบบเอกสารเพียงอย่างเดียวแล้วอันเนื่องมาจากพัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำให้สื่อการเรียนการสอนในปัจจุบันมักจะถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบสื่อประสมที่ประกอบไปด้วยสื่อหลากหลาย เช่นตัวอักษร รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว และเสียง อย่างไรก็ตามสื่อการเรียนการสอนแบบสื่อประสมในปัจจุบันก็ยังขาดข้อมูลที่สำคัญนั่นคือการรับรู้ถึงคุณลักษณะของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เช่น หากเป็นเนื้อหาทางวิชาชีววิทยาที่ต้องการจะนำเสนอถึงโครงสร้างของสัตว์ประเภทต่างๆ การนำเสนอด้วยรูปภาพอาจจะไม่เพียงพอต่อการสร้างความเข้าใจแก่ผู้เรียนเนื่องจากรูปภาพจะแสดงให้เห็นมุมมองของวัตถุเท่านั้น หรือหากทำการนำเสนอข้อมูลด้วยรูปภาพหลายรูปก็จะขาดการโต้ตอบและยากแก่การเข้าใจเนื่องจากผู้เรียนจำเป็นจะต้องมองภาพหลายๆ ภาพและสร้างจินตนาการในการรวมภาพในทุกๆ มุมมองเข้าด้วยกัน ดังนั้นการเพิ่มสื่อในรูปแบบสามมิติจะช่วยเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในเนื้อหาในสื่อการเรียนการสอนได้ง่ายยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามการสร้างโมเดลสามมิติเพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของสื่อการเรียนการสอนนั้นไม่ใช่งานที่ง่ายสำหรับผู้ใช้ทั่วไป ดังนั้นสื่อการเรียนการสอนที่มีในปัจจุบันจึงยังขาดสื่อในลักษณะสามมิติอยู่ วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาระบบที่สามารถช่วยให้ครูอาจารย์สามารถสร้างสื่อในรูปแบบโมเดลสามมิติเพื่อนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ โดยแนวทางสำหรับงานวิจัยนี้คือการประยุกต์รวมกันของเทคนิค Image-based Rendering ที่ช่วยให้ทำการแสดงผลสามมิติได้ในทุกมุมมอง และเทคนิค 3D Reconstruction ที่ช่วยให้สามารถเข้าใจถึงโครงสร้างที่แท้จริงของวัตถุ ด้วยการประยุต์ใช้เทคนิคทั้งสองนี้จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริงได้อย่างง่าย และสามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ทันที

คำสำคัญ : การสร้างโมเดลสามมิติ, การบูรณะสภาพแวดล้อมสามมิติ, การสฐ้างภาพสามมิติจากภาพหลายมุม, เทคโนโลยีทางการศึกษา

Research Title: 3D Model Creation from Tangible Objects for Teaching Materials Using Image-based Rendering and 3D Reconstruction Techniques

Researcher: Asst.Prof.Dr.Natapon Pantuwong, Assoc.Prof.Dr.Nopporn Chotikakamthorn

Faculty: Faculty of Information Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Nowadays, teaching materials have not been created in a standard documents as the past because of emerging of the information technology. Currently, the materials are usually created with multimedia technology which is including of text, images, videos and sound. However, it still lacks of important part which is an ability to deliver the characteristic of objects in the material. For example, in a biology class, using of images might be not enough since images can only deliver an overview of object. It cannot express any geometry information of an objects. Moreover, we might need many images to express an object because we have to show several views of the objects. With this problem, we proposed an idea to use 3D model to express objects in the teaching materials

However, 3D creation is not an easy task for novice users. Therefore, 3D models are not usually included in the teaching materials. The main objective of this research is to create a system which can assists the users to create 3D model easily and can be included in thee teaching material. In this research, the image-based rendering and 3D reconstruction techniques are used to create 3D model which can be embedded in the teaching materials. We create a web prototype system as a teaching material which can display and provide interaction to the 3D model.

Keywords : 3D model creation, 3D reconstruction, image-based rendering, learning technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 นอกจากนี้นักวิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมทำการทดลองทุกท่านจากโรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี ที่สละเวลาทำให้ได้รับผลการทดลองและการประเมินที่มีค่าต่อการดำเนินงานวิจัยนี้

ผศ.ดร.ณฐพล พันธุวงศ์
รศ.ดร.นพพร โชติกกำธร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 การสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริง 3
2.2 วิธีการ 3D Reconstruction 6
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ 3D Reconstruction 11
2.4 WebGL 12
2.5 Three.Js 12
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบการสร้างโมเดลสามมิติและสื่อการเรียนการสอน 13
3.1 ระบบการสร้างโมเดลสามมิติ 13
3.2 ระบบสื่อการเรียนการสอน 24
บทที่ 4 ผลการวิจัย 53
4.1 ระบบสื่อการเรียนการสอน 53
4.2 ระบบการสร้างโมเดลสามมิติ 57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 59
5.1 สรุปผลการวิจัย 59
5.2 ข้อเสนอแนะ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ ทั้งนี้การที่ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาจะเป็นไปในทางที่เหมาะสมได้นั้น จำเป็นจะต้องมีการสนับสนุนและความพร้อมในหลายๆ ด้าน สื่อการเรียนการสอนก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญที่จะใช้ให้นักเรียนได้รับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาที่ดี รวมทั้งได้รับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาการเพื่อนำไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการทำงานในอนาคตได้ ปัจจุบันนี้สื่อการเรียนการสอนไม่ได้ถูกพัฒนาในรูปแบบเอกสารเพียงอย่างเดียวแล้ว อันเนื่องมาจากพัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำให้สื่อการเรียนการสอนในปัจจุบันมักจะถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบสื่อประสมที่ประกอบไปด้วยสื่อหลากหลาย เช่นตัวอักษร รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว และเสียง อย่างไรก็ตามสื่อการเรียนการสอนแบบสื่อประสมในปัจจุบันก็ยังขาดข้อมูลที่สำคัญนั่นคือการรับรู้ถึงคุณลักษณะของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา นั่นก็คือผู้เรียนไม่สามารถรับรู้ถึงวัตถุในบทเรียนได้ด้วยประสามสัมผัสของตนเอง เช่น หากเป็นเนื้อหาทางวิชาชีววิทยาที่ต้องการจะนำเสนอถึงโครงสร้างของสัตว์ประเภทต่างๆ การนำเสนอด้วยรูปภาพอาจจะไม่เพียงพอต่อการสร้างความเข้าใจแก่ผู้เรียนเนื่องจากรูปภาพจะแสดงให้เห็นมุมมองของวัตถุเท่านั้น นักเรียนจะไม่สามารถหยิบจับ ดมกลิ่น หรือดำเนินการปฏิสัมพันธ์ใดๆ กับวัตถุนั้นได้ หรือหากทำการนำเสนอข้อมูลด้วยรูปภาพหลายรูปก็จะขาดการโต้ตอบและยากแก่การเข้าใจเนื่องจากผู้เรียนจำเป็นจะต้องมองภาพหลายๆ ภาพและสร้างจินตนาการในการรวมภาพในทุกๆ มุมมองเข้าด้วยกัน

ปัญหาดังกล่าวข้างต้นเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้ การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อการเรียนการสอนที่สร้างด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศไม่ประสบความสำเร็จได้ ดังนั้นการเพิ่มหรือเสริมข้อมูลดังกล่าวลงไปในสื่อการเรียนการสอนจึงเป็นปัญหาที่ท้าทายต่อนักวิจัย ซึ่งหากปัญหานี้ถูกแก้ไขได้นั้นจะทำให้สามารถเพิ่มโอกาสการเรียนรู้แก่ผู้เรียนในที่ห่างไกล หรือการใช้สื่อสารสนเทศในการเรียนการสอนก็จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มข้อมูลการรับรู้สัมผัสไม่ว่าจะเป็นการมองเห็นวัตถุ การสัมผัส การได้กลิ่น หรือการชิมรส นั้นเป็นปัญหาที่ท้าทายและยากต่อการแก้ปัญหา รวมทั้งยังต้องใช้งบประมาณมากสำหรับการรับรู้บางประเภท

ในปัจจุบันนี้การสร้างภาพสามมิติจากวัตถุจริง และการแสดงผลภาพสามมิติบนจอภาพปกติหรือผ่านระบบความจริงเสมือน (Virtual Reality) ได้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ทำให้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องสามารถซื้อได้ในท้องตลาด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มสื่อในรูปแบบสามมิติลงไปในสื่อการเรียนการสอน เนื่องจากเหตุผลดังกล่าว ซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในเนื้อหาในสื่อการเรียนการสอนได้ง่ายยิ่งขึ้น และสื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบเว็บ ทั้งนี้เนื่องจากเว็บเป็นสื่อที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย เพียงผู้ใช้มีอินเทอร์เน็ตเท่านั้น

อย่างไรก็ตามการสร้างโมเดลสามมิติเพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของสื่อการเรียนการสอนนั้นไม่ใช่งานที่ง่ายสำหรับผู้ใช้ทั่วไป ดังนั้นสื่อการเรียนการสอนที่มีในปัจจุบันจึงยังขาดสื่อในลักษณะสามมิติอยู่ วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาระบบที่สามารถช่วยให้ครูอาจารย์สามารถสร้างสื่อในรูปแบบโมเดลสามมิติเพื่อนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ โดยแนวทางสำหรับงานวิจัยนี้คือการประยุกต์รวมกันของเทคนิค Image-based Rendering ที่ช่วยให้ทำการแสดงผลสามมิติได้ในทุกมุมมอง และเทคนิค 3D Reconstruction ที่ช่วยให้สามารถเข้าใจถึงโครงสร้างที่แท้จริงของวัตถุ ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคทั้งสองนี้จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริงได้อย่างง่าย และสามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเทคนิคและเครื่องมือโปรแกรมสำหรับครูและผู้ใช้ทั่วไปสำหรับการสร้างโมเดลสามมิติ
2. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน ที่สามารถรองรับการแสดงผลโมเดลสามมิติดังกล่าวได้
3. ศึกษาและพัฒนาเทคนิคที่จำเป็นเพื่อการสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริง สำหรับการนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน
4. พัฒนาโปรแกรมเครื่องมือต้นแบบเพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการศึกษาและวิจัย สำหรับการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในระดับมัธยมศึกษา (ทดสอบการใช้งานโดยครูและบุคลากรด้านการพัฒนาสื่อเพื่อการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. พัฒนาระบบการสร้างภาพสามมิติด้วยเทคนิค Image-based Rendering
3. พัฒนาระบบการสร้างโมเดลสามมิติด้วยเทคนิค Image-based 3D Reconstruction
4. พัฒนาวิธีการรวมผลลัพธ์ในข้อ 2-3 เพื่อสร้างภาพสามมิติสำหรับสื่อการเรียนการสอน
5. พัฒนาระบบสร้างสื่อการเรียนการสอนด้วยโมเดลสามมิติ
6. ทำการทดลองและประเมินผลทั้งในส่วนของการสร้างภาพและโมเดลสามมิติ และการใช้งานเพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอน
7. สรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การเผยแพร่ในเอกสารวิชาการ
2. การนำไปใช้ประโยชน์จริงในการสร้างสื่อการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริง

การสร้างภาพหรือโมเดลสามมิตินั้นเป็นปัญหาที่มีความพยายามแก้ไขมาเป็นเวลานาน เพราะว่าการสร้างโมเดลสามมิตินั้นจะต้องใช้เวลานานและต้องการผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้าง จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงไปด้วย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการสื่อสารด้วยสื่อประสมของบุคคลทั่วไปนั้นจะไม่มีการนำเอาโมเดลสามมิติเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากความยากในการสร้างและราคาค่าใช้จ่ายที่สูงนี้เอง จึงมีการพัฒนางานวิจัยมากมายเพื่อช่วย ในความเป็นจริงแล้วมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริงอยู่มากในปัจจุบันอย่างไรก็ตามอุปกรณ์เหล่านี้มักมีราคาแพง ทำให้อุปกรณ์เหล่านี้ไม่มีความแพร่หลายในกลุ่มผู้ใช้ทั่วไป อีกทั้งอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำสูงมักจะใช้เซ็นเซอร์ที่รู้ได้เพียงโครงสร้างทางเรขาคณิตทำให้ข้อมูลสีบนพื้นผิวของวัตถุจะต้องถูกเพิ่มขึ้นภายหลังโดยผู้ใช้เอง

ด้วยปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการนำเสนองานวิจัยในการสร้างภาพหรือโมเดลสามมิติจากภาพถ่ายซึ่งเป็นการใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกกว่า โดยสามารถแบ่งการใช้สร้างภาพหรือโมเดลสามมิติจากภาพถ่ายเป็น 2 วิธีการหลักๆ ด้วยกัน

(1) Image-based Rendering

วิธีการนี้เป็นเพียงการสร้างภาพในมุมมองสามมิติจากวัตถุจริง แต่ไม่มีการสร้างหรือรู้ถึงข้อมูลโครงสร้างทางเรขาคณิตของวัตถุ จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการสร้างภาพของวัตถุในมุมมองต่างๆ [1]

การสร้างภาพในมุมมองใหม่ๆ นั้นมีความจำเป็นจะต้องรู้ถึงตำแหน่งของกล้องเพื่อจะทำการรวมภาพในมุมมองต่างๆ เข้าด้วยกันได้ อีกทั้งการที่ไม่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลทางเรขาคณิตทำให้ภาพที่ถ่ายจำเป็นจะต้องมุมมองที่ไม่ห่างกันมากนักจึงจะสามารถสังเคราะห์ภาพในมุมมองใหม่ๆ ได้ อีกปัญหาหนึ่งที่สามารถพบเจอได้คือหากมีวัตถุที่บังมุมมองของกล้องแล้วจะทำให้ภาพสามมิติผลลัพธ์มีปัญหาได้ นอกจากนี้แม้ว่าวิธีการนี้จะสามารถสร้างภาพในมุมมองใหม่ๆ ได้ แต่ก็จะมีข้อจำกัดอยู่ที่มุมมองจากภาพถ่ายที่ใช้เป็น Input เท่านั้น หากภาพถ่าย Input มีปริมาณไม่เพียงพอการสังเคราะห์ภาพอาจจะมีปัญหาได้

(2) Image-based Modelling หรือ Image-based 3D Reconstruction

วิธีการนี้เป็นวิธีการสร้างโมเดลสามมิติโดยเป็นการนำภาพหลายๆ ภาพมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อให้รู้ถึงคุณลักษณะทางเรขาคณิตของพื้นผิวของวัตถุ [2-5] หลักการเบื้องต้นของวิธีการนี้คือการนำภาพที่ถ่ายได้รวมทั้งข้อมูลตำแหน่งของกล้องถ่ายภาพมาทำการคำนวณและวิเคราะห์ถึงตำแหน่งของจุดต่างๆ บนพื้นผิวของวัตถุบนโลกจริง อย่างไรก็ตามการใช้ภาพเป็นข้อมูลหลักนี้มักจะได้ข้อมูลเรขาคณิตที่มีความไม่ราบเรียบเนื่องจากความผิดพลาดในการคำนวณที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นวัตถุสามมิติที่ได้จึงเป็นวัตถุที่มักจะมีพื้นผิวไม่ราบเรียบต่างจากวัตถุจริง ซึ่งจำเป็นต้องมีกระบวนการภายหลังที่ผู้ใช้จะต้องทำการปรับปรุงผลลัพธ์ให้ดีขึ้น

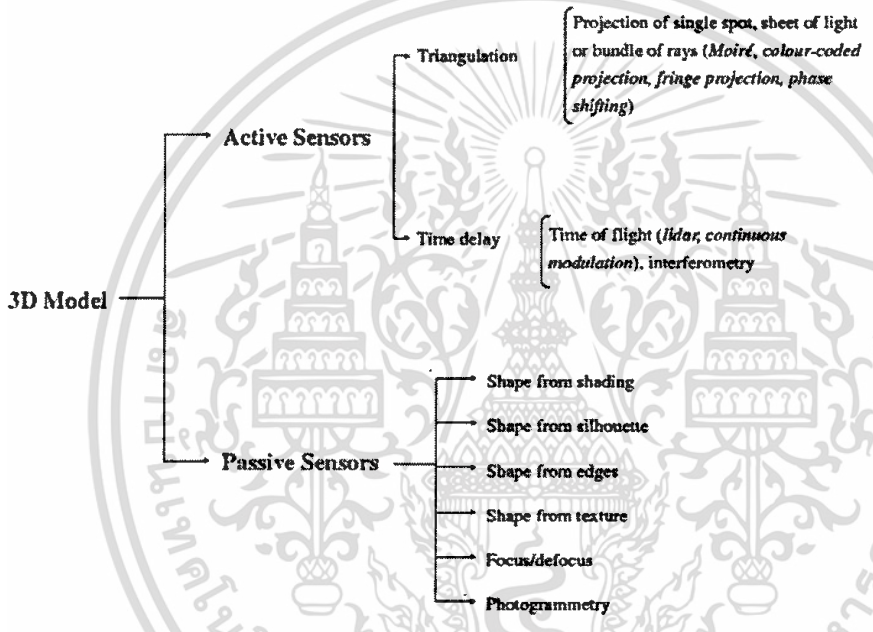
มีรายงานที่เปรียบเทียบถึงหลักการของวิธีการทั้งสองอยู่มากมาย [6-8] แต่จากรายงานดังกล่าวพบว่ายังไม่มีวิธีการใดที่สามารถสนับสนุนหรือสร้างผลลัพธ์ได้อย่างไม่มีข้อจำกัด จึงเป็นปัญหาที่ท้าทายในการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพสามมิติที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที เนื่องจากผู้ใช้ที่ขาดประสบการณ์และความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิกอาจจะไม่สามารถใช้งานระบบในปัจจุบันเพื่อการสร้างวัตถุสามมิติได้

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะใช้การสร้างโมเดลสามมิติทั้ง 2 วิธีการ โดยจะใช้เทคนิค Image-based Rendering เพื่อการสร้างภาพสามมิติเพื่อใช้ในการแสดงผลโดยภาพรวมของวัตถุในสื่อการเรียนการสอน และใช้เทคนิค 3D Reconstruction เพื่อใช้ในการสร้างโมเดลสามมิติที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้ดีกว่า เพราะเราทราบข้อมูลเชิงเรขาคณิตของวัตถุนั่นเอง โดยการพัฒนาเทคนิคใหม่นั้นจะเน้นไปที่วิธีการ 3D Reconstruction ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการ Image-based Rendering นั้นจะมีระบบที่สามารถนำมาใช้งานได้ทันทีและมีประสิทธิภาพอยู่แล้ว

รูปที่ 2.1 แสดงแนวทางต่างๆ ในการสร้างโมเดล 3 มิติจากวัตถุจริงนั้น



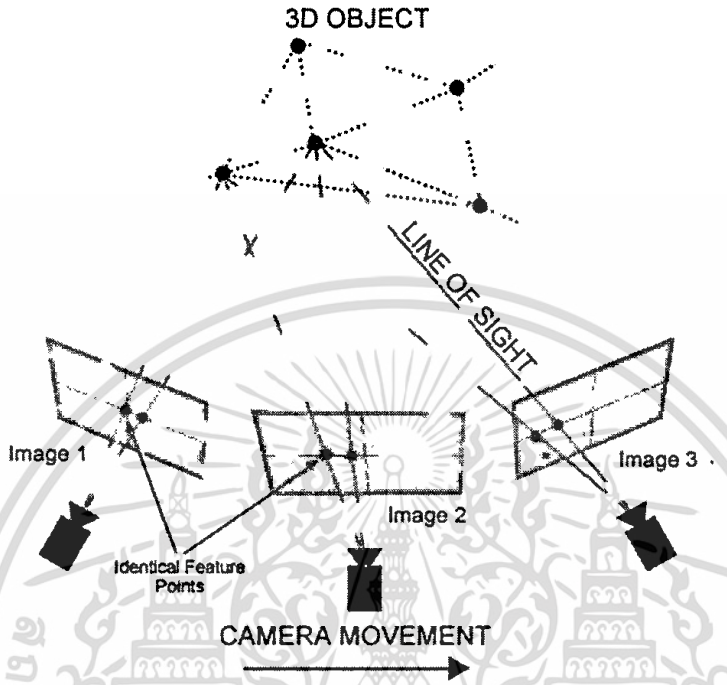
รูปที่ 2.1 แนวทางการสร้างโมเดล 3 มิติจากวัตถุจริง

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าแนวทางการสร้างโมเดล 3 มิติจากวัตถุจริงสามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลักๆ คือ Active Sensor และ Passive Sensor โดยมีรายละเอียดดังนี้

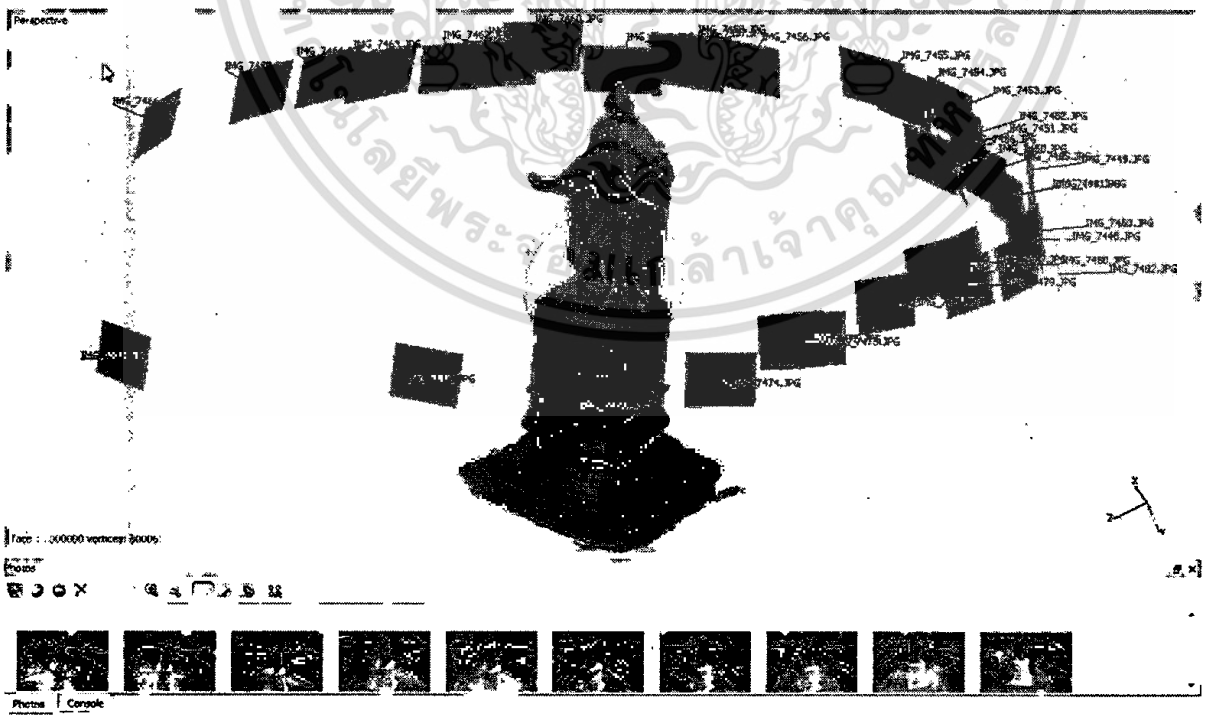
- Active Sensor จะเป็นแนวทางที่ระบบใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดระยะห่างจากพื้นผิววัตถุ แล้วนำค่าระยะทางดังกล่าวมาสร้างเป็นจุดเมฆ (Point cloud) ก่อนจะนำมาสร้างเป็นพื้นผิวของโมเดล 3 สามมิติต่อไป โดยการวัดระยะทางของเซ็นเซอร์ดังกล่าวสามารถทำได้ด้วยเทคนิค Triangulation ซึ่งเป็นการใช้แนวคิดของสามเหลี่ยมคล้ายในการวิเคราะห์ค่าระยะทาง เช่นการใช้เครื่องมือ Ultrasonic ที่ให้จุดที่สนใจเป็นแหล่งกำเนิดเสียง และมีตำแหน่งรับเสียง 2 ที่เพื่อสร้างรูปทรงสามเหลี่ยม หรือการใช้เทคนิค Time of Flight ซึ่งเป็นการคำนวนระยะทางจากระยะเวลาการเคลื่อนที่ของแสงจากเซ็นเซอร์ที่สะท้อนกลับจากการสะท้อนวัตถุในการคำนวนค่าระยะทาง
- Passive Sensor เป็นแนวทางที่ระบบไม่มีเซ็นเซอร์วัดระยะทางแต่ใช้ข้อมูลโดยเฉพาะจากภาพถ่ายในการวิเคราะห์ข้อมูลระยะทางอุปกรณ์ถึงวัตถุ เทคนิคที่ใช้งานมากที่สุดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิค Photogrammetry ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช่ร่วมกับ Point Cloud ได้ด้วย การ หา Point Cloud ของสิ่งที่สนใจสร้างแบบจำลอง ด้วยการถ่ายภาพ สิ่งที่สนใจจาก มุมต่างๆ แล้วนำมาใช้สร้างแบบจำลองสามมิติที่ต้องการ



รูปที่ 2.2 แนวคิดของเทคนิค Photogrammetry



รูปที่ 2.3 การสร้างโมเดลสามมิติด้วยเทคนิค Photogrammetry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วิธีการ 3D Reconstruction

กระบวนการ3D reconstruction นั้นต้องอาศัย กระบวนการที่ซับซ้อนโดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลภาพจากกล้อง แล้วนำไปคัดกรองภาพเพื่อให้ได้ตำแหน่งจุดเด่นในภาพ ก่อนที่จะนำไปคำนวณในเครือข่ายประสาทเทียม ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ต้องการการประมวลผลที่รวดเร็วและแม่นยำ รวมทั้งต้องมีการวิเคราะห์เชิงปัญญาประดิษฐ์เพื่อที่จะคำนวณผลลัพท์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น จากการศึกษาพบว่าในงานวิจัยด้านนี้ต้องมีองค์ความรู้ด้านต่างๆ ทั้งการออกแบบระบบการมองเห็นของกล้อง การประมวลผลภาพ และการคำนวณเชิงเครือข่ายประสาท

- **ระบบการมองเห็นแบบกล้องสองตัว**

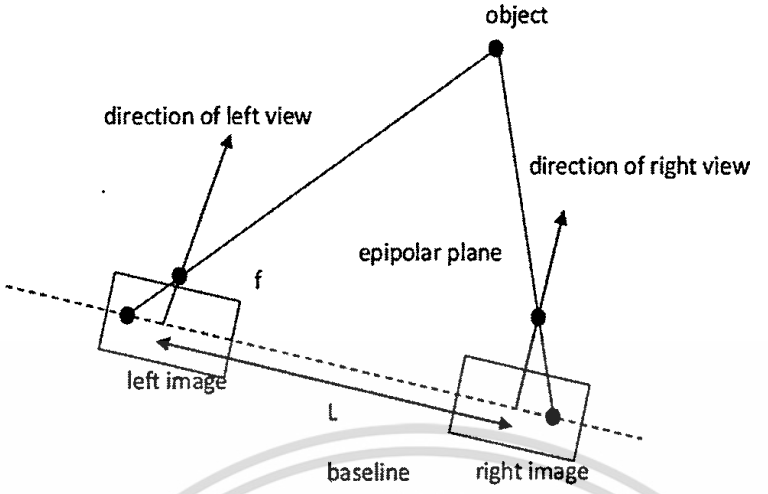
ในปัจจุบันการวิจัยเกี่ยวกบการหาระยะห่างระหว่างกล้องและวัตถุนั้นนิยมใช้ระบบการมองเห็นของกล้องสองตัว (stereo vision) ซึ่งมีคุณสมบัติในการมองเห็นใกล้เคียงกับดวงตาของมนุษย์มาก เพราะใช้กล้องสองตัวจับภาพวัตถุดังแสดงในรูปที่ 2.4

ในรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าแบบจำลองพื้นฐานของกล้องทั้งสองนี้ จะแยกกันเพียงทิศทางแกน x เท่านั้น โดยจะมีระยะห่างเท่ากับระยะสัญฐาน (Base line : b) และระนาบของภาพ (Image plane) ของกล้องทั้งสองอยู่ในระนาบเดียวกัน ดังนั้นทำให้จุดที่เราสนใจของภาพจากภายนอกปรากฏลงบนระนาบของกล้องทั้งสองที่ตำแหน่งต่างกัน ซึ่งระยะระหว่างตำแหน่งบนระนาบนั้น เรียกว่าความต่างกัน (disparity) และระนาบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของกล้องทั้งสองจุดที่เราสนใจนั้น เรียกว่าระนาบเอพิโพลาร์ (epipolar plane) ส่วนเส้นที่ตัดระนาบอิพิโพลาร์ กับระนาบของภาพนั้น เรียกว่าเส้นเอพิโพลาร์ (Epipolar line)

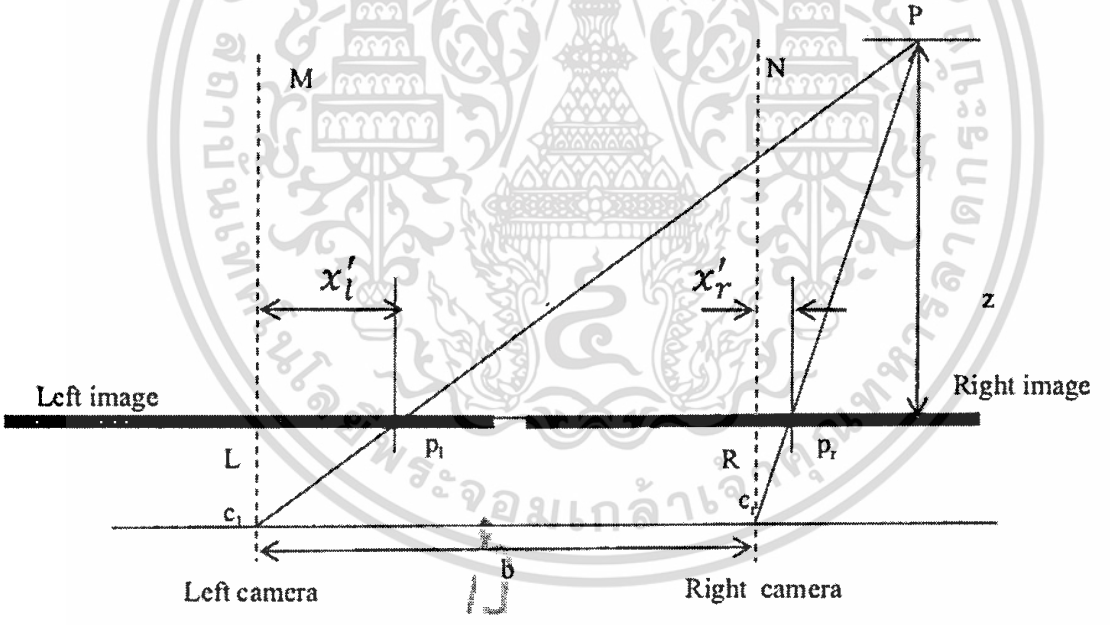
ซึ่งจากแบบจำลองของรูปที่ 2.5 แสดงนั้น ลักษณะจุดของภาพจากระนาบหนึ่งจะอยู่ในแถวเดียวกันกับอีกระนาบหนึ่งหมายความว่าเส้นระนาบเอพิโพลาร์ จะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันของระนาบภาพของกล้องทั้งสองแต่ในการกำหนดให้เป็นแบบนี้ได้นั้น แสดงว่าต้องกำหนดให้ความแตกต่างในแนวตั้ง (Vertical disparity) มีค่าเท่ากับศูนย์

รูปที่ 2.4 การติดตั้งกล้องสองตัวแบบขนานเพื่อถ่ายภาพไปสร้างโมเดลสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบการมองเห็นของระบบกล้องสองตัว



รูปที่ 2.6 ลักษณะทางเรขาคณิตของระบบกล้องสองตัว

จากรูปที่ 2.6 จุด P จะปรากฏเป็นจุด p_1 และ p_2 บนระนาบภาพด้านซ้ายและระนาบภาพด้านขวาตามลำดับ และกำหนดให้จุดกำเนิดของพิกัดโลกอยู่ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งศูนย์กลางเลนส์ของกล้องด้านซ้าย ดังนั้นเราเปรียบเทียบสามเหลี่ยมคล้าย PMc_1 และ p_1Lc_r จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{x}{z} = \frac{x_l'}{f} \tag{2.1}$$

ในทำนองเดียวกันจากสามเหลี่ยมคล้าย PNc_1 และ p_rRc_r จะได้

$$\frac{x-b}{z} = \frac{x_r'}{f} \tag{2.2}$$

ทำการรวมสมการที่ 2.1 และ 2.2 เข้าด้วยกันจะได้

$$z = \frac{bf}{(x_l' - x_r')} \tag{2.3}$$

ดังนั้น ระยะ Z หรือระยะห่างระหว่างวัตถุกับจุดศูนย์กลางของภาพหาได้จากค่าความแตกต่างของภาพนั้นเอง ซึ่งคือการหาแผนที่ความไม่เท่ากัน (disparity maps)

- **การไหลเชิงแสง**

การไหลของแสง เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ภายในภาพได้ ซึ่งการคำนวณการไหลของแสงนี้ จะใช้การวิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงภายในภาพแต่ละลำดับภาพ (image sequence) โดยที่การไหลของแสงจะประกอบไปด้วยขนาดและทิศทางของความเข้มแสงที่เปลี่ยนตำแหน่งไปดังรูปที่ 2.7 ที่แสดงตัวอย่างของการไหลของแสง

การตรวจจับวัตถุโดยใช้การไหลของแสง จะใช้การวิเคราะห์กลุ่มของความเข้มแสงของวัตถุภายในภาพ ซึ่งความเข้มแสงของวัตถุที่เปลี่ยนตำแหน่งจะคงความเข้มแสงเท่าเดิมและให้ผลของการไหลของแสงของกลุ่มแสงของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปเปลี่ยนทิศทางและขนาดที่ใกล้เคียงกัน โดยวิธีการที่นิยมในการวัดการไหลของแสงคือวิธีเชิงเกรเดียนต์ และวิธีจับคู่เชิงพื้นที่

- วิธีเชิงเกรเดียนต์ (Gradient Base Method)

กรรมวิธีนี้ใช้วิธีการสร้างการไหลของแสงโดยแก้ปัญหาอนุพันธ์เป็นหลักโดยอาศัยหลักการของความคงที่ของความเข้มแสงจากวัตถุภายในภาพที่เปลี่ยนแปลงไป โดยหากกำนดให้ I คือความเข้มแสง เราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

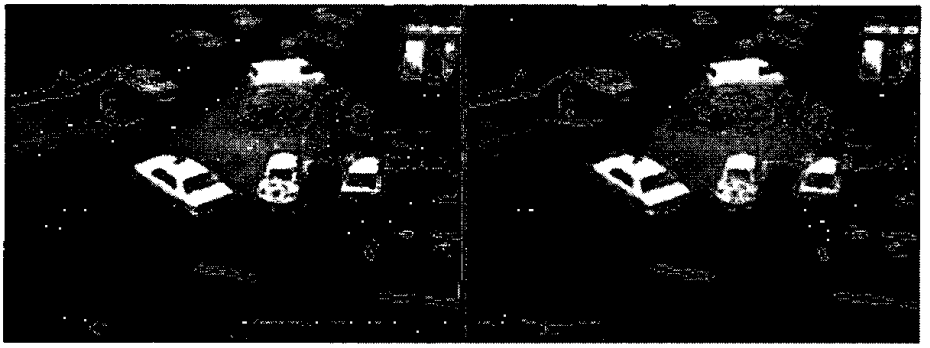
$$I(x+dx, y+dy, t+dt) = I(x,y,t) + \frac{\partial I}{\partial x}dx + \frac{\partial I}{\partial y}dy + \frac{\partial I}{\partial t}dt + \cdots \tag{2.4}$$

จะได้ว่า

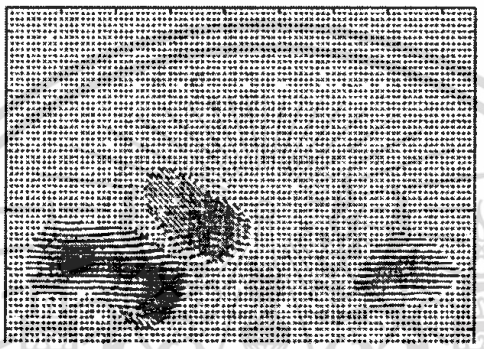
$$\nabla I(x,y,t) + I_t = 0 \tag{2.5}$$

สมการที่ 2.5 ได้มาจากการแก้สมการอนุกรมเทย์เลอร์ [9] จากสมการที่ 2.4 โดยเรียกสมการที่ 2.5 ว่า Optical flow constraint equation ซึ่งจะเห็นได้ว่าสมการนี้เป็นสมการสองตัวแปร แต่เนื่องจากเรามีเพียงสมการเดียวการแก้สมการนี้นั้นจะต้องใช้วิธีการคำนวนแบบประมาณค่า ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้นั้นคือวิธีการของ Lucas&Kanade [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)



รูปที่ 2.7 การไหลของแสง ที่ได้จากภาพในเวลา t (ก) และเวลาที่ t+1 (ข)

- วิธีจับคู่เชิงพื้นที่ (Region-based Matching)

กรรมวิธีการนี้คือ วิธีการพิจารณาขอบเขตโดยความเหมือนของบริเวณหนึ่งๆ ซึ่งได้นำเสนอโดย [12-15] โดยเป็นการอธิบายความเร็ว v ที่ได้ทำการเลื่อนวัตถุไปในระยะ d =[d_x, d_y] เพื่อพิจารณาหาค่าเหมาะสมที่ดีที่สุดของขอบเขตของภาพที่เวลาต่างกันจากการค้นหาความเหมือนที่ดีที่สุด โดยทำการพิจารณาที่ค่ามากที่สุดของความเหมือน (ในระยะd) ซึ่งในแต่ละวิธีจะปรับปรุงค่าความเร็วให้แม่นยำที่แตกต่างกันแต่จะใช้หลักการที่มุ่งไปในทางเดียวกัน เช่นวิธีการบรรทัดฐานสหสัมพันธ์ไขว้ (Normalized cross - correlation) หรือ พิจารณาค่าน้อยที่สุดของระยะทาง (distance) อาทิเช่นวิธีการผลรวมรากที่สองของผลต่าง (Sum – Squared Difference : SSD)

การไหลของแสงในแต่ละวิธีข้างต้น ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของความเร็วในแต่ละจุดภาพดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งเป็นลักษระเดียวกันกับผลการสร้างการไหลของแสงที่ได้จาก Lucas &Kanade โดยใช้ลูกศรแทนขนาดและทิศทางของความเร็วการไหลของแสง

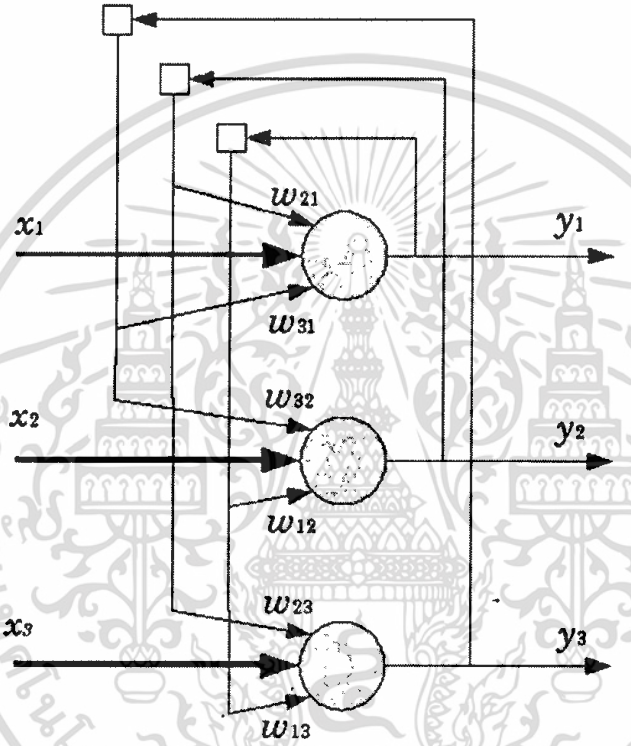
- **เครือข่ายฮอพฟิลด์**

เครือข่ายฮอพฟิลด์เป็นเครือข่ายอัตสัมพันธ์ (Autoassociative network) อย่างหนึ่ง ซึ่งประกอบไปด้วยนิวรอนชั้นเดียวที่มีการเชื่อมต่อกันอย่างทั่ว ถึง เครือข่ายฮอพฟิลด์สามารถทำงานได้ในลักษณะเดียวกันกับหน่วยความจำสัมพันธ์ (Associative memory) งานของฮอพฟิลด์เป็นการนำเสนอแนวความคิดในรูปแบบผสมผสานระบบความจำในเครือข่ายในรูปของฟังก์ชันพลังงาน (จากสมการ Lyapunov) รวมไปถึงการประมวลผลแต่ละนิวรอนแบบไม่พร้อมเพรียงกัน (Asynchronous processing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแตกต่างนี้ทำให้เครือข่ายฮอพฟิลด์สามารถลดปัญหาการใช้งานกับเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ได้ ข้อดีอีกอย่างหนึ่งก็คือองค์ประกอบในการประมวลผลไม่จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลความรู้จากเครือข่ายทั้งระบบ

รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของเครือข่ายฮอพฟิลด์สำหรับเครือข่ายแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) จะใช้เพียงค่าไบนารี (0 และ 1) หรือค่าสองขั้ว (1 และ -1) โครงสร้างดังกล่าวประกอบไปด้วย N นิวรอนซึ่งสามารถใช้กับข้อมูลแบบอินพุต x ที่มีขนาด N แต่ละนิวรอนจะถูกพิจารณาในรูปของสถานะ S (state) นิวรอนแต่ละตัวจะเชื่อมโยงกับนิวรอนอื่นๆ ทั้งหมดในระบบยกเว้นตัวมันเอง ค่าน้ำหนักประสาทระหว่างนิวรอน i และ j คือ W_{ij} มีคุณสมบัติคือความสมมาตรของค่าน้ำหนักประสาทระหว่างนิวรอน i และ j และไม่มีการเชื่อมโยงค่าน้ำหนักประสาทของนิวรอนกับตัวมันเอง



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของเครือข่ายฮอพฟิลด์

สถานะของเครือข่ายฮอพฟิลด์จะขึ้นอยู่กับค่าพลังงานของนิวรอน โดยในเครือข่ายการเปลี่ยนสถานะของนิวรอนขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของพลังงานดังกล่าวด้วย เช่นเดียวกันกับเครือข่ายอื่นๆ เครือข่ายฮอพฟิลด์จะมีการวนรอบปรับค่าน้ำหนักประสาท โดยการปรับจะทำการปรับเพียงหนึ่งนิวรอนต่อครั้ง จนกระทั่งค่าน้ำหนักประสาทลู่เข้าสู่คำตอบที่ต้องการ การลู่เข้าของเครือข่ายจะเกิดขึ้นเมื่อฟังก์ชันพลังงานภายในเครือข่ายให้ค่าน้อยที่สุดและไม่มีนิวรอนใดๆ เกิดการเปลี่ยนสถานะ เครือข่ายฮอพฟิลด์ได้รับการพิสูจน์แล้วว่า สามารถลู่เข้าสถานะที่มีค่าพลังงานของเครือข่ายน้อยที่สุดได้เมื่อมีการปรับค่าน้ำหนักประสาทอย่างเหมาะสม

การเรียนรู้ของเครือข่ายฮอพฟิลด์เป็นไปในรูปแบบของฟังก์ชันพลังงาน เมื่อมีการนำเสนอรูปแบบอินพุตให้กับเครือข่าย เครือข่ายจะทำการปรับค่าน้ำหนักประสาทจนกระทั่งได้สถานะในการจดจำรูปแบบนั้น ๆ ที่ซึ่งฟังก์ชันพลังงานให้ค่าต่ำที่สุด ในระหว่างการเรียนรู้ของเครือข่ายฮอพฟิลด์สามารถพิจารณาสถานะของเครือข่าย y_i ว่าเป็นหน่วยความจำระยะสั้น (short-term memory) ที่ซึ่งสามารถบันทึก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกใช้รูปแบบอินพุตได้โดยการปรับเปลี่ยน y_i ในทำนองเดียวกัน น้ำหนักประสาท W_{ij} สามารถพิจารณาเป็นหน่วยความจำระยะยาว (long-term memory) ซึ่งถูกเก็บค่าไว้ภายในตัวของเครือข่ายเอง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับวิธีการ 3D Reconstruction

วิธีการหาแผนที่บ่งบอกความลึก หรือการคำนวณ 3D Reconstructionจากงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมา Dhond Aggarwal [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อของระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ได้ พบว่าปัญหาหลักของระบบการมองเห็นแบบกล้อง 2 ตัวอยู่ที่การหาความสอดคล้องภายในภาพจากทั้ง 2 กล้อง เพื่อให้ได้ความลึกของสภาวะแวดล้อมภายในภาพเรียกว่าแผนที่บ่งบอกความลึก

ต่อมามีงานวิจัยมากมายได้พัฒนาวิธีการหาแผนที่บ่งบอกความลึกเริ่มจาก วิธีการของ L. Matthies, T. Kanade, R. Szeliski ในปีคศ.1989 [12] ศึกษาวิธีการหาแผนที่บ่งบอกความลึกด้วยการหาความสอดคล้องของภาพจากการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ทั้งหมดของจุดภาพจากกล้องทั้ง 2 ตัว ซึ่งผลการวิจัยสามารถหาแผนที่บ่งบอกความลึก ได้แต่มีความผิดพลาดมาก ไม่สามารถหาบริเวณที่ซับซ้อนได้และใช้เวลานาน เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทุกจุดภาพหลังจากนั้น T. Kanade และ M. Okutomi ได้พัฒนาประสิทธิภาพของวิธีการหาแผนภาพที่บ่งบอกความลึกด้วยวิธีการหาผลรวมของผลต่างกำลังสอง (Sum square difference: SSD) เป็นการสร้างกล่องจุดภาพเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหา ความสัมพันธ์ของจุดภาพจากกล้องทั้ง 2 ตัวและลดข้อผิดพลาดจากการใช้วิธีคำนวณทุกจุด ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถหาแผนที่บ่งบอกความลึกที่มีความชัดเจนได้ดีขึ้น ในปี 1998 S. Birchfield และ C. Tomasi ได้ศึกษาวิจัยแผนที่บ่งบอกความลึกด้วยวิธีจุดภาพต่อจุดภาพ (pixel-to-pixel) โดยการวัดค่าความเข้มของแต่ละจุดภาพเปรียบเทียบกัน ซึ่งผลที่ได้คือสามารถหาแผนที่บ่งบอกความลึกที่มีความชัดเจนขึ้นและหาบริเวณที่ซับซ้อนได้โดยใช้เวลาน้อยลง แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นกับวิธีการนี้คืออัลกอริทึมในการคำนวณยุ่งยากและเหมาะสมกับงานเพียงบางประเภท ต่อมา Y. Boykov, O. Veksler, และ R. Zabih ทำการวิจัยหาแผนที่บ่งบอกความลึกด้วยวิธีกราฟคัท (Graph cut) โดยอัลกอริทึม วิธีกราฟคัทนั้นทำการคำนวณหาความสัมพันธ์ของจุดภาพ ซึ่งแผนที่ บ่งบอกความลึกที่หาขึ้นมีความชัดเจนสามารถแสดงรายละเอียดของวัตถุได้ แต่ปัญหาที่เกิดคืออัลกอลิทึมในการคำนวณยุ่งยากและใช้เวลานานเหมาะกับงานบางประเภท

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าการคำนวณหาค่าความสอดคล้องกันของจุดภาพนั้น มีอัลกอลิทึมที่ซับซ้อน ซึ่ง N. Nasrabadi และ C. Choo [13] ได้นำหลักการของเครือข่ายฮอพฟิลด์มาใช้ศึกษาหาความสอดคล้องกันภายในภาพโดยนำจุดเด่นของทั้ง 2 ภาพ เข้าไปคำนวณในเครือข่ายฮอพฟิลด์ 2 มิติ (2D Hopfield Neuron Network) เพื่อลดการคานวณทุกจุดภาพลง ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถหาแผนที่บ่งบอกความลึกได้ดีขึ้น มีความผิดพลาดเล็กน้อยและใช้เวลาในการคำนวณน้อยลง ลดข้อจำกัดของการติดตั้งกล้อง

หลังจากทำการหาแผนที่บ่งบอกความลึกแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการบูรณะสภาวะ 3 มิติจากแผนที่บ่งบอกความลึก การบูรณะสภาวะ 3 มิติคือการแปลงข้อมูลจากแผนที่บ่งบอกความลึกด้วยการคำนวณเชิงเรขาคณิต (Triangular) เปลี่ยนเป็นข้อมูล 3 มิติหรือพิกัดจริง โดยที่แต่ละจุดภาพในแผนที่บ่งบอกความลึกแสดงถึงข้อมูลค่าความไม่เท่ากันของจุดภาพ (d) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ใช้บอกความลึกของภาพที่ใช้ในการบูรณะสภาวะ 3 มิตินอกจากนั้นระยะความยาวโฟกัสของกล้อง (f) และระยะห่างของการตั้งกล้องแบบขนานกันระหว่างกล้อง 2 ตัว (L) ก็เป็นตัวแปรสำคัญสำหรับการคำนวณหาสภาวะ 3 มิติ หรือพิกัดจริงจากแผนที่บ่งบอกความลึก

สำหรับผลการบูรณะสภาวะ 3 มิติด้วยวิธีการนี้ H. Kim, S. Yang และK. Sohn [14] กล่าวว่าการบูรณะสภาวะ 3 มิติด้วยวิธีการแปลงเชิงเรขาคณิต สามารถบูรณะสภาวะ 3 มิติจากแผนที่บ่งบอกความลึกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถแยกระยะห่างของตำแหน่งวัตถุออกจากพื้นหลังได้ แต่ไม่สามารถบอกรายละเอียดที่ซับซ้อนของวัตถุหรือระยะห่างของวัตถุ ที่วางใกล้กันมากๆ ส่วนถ้าต้องการสภาวะ 3 มิติที่ต้องการรายละเอียดที่ซับซ้อน เช่น การสร้างหน้าคนหรือการค้นหาวัตถุ [14] ได้เสนอให้ใช้วิธีการติดตั้งกล้องแบบหลายตัวแทนการติดตั้งกล้องเพียง 2 ตัว

ส่วนการบูรณะสภาวะ 3 มิติด้วยวิธีการอื่นๆ นอกจากวิธีการนี้ เริ่มจาก M. Pollefeys และ L. Gool [15] ศึกษาการบูรณะสภาวะ 3 มิติด้วยการเปลี่ยนแนวการวางตัวของกล้องทั้ง 2 ตัวเพื่อให้เกิดมุมมองอื่นๆ นั่นคือเป็นการเปลี่ยนมุมการวางกล้องกับวัตถุด้วยการขยับครั้งละ 5 องศารอบวัตถุเพื่อให้เห็นทุกด้านของวัตถุ ผลการวิจัยที่ได้มีความชัดเจน สามารถสร้างบริเวณที่ซับซ้อนได้ แต่ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยที่ต้องการยึดตัวกล้องอยู่กับที่ ต่อมา C. Strecha และ L. Gool สามารถบูรณะสภาวะ 3มิติ โดยใช้แผนที่บ่งบอกความลึกเพียง 2 ชุดจากกล้อง 3 ตัวเพื่อลดข้อจำกัดเรื่องการขยับกล้อง ผลที่ได้นั้น สามารถหารายละเอียดที่ซับซ้อนได้มากขึ้น ส่วน [15] ใช้กล้อง 2 ตัวบูรณะสภาวะ 3 มิติด้วยวิธีการแปลงเชิงเรขาคณิต ซึ่งสามารถบูรณะสภาวะ 3 มิติได้รายละเอียดเพียงแยกตำแหน่งของวัตถุออกจากพื้นหลัง แต่ไม่สามารถบ่งบอกรายละเอียดของวัตถุได้ ดังนั้นได้มีการแก้ไขสภาวะในการมองเห็นที่จำกัดนี้ โดย [15] ทำการวิจัยสร้างเส้นทางเดินให้กับหุ่นยนต์ โดยการสร้างแนวทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อใช้เป็นแนวทางการเคลื่อนที่ด้วยการหาความสัมพันธ์จากภาพที่มองเห็นแบบลำดับต่อเนื่อง (Image sequence) ด้วยการสร้างสภาวะ 3 มิติของแต่ละภาพมาเชื่อมต่อกัน ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สามารถแก้ไขสภาวะการมองเห็นของหุ่นยนต์ที่มีจำกัดได้

2.4 WebGL

WebGL (Web Graphics Library) เป็นJavaScriptAPI สำหรับแสดงผลกราฟฟิคสามมิติ (3D graphics) บนเว็บเบราเซอร์ ที่รองรับโดยไม่จำเป็นต้องติดตั้ง plug-in ใดๆ โดย WebGL สามารถทำงานร่วมกับเว็บบราวเซอร์ทั่วไปได้ด้วยการยอมให้ใช้หน่วยประมวลผล GPU มาประมวลผลลักษณะทางกายภาพ รูปภาพ และการแสดงผล

ส่วนหนึ่งของเว็บเพจ Element ของ WebGL สามารถนำไปประกอบกับ Element ต่างๆ ของ HTML หรือส่วนต่างๆ ของเพจหรือพื้นหลังเพจได้ ตัวโปรแกรมของ WebGL ประกอบไปด้วยตัวควบคุมซึ่งเขียนอยู่ในรูปแบบของ JavaScript และตัวปรับเฉดสี ซึ่งเขียนอยู่ในรูปแบบของ GLSL ซึ่งเป็นภาษาที่มีความคล้ายคลึงกับภาษา C หรื อ C++ และควบคุมการทำงานผ่าน GPU

2.5 Three.js

Three.js เป็น JavaScript library สำหรับแสดงผลกราฟฟิคสามมิติบนเว็บไซต์ โดยได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นการต่อยอดและนำ WebGL มาประยุกต์ใช้ เพื่อการแสดงผลสามมิติเป็นเว็บ ทำให้การพัฒนาเว็บที่แสดงผลสามมิติไม่ว่าจะเป็นการแสดงผล Geometry หรือ การนำไฟล์ .obj .mtl และ texture ไปแสงผลโมเดล 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือระบบการสร้างโมเดลสามมิติและสื่อการเรียนการสอน

3.1 ระบบการสร้างโมเดลสามมิติ

ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาระบบสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริง โดยได้ใช้ Library ที่มีอยู่นำมาปรับปรุงด้วยวิธีการไหลเชิงแสงและเครือข่ายฮอพฟิลด์สำหรับการทำ 3D Reconstruction รวมทั้งใช้ Library ที่มีอยู่ในการสร้างภาพสามมิติแบบ Image-based Rendering ด้วยเช่นกัน

- **การสร้างระบบ Image-based Rendering**

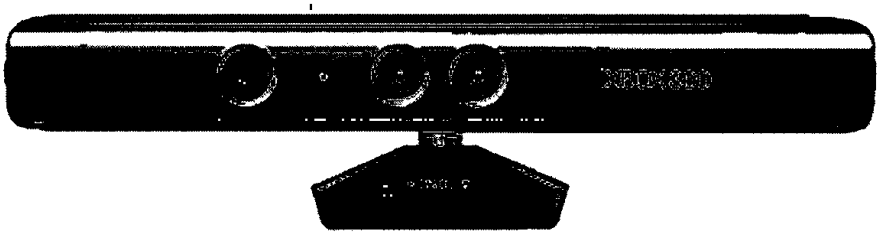
ในการสร้างระบบ Image-based Rendering ในงานวิจัยนี้นั้น ได้เลือกใช้ Library ชื่อว่า SmartBody ที่ได้พัฒนาขึ้นโดย University of Southern California ประเทศสหรัฐอเมริกา ภายใต้คำกำหนด GNU Library General Public License โดยซอฟต์แวร์นี้นั้นจะทำงานด้วยภาษา C++ แต่สามารถที่จะใช้ภาษา Python ในการควบคุมและสั่งการทำงานได้ ซึ่ง SmartBody สามารถทำงานได้เพียงลำพังหรือทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์อื่นในฐานะเครื่องมือเสริมได้เช่น Unity, Panda3D, iOS, Android เป็นต้น มีความ สามารถในด้านการวิเคราะห์และสร้างตัวละครเสมือนจริง โดยจะมีเครื่องมือการใช้งานดังนี้

- การเคลื่อนที่ของตัวละครในท่าทางต่าง ๆ
- การหลบหลีกและติดตามวัตถุ
- การจัดการวัตถุโดยตรง
- การประสานริมฝีปากและคำพูดระหว่างตัวละครและมนุษย์
- การแสดงสีหน้าและอารมณ์ของตัวละคร
- การจ้องมองของตัวละคร
- การแสดงท่าทาง
- การผสมท่าทาง
- การเคลื่อนไหวตามหลักฟิสิกส์
- การจำกัดการเคลื่อนไหว
- การสร้างผลกระทบระหว่างตัวละคร
- การจำลองรูปร่างและแกนกระดูกของตัวละครแบบอัตโนมัติ

โดย SmartBody สามารถพัฒนาให้ผู้ใช้ใช้งานผ่านทางส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ หรือการใช้งาน Script คำสั่งภาษา Python

สำหรับการถ่ายภาพเพื่อทำ Image-base rendering นั้น SmartBody จะใช้งานกับ Kinect Sensor

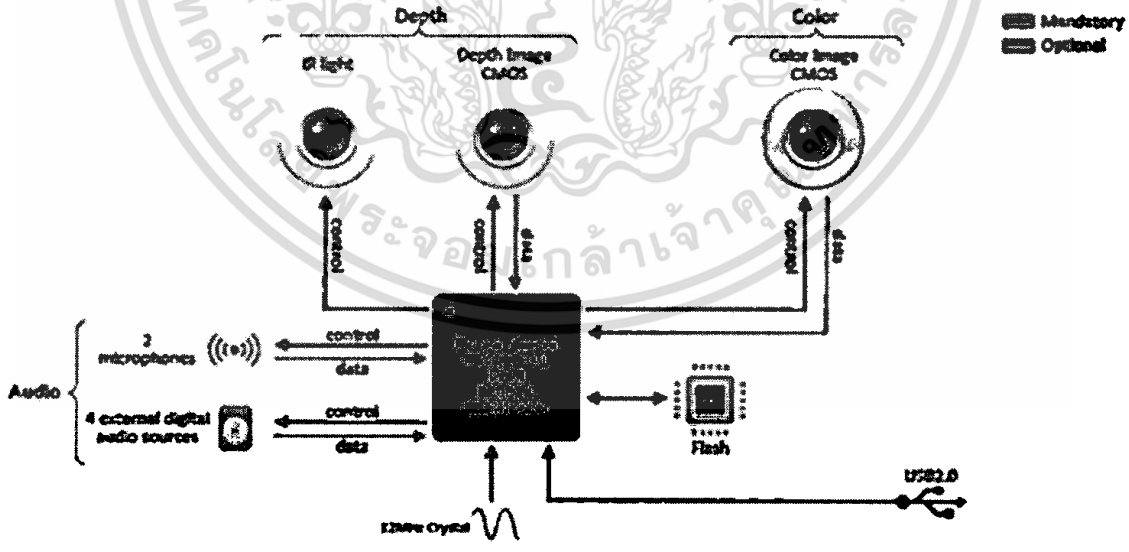
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กล้อง Kinect xbox 360

ส่วนประกอบของกล้อง Kinect จะประกอบไปด้วย

- Multi-array microphone ใช้สำหรับตรวจจับเสียงของผู้ใช้งาน โดยสามารถแยกเสียงรบกวนต่าง ๆออกไปได้
- Infrared projector ใช้สำหรับการฉายแสงอินฟราเรด โดยจะมีการฉายเป็นรูปแบบพื้นที่ เพื่อใช้จำลองพื้นผิวของวัตถุที่แสงตกกระทบ ทำงานร่วมกับ Depth camera
- Infrared camera ใช้สำหรับวัดความลึกของภาพวัตถุที่แสงอินฟราเรดตกกระทบ มาประมวลผล
- Motorized tilt ใช้สำหรับปรับมุมมองของกล้อง ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติ ตามขนาดวัตถุที่ต้องการจะถ่าย
- RGB camera ใช้สำหรับถ่ายภาพวัตถุ โดยเก็บรายละเอียดสีของวัตถุในพื้นที่

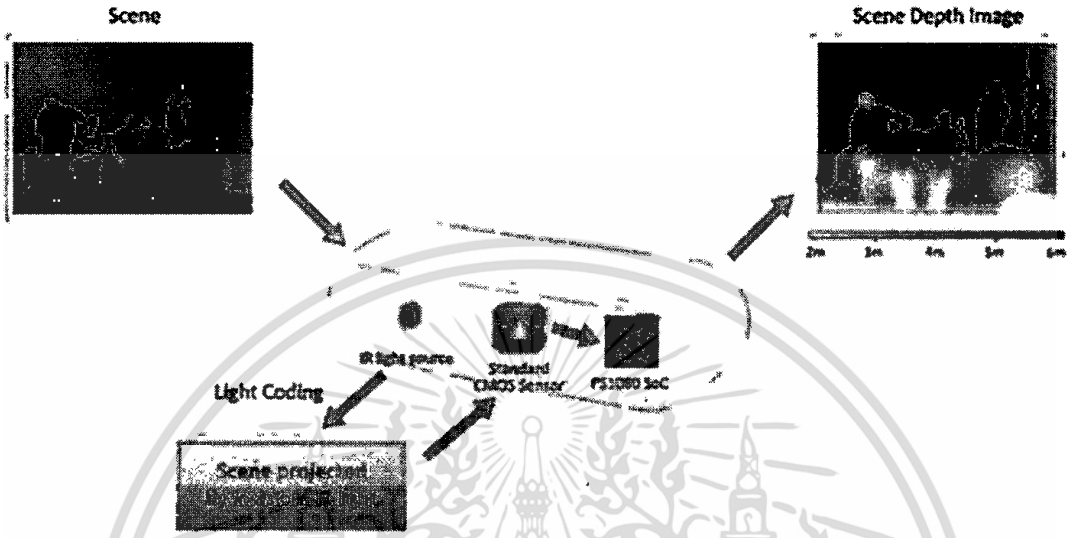


รูปที่ 3.2 ระบบภายในระบบกล้อง Kinect xbox 360

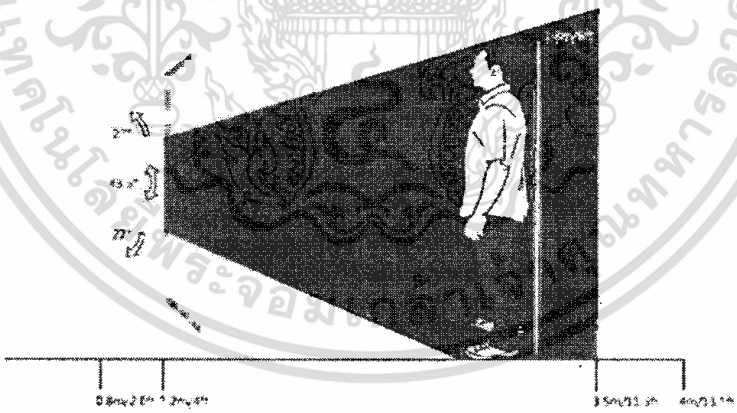
ตัวกล้อง Kinect จะทำการตรวจจับวัตถุโดยเริ่มต้นจากการฉายแสงอินฟราเรด ผ่าน Infrared projector เป็นลักษณะแบบแผนจุดตามทฤษฎี Structure Light เพื่อวัดความลึกของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการตกกระทบของแสงอินฟราเรดกับวัตถุ และรับข้อมูลแสงอินฟราเรดผ่าน Infrared camera และนำไปประมวลผลเพื่อจำลองระยะห่างของวัตถุและกล้อง Kinect เป็นภาพ โดยปกติตัวกล้องจะสามารถตรวจจับวัตถุได้ในระยะ 0.8 เมตรถึง 4 เมตร เพียงแต่ระยะที่ตรวจจับได้ดีที่สุดคือ 1.2 เมตร ถึง 3.5 เมตร



รูปที่ 3.3 การจำลองระยะความลึกของกล้อง Kinect xbox 360

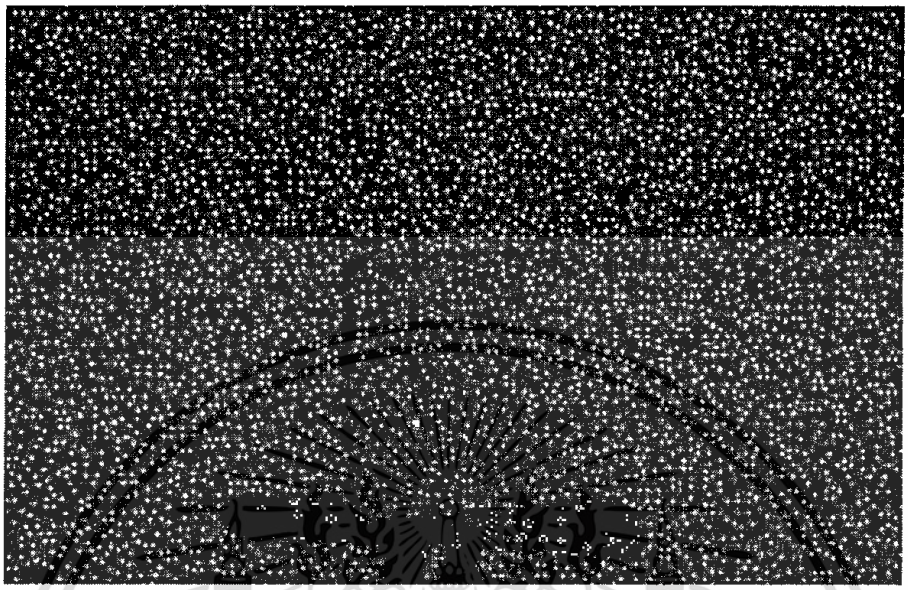


รูปที่ 3.4 ระยะการตรวจจับวัตถุของกล้อง Kinect xbox 360

ในการวัดระยะในระนาบสามมิติเพื่อช่วยในการสร้างภาพในมุมมองต่างๆ นั้น Library SmaryBody จะนำเอาภาพที่ถ่ายจาก Kinnect ที่ถ่ายโดย Structured Light มาคำนวณค่าในระนาบสามมิติซึ่งการใช้แสงในกระบวนการจำลองวัตถุสามมิติ ถือว่าเป็นวิธีการพื้นฐานที่อาจจะรู้จักกันว่า “การวัดพื้นผิวในสามมิติโดยใช้แสง” โดยจะเป็นการฉายแสงที่มีทั้งโครงสร้างและรหัสทั่วทั้งพื้นที่ ที่ได้จำกัดไว้ โดยจะเป็นการฉายที่มีรูปแบบ และบันทึกด้วยกล้องหนึ่งตัวหรือหลายตัว ด้วยการออกแบบพิเศษที่ทำให้ ทุกจุดลำแสงมีรหัสเป็นของตนเอง แล้วจึงมีการจับคู่โดยตรง (Direct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mapping) และถูกจับเก็บในระดับของแสงสีเทา (Gray Level) โดยการเก็บบันทึกจะเป็นแบบใช้รหัสเลขฐานสองแทนในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งแทนด้วยเลข 0 แทนบริเวณจุดที่มีความเข้มสีดำและเลข 1 แทนบริเวณจุดที่มีความเข้มสีขาว)



รูปที่ 3.5 รูปแบบแสงของกล้อง Kinect

รูปที่ 3.6 รูปที่ถูกจัดเก็บเป็น Gray Level

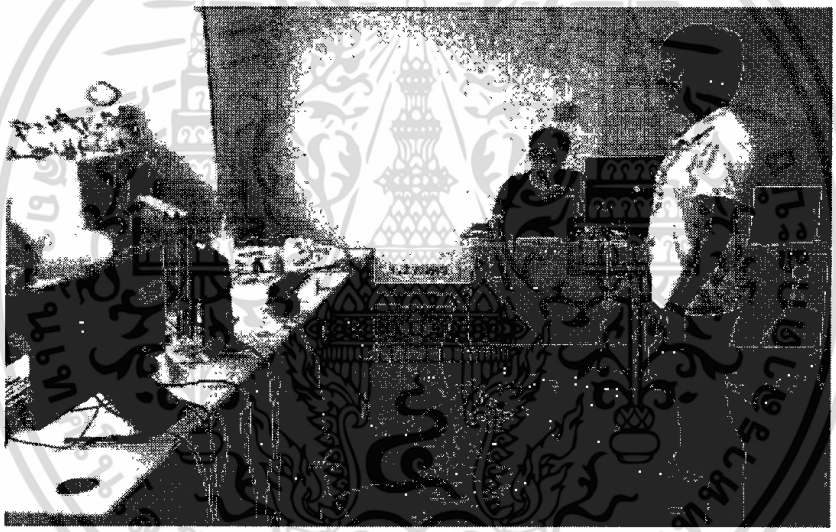
	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
r_0	0	0	0	0	0	0	0
r_1	0	0	0	0	1	1	1
r_2	0	0	1	1	1	1	0
r_3	0	1	1	0	0	1	1

รูปที่ 3.7 รูปแบบแสงของกล้อง Kinect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาทฤษฎี Photogrammetry ทำให้ทราบว่าการที่จะทำตามทฤษฎีนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้งานอุปกรณ์ที่สามารถถ่ายรูปภาพได้ และที่สำคัญคุณภาพของภาพที่ได้จะต้องมีความชัดเจนเพื่อที่ให้เกิดการเปรียบเทียบ ระหว่างรูปภาพแต่รูปให้สัมพันธ์ ได้ถูกต้องตรงตามที่ผู้ดำเนินการคาดหวังไว้ โดยในซอฟต์แวร์ SmartBody มีซอฟต์แวร์ย่อยคือ Fast Avatar Capture ที่มีความสามารถประมวลผลแล้วจำลองตัวละครใดๆ ก็ได้ ตราบใดที่ภาพที่ถ่ายนั้นมีคุณภาพเพียงพอต่อการประมวลผลโดย SmartBody จะใช้ภาพ 4 มุมได้แก่ ด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย ด้านขวา ซึ่งเมื่อโปรแกรมประมวลผลเสร็จสิ้นแล้ว โปรแกรมจะสร้างไฟล์ Mesh.ply ที่เป็นโมเดลจำลองจากวัตถุต้นแบบ

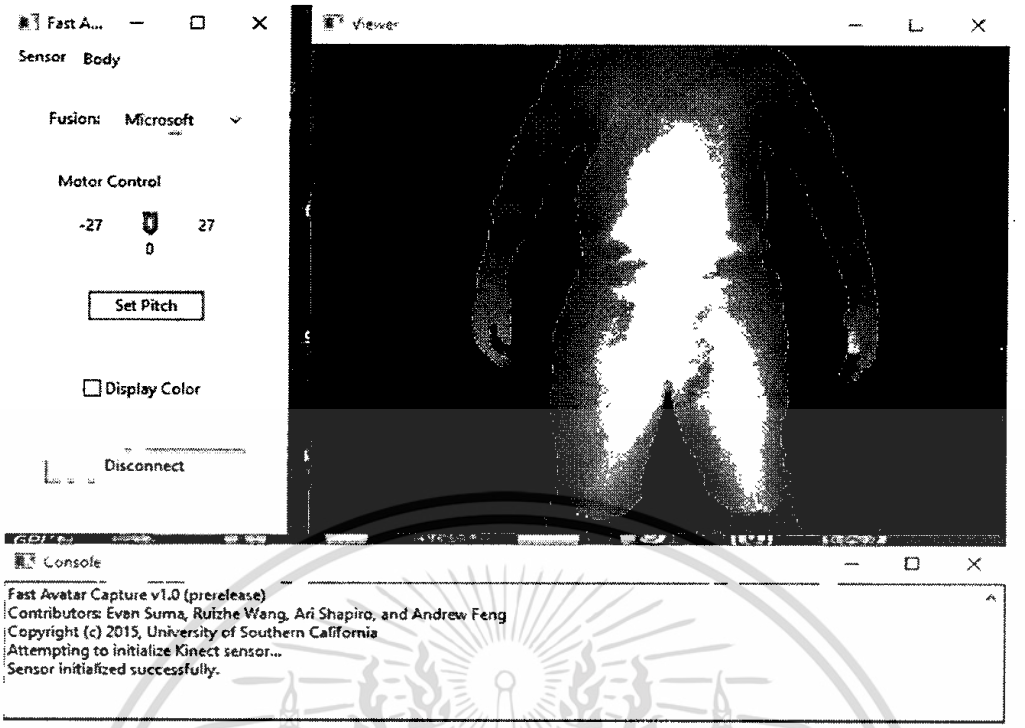
ผลการพัฒนาระบบการสร้างภาพสามมิติแบบ Image-based Rendering นั้นเป็นดังที่จะอธิบายต่อไปนี้ โดยเริ่มต้นจะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ให้เหมาะสมเสียก่อน ซึ่งคอมพิวเตอร์เปิดใช้งานซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น โดยเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ความสามารถของ SmartBody Library และติดตั้งกล้อง Kinect ตั้งที่ความสูงอยู่ตั้งแต่ 0.8 เมตร ถึง 1 เมตรและต้องห่างจากวัตถุระหว่าง 1.2 เมตร ถึง 1.4 เมตร เพื่อให้กล้องสามารถถ่ายได้ครบทุกมุมหลัก



รูปที่ 3.8 ระยะที่เหมาะสมในการตั้งกล้อง Kinect

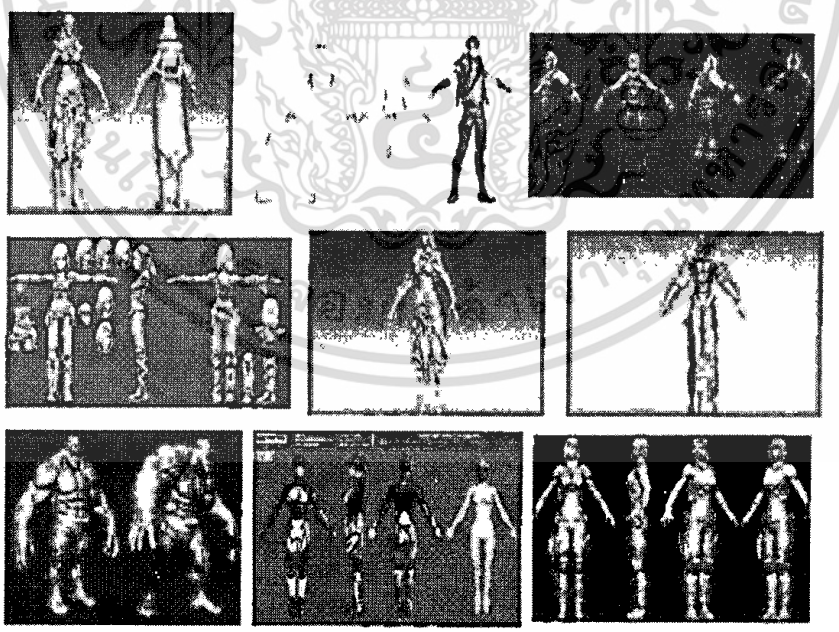
เมื่อทำการติดตั้งฮาร์ดแวร์เรียบร้อยแล้ว เริ่มการทำงานโดยการเปิดใช้งานซอฟต์แวร์ Fast Avatar Capture ในแท็บ Sensor ให้กดปุ่ม Connect เพื่อทำการเชื่อมต่อตัวกล้อง Kinect สำหรับใช้งานซอฟต์แวร์นี้ หากหน้าต่าง Console ขึ้นว่า Sensor initialized successfully. คือกล้องเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 Fast Avatar Capture ที่เชื่อมต่อกล้องแล้ว

จากนั้นไปที่แท็บ Body ช่อง Scan Name ให้ใส่ชื่อที่ต้องการตั้งให้ไฟล์ Output จากนั้นกดปุ่ม Capture Avatar แล้วไปยืนหน้ากล้องโดยหันหน้าเข้ากล้อง โดยยืนในท่า A Pose



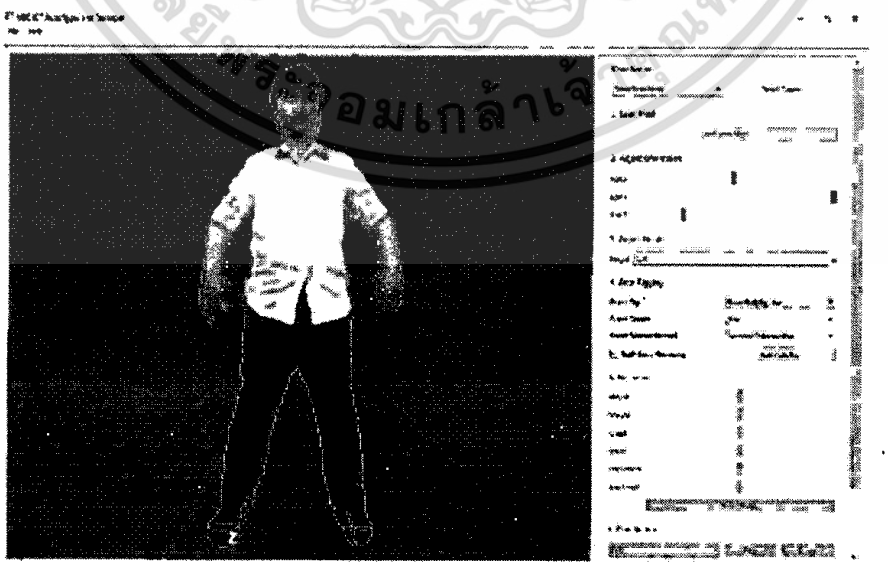
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการยืน A-Pose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกล้องจะทำการถ่ายภาพมุมต่ำ มุมตรงและมุมสูง เมื่อถ่ายครบ 3 ระดับแล้ว จากนั้นให้หันทางด้านซ้าย 90 องศา โดยยืนท่าเดิมและรอให้กล้องถ่ายครบ 3 ระดับ ทำแบบนี้จนถ่ายครบ 4 ด้าน โดยบันทึกในรูปแบบของรูป Gray Level เมทริกซ์ 3 มิติ จากนั้นจะคำนวน Point cloud . ทั้ง 4 ด้านมาประกอบกันด้วยการใช้ความสามารถของ Matlab ในการใช้การคำนวณ Transpose of Matrix 3x3 ให้รูปทั้ง 4 ด้านประกอบกันเป็นโครงขึ้นมา เมื่อขึ้นโครงได้แล้วจะทำการสร้าง Face ท้ายที่สุดแล้วจะได้ไฟล์ Mesh.ply โมเดลออกมาเป็น Output

รูปที่ 3.10 การใช้ Matlab ในการประมวลผลสร้าง Mesh.ply

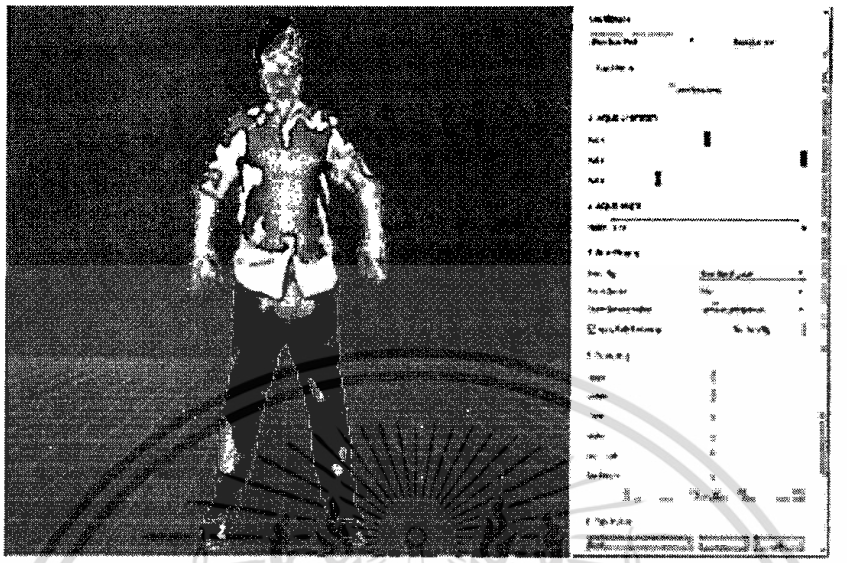
หลังจากนั้นเพื่อสร้างภาพในมุมอื่นๆ ที่ไม่ได้ถ่ายไว้ ให้เปิดซอฟต์แวร์ Autorigger And Reshaper ในส่วนหัวข้อ Load Mesh คลิกที่ปุ่ม Load Mesh แล้วไปที่โฟลเดอร์ที่ตั้งชื่อจากซอฟต์แวร์ Fast Avatar Capture ไว้ เลือกไฟล์ Mesh.ply จากนั้น Mesh จะถูกโหลดเข้ามาในซอฟต์แวร์ Autorigger And Reshaper



รูปที่ 3.11 โหลด Mesh เข้าซอฟต์แวร์ Autorigger And Reshaper แล้ว

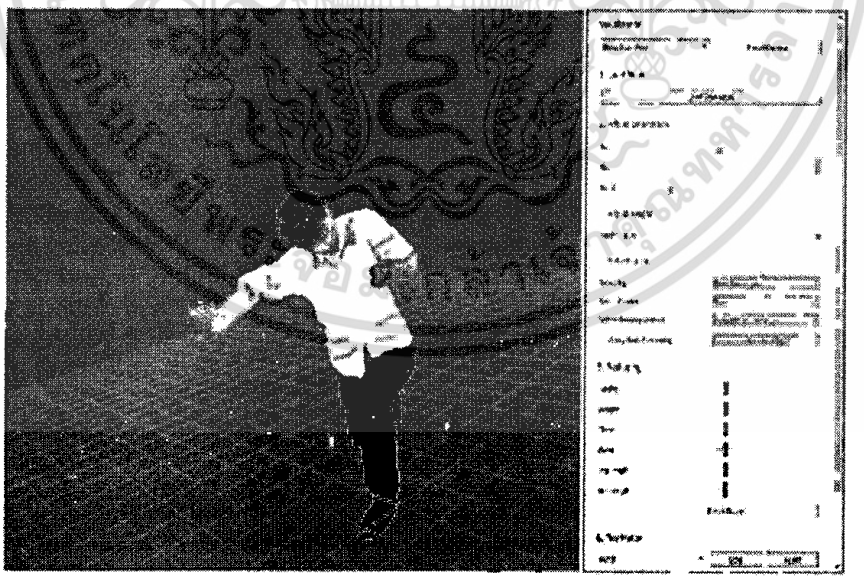
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้จัดท่าทางของ Mesh ให้หันหน้าตรงแล้วกดปุ่ม Run Auto Rig จากนั้น ซอฟต์แวร์ จะทำการเปรียบเทียบข้อต่อกับชุดข้อมูลตัวอย่าง ท้ายที่สุดแล้วจะได้ Mesh ที่มี Rig



รูปที่ 3.12 การเปรียบเทียบโมเดลจำลองกับโครงกระดูกสำเร็จรูป

ผู้ใช้สามารถปรับแต่งรูปทรงต่างๆ ได้ที่หัวข้อ 5.Reshaping และลองทดสอบการเคลื่อนไหวได้ที่ 6.Play Motion เมื่อปรับแต่งเรียบร้อยแล้วกดปุ่ม Export Scan Skin Mesh ด้านล่างสุดเพื่อนำไฟล์ไปใช้ต่อ ในซอฟต์แวร์ถัดไป



รูปที่ 3.13 ทดลอง Animation ของโมเดล

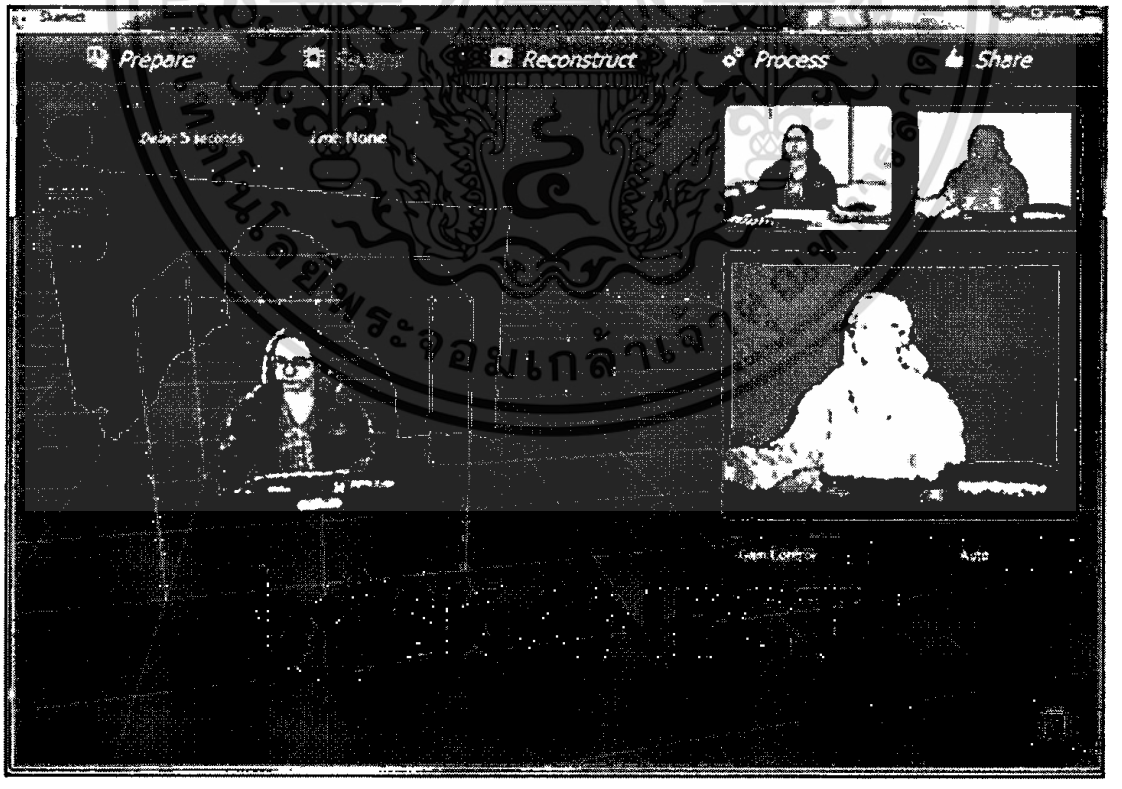
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การสร้างระบบ 3D Reconstruction**

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์ Kinect Sensor เพื่อใช้ในการตรวจวัดลักษณะทางกายภาพแบบสามมิติ เพื่อใช้ในการสร้างโมเดล 3 มิติ โดยซอฟท์แวร์ของ Kinect ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Rare ซึ่งเป็นบริษัทลูกของ Microsoft Game Studios โดยใช้เทคโนโลยี Range camera สามารถแปลท่าทางการเคลื่อนไหวต่างๆ ทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้โดยไม่ใช้ต้องใช้มือหรือการเข้าไปควบคุมโดยตรง โดยการใช้เครื่องฉายภาพแบบอินฟาเรต(Infrared projector), กล้องและไมโครชิปชนิดพิเศษ เพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุในทั้งสามมิติ โดยรวมเรียกระบบ 3D Scanner นี้ว่า Light Coding ในปัจจุบันได้ถูกนำไปใช้ในการสร้างภาพสามมิติในรูปแบบและวิธีที่หลากหลาย

อุปกรณ์ Kinect sensor จะมีตัวรับสัญญาณลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมวางอยู่เป็นแนวนอน ตั้งอยู่บนฐานเล็กๆ โดยถูกออกแบบมาให้วางอยู่บริเวณด้านบนหรือด้านล่างอุปกรณ์แสดงผล อุปกรณ์นี้มีลักษณะเด่นที่สำคัญ คือเป็น RGB camera, Depth sensor และ Multi-array microphone ควบคุมการทำงานด้วยซอฟท์แวร์เฉพาะซึ่งสามารถทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบ Full body รู้จำใบหน้าและรู้จำเสียงได้

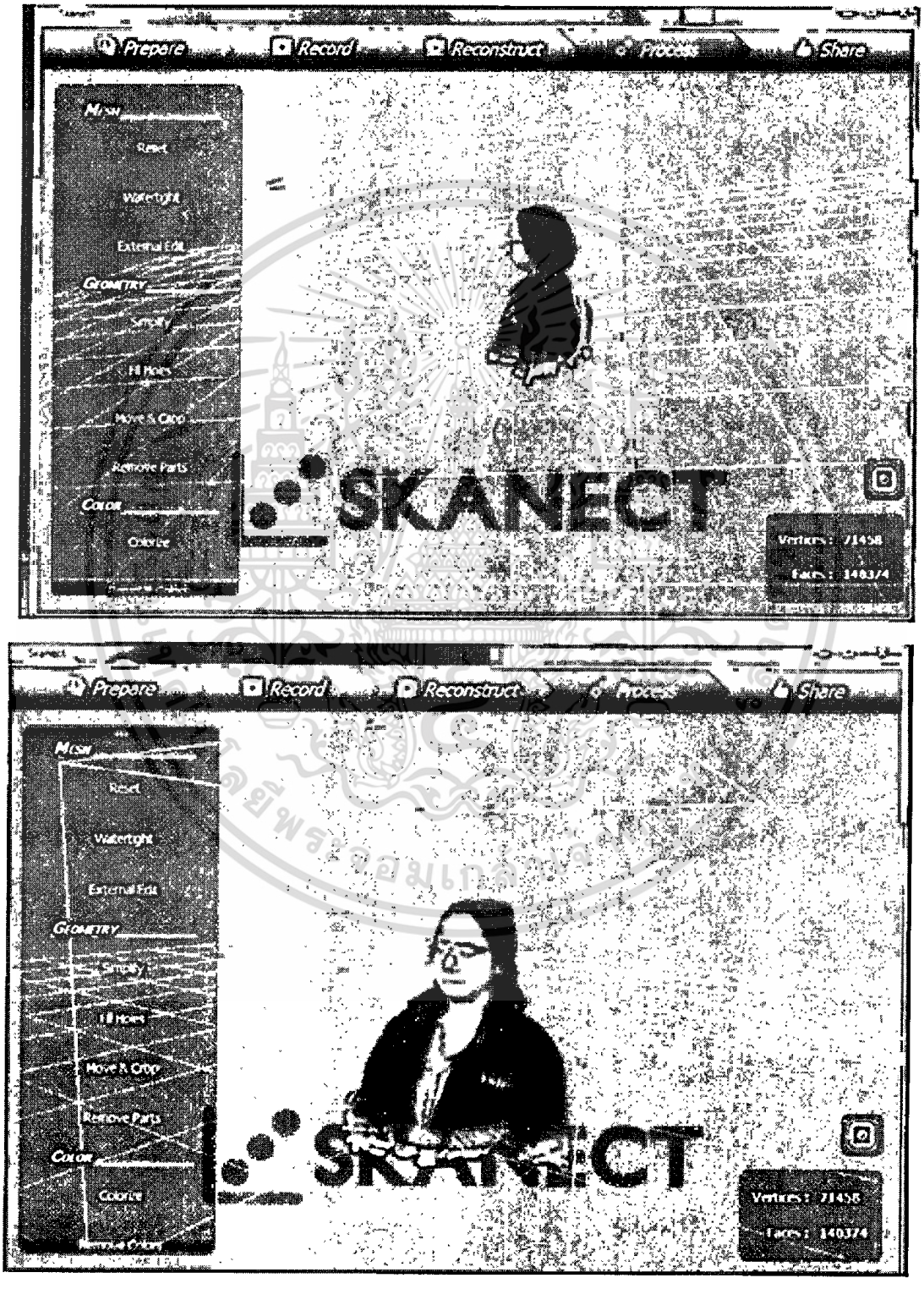
ในการสร้างโมเดล 3 มิตินั้น นักวิจัยได้ทำการพัฒนาระบบการสร้างโมเดล 3 มิติ โดยการใช้ Software Library ที่ชื่อว่า SKANECT โดย Software Library นี้จะมีความสามารถในการเข้าถึงผลการสแกนของ Kinect Sensor โดยผลการสแกนจะเป็นข้อมูลความลึกจากตำแหน่งของ Kinect Sensor คุณสมบัติเด่นของ Software Library นี้คือ สามารถแยกได้ว่าข้อมูลความลึกที่ได้นั้นเป็นข้อมูลความลึกของวัตถุ บุคคล หรือห้องได้ อีกทั้งยังสามารถกำหนดของเขตของการสแกนได้ด้วย ทำให้ผลลัพธ์ของการสร้างโมเดล 3 มิติถูกต้องพอสมควร



รูปที่ 3.14 ระบบการสร้างโมเดลสามมิติด้วย Kinect Sensor ผ่าน Software Library SKANECT

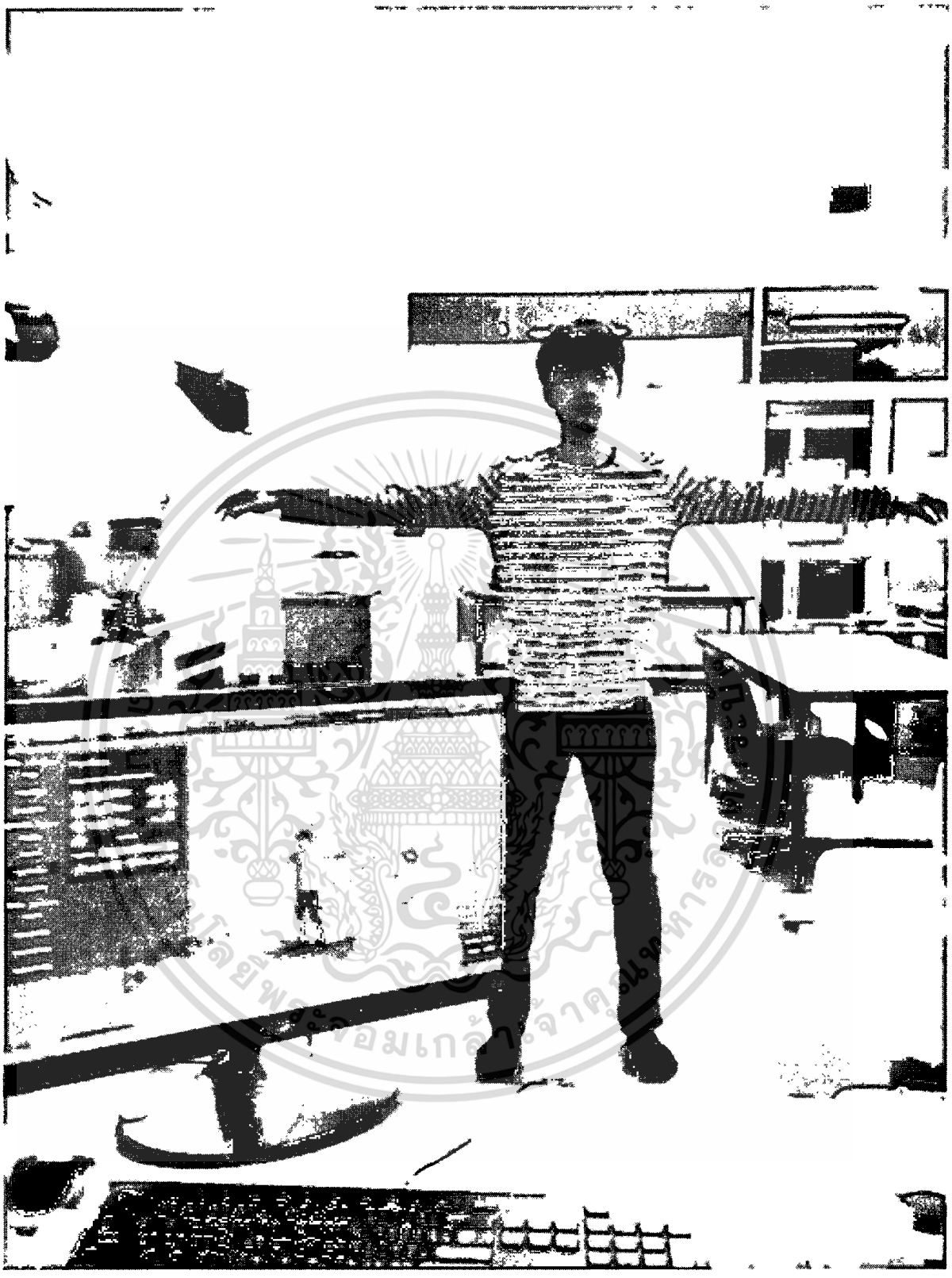
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.14 จะแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการสแกนข้อมูลสามมิติโดยการใช้ SKANECT ซึ่งในการสแกนหนึ่งครั้งจะได้ภาพและข้อมูลในหนึ่งมุมมอง หลังจากนั้นจะต้องทำการหมุนวัตถุหรือเปลี่ยนตำแหน่งของ Kinect Sensor เพื่อทำการสแกนเพิ่มเติมในมุมอื่นๆ โดยระบบที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นจะนำเอาข้อมูลทั้งหมดมาทำการประสานกันรวมเป็นโมเดล 3 มิติ 1 โมเดล ดังรูปที่ 3.15



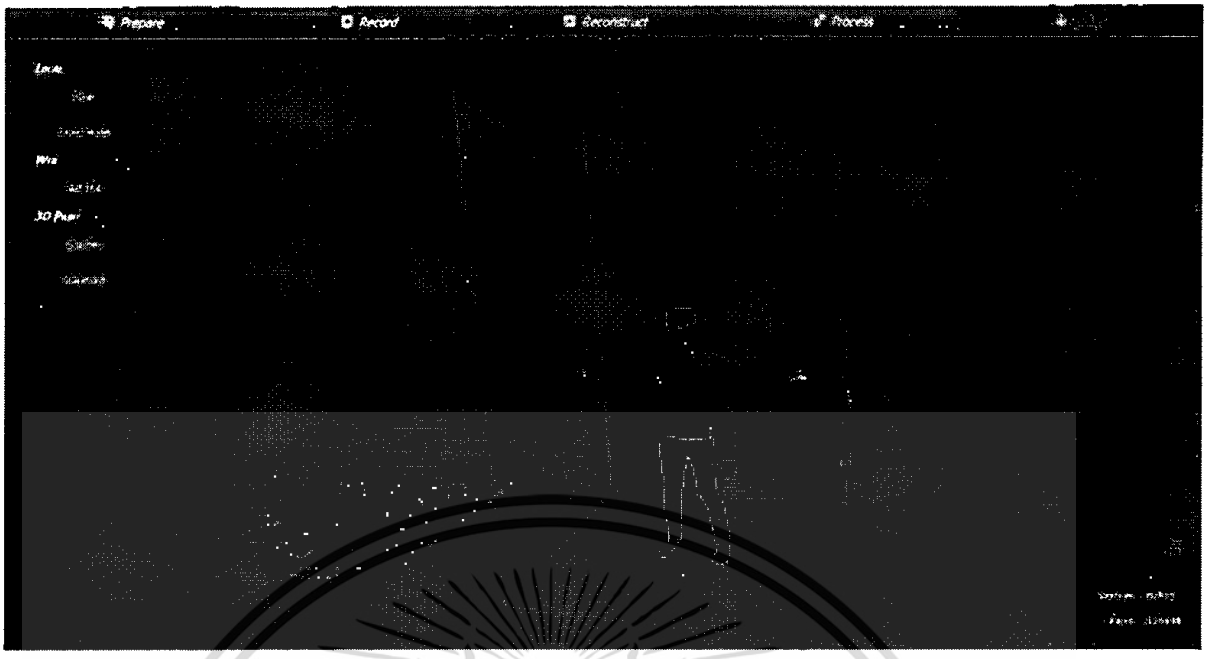
รูปที่ 3.15 ผลลัพธ์การสร้างโมเดลสามมิติด้วย SKANECT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 การจัดวางบุคคลที่เหมาะสมในการใช้งาน SKANECT เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ผลลัพธ์การสแกนบุคคลเพื่อสร้างโมเดล 3 มิติ

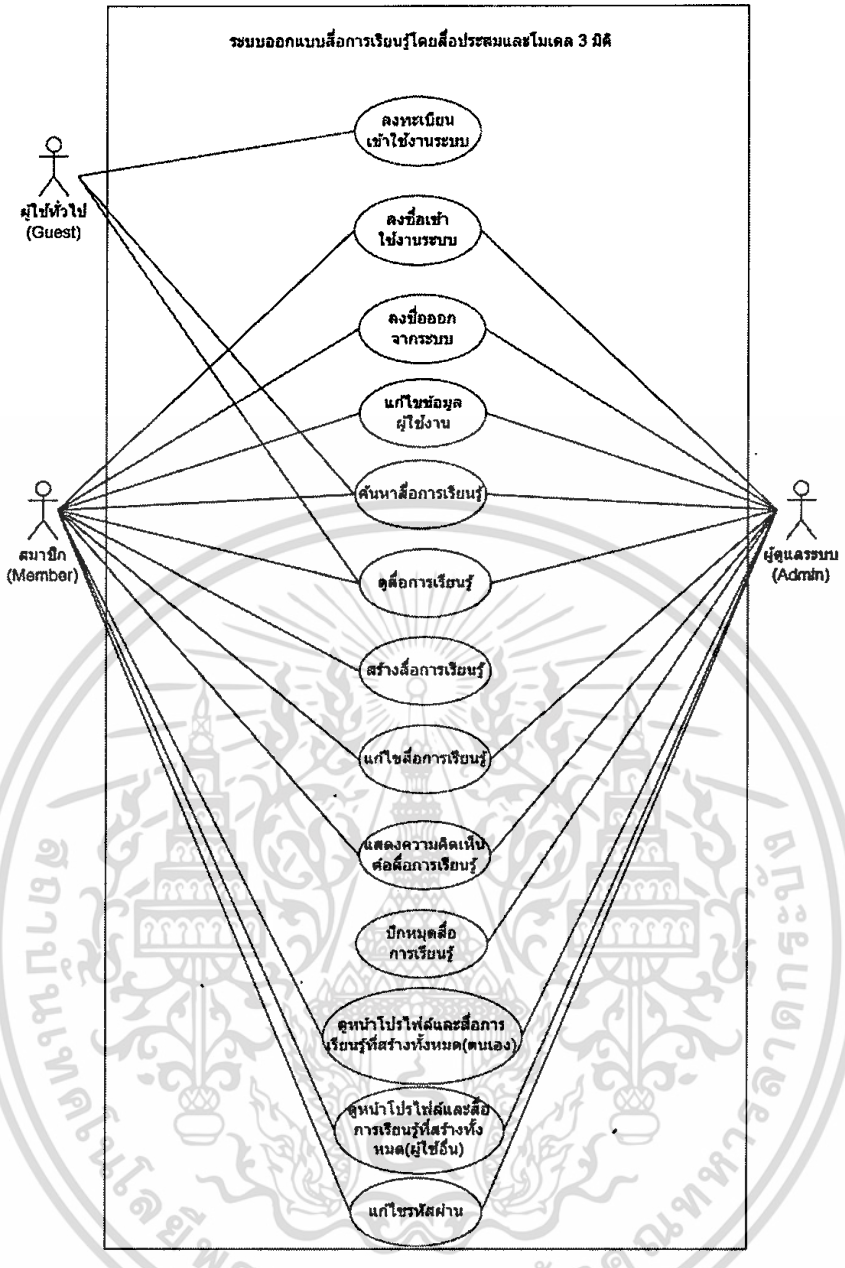
งานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอแนวทางเลือกในการสร้างโมเดล 3 มิติในวิธีการ Photogrammetry ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์ Kinect Sensor แม้จะมีราคาไม่แพงมาก แต่อาจจะเป็นการยุ่งยากสำหรับผู้ใช้ในการจัดหาอุปกรณ์ดังกล่าว

แนวทาง Photogrammetry เป็นแนวทางการสร้างโมเดล 3 มิติจากภาพถ่าย ซึ่งจะต้องทำการถ่ายภาพวัตถุหรือบุคคลในมุมต่างๆ กันรอบวัตถุนั้นๆ แล้วจะทำการหาจุดที่ตรงกันในรูปภาพในมุมต่างๆ เพื่อคำนวณหาตำแหน่งจุดในระนาบ 3 มิติด้วยวิธี Triangulation ผลที่ได้จะเป็นกลุ่มจุดเมฆที่จะต้องนำไปสร้างพื้นผิวของโมเดล 3 มิติต่อไป สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรม Autodesk Remake เพื่อทำการสร้างโมเดล 3 มิติจากภาพถ่าย โดย Autodesk Remake จะมีฟังก์ชั่นการทำงานให้ผู้ใช้อัพโหลดภาพถ่ายทั้งหมดเข้าสู่ระบบและตั้งชื่อโมเดลที่จะประมวลผล หลังจากนั้นผู้ใช้จะสามารถดาว์โหลดไฟล์โมเดลตัวอย่างที่ประมวลผลเสร็จแล้วเพื่อตรวจสอบคุณภาพและแก้ไขเบื้องต้นได้

3.2 ระบบสื่อการเรียนการสอน

ในการพัฒนาระบบสื่อการเรียนการสอนที่แสดงผลโมเดลสามมิติได้นั้น ได้ทำการเก็บความต้องการของผู้ใช้ระบบ และแสดงผลได้ดัง Usecase Diagram ดังรูปที่ 3.18 และคำอธิบายดังตารางที่ 3.1 ถึงตารางที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อธิบายรายละเอียด Use Case ลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ

Use Case Name: ลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ	ID: 1	Important Level: High
Primary Actor: ผู้ใช้งานทั่วไป	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานลงทะเบียนในระบบ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าสู่ระบบได้ โดยผู้ใช้งานต้องกรอกข้อมูลของผู้ใช้		
Trigger: ผู้ใช้งานต้องการลงทะเบียนใช้งานระบบ Type:		
Related Use Case: -		
Pre - Condition: -		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานเลือกปุ่ม “Register” ในหน้าลงชื่อเข้าใช้ของระบบ 2. ระบบแสดงหน้าลงทะเบียน 3. ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลของผู้ใช้ลงในแบบฟอร์มของหน้าลงทะเบียน 4. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “Register” ในหน้าลงทะเบียน 5. ระบบแจ้งเตือนการลงทะเบียนสำเร็จและแสดงหน้าลงชื่อเข้าใช้ระบบ		
Subflow: 1. ระบบแสดงข้อความ “มีผู้ใช้นี้อยู่ในระบบแล้ว” ในกรณีที่รายชื่อผู้ใช้งานซ้ำกับที่มีอยู่ในระบบ 2. ระบบแสดงข้อความ “มีอีเมลล์นี้อยู่แล้ว” ในกรณีที่อีเมลล์ใหม่ที่ผู้ใช้กรอกไปซ้ำกับอีเมลล์ที่มีอยู่ก่อนแล้วในระบบ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 อธิบายรายละเอียด Use Case ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ

Use Case Name: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ	ID: 2	Important Level: High
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานลงชื่อเข้าใช้งานระบบเพื่อใช้งานระบบ โดยผู้ใช้งานต้องทำการลงทะเบียนเข้าสู่ระบบมาก่อนแล้ว โดยใช้ ชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน ที่ผู้ใช้งานได้กรอกลงในแบบฟอร์มของหน้าลงทะเบียน มาลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Trigger: ผู้ใช้งานต้องการเข้าใช้งานระบบ Type:		
Related Use Case: ลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ		
Pre - Condition: ผู้ใช้งานต้องลงทะเบียนเข้าสู่ระบบมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ระบบแสดงหน้าลงชื่อเข้าใช้งานระบบ 2. ผู้ใช้งานกรอกแบบฟอร์มของหน้าลงชื่อเข้าใช้งานระบบ 3. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “Login” ของหน้าลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Subflow: 1. ระบบแสดงข้อความ “User หรือ Password ไม่ถูกต้อง” ในกรณีที่รายชื่อผู้ใช้งานหรือรหัสผ่านที่กรอกเพื่อเข้าใช้งานไม่ตรงกับที่มีอยู่ในระบบ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 อธิบายรายละเอียด Use Case ลงชื่อออกจากระบบ

Use Case Name: ลงชื่อออกจากระบบ	ID: 3	Important Level: Low
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานลงชื่อออกจากระบบ		
Trigger: เมื่อผู้ใช้งานไม่มีความจำเป็นจะต้องใช้งานระบบ Type:		
Related Use Case: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Pre - Condition: ผู้ใช้งานต้อง Login เข้าสู่ระบบ		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “Logout” 2. ระบบทำการกลับไปหน้าหลักอัตโนมัติหลังยืนยันว่าผู้ใช้งานออกจากระบบแล้ว		
Subflow:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 อธิบายรายละเอียด Use Case แก้ไขข้อมูลผู้ใช้งาน

Use Case Name: แก้ไขข้อมูลผู้ใช้งาน	ID: 4	Important Level: Low
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานทำการแก้ไขรายละเอียดต่างๆในบัญชีผู้ใช้งานของตน		
Trigger: ผู้ใช้งานต้องการแก้ไขข้อมูลส่วนตัวให้มีความเป็นปัจจุบัน Type:		
Related Use Case: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Pre - Condition: ผู้ใช้งานต้อง Login เข้าสู่ระบบ		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “Edit Profile” 2. กรอกข้อมูลใหม่ลงในช่องที่ต้องการแก้ไข 3. กดปุ่ม “ยืนยัน” 4. รอระบบแสดงข้อความ “แก้ไขข้อมูลเรียบร้อย” เพื่อยืนยันว่าข้อมูลใหม่ได้ถูกบันทึกเรียบร้อย		
Subflow: 1. ระบบแสดงข้อความ “มีอีเมลล์นี้อยู่แล้ว” ในกรณีที่อีเมลล์ใหม่ที่ผู้ใช้งานกรอกไปซ้ำกับอีเมลล์ที่มีอยู่ก่อนแล้วในระบบ 2. ระบบแสดงข้อความ “คุณกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง/ไม่ครบถ้วน”ในกรณีที่กรอกข้อมูลไม่ครบหรือผิดจากที่ระบบกำหนดไว้		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 อธิบายรายละเอียด Use Case ค้นหาสื่อการเรียนรู้

Use Case Name: ค้นหาสื่อการเรียนรู้	ID: 5	Important Level: High
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก,ผู้ใช้ทั่วไป	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานทำการหาสื่อการเรียนรู้ที่ต้องการจะดู		
Trigger: ผู้ใช้งานหาสื่อการเรียนรู้ที่ต้องการไม่เจอหรือต้องการทราบว่ามีสื่อการสอนนี้หรือไม่ Type:		
Related Use Case: -		
Pre - Condition: -		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานทำการกรอกชื่อสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องลงในช่องค้นหา 2. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “Search” 3. ระบบทำการแสดงผลสื่อการสอนที่พบ		
Subflow:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 อธิบายรายละเอียด Use Case ดูสื่อการเรียนรู้

Use Case Name: ดูสื่อการเรียนรู้	ID: 6	Important Level: High
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก,ผู้ใช้ทั่วไป	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานเรียกดูสื่อการเรียนรู้		
Trigger: ผู้ใช้งานต้องการทราบเนื้อหาภายในสื่อการสอน Type:		
Related Use Case: -		
Pre - Condition: -		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานกดที่รายชื่อสื่อการเรียนรู้ 2. ระบบเปลี่ยนไปหน้าที่มีเนื้อหาสื่อการสอนตามหัวข้อที่เลือก		
Subflow:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 อธิบายรายละเอียด Use Case สร้างสื่อการเรียนรู้

Use Case Name: สร้างสื่อการเรียนรู้	ID: 7	Important Level: High
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานสร้างสื่อการเรียนรู้ขึ้นมา		
Trigger: ผู้ใช้ต้องการเผยแพร่ความรู้ในรูปแบบสื่อการเรียนรู้ Type:		
Related Use Case: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Pre - Condition: ผู้ใช้งานต้อง Login เข้าสู่ระบบ		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “สร้างสื่อการเรียนรู้” 2. ผู้ใช้งานทำการกรอกชื่อสื่อการเรียนรู้ 3. ผู้ใช้งานทำการเขียนเนื้อหาสื่อการเรียนรู้และอัปโหลดไฟล์โมเดลสามมิติ 4. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “Submit”		
Subflow: 1. ระบบแสดงข้อความ “กรุณากรอกข้อมูลให้ครบถ้วน” ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่ได้กรอกชื่อสื่อการเรียนรู้หรือเนื้อหาของสื่อการเรียนรู้		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 อธิบายรายละเอียด Use Case แก้ไขสื่อการเรียนรู้

Use Case Name: แก้ไขสื่อการเรียนรู้	ID: 8	Important Level: High
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานแก้ไขสื่อการเรียนรู้ของตน		
Trigger: ผู้ใช้งานต้องการแก้ไขข้อผิดพลาดของสื่อการเรียนรู้ Type:		
Related Use Case: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Pre - Condition: ผู้ใช้งานต้อง Login เข้าสู่ระบบ		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานกดปุ่มชื่อสื่อการเรียนรู้ในหน้าโปรไฟล์ของตน 2. ผู้ใช้งานทำการแก้ไขชื่อหรือเนื้อหาของสื่อการเรียนรู้ 3. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “Submit” เพื่อยืนยันการแก้ไขสื่อ		
Subflow: 1. ระบบแสดงข้อความ “กรุณาเขียนเนื้อหา” ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่ได้ใส่เนื้อหาลงในสื่อการเรียนรู้ที่จะแก้ไข		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 อธิบายรายละเอียด Use Case แสดงความคิดเห็นต่อสื่อการเรียนรู้

Use Case Name:แสดงความคิดเห็นต่อสื่อการเรียนรู้	ID: 9	Important Level: Low
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานแสดงความคิดเห็นต่อสื่อการเรียนรู้ที่รับชมอยู่		
Trigger: ผู้ใช้ต้องการแสดงความคิดเห็นต่อสื่อการเรียนรู้ Type:		
Related Use Case: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Pre - Condition: ผู้ใช้งานต้อง Login เข้าสู่ระบบ		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานกดที่สื่อการเรียนรู้ที่ต้องการแสดงความคิดเห็น 2. ผู้ใช้งานพิมพ์ความคิดเห็นลงในช่องแสดงความคิดเห็น (Comment) 3. ผู้ใช้งานกดปุ่ม “Submit” 4. ระบบแสดงหน้าสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ใช้แสดงความคิดเห็นล่าสุด		
Subflow:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 อธิบายรายละเอียด Use Case ดูสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ใช้สร้างทั้งหมด

Use Case Name: ดูหน้าโปรไฟล์และสื่อการเรียนรู้ที่สร้างทั้งหมด(ตนเอง)	ID: 10	Important Level: High
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานดูรายละเอียดโปรไฟล์และรายชื่อสื่อการเรียนรู้ที่ตนสร้างทั้งหมด		
Trigger: ผู้ใช้ต้องการดูโปรไฟล์และสื่อการเรียนรู้ทั้งหมดที่เคยสร้างจนถึงปัจจุบัน Type:		
Related Use Case: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Pre - Condition: ผู้ใช้งานต้อง Login เข้าสู่ระบบ		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 1. ผู้ใช้งานกดที่ชื่อของตน เพื่อเข้าหน้าโปรไฟล์ของตน 2. ผู้ใช้งานดูโปรไฟล์และรายชื่อสื่อการเรียนรู้ที่ตนสร้าง		
Subflow:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 อธิบายรายละเอียด Use Case แก้ไขรหัสผ่าน

Use Case Name: ดูหน้าโปรไฟล์และสื่อการเรียนรู้ที่สร้างทั้งหมด(ผู้ใช้อื่น)	ID: 11	Important Level: Low
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้งานดูรายละเอียดโปรไฟล์และรายชื่อสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ใช้อื่นสร้างทั้งหมด		
Trigger: ผู้ใช้ต้องการดูโปรไฟล์และสื่อการเรียนรู้ทั้งหมดที่เคยสร้างจนถึงปัจจุบัน Type:		
Related Use Case: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Pre - Condition: - ผู้ใช้งานต้อง Login เข้าสู่ระบบ		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 3. ผู้ใช้งานกดที่ชื่อของตน เพื่อเข้าหน้าโปรไฟล์ของผู้ใช้อื่น 1. ผู้ใช้งานดูโปรไฟล์และรายชื่อสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ใช้อื่นสร้าง		
Subflow:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 อธิบายรายละเอียด Use Case ปักหมุดสื่อการเรียนรู้

Use Case Name: ปักหมุดสื่อการเรียนรู้	ID: 12	Important Level: Low
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ดูแลระบบปักหมุดสื่อการเรียนรู้เพื่อเน้นข้อความสำคัญ ให้สมาชิกทุกคนทราบ		
Trigger: ผู้ใช้ต้องการให้มีคนสังเกตเห็นสื่อการเรียนรู้ที่ต้องการได้ง่าย Type:		
Related Use Case: ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ		
Pre - Condition: ผู้ใช้งานต้อง Login เข้าสู่ระบบในฐานะผู้ดูแลระบบ		
Post - Condition:		
Flow of Event: 1. ผู้ดูแลระบบเข้าไปที่สื่อการเรียนรู้ที่ต้องการปักหมุด 2. ระบบแสดงสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ดูแลระบบเลือก 3. ผู้ดูแลระบบกดปุ่ม “Pinned” ในหน้าสื่อการเรียนรู้ที่เลือกไว้ 4. ระบบนำสื่อการเรียนรู้ที่ปักหมุดขึ้นมาแสดงเหนือสื่อการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยม		
Subflow:		

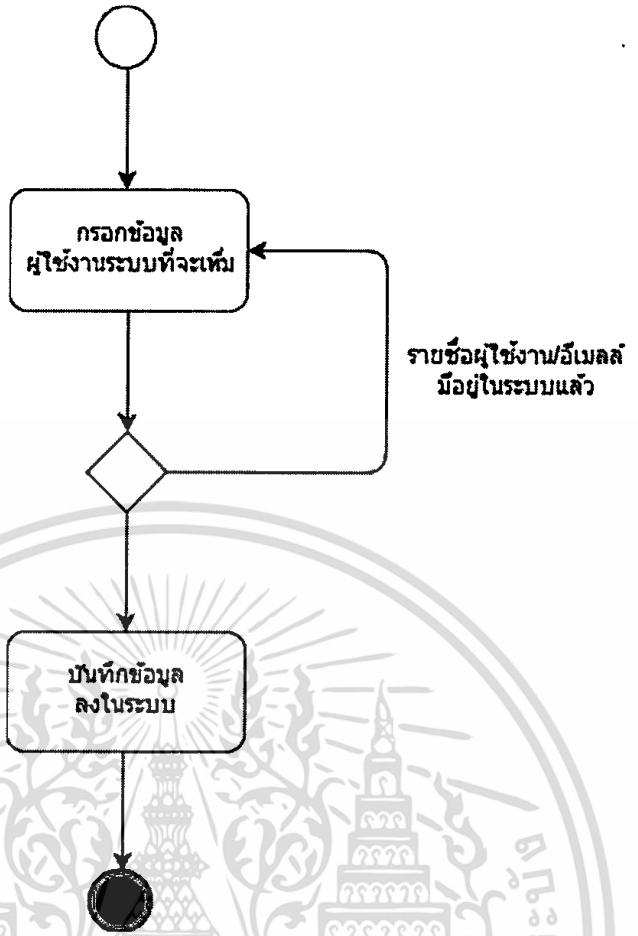
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.13 อธิบายรายละเอียด Use Case แก้ไขรหัสผ่าน

Use Case Name: แก้ไขรหัสผ่าน	ID: 13	Important Level: Low
Primary Actor: ผู้ดูแลระบบ,สมาชิก	Use Case Type:	
Stackholder And Interest: -		
Description: ผู้ใช้ทำการแก้ไขรหัสผ่านของรายชื่อผู้ใช้ตน		
Trigger: ผู้ใช้ต้องการแก้ไขรหัสผ่านที่ใช้อยู่ปัจจุบัน Type:		
Related Use Case: -		
Pre - Condition: -		
Post - Condition: -		
Flow of Event: 2. ผู้ใช้กรอกรหัสผ่านเดิมลงในแบบฟอร์ม “รหัสผ่านเดิม” 3. ผู้ใช้กรอกรหัสผ่านใหม่ลงในแบบฟอร์ม “รหัสผ่านใหม่” และ “ยืนยันรหัสผ่านใหม่” 4. ผู้ใช้กดปุ่ม “ยืนยัน” 5. รอระบบแสดงข้อความ “การเปลี่ยน Password เสร็จสมบูรณ์” เพื่อยืนยันการแก้ไข		
Subflow: 1. ระบบแสดงข้อความ “Password เก่าผิดพลาด” ในกรณีที่ใส่รหัสผ่านเดิมในฟอร์ม “ รหัสผ่านเก่า”ไม่ถูกต้อง 2. ระบบแสดงข้อความ “Password ใหม่ไม่ตรงกัน” ในกรณีที่ใส่รหัสผ่านใหม่ในฟอร์ม “ รหัสผ่านใหม่” และ “ยืนยันรหัสผ่านใหม่” ไม่ตรงกัน		

ซึ่ง Usecase แต่ละ Usecase นั้นสามารถวาดภาพเป็นแผนภาพกิจกรรมเพื่ออธิบายรายละเอียดได้ดังรูปที่ 3.19 – 3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 ลงชื่อเข้าใช้งานระบบ

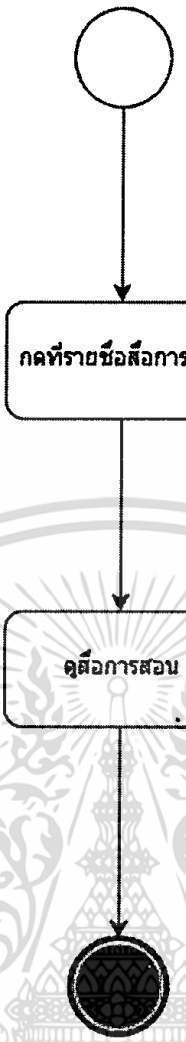
รูปที่ 3.21 ลงชื่อออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 แก้ไขข้อมูลผู้ใช้งาน

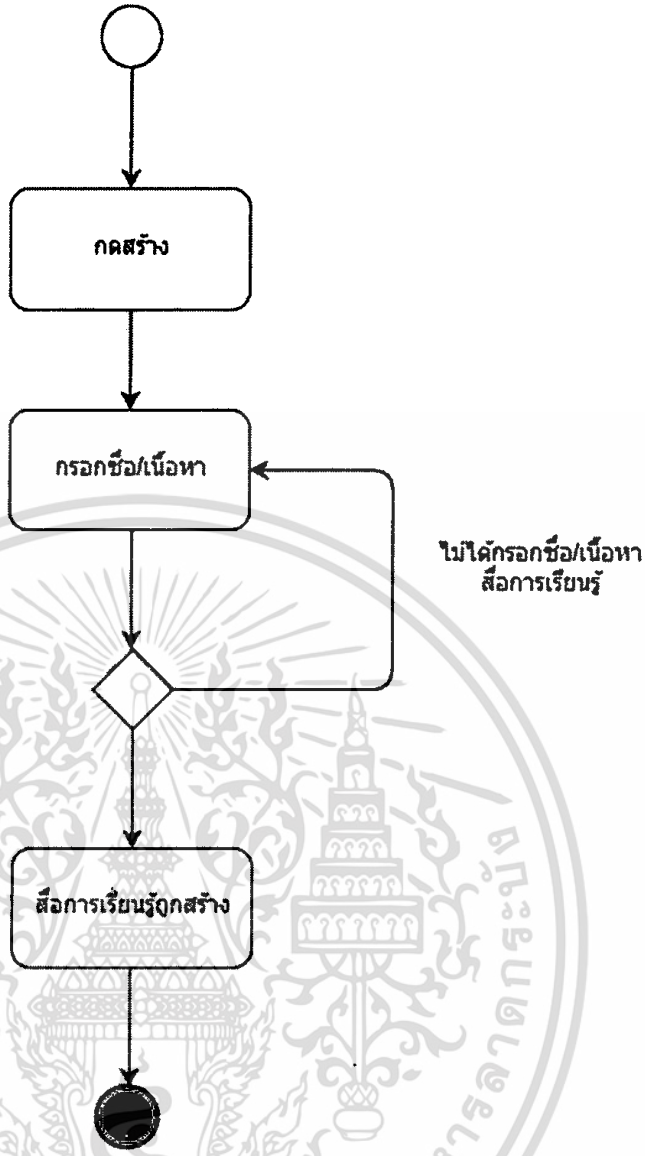
รูปที่ 3.23 ค้นหาสื่อการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



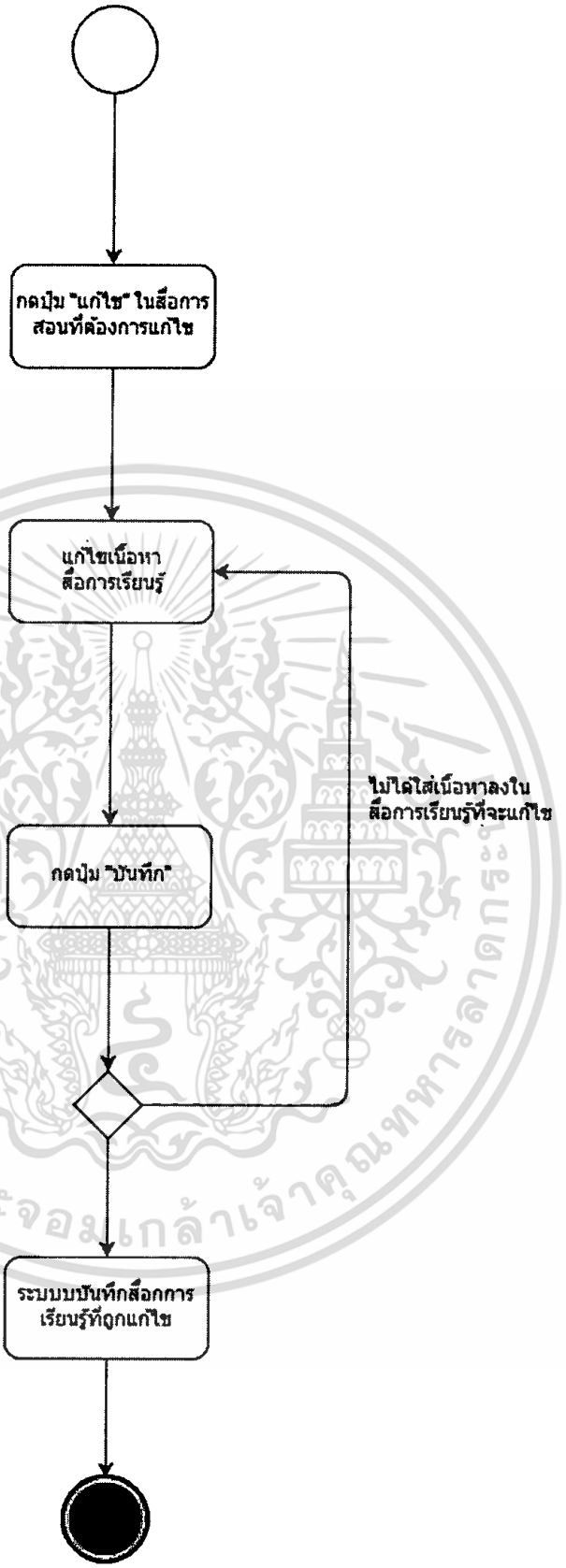
รูปที่ 3.24 ดูสื่อการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 สร้างสื่อการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

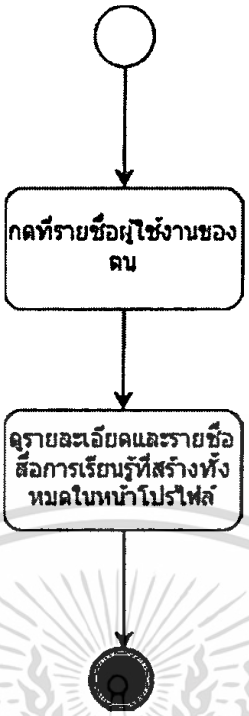


รูปที่ 3.26 แก้ไขสื่อการเรียนรู้

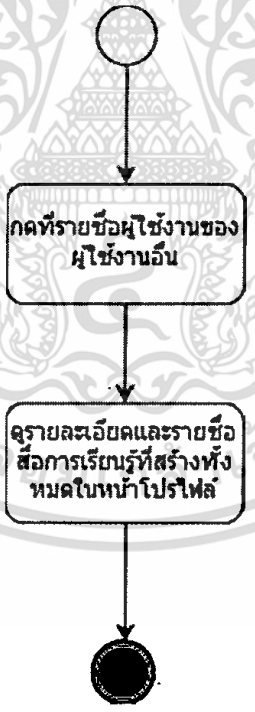
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.27 แสดงความคิดเห็นต่อสื่อการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

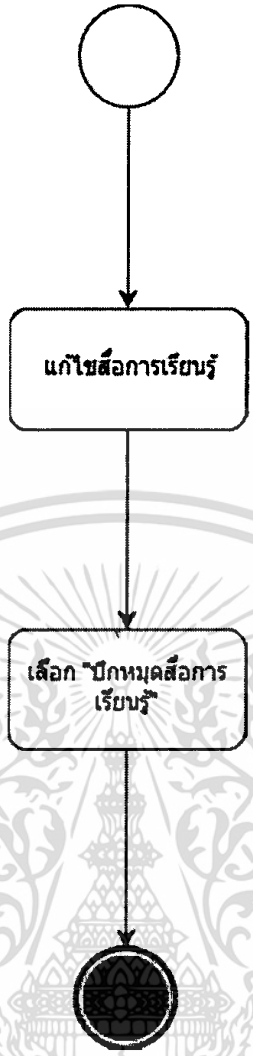


รูปที่ 3.28 ดูหน้าโปรไฟล์และสื่อการเรียนรู้ที่สร้างทั้งหมด(ตนเอง)



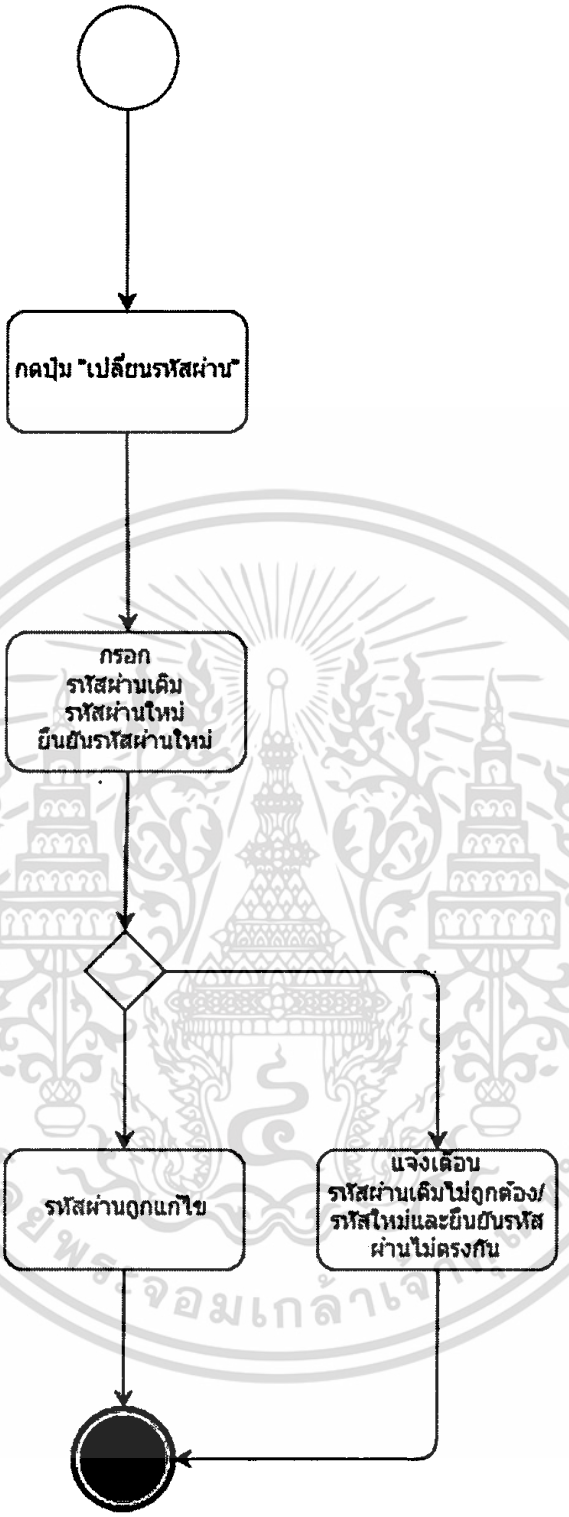
รูปที่ 3.29 ดูหน้าโปรไฟล์และสื่อการเรียนรู้ที่สร้างทั้งหมด(ผู้ใช้อื่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 ปักหมุดสื่อการเรียนรู้

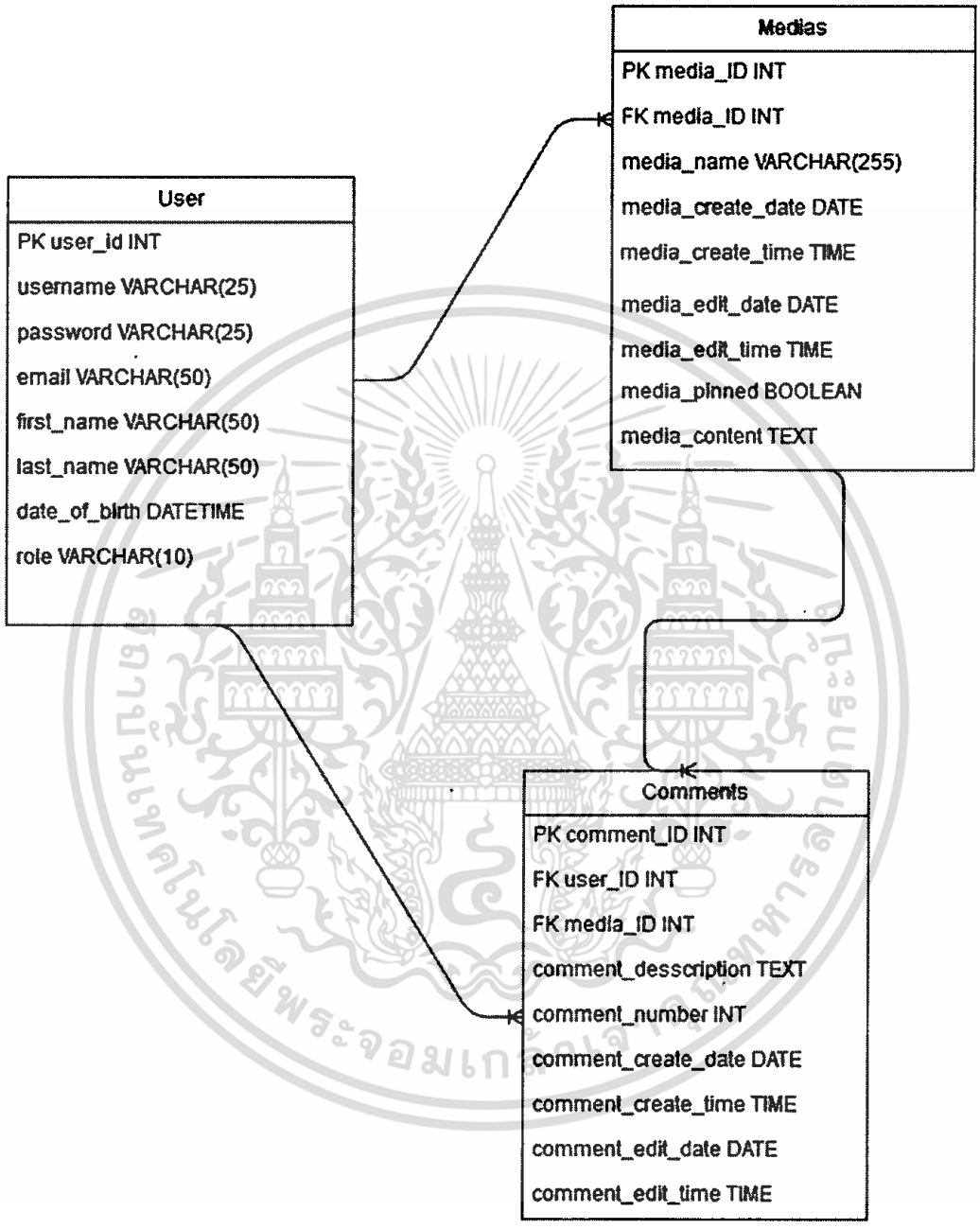
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 แก้ไขรหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของฐานข้อมูลนั้น ได้มีการออกแบบเพื่อเก็บข้อมูลบนเว็บไซต์ดังรูปที่ 3.32 และมีตารางพจนานุกรมข้อมูลในตารางที่ 3.14 – 3.17



รูปที่ 3.32 โครงสร้างฐานข้อมูล (Database Schema)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.14 ข้อมูลในตาราง user

Attribute Name	Description	Types	Key	FK Referenced Table
UserID	ไอดีของผู้ใช้	INT(5)	PK	
Username	ชื่อสำหรับเข้าใช้งาน	VARCHAR(25)		
Password	รหัสผ่านสำหรับเข้าใช้งาน	VARCHAR(50)		
Firstname	ชื่อจริงของผู้ใช้	VARCHAR(50)		
Lastname	นามสกุลของผู้เข้าใช้	VARCHAR(50)		
Email	อีเมลล์ของผู้ใช้	VARCHAR(50)		
Date_of_birth	วันเกิดของผู้ใช้	DATE		
Role	สถานะของผู้ใช้	CHAR(10)		
Image	ชื่อไฟล์รูปภาพประจำตัวของผู้ใช้งาน	VARCHAR(50)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 ข้อมูลในตาราง webboard

Attribute Name	Description	Types	Key	FK Referenced Table
QuestionID	ไอดีของสื่อการเรียนรู้	INT(5)	PK	
UserID	ไอดีของผู้ใช้	INT(5)	FK	user
MediaID	ไอดีของโมเดล	INT(5)	FK	media
CreateDate	เวลาที่สร้างสื่อการเรียนรู้	DATETIME		
ModifiedDate	เวลาที่แก้ไขสื่อการเรียนรู้ครั้งล่าสุด	DATETIME		
Question	หัวข้อสื่อการเรียนรู้	VARCHAR(255)		
Details	รายละเอียดของสื่อการเรียนรู้	TEXT		
View	จำนวนการเข้าชมสื่อการเรียนรู้	INT(5)		
Reply	จำนวนการตอบกลับของสื่อการเรียนรู้	INT(5)		
Pinned	สื่อการเรียนรู้ที่ปักหมุด	TINYINT(1)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.16 ข้อมูลในตาราง reply

Attribute Name	Description	Types	Key	FK Referenced Table
ReplyID	ไอดีของการตอบกลับ	INT(5)	PK	
QuestionID	ไอดีของสื่อการเรียนรู้	INT(5)	FK	webboard
UserID	ไอดีของผู้ใช้	INT(5)	FK	user
CreateDate	เวลาที่สร้างการตอบกลับ	DATETIME		
Details	รายละเอียดการตอบกลับ	TEXT		

ตารางที่ 3.17 ข้อมูลในตาราง media

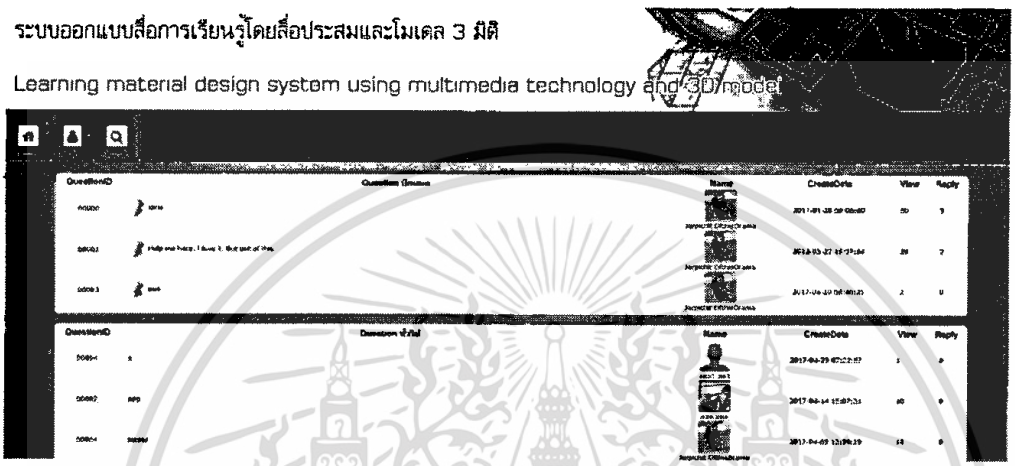
Attribute Name	Description	Types	Key	FK Referenced Table
MediaID	ไอดีของโมเดล	INT(5)	PK	
OBJName	ชื่อของไฟล์ OBJ	VARCHAR(50)		
MTLName	ชื่อของไฟล์ MTL	VARCHAR(50)		
TextureName	ชื่อของไฟล์ Texture	VARCHAR(50)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

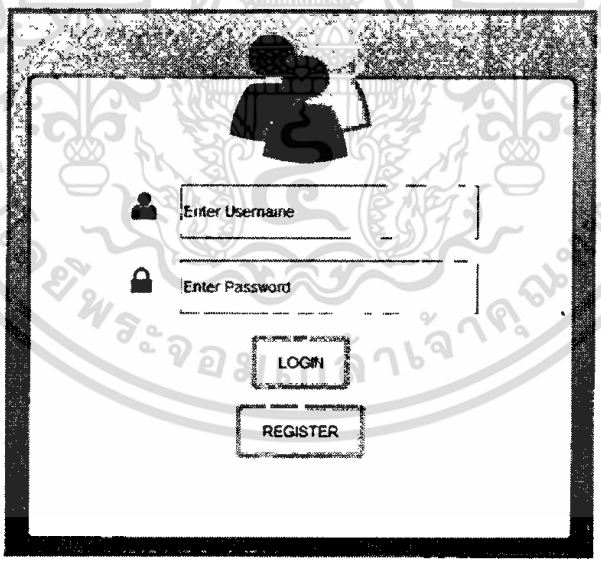
บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ระบบเว็บไซต์สื่อการเรียนการสอน

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเว็บไซต์สื่อการเรียนการสอนต้นแบบ เพื่อนำไปประกอบกับแบบสอบถามเพื่อวัดผลการวิจัย โดยเว็บไซต์ที่พัฒนามีตัวอย่างหน้าจอดังนี้

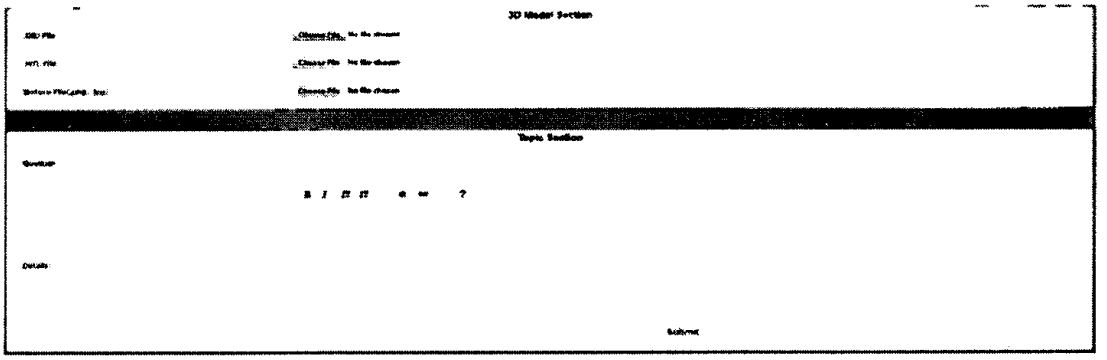


รูปที่ 4.1 หน้าหลัก

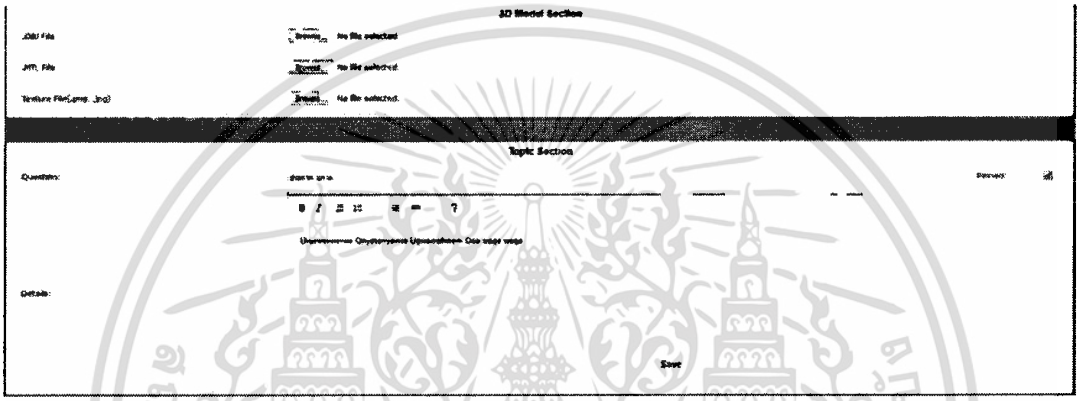


รูปที่ 4.2 หน้าลงชื่อเข้าใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

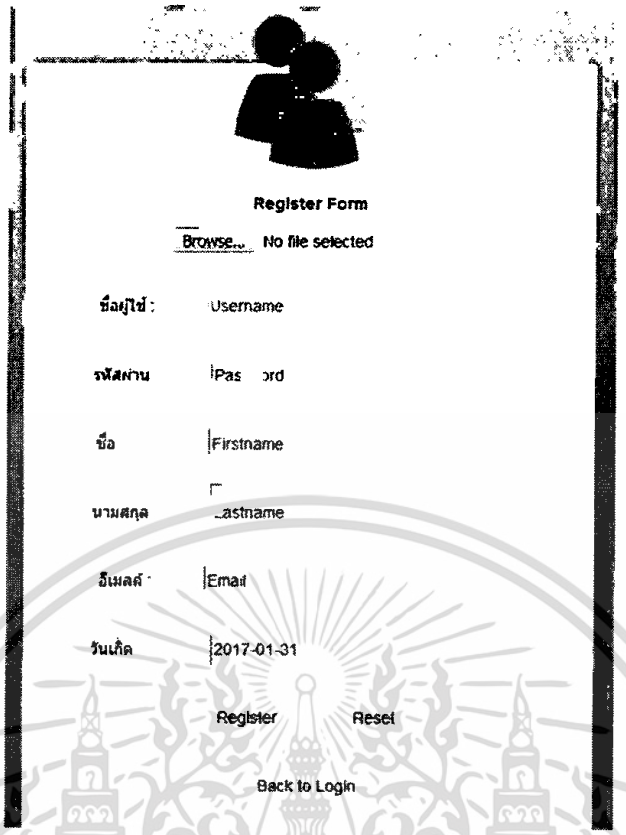


รูปที่ 4.3 หน้าสร้างสื่อการเรียนรู้



รูปที่ 4.4 หน้าแก้ไขสื่อการเรียนรู้

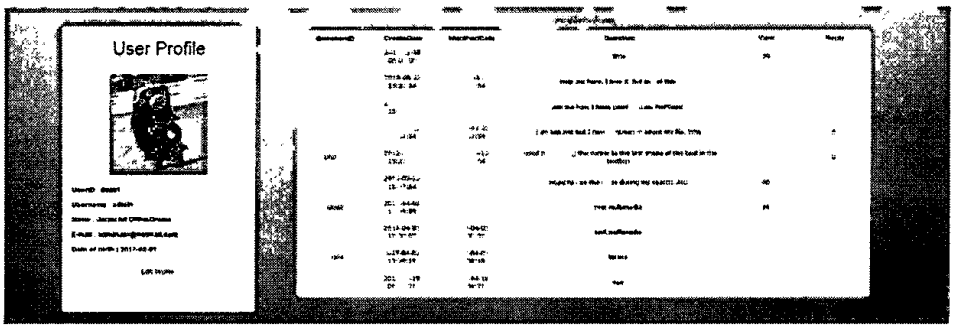
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



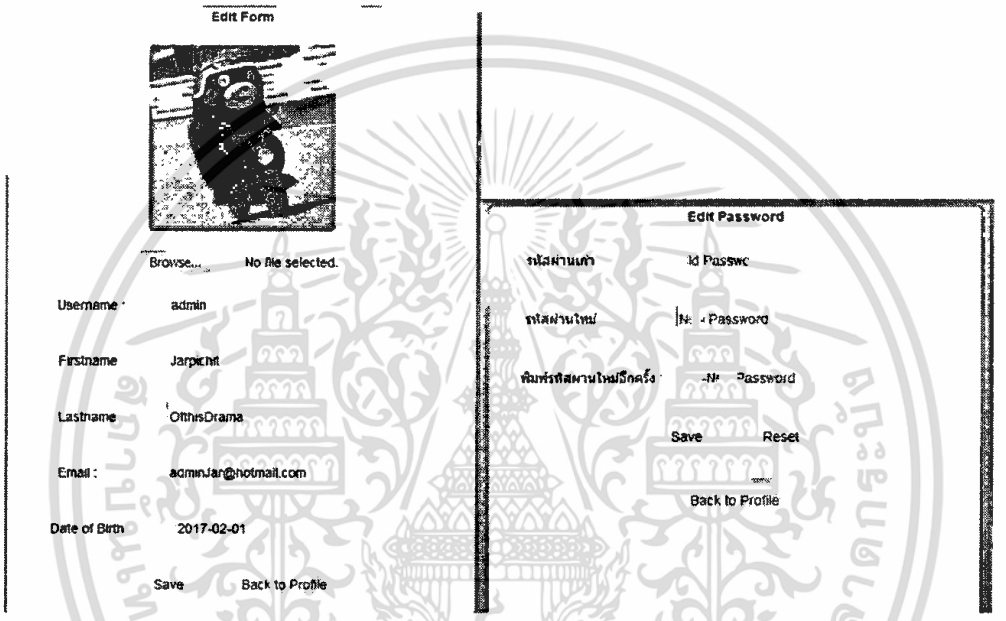
รูปที่ 4.5 หน้าลงทะเบียน

รูปที่ 4.6 หน้าเมนูสำหรับผู้ดูแลระบบและสมาชิก

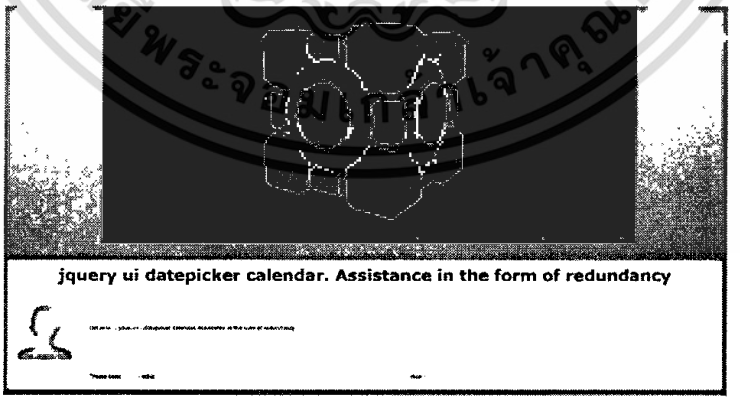
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 หน้าโปรไฟล์ผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.8 หน้าแก้ไขรายละเอียดสมาชิกและรหัสผ่าน



รูปที่ 4.9 หน้าดูสื่อการเรียนรู้และโมเดลสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยระบบต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นนั้น สามารถนำไปประยุกต์ต่อการใช้งานสื่อการเรียนการสอนที่สามารถสร้าง แก้ไข แบ่งปันได้ ซึ่งเน้นความเรียบง่ายต่อการใช้งาน สามารถสร้างสื่อการเรียนรู้ที่ผู้เรียนรู้สามารถเข้าใจได้ง่าย ในรูปแบบของเว็บบอร์ด ที่สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันได้

ซึ่งจากการสอบถามความพึงพอใจของครูโรงเรียนมัธยมปลายที่ดำเนินการสอนวิชาในหมวดวิทยาศาสตร์จำนวน 50 คน พบว่าครูมีความสนใจและคิดว่าระบบนี้สามารถนำไปพัฒนาและปรับใช้ต่อการเรียนการสอนได้จริง และคะแนนความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 82 โดยปัญหาที่ควรปรับแก้หรือความสามารถที่ควรเพิ่มเติมเข้ามาคือ

- ปัจจุบันผู้สอนทำได้เพียงแทรกโมเดลสามมิติในสื่อการสอน ยังไม่สามารถเพิ่มข้อมูลใดๆ เกี่ยวข้องกับโมเดลสามมิติได้ ทำให้ผู้เรียนทำได้เพียงหมุนมุมมองเท่านั้น
- จากปัญหาข้างต้น ควรมีระบบที่ผู้สอนสามารถแทรกข้อความหรือสื่ออื่นๆ ตามตำแหน่งของโมเดลได้ ทำให้ผู้เรียนสามารถรู้ข้อมูลเพิ่มเติมได้
- ควรปรับมุมกล้องได้อัตโนมัติเมื่ออยู่ในบทเรียนนั้นๆ
- ควรปรับขนาดของโมเดลได้อัตโนมัติ

ซึ่งจากผลการเก็บข้อมูลดังกล่าว นักวิจัยจะได้นำไปพัฒนาในอนาคตต่อไป

4.2 ระบบการสร้างโมเดลสามมิติ

ในงานวิจัยนี้ได้เนินการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบการสร้างโมเดลสามมิติจากวัตถุจริงที่ได้นำเสนอในบทที่ 3 โดยได้ทำการทดสอบเพื่อวัดค่าความพึงพอใจจากผู้ใช้งานนั่นคือครูในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

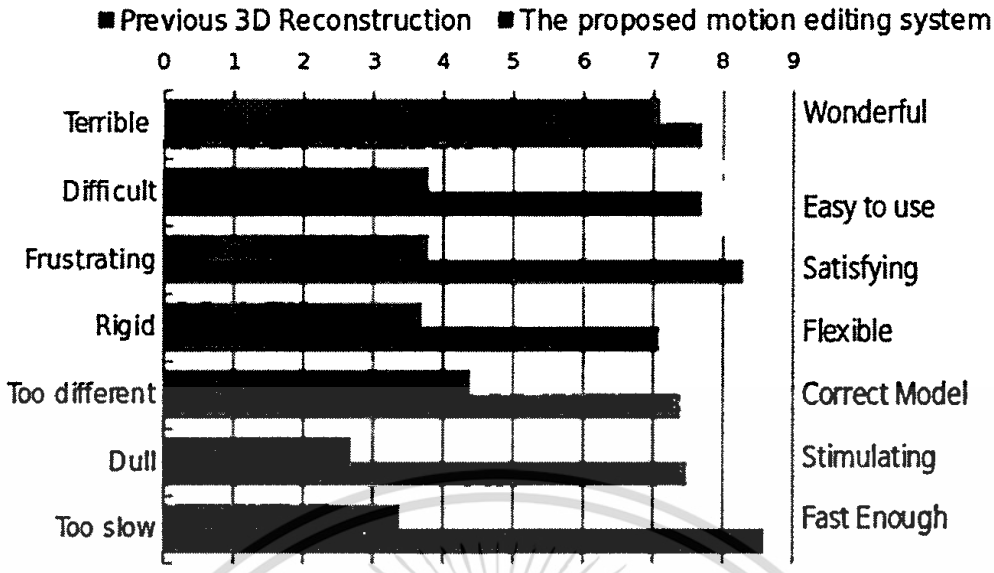
นักวิจัยได้กำหนดขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. อธิบายแนวคิดของระบบการสร้างโมเดลสามมิติ
2. อธิบายขั้นตอนการสร้างโมเดลสามมิติที่นำเสนอ
3. อธิบายแนวทางการประยุกต์โมเดลสามมิติที่สร้างขึ้นกับสื่อการเรียนการสอน
4. ให้ผู้ใช้งานเตรียมเนื้อหาที่จะใช้สอน
5. ให้ผู้ใช้งานทดลองใช้ระบบที่นักวิจัยจัดตั้งไว้
6. ให้ผู้ใช้งานตอบแบบสอบถามที่ได้จัดเตรียมไว้
7. วิเคราะห์ผล

โดยขั้นตอนที่ 1-3 เป็นขั้นตอนที่กำหนดไว้เพื่อให้ผู้ใช้งานและร่วมทำการทดลองมีความเข้าใจในระบบที่นำเสนอ ส่วนในขั้นตอนที่ 4-5 เป็นขั้นตอนที่กำหนดให้ผู้ใช้ทดลองใช้งานระบบ และขั้นตอนที่ 6-7 เป็นขั้นตอนในการเก็บข้อมูลและวัดผล

นักวิจัยได้ดำเนินการทดลองกับครูในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ และภาษาอังกฤษ ครูแต่ละคนได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระบบรวมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และก่อนทดลองใช้งานระบบจริงได้เรียนรู้และรับชมการสาธิตในขั้นตอนต่างๆ เป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ผลการทดลองเกี่ยวกับความพึงพอใจในระบบการสร้างโมเดลสามมิติ

จากรูปที่ 4.10 จะพบว่าความพึงพอใจในระบบที่ได้นำเสนอนั้นมีมากกว่างานวิจัยก่อนหน้าอย่างชัดเจน ทั้งในส่วนความยากง่าย หรือการดึงดูดใจให้ผู้ใช้เข้าใช้งานระบบ ดังนั้นจากผลการทดลองนี้เราสรุปได้ว่าระบบการสร้างโมเดลสามมิติที่ได้นำเสนอมีสิทธิภาพที่จะนำไปใช้ในการสร้างสื่อการเรียนการสอนกับครูในระดับมัธยมศึกษา

ปัญหาหนึ่งที่พบจากการสอบถามคือความเหมือนจริงของโมเดลที่สร้าง ทั้งนี้ผู้ร่วมทำการทดสอบรู้สึกประทับใจกับระบบที่พัฒนา แต่หากพิจารณาถึงความเหมือนจริงนั้นอาจจะยังไม่ประทับใจมากนัก ทั้งนี้การจำลองโมเดลสามมิติด้วยซอฟต์แวร์ SmartBody นั้นได้โมเดลที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับวัตถุต้นแบบมาก แต่ลักษณะพื้นผิวและสีสรรค์ไม่ได้เหมือนกับวัตถุต้นแบบมากนัก เพราะอาจจะมีบางจุดในขั้นตอนการบันทึกภาพ 4 ด้านที่อาจจะมีจุดบกพร่องเกิดขึ้น โดยสาเหตุนั้นมาจากการที่กล้อง Kinect ยังไม่สามารถครอบคลุมระยะการบันทึกภาพทั้งหมด หรือการบันทึกรูปภาพแต่ละด้านไม่ได้สัมพันธ์เช่น การที่ไม่ได้หัน 90 องศาเท่าที่ตั้งไว้หรือเกิดจากการที่ไม่ได้คงท่าทางเดิมไว้หลังจากที่หันซ้ายแล้วเป็นต้น จนทำให้ซอฟต์แวร์ประมวลผลผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าระบบการสร้างโมเดลสามมิติได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้ และสามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบจริงเพื่อใช้งานจริงได้ โดยในส่วนการจำลองโมเดลสามมิตินั้นผู้ใช้ได้ให้ความสนใจและตื่นเต้นต่อระบบที่พัฒนาขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความง่ายในการใช้งาน การจำลองโมเดลสามมิติตามหลักการที่ได้พัฒนานั้นนั้นได้โมเดลที่มีความใกล้เคียงกับวัตถุต้นแบบมาก ไม่ว่าจะเป็นรูปร่าง ลักษณะพื้นผิวแม้กระทั่งสีด้วยก็ตาม เพียงแต่อาจจะมีบางจุดบนโมเดลที่อาจจะมีจุดบกพร่องเกิดขึ้น โดยสาเหตุนั้นมาจากการถ่ายภาพที่ไม่ครอบคลุมหรืออาจจะมีความซับซ้อนมากเกินไป จนทำให้ซอฟต์แวร์ประมวลผลผิดพลาดได้ ถึงแม้ว่าอาจจะมีปัญหาด้านการประมวลผลอยู่ แต่ด้วยซอฟต์แวร์นี้ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์อื่นๆ เพื่อแก้ไขและตกแต่งโมเดลได้

ในส่วนของระบบต้นแบบสื่อการเรียนการสอนนั้น ผู้เข้าทำการทดสอบพบว่าระบบมีความน่าสนใจที่สามารถนำเอาโมเดลสามมิติเข้ามาแทรกเพื่อเสริมสื่อการเรียนการสอน อย่างไรก็ตามยังมีจุดที่ต้องเพิ่มเติมหรือปรับปรุงอีกพอสมควรเพื่อให้ระบบต้นแบบนี้นำไปพัฒนาเป็นระบบจริงได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของระบบการสร้างโมเดลสามมิตินั้น สิ่งที่ควรจะต้องพัฒนาเป็นอันดับแรกคือการกำหนดสีหรือลวดลายลงบนโมเดลที่สร้าง ทั้งนี้รูปทรงของโมเดลที่สร้างขึ้นนั้นอาจจะมีความเหมือนจริง แต่ด้วยการกำหนดสีหรือลวดลายที่ผิดเพี้ยนก็ทำให้ผู้ใช้รู้สึกได้ว่าโมเดลที่สร้างขึ้นนั้นอาจจะยังนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้จริงๆ นอกจากนี้ความถูกต้องของโมเดลที่สร้างก็เป็นประเด็นที่ควรจะนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไปด้วยเช่นกัน

ในส่วนของระบบการสร้างเว็บไซต์เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนนั้น จากการทดสอบได้รับคะแนนความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 82 โดยปัญหาที่ควรปรับแก้หรือความสามารถที่ควรเพิ่มเติมเข้ามา ซึ่งนักวิจัยจะนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไปคือ

1. ปัจจุบันผู้สอนทำได้เพียงแทรกโมเดลสามมิติในสื่อการสอน ยังไม่สามารถเพิ่มข้อมูลใดๆ เกี่ยวข้องกับโมเดลสามมิติได้ ทำให้ผู้เรียนทำได้เพียงหมุนมุมมองเท่านั้น
2. จากปัญหาข้างต้น ควรมีระบบที่ผู้สอนสามารถแทรกข้อความหรือสื่ออื่นๆ ตามตำแหน่งของโมเดลได้ ทำให้ผู้เรียนสามารถรู้ข้อมูลเพิ่มเติมได้
3. ควรปรับมุมกล้องได้อัตโนมัติเมื่ออยู่ในบทเรียนนั้นๆ
4. ควรปรับขนาดของโมเดลได้อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Shum, H.-Y.andKang, S. B., 2000. A review of image-based rendering techniques. Proceedings of IEEE/SPIE Visual Communications and Image Processing (VCIP),Perth, Australia, 21st June 2000. SPIEVol. 4067, 1680 pages: 2–13

[2] Streilein, A., 1994. Towards automation in architectural photogrammetry: CAD-based 3-D feature extraction. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 49(5): 4–15.

[3] Debevec, P. E., Taylor, C. J.andMalik, J., 1996. Modeling and rendering architecture from photographs: a hybrid geometry- and image-based approach. ACM Proceedings of SIGGRAPH '96, New Orleans, Louisiana, 4th to 9th August 1996. 518 pages: 11–20.

[4] Liebowitz, D., Criminisi, A.andZisserman, A., 1999. Creating architectural models from images. Computer Graphics Forum, 18(3): 39–50

[5] El-Hakim, S. F., 2002. Semi-automatic 3D reconstruction of occluded and unmarked surfaces from widely separated views. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34(5): 143–148. Liebowitz et al., 1999; El-Hakim, 2002)

[6] Kadobayashi, R., Kochi, N., Otani, H.and Furukawa, R., 2004. Comparison and evaluation of laser scanning and photogrammetry and their combined use for digital recording of cultural heritage. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 35(5): 401–406.Kahl,F.,Triggs,B.andA°

[7] Remondino,F.,Guarnieri,A.andVettore,A., 2005. 3D modelling of close-range objects: photogrammetry or laser scanning? Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging: Videometrics VIII,San Jose, California. Vol. 5665, 374 pages: 216–225.

[8] Bohler, W., 2005. Comparison of 3D laser scanning and other 3D measurement techniques. Recording, Modelling and Visualisation of Cultural Heritage(Eds. E. P. Baltsavias,A.Gru¨n, L. Van GoolandM. Pateraki). Taylor & Francis, London, UK. 513 pages: 89–99.

[9] S.T. Barnard and M.A. Fischer. (1982). Computational Stereo. ACM Computing Surveys. 14(4):553-572

[10] B. D. Lucas and T. Kanade. (1981). An iterative image registration technique with an application to stereo vision. Proceedings of Imaging Understanding Workshop, 121-130.

[11] U.R. Dhond and J.K. Aggarwal. (1989). Structure from stereo : a review. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, (19): 1489-1510.

[12] L. MaTThies, T. Kanade and R. Szeliski. (1989). Kalman filter-based algorithms for estimating depth from image sequence. International Journal of Computer Vision. (3):209-236.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] Nasser M. Nasrabadi. (1992). Hopfield network for stereo vision correspondence. IEEE Transaction on Neural Networks. (3).

[14] H. Kim, S. Yang and K. Sohn. (2003). 3D Reconstruction of stereo image for interaction between real and virtual worlds. Proceedings of 2 nd IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'03). IEEE.

[15] M. Pollefeys and L. Van Gool. (1997). Self-calibration and matric reconstruction in spite of varying and unknow internal camera parameter. TR9707,ESAT-MI2, K.U. Leuyen.

[16] O. Faugeras. (2001). Three-dimention computer vision : a geometric viewpoint. MIT Press. London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายณฐพล พันธุวงศ์

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมสารสนเทศ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	พศ. 2546
วท.ม.	เทคโนโลยีสารสนเทศ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	พศ. 2549
Ph.D.	Electrical Engineering and Information System	The University of Tokyo	พศ. 2555

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) Human Computer Interaction, Computer Graphics, Computer Animation

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2552	Ph.D Study in Japan	AUN/SEED-NET
2556	Collaborative Research for Alumni	AUN/SEED-NET
2558	ทุนนักวิจัยรุ่นใหม่	สกว.

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. N. Pantuwong, and N. Chotikakamthorn "Efficient.Perspective-Invariant Digital Watermarking Algorithm," in Proc. ITC-CSCC'05, Korea, 2005.
2. N. Chotikakamthorn, and N. Pantuwong "Attacks on Feature-Based Affine-Invariant Watermarking Methods," in Proc. IEEE ICIP'05, Italy, 2005.
3. N. Pantuwong, W. Yawai, and N. Chotikakamthorn "Projective-Invariant Digital Image Watermarking Technique Using Four Co-Planar Feature Points," in Proc. EUSIPCO'05, Turkey, 2005.
4. N. Pantuwong, and N. Chotikakamthorn "Comparative Study of Two Projective-Invariant Digital Watermarking Methods Using Cross-Ratios and Line Intersections," in Proc. IEEE CIT'05, China, 2005.
5. N. Pantuwong, and N. Chotikakamthorn "Line Watermarking Embedding Method for Affine-transformed Images," in Proc. IEEE ISSPA'07, UAE, 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. N. Pantuwong, and N. Chotikakamthorn "Alpha Channel Digital Image Watermarking Method," in Proc. IEEE ICSP'08, China, 2008.
7. N. Pantuwong, and M. Sugimoto "3D Curve-Skeleton Extraction Using a Skeleton-Growing Algorithm," in Proc. IEEE VIS'10, USA, 2010.
8. N. Pantuwong, and M. Sugimoto "3D Curve-Skeleton Extraction a Pseudo-Normal Vector Field," in Proc. VMV'10, Germany, 2010.
9. N. Pantuwong, and M. Sugimoto "Skeleton-Growing: A Vector-Field-Based 3D Curve-Skeleton Extraction Algorithm," in Proc. SIGGRAPH Asia'10, Korea, 2010.
10. N. Pantuwong, and M. Sugimoto "Automatic Rigging Algorithm for 3D Character Animation," in Proc. SIGGRAPH Asia'11, Hong Kong, 2011.
11. N. Pantuwong, and M. Sugimoto "A Novel Framework for 3D Computer Animation Systems for Nonprofessional Users Using an Automatic Rigging Algorithm," in Proc. IEEE ICME'12, Australia, 2012.
12. H. Narukawa, N. Pantuwong, and M. Sugimoto "A Puppet Interface for the Development of an Intuitive Computer Animation System," in Proc.ICPR'12, Japan, 2012.
13. N. Pantuwong, and M. Sugimoto "A Novel Template-Based Automatic Rigging Algorithm for Articulated-Character Animation," in Computer Animation & Virtual World, Vol. 23, No.2, 2012.
14. N. Pantuwong, and M. Sugimoto "Skeleton Growing: An Algorithm to Extract a Curve Skeleton from a Pseudonormal Vector Field," in The Visual Computer, Vol. 28, 2012.
15. N. Pantuwong, and M. Sugimoto "An Intuitive Computer Animation System for Enhancing Human Creativity," in Proc. IEEE SSCI'13, Singapore, 2013
16. S. Nopparit, N. Pantuwong, and M. Sugimoto "A Kinetic Energy-based Feature for Unsupervised Motion Clustering," in Proceeding of the 5th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (IEEE ICITEE'13), 2013 (Best Paper Award).
17. S. Nopparit N. Pantuwong and M. Sugimoto, "A Parametric Motion Concatenation Method Using Cubic Bezier Interpolation," in Proceeding of the 5th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (IEEE ICITEE'13), 2013.
18. K. Takahara, N. Pantuwong, T. Yoshikawa, H. Nonaka, M. Sugimoto: An Iterative Motion Retrieval and Synthesis Technique Using a Multi-Touch Device, Proceedings of Motion in Games 2013, Dublin, Ireland (2013).
19. N. Tammachat and N. Pantuwong, "Thai Food Image Recognition for Calories Analysis Using SVM," in Proceeding of the 29th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers, and Communications (ITC-CSCC'14), 2014
20. S. Nopparit and N. Pantuwong, "An Intuitive User Interface for Motion Editing System," in Proceeding of the 29th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers, and Communications (ITC-CSCC'14), 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21. N. Tammachat and N. Pantuwong, "Intuitive User Interface for Motion Retrieval on a Mobile Multi-touch Device," in Proceeding of the 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (IEEE ICITEE'14), 2014.
22. N. Tammachat and N. Pantuwong, "Calories Analysis of Food Intake Using Image Recognition," in Proceeding of the 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (IEEE ICITEE'14), 2014.
23. S. Nopparit, N. Pantuwong, and K. Pasupa, "A Comparative Study of Feature Point Matching versus Foreground Detection for Computer Detection of Dairy Cows in Video Frames." In Proceeding of The Twentieth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 2015), 2015
24. S. Nopparit, N. Pantuwong, and K. Pasupa, "A Comparative Study of Feature Point Matching versus Foreground Detection for Computer Detection of Dairy Cows in Video Frames." In Artificial Life and Robotics Journal

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายนพพร โชติกกำธร.....

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
เอก / Ph.D.	วิศวกรรมไฟฟ้า วิชาเอก Signal Processing	Imperial College, University of London	2539
ตรี / วศ.บ. (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต)	วิศวกรรมไฟฟ้า วิชาเอก Electronics	ส. เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2533

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

Multimedia Computing, Human Computer Interaction, Computer Graphics, Learning Technologies

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2552-2554	การพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์สำหรับฝึกเด็กที่ป่วยเป็นโรคออทิสซึ่ม โดยใช้เทคโนโลยีสื่อประสมและความจริงเสมือน	งบประมาณแผ่นดิน

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ).....

[1] Sununthar Vongjaturapat, Singha Chaveesuk, Nopporn Chotikakamthorn, Sakesan Tongkhambanchong, "Analysis of Factor Influencing the Tablet Acceptance for Library Information Services: A Combination of UTAUT and TTF Model," *J. Info. Know. Mgmt.* 2015.

[2] Nopporn Chotikakamthorn, Tanapon Jitnupong, "Query decomposition method for multi-keyword search in P2P systems," *Electronics Letters*, Vol. 51, No. 2, January, pp. 153-155, 2015.

[3] Karanya Sitdhisanguan, Nopporn Chotikakamthorn, Ajchara Dechaboon, Patcharaporn Out, "Using tangible user interfaces in computer-based training systems for low-functioning autistic children," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol.16 no. 2 pp. 143-155, February 2012.

[4] Napporn Chotikakamthorn, "Near Point Light Source Location Estimation from Shadow Edge Correspondence," *7th IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, Robotics, Automation and Mechatronics (CIS/RAM)*, Cambodia, 15-17 July, 2015.

[5] Nopporn Chotikakamthorn, "Near Light Source Location Estimation Using Illumination of A Diffused Planar Background," *22nd European Signal Processing Conference*, Portugal, Sep 1-5, 2014.

[6] Man Tamiyakul, and Nopporn Chotikakamthon, "Automatic Trimap Generation for Digital Image Matting Using a Consumer RGB-D Camera," *The 29th International Technical Conference on Circuit/Systems Computers and Communications (ITC-CSCC)*, Phuket, Thailand, July 1-4, 2014.

[7] Tanapon Jitnupong , and Nopporn Chotikakamthorn, "An efficient P2P searching and indexing strategy for multi-keyword query," *5th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)*, Thailand, January 31- February 1, 2013.

[8] Anusorn Bunteong, and Nopporn Chotikakamthorn, "Multiple Directional Light Sources Estimation from Multi-View Images," *International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2012)*, Japan, July 15-18, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[9] Anusorn Bunteong, Nopporn Chotikakamthorn, "Weighted Hough Transform for Directional Light Sources Estimation from Multi-View Images," *16th International Conference on Mechatronics Technology*, pp. 144-148, Oct. 16-19, 2012.

[10] Anusorn Bunteong, Nopporn Chotikakamthorn, "Multiple Directional Light Sources Detection from Multi-View Images," *International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications*, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้