ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ

INTERACTIVE TOPOGRAPHY SIMULATION SANDBOX TEACHING AIDS FOR GEOGRAPHY COURSE IN THE USE OF COLOR AND CONTOUR LINES IN HEIGHT DIFFERENTIATION ACCORDING TO ALTITUDE TERRAIN

ณภัทร ฉัตรชมพื้น

พัศรพิมล วัชรวิสุทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ

INTERACTIVE TOPOGRAPHY SIMULATION SANDBOX TEACHING AIDS FOR GEOGRAPHY COURSE IN THE USE OF COLOR AND CONTOUR LINES IN HEIGHT DIFFERENTIATION ACCORDING TO ALTITUDE TERRAIN

T146217

โดย

ณภัทร ฉัตรชมชื่น

NAPAT CHUTCHOMCHUEN

พัตรพิมล วัชรวิสุทธิ์

PATPHIMON WACHARAWISOOT

หอสมุดกลาง
เลขทะเบียน 146217
วัน เดือน ปี 25 เม.ย. 2560

b.12841079
i.

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณฐพล พันธุวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจำลองลักษณะภูมิโดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องประเทศแบบโต้ตอบได้การใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ

โดย

ณภัทร ฉัตรชมชื่น

พัตรพิมล วัชรวิสุทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณฐพล พันธุวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERACTIVE TOPOGRAPHY SIMULATION SANDBOX TEACHING AIDS FOR GEOGRAPHY COURSE IN THE USE OF COLOR AND CONTOUR LINES IN HEIGHT DIFFERENTIATION ACCORDING TO ALTITUDE TERRAIN

NAPAT CHUTCHOMCHUEN

PATPHIMON WACHARAWISOOT

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS OF THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2558

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ

INTERACTIVE TOPOGRAPHY SIMULATION SANDBOX TEACHING AIDS FOR GEOGRAPHY COURSE IN THE USE OF COLOR AND CONTOUR LINES IN HEIGHT DIFFERENTIATION ACCORDING TO ALTITUDE TERRAIN

ผู้จัดทำ

1. นายณภัทร ฉัตรชมชื่น รหัสนักศึกษา 55070033
2. นางสาวพัตรพิมล วัชรวิสุทธิ์ รหัสนักศึกษา 55070079

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐพล พันธุวงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ
นักศึกษา	นายณภัทร ฉัตรชมชื่น รหัสนักศึกษา 55070033
	นางสาวพัตรพิมล วัชรวิสุทธิ์ รหัสนักศึกษา 55070079
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณฐพล พันธุวงศ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีความมุ่งหวังที่จะสร้างสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาภูมิศาสตร์ อันประกอบด้วยวัตถุประสงค์ ประการที่ 1 เพื่อพัฒนาระบบจำลองภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย ให้มีความแม่นยำและถูกต้องเรื่องของสีในแต่ระดับชั้นความสูงของภูมิประเทศแบบต่างๆ และเส้นระดับชั้นความสูง (Contour line) ตามหลักวิชาภูมิศาสตร์ ทำให้เกิดการบูรณาการในการนำเทคโนโลยีผสมผสานในปัจจุบันใช้ เพื่อทำให้เกิดสื่อเพื่อการเรียนรู้ในวิชาภูมิศาสตร์เพิ่มขึ้น ประการที่ 2 เพื่อให้ผู้สอนใช้ระบบเป็นสื่อกลางร่วมกับกิจกรรมที่เหมาะสมในการเตรียมการสอนนำไปสู่การสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนมากขึ้น ทำให้สามารถลดการสอนเชิงปริมาณได้ และเกิดทำให้เกิดการสอนเชิงคุณภาพ ประการที่ 3 เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ระบบจริงการ ผนวกกับได้รับคำแนะนำจากผู้สอน แล้วเกิดการพัฒนาการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง แล้วสามารถจดจำและเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น และประการสุดท้ายเพื่อสร้างความพึงพอในการเรียนวิชาภูมิศาสตร์มากขึ้น สร้างบรรยากาศในการเรียนให้มีความเพลิดเพลิน สนุกสนาน ไม่ตึงเครียดระหว่างผู้สอนและผู้เรียน เกิดการกระตุ้นให้อยากเรียนรู้มากขึ้น

ซึ่งกลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนโยธินบูรณะ จำนวน 20 คน เป็นชาย 9 คน หญิง 11 คน จากผลการทดลองพบว่าผลคะแนนของนักเรียน ผลการทดสอบพบว่าคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 6.5 คะแนนความพึงพอใจคิดเป็นร้อยละ 88.3 ข้อมูลจากทดสอบนี้จะถูกใช้เพื่อการศึกษาพัฒนาระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	An Interactive Topography Simulation Sandbox Teaching Aids for Geography Course in the Use of Color and Contour Lines in Height Differentiation according to Altitude Terrain
Student	Mr. Napat Chutchomchuen Student ID 55070033
	Mrs. Patphimon Wacharawisoot Student ID 55070079
Degree	Bachelor of Science
Program	Information Technology
Academic Year	2015
Advisor	Assistant Professor Dr. Nuttapon Puntuwong

ABSTRACT

This project has four purposes Firstly, to develop the augmented reality sandbox to be an interaction terrain simulation learning aid by using sandbox, which show the elevation tint and contour line precisely and correctly based on the geography principle. Second, to let the teacher use the learning aid along with activity, which lead the teacher to have interaction with student to decrease quantitative, but increase qualitative teaching. Third, to improve student learning performance, memorizing, and understanding in the lesson by letting them study with learning aid and be advised from instructor Finally, to create complacent and delightful mood to study geography subject and decrease the stress between teacher and student

The sample consisted of grade 11 Yothinburana students, which are 9 men and 11 women. As a result from the experiment, we found that the average of post test score has been increase 6.5 % compared to pretest and the average of satisfied score is 88.31%.

This finding will be used for further study in the development of An Interactive Topography Simulation Sandbox Teaching Aids for Geography Course in the Use of Color and Contour Lines in Height Differentiation according to Altitude Terrain".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐพล พันธุวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำในสิ่งที่ขาดตกบกพร่อง ช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ให้ความช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน รวมไปถึงตัวเล่มปริญญานิพนธ์นี้ รวมไปถึงสื่อนำเสนอ ซึ่งทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เกิดความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ชาญณรงค์ บัวแย้มแสง ผู้ให้คำปรึกษาในส่วนของรายละเอียดเนื้อหาวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ ทำให้เกิดการพัฒนาระบบด้านความแม่นยำและถูกต้องเพื่อเหมาะสมต่อการเป็นสื่อประกอบการสอนต่อไป นอกจากนี้ยังอำนวยความสะดวกในการจัดหากิจกรรม จัดหาสถานที่ นัดหมายกลุ่มประชากรมาเข้าร่วมการทดลองนำระบบไปใช้งานเป็นสื่อประกอบการสอนจริง ให้สามารถทำการประเมินผลที่ได้หลังจากการทดลองใช้ระบบจริง โดยเก็บในรูปแบบของข้อมูลเชิงสถิติแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อระบบได้ชัดเจนเจนมากขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้ประสาทวิชาความรู้ รวมไปถึงแนวคิดที่เป็นประโยชน์ จนสามารถนำความรู้ต่างๆมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานครั้งนี้สำเร็จออกมาเป็นปริญญานิพนธ์นี้

ขอบคุณคุณลุงเอ๊าะร้านซ่อมจักรยานยนต์หน้าวัดปลูกศรัทธาที่ให้คำแนะนำ อนุเคราะห์เครื่องมือและช่วยเหลือในการจัดทำระบบ

ขอขอบเจ้าหน้าที่กรมยุทธศึกษาทหารบกที่ให้คำแนะนำ อนุเคราะห์เครื่องมือและช่วยเหลือในการจัดทำระบบ รวมถึงการขนย้ายระบบไปทดสอบใช้เป็นสื่อในการสอนที่โรงเรียนโยธินบูรณะ

ขอขอบคุณ โรงเรียนโยธินบูรณะที่เอื้อเฟื้อสถานที่และนักเรียนโยธินบูรณะระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เข้าร่วมการทดสอบใช้งานระบบ

ขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อนทั้งในคณะและต่างสถาบัน ที่ให้ความช่วยเหลือในการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบ รวมไปถึงให้คำแนะนำปรึกษา และกำลังใจทำโครงงานนี้

สุดท้ายนี้โครงงานและเล่มปริญญานิพนธ์คงไม่สำเร็จได้หากขาด บิดา มารดาและครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่ให้กำลังใจ คำปรึกษา ช่วยเหลือและสนับสนุนในด้านต่างๆ เพื่อให้โครงงานและปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

หากปริญญานิพนธ์นี้ ขาดตกบกพร่อง ผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ณภัทร ฉัตรชมชื่น

พัตรพิมล วัชรวิสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงงาน 3

1.5 ขอบเขตโครงงาน 3

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 5

2.1 ฮาร์ดแวร์ 5

2.1.1 กล้อง Kinect 5

2.1.2 โปรเจคเตอร์ 7

2.2 ซอฟท์แวร์ 10

2.2.1 ระบบปฏิบัติการ Ubuntu 10

2.2.2 ภาษา C++ 11

2.2.3 ซอฟท์แวร์ SARndbox-1.5-001 11

2.3.4 VRUI Toolkit 12

2.3 เทคโนโลยีและทฤษฎีอื่นๆที่เกี่ยวข้อง 12

2.3.1 เทคโนโลยี Augmented Reality 12

2.3.2 แผนที่ 13

2.3.3 องค์ประกอบของแผนที่ 15

2.3.4 ลักษณะภูมิประเทศต่างๆบนแผนที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.5 การระบุระดับความสูงในแผนที่ 18
2.3.6 การเรียนรู้ 22
2.3.7 การพัฒนาทางความคิดสติปัญญาและการเรียนรู้ในวัยรุ่น 23
2.3.8 ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ 24
2.3.9 ทฤษฎีกรวยประสบการณ์ 25
2.3.10 ปิรามิดการเรียนรู้ 26
2.3.11 แนวความคิดการเรียนแบบให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง 27
2.3.12 การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 28
2.3.13 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง 31
2.3.14 การทดสอบวัดประสิทธิภาพของสื่อการสอน 32

บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 33
3.1 ศึกษาการระบบงานเดิม 33
3.1.1 ศึกษาการสอนวิชาภูมิศาสตร์ในระดับมัธยม 33
3.1.2 ศึกษาการทำงานของ AR Sandbox 33
3.2 ปัญหาที่พบในระบบปัจจุบัน 34
3.3 การวิเคราะห์ความต้องการระบบ 34
3.3.1 ความต้องการที่เป็นหน้าที่หลักของระบบ 34
3.3.2 ความต้องการที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ 34
3.4 การวิเคราะห์และวิจารณ์ระบบที่ต้องการออกแบบ 34
3.5 แผนภาพแสดงภาพรวมของระบบ 35
3.6 การออกแบบ 36
3.6.1 แผนภาพยูสเคส 36
3.6.2 แผนภาพกิจกรรม 39
3.6.3 ขั้นตอนการติดตั้งฮาร์ดแวร์ 41
3.6.4 ขั้นตอนการใช้งานซอฟท์แวร์ 42
3.6.5 การทดสอบวัดประสิทธิภาพของระบบในการเป็นสื่อการสอน 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 43
4.1 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ต่างๆ 43
4.1.1 โต๊ะวางกระบะทราย 43
4.1.2 กระบะทราย 43
4.1.3 กล้อง Kinect 44
4.1.4 โปรเจคเตอร์ 44
4.1.5 การติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ทั้งหมด 45
4.2 ทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ 47
4.3 ผลการทดสอบวัดประสิทธิภาพของการเป็นสื่อการสอน 49
4.3.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน 49
4.3.2 ข้อมูลความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ 52

บทที่ 5 สรุปผล 55
5.1 สรุปผลโครงงาน 55
5.1.1 ผลด้านประสิทธิภาพในการทำงานจริงของระบบ 55
5.1.2 ผลด้านความคิดเห็นของผู้ร่วมทดสอบใช้งานจริงต่อระบบ 55
5.1.3 ผลด้านผลสัมฤทธิ์ในการเป็นสื่อการสอนประกอบวิชาภูมิศาสตร์ 55
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 56
5.3 แนวทางการพัฒนา 56

บรรณานุกรม 57
ภาคผนวก ก. การติดตั้งซอฟท์แวร์ SARndbox 60
ภาคผนวก ข. การ Calibrate มุมมองของกล้อง Kinect 63
ภาคผนวก ค. แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบฯ 70
ภาคผนวก ง. ใบกิจกรรมและแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน 76
ประวัติผู้เขียน 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 ตารางคำนวณช่วงชั้นความสูง 19
3.1 คำอธิบาย use case จำลองภูมิประเทศ 37
3.2 คำอธิบาย use case สร้างน้ำ 38
4.1 แสดงอัตราส่วนร้อยละของเพศผู้ตอบแบบประเมิน 49
4.2 แสดงอัตราส่วนร้อยละของผลการศึกษาสะสมของผู้ตอบแบบประเมิน 50
4.3 แสดงอัตราส่วนร้อยละของแผนการเรียนของผู้ตอบแบบประเมิน 50
4.4 แสดงอัตราส่วนร้อยละของคำถามที่ 4- 6 ผู้ตอบแบบประเมิน 51
4.5 แสดงอัตราส่วนร้อยละของความพึงพอใจด้านเนื้อหาฯ 52
4.6 แสดงอัตราส่วนร้อยละของความพึงพอใจด้านส่งเสริมการเรียนรู้ฯ 52
4.7 แสดงอัตราส่วนร้อยละของความพึงพอใจด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือฯ 53
4.8 แสดงอัตราส่วนร้อยละของความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับฯ 54
4.9 แสดงอัตราส่วนร้อยละของคะแนนทดสอบก่อเรียน-หลังเรียน 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ไม่ว่าแผนการเรียนใดต่างต้องเรียนวิชาภูมิศาสตร์เหมือนกันแต่จากการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกลับพบว่าเป็นวิชาที่นักเรียนให้ความสนใจในการเรียนรู้วิชาภูมิศาสตร์น้อยกว่าวิชาอื่น เพราะเห็นว่าเป็นวิชาที่มีเนื้อหาเยอะ เข้าใจได้ยาก ผู้สอนมักสอนด้วยการบรรยาย ไม่มีกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างความเข้าใจ ประกอบกับการมีสื่อการสอนที่มีอยู่อย่างจำกัด ไม่มีความหลากหลาย ล้าสมัยไม่ทันต่อเทคโนโลยีในปัจจุบัน นอกจากจะไม่สร้างเสริมความเข้าใจต่อเนื้อหาที่ผู้สอนต้องการให้ถ่ายทอดแล้ว ยังทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน นำไปสู่ปัญหาในการสอนวิชาภูมิศาสตร์ในปัจจุบันที่ต้องการแก้ เพื่อให้การสอนวิชาภูมิศาสตร์นั้นเกิดการพัฒนาไปในทิศทางที่ดี

ดังนั้นหากต้องการแก้ปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น หากมีการสร้างสรรค์สื่อที่ผสมผสานความรู้ทางด้านภูมิศาสตร์กับเทคโนโลยีในปัจจุบัน มาใช้เป็นสื่อประกอบการสอนเนื้อหาวิชาภูมิศาสตร์ได้ไม่ว่าจะในเรื่องใดย่อมเป็นผลดีต่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์เป็นแน่ จึงทำศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าสนใจให้แก่สื่อ ทำให้พบกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโลกเสมือน ซึ่งมีกลุ่มผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีดังกล่าวมาสร้างระบบกระบะทรายเสมือนจริง (AR Sandbox)โดยมีจุดประสงค์ของการสร้างระบบนี้เพื่อต้องการแสดงผลภาพทางกราฟิกแบบทันต่อเวลา (Real time) และเมื่อศึกษาไปถึงการแสดงผล พบว่าระบบแสดงผลทางกราฟิก ออกมาในรูปแบบของสีและเส้นแบ่งชั้นตามความสูงของทราย และสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวของการไหลของน้ำทันต่อการเคลื่อนไหวเปลี่ยนรูปร่างของทรายอยู่ตลอดเวลา

ผู้จัดทำเล็งเห็นว่าระบบดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสื่อในการสอนเรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ ของวิชาภูมิศาสตร์ได้เป็นที่มาของโครงงาน “ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ” เพื่อให้เป็นสื่อการสอนที่มีคุณภาพ ที่มีความถูกต้องและแม่นยำในการแสดงเส้นชั้นความสูงและสีตามระดับความสูงของภูมิประเทศ ตามหลักภูมิศาสตร์ เพื่อให้เป็นสื่อประกอบการสอนที่ผู้สอนสามารถนำประยุกต์ใช้เหมาะสมร่วมกับการจัดกิจกรรม ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงควบคู่กันไป ทำให้เกิดการแก้ปัญหาการสอนวิชาภูมิศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- เพื่อพัฒนา AR Sandbox ให้เกิดเป็นระบบจำลองภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย ที่มีความแม่นยำและถูกต้องเรื่องของสีในแต่ระดับชั้นความสูงของภูมิประเทศ และเส้นระดับชั้นความสูง ตามหลักวิชาภูมิศาสตร์ ทำให้เกิดการบูรณาการในการนำเทคโนโลยีผสมผสานในปัจจุบันใช้ เพื่อทำให้เกิดสื่อเพื่อการเรียนรู้ในวิชาภูมิศาสตร์เพิ่มขึ้น
- เพื่อให้ผู้สอนใช้ระบบเป็นสื่อกลางร่วมกับกิจกรรมที่เหมาะสมในการเตรียมการสอน นำไปสู่การสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนมากขึ้น ทำให้สามารถลดการสอนเชิงปริมาณและเกิดทำให้เกิดการสอนเชิงคุณภาพ
- เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ระบบจริงการ ผนวกกับได้รับคำแนะนำจากผู้สอน แล้วเกิดการพัฒนาการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง แล้วสามารถจดจำและเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น
- เพื่อสร้างความพึงพอในการเรียนวิชาภูมิศาสตร์มากขึ้น สร้างบรรยากาศในการเรียนให้มีความเพลิดเพลิน สนุกสนาน ไม่ตึงเครียดระหว่างผู้สอนและผู้เรียน เกิดการกระตุ้นให้อยากเรียนรู้มากขึ้น

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

- **ด้านประสิทธิภาพในการทำงานจริงของระบบ**
  - เมื่อเปิดซอฟท์แวร์ควบคุมระบบ ระบบจะต้องสามารถติดตามจับการเคลื่อนไหวของทรายในกระบะ รวมถึงการเคลื่อนไหวเหนือกระบะทรายแล้วส่งข้อมูลที่ได้รับไปประมวลผล และฉายภาพกราฟิกสี เส้นชั้น รวมทั้งจำลองการไหลของน้ำกลับสู่ทรายในกระบะอย่างแม่นยำและถูกต้อง แบบทันต่อเวลา (Real time)
- **ด้านผลสัมฤทธิ์ในการเป็นสื่อการสอนประกอบวิชาภูมิศาสตร์**
  - เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลผลคะแนนในการทดสอบ ซึ่งแบ่งออกเป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมทดสอบใช้งานระบบจริงทั้งหมด แล้วผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนจะต้องสูงกว่าหลังเรียน และต้องตรงกับหลักการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมชุดการสอน ตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้
- **ด้านความคิดเห็นของผู้ร่วมทดสอบใช้งานจริงต่อระบบ**
  - ข้อมูลความพึงพอใจในการใช้งานระบบทั้ง 4 ด้าน (ด้านเนื้อหา ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ ด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ)จากแบบประเมินจะต้องมีค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ด้านอื่นๆ**
  - ผู้ใช้สามารถเรียนรู้และเข้าใจการทำงานของระบบ สามารถติดตั้งเองได้ รวมทั้งเคลื่อนย้ายระบบได้อย่างสะดวก
  - ผู้ใช้เข้าใจและสามารถแปลความหมายสัญลักษณ์ในระบบ (สีและเส้นความสูง) ได้อย่างถูกต้องตามเนื้อหาที่ผู้สอน

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงงาน

ทฤษฎีแนวคิดที่นำมาใช้ในโครงงานแบ่งออกได้ ดังนี้

1) เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Augmented Reality
2) ทฤษฎี/แนวคิดทางภูมิศาสตร์ ได้แก่
   - แผนที่
   - องค์ประกอบของแผนที่
   - ลักษณะภูมิประเทศต่างๆบนแผนที่
   - การระบุระดับความสูงในแผนที่
3) ทฤษฎี ด้านการศึกษา ได้แก่
   - การเรียนรู้
   - การพัฒนาทางความคิดสติปัญญาและการเรียนรู้ในวัยรุ่น
   - ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ (Learning by doing)
   - ทฤษฎีกรวยประสบการณ์(Cone of Experience)
   - ปีรามิดการเรียนรู้ (Learning Pyramid)
   - แนวคิดการเรียนรู้แบบให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student/Child centered)
   - การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
4) การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)
5) การทดสอบวัดประสิทธิภาพของสื่อการสอน

1.5 ขอบเขตโครงงาน

ศึกษาการทำงานของ AR Sandbox และนำไปพัฒนาต่อยอดสู่ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการสอนในวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศและเส้นชั้นความสูง เนื่องจากตัวระบบเป็นเพียงสื่อที่ช่วยทำให้เห็นภาพในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อความชัดเจน สวยงามสมจริง กว่าสื่อแบบ 2 มิติ ดังนั้นผู้สอนจะต้องเรียนรู้การใช้งานระบบ และมีการคิดกิจกรรมเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้สื่อนี้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าในการเรียนมาก่อนล่วงหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะระบบไม่ได้จัดทำขึ้นมาเพื่อสอนแทนผู้สอนได้ จึงต้องอาศัยการใช้กิจกรรมของผู้สอนเข้ามาช่วยให้สื่อเกิดประสิทธิภาพ

ระบบจะสามารถทำงานได้ต่อเมื่อมีการติดตั้งฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์อย่างครบถ้วนสมบูรณ์เสียก่อน ความสามารถในการแสดงภาพกราฟิกจะฉายภาพกลับไปยังผืนทรายในกระบะ ตามลักษณะรูปทรงทรายที่ได้ทำการจำลองเป็นลักษณะภูมิประเทศต่างๆไว้ โดยจะฉายเป็นภาพกราฟิกสีและเส้นชั้นความสูงเพื่อในการจำแนกความระดับความสูงต่ำ หากต้องการให้เกิดการจำลองการไหลของน้ำ ให้นำมือยกเหนือกระบะทรายบริเวณที่ต้องการให้เกิดแหล่งน้ำค้างไว้ประมาณ 5-10 วินาที จึงจะเกิดการสร้างภาพเคลื่อนไหวของน้ำ หากบริเวณนั้นเป็นแอ่งหรือพื้นราบจะเกิดภาพน้ำที่ขังในแอ่งหรือนองบนพื้น หากเป็นบริเวณที่มีความลาดชัน จะเกิดภาพเคลื่อนไหวของน้ำจะไหลจากบริเวณสูงลงสู่พื้นที่ต่ำ ในบริเวณขอบเขตของกระบะทรายที่กำหนดไว้เท่านั้น

1.6 ขั้นตอนในการศึกษา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 5 บท คือ

- บทที่ 1 อธิบายถึงความเป็นมาและความสำคัญของระบบ วัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ขอบเขตของโครงงานและ ขั้นตอนในการศึกษา
- บทที่ 2 อธิบายทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องในการสร้างระบบ รวมไปถึง ฮาร์ดแวร์ , ซอฟท์แวร์ และเทคโนโลยีและทฤษฎีอื่นๆที่เกี่ยวข้อง
- บทที่ 3 อธิบายถึงการวิเคราะห์และออกแบบ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนในการพัฒนาระบบ รวมไปถึงขั้นตอนในการทดลองใช้งานระบบในการเป็นสื่อการสอนจริง
- บทที่ 4 อธิบายผลจากการดำเนินการในบทที่ 3
- บทที่ 5 สรุปผลที่ได้จากการดำเนินงานตั้งแต่ต้น ปัญหาที่พบระหว่างดำเนินงาน และแนวทางแก้ไข เพื่อพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

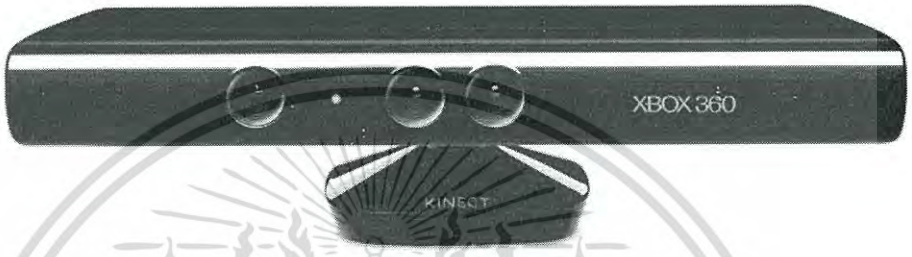
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ฮาร์ดแวร์

2.1.1 กล้อง Kinect

1) ส่วนประกอบของกล้อง Kinect

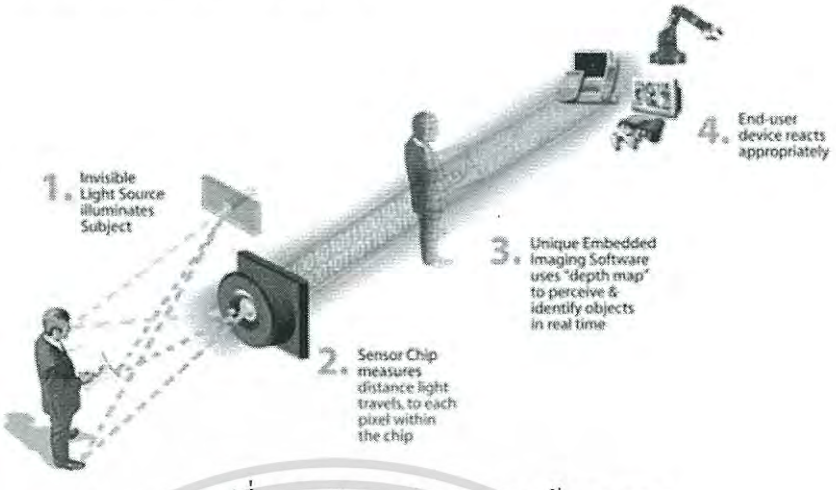


รูปที่ 2.1 กล้อง Kinect

- Microphone Array ตัวตรวจจับตำแหน่งของ ผู้ใช้งานจากเสียงโดยสามารถแยกเสียงรบกวนต่างๆออกจากเสียงผู้ใช้ได้
- IR emitter ตัวฉายแสงอินฟาเรด โดยจะฉายแสงอินฟาเรดอย่างมีรูปแบบเพื่อใช้จำลองภาพของพื้นที่ที่แสงอินฟาเรดตกกระทบร่วมกับ Depth camera
- Depth camera กล้องวัดความลึกใช้รับภาพพื้นที่ที่โดนแสงอินฟาเรดตกกระทบมาประมวลผลเป็นภาพสามมิติ
- Tilt motor มอเตอร์เพื่อใช้ปรับมุมมองการมองเห็นของตัวกล้อง Kinect โดยอัตโนมัติขึ้นกับขนาดของวัตถุเบื้องหน้า
- Color camera กล้องที่ใช้รับภาพธรรมดาเพื่อใช้เก็บรายละเอียดต่างๆของวัตถุและบุคคลในพื้นที่

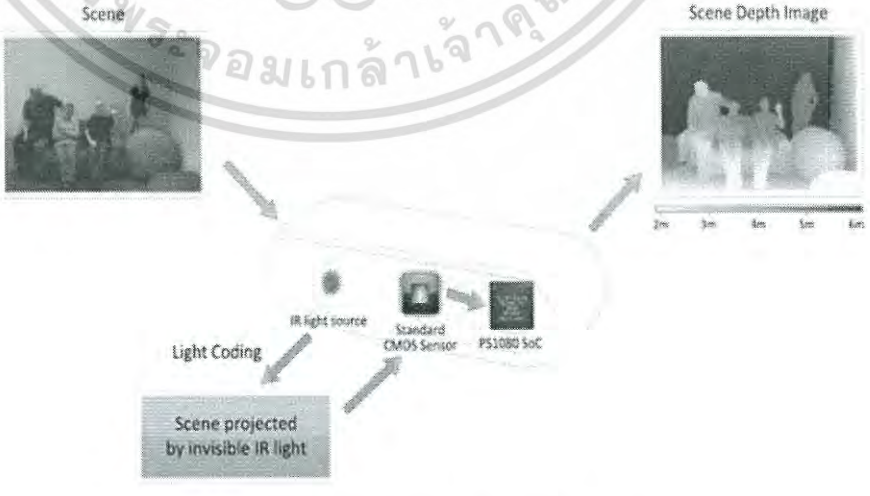
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หลักการทำงานของกล้อง Kinect



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของกล้อง Kinect

ตัวกล้อง Kinect จะทำงานโดยอาศัยทั้งการทำงานที่สอดคล้องกันของฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ โดยสิ่งที่กล้อง Kinect ทำมีอยู่ 2 สิ่งได้แก่ การสร้างภาพ 3 มิติ ที่สามารถเคลื่อนไหว ขยับได้ของตัววัตถุในมุมที่กล้องมองเห็น และอีกสิ่งคือจะสามารถจดจำและรับรู้ระหว่างที่วัตถุเหล่านั้นเคลื่อนไหว โดยตัวซอฟท์แวร์จะจำแนกวัตถุออกจากพื้นหลังด้วยความต่างของสีและพื้นผิว และได้พัฒนาต่อยอดให้กล้องสามารถมองเห็นได้ในที่แสงน้อย ด้วยการนำแสงอินฟาเรด ยิงไปหาตัววัตถุเพื่อสะท้อนกลับมายังกล้อง Kinect เรียกว่า "Time of flight" ซึ่งคล้ายคลึงกับการทำงานของ Sonar ตรงที่หากรู้ระยะที่แสงจะสะท้อนกลับมา จะทำให้ทราบระยะห่างของวัตถุ โดยที่เลือกใช้เพราะจะได้วัดได้แม่นไม่มีคลื่นแสงอื่นๆรบกวน และด้วยเทคโนโลยีที่กล่าวมาทำให้กล้อง Kinect สามารถแยกแยะความลึกและความสูงของวัตถุได้

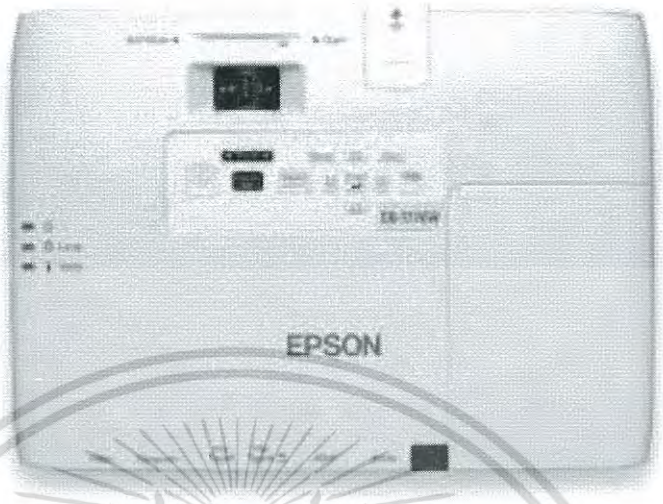


รูปที่ 2.3 การแยกแยะความลึกของกล้อง Kinect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โปรเจคเตอร์

1) ส่วนประกอบของโปรเจคเตอร์

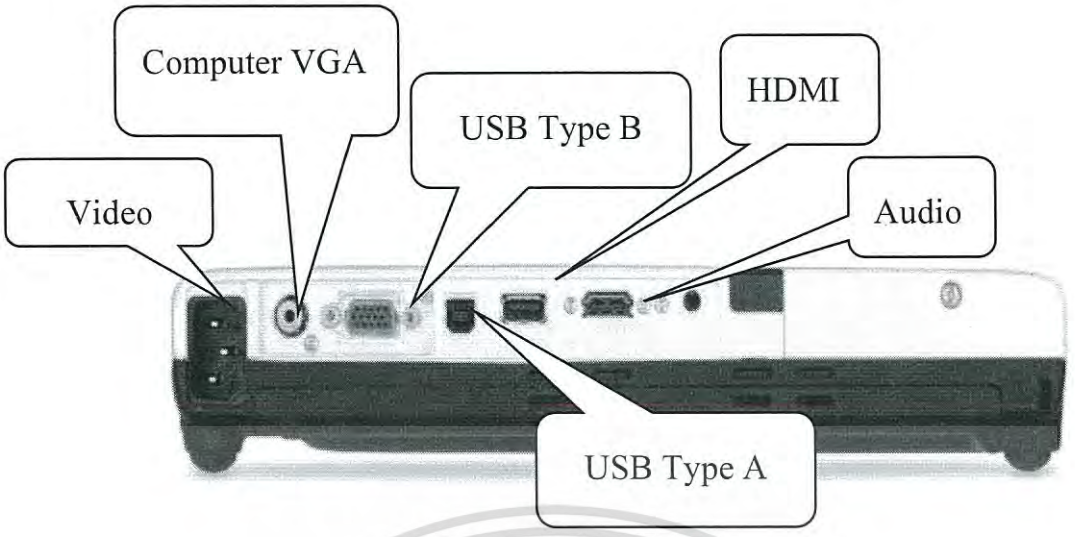


รูปที่ 2.4 โปรเจคเตอร์ด้านบน

รูปที่ 2.5 โปรเจคเตอร์ด้านหน้า

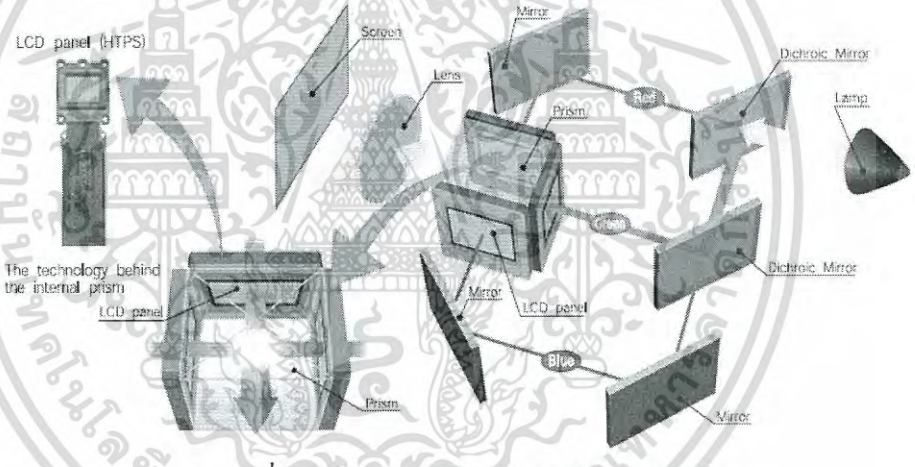
ในเครื่องจะมี LCD panel อยู่สามแผ่น ที่จะแสดงภาพต่างกันออกไปตามสัญญาณที่ได้รับมาจากคอมพิวเตอร์โดยที่แผ่น LCD จะยังไม่ขึ้นภาพต้องอาศัยหลอดฉายภาพส่องแสงผ่านกระจกที่มีฟิลเตอร์สี แดง เขียว และ น้ำเงิน แล้วให้แสงแต่ละสีตกไปยัง LCD panel สีละแผ่น แล้วนำภาพที่เกิดขึ้นมาซ้อนทับกันที่ปริซึมรวมแสงทำให้เกิดภาพใหม่ซึ่งเป็นเดียวกับที่แสดงอยู่บนจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของโปรเจคเตอร์

2) หลักการทำงานของโปรเจคเตอร์ (LCD Projector)



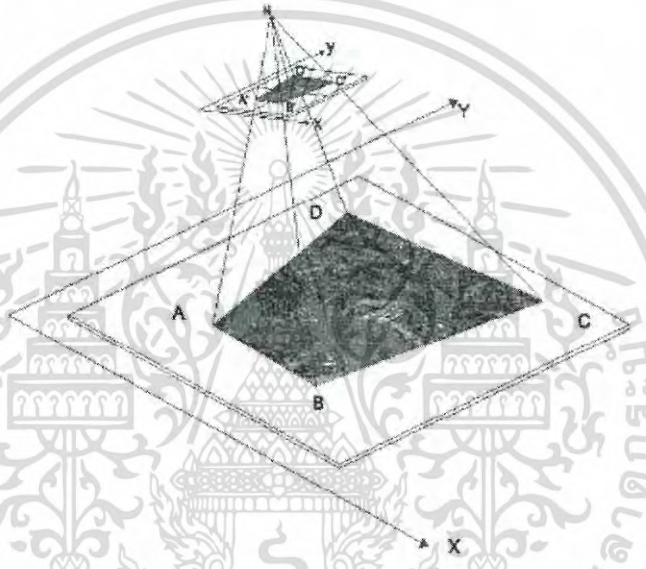
รูปที่ 2.7 จำลองการทำงานของโปรเจคเตอร์

Liquid crystal display Projector หรือ LCD Projector เป็นโปรเจคเตอร์ที่มีแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดไฟภายในโปรเจคเตอร์ ซึ่งใช้หลอดแบบ Metal highlight หรือหลอด Ultra High Power และจะวิ่งกระจกสะท้อนที่สามารถกรองแสงได้ จากนั้นจึงผ่านไปยังเลนส์ โดยเลนส์คือแผ่น LCD 3 แผ่นด้านในในตัวเครื่อง ซึ่งตัวกระจกเลนส์ยังแบ่งออกเป็น 3 สีในระบบสี RGB คือ แดง(Red) , เขียว(Green) และน้ำเงิน (Blue) เพื่อเป็นตัวช่วยในการสร้างภาพสี อาศัยการวิ่งผ่านของแสงผ่าน Panel LCD ของแต่ละสี ถูกควบคุมผ่านด้วยไฟฟ้าเป็นตัวช่วยเปิดหรือปิดการทำงานของ pixel ของเม็ดสีนั้นๆ จนเมื่อเกิดเป็นภาพที่เลนส์แล้ว แสงจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องฉายออกไปยังจอรับภาพที่เลนส์ และฉายออกสู่ฉากที่รับภาพ ได้ภาพตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโปรเจคเตอร์แบบ LCD นั้นมีข้อดีตรงที่ให้แสงสว่างได้ดีกว่าโปรเจคเตอร์แบบ DLP ตรงเมื่อเทียบกันในกรณีที่หลอดไฟกำเนิดแสงหากมีวัตต์เท่าๆกัน โปรเจคเตอร์แบบ LCD จะสามารถทำให้ได้ความคมชัดของเม็ดสีที่ดีกว่า ทำให้ภาพมีสีสันและความคมชัดมากกว่า สร้างความน่าเชื่อถือต่อการนำไปใช้ แต่ข้อเสียคือเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในขนาดที่กำลังรับส่งภาพเพื่อฉาย เช่นกรณีเกิด Dead Pixel ไม่ว่าจะแบบชั่วคราวหรือแบบถาวร จะเห็นผลได้ชัดเจนมากกว่า DLP Projector สร้างความเสียหายให้แก่ภาพที่ฉายออกมาได้มากกว่าแบบ DLP Projector

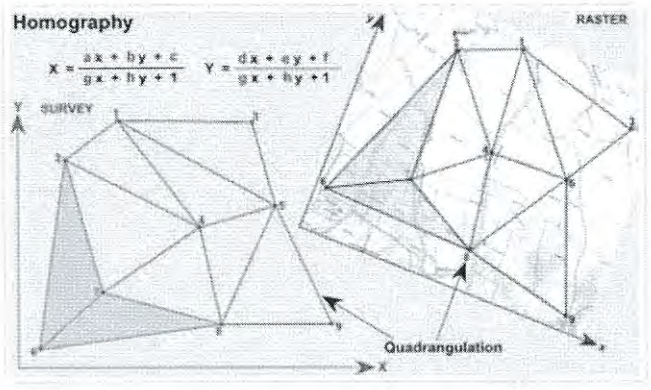
3) การฉายภาพลงบนพื้นวัตถุของโปรเจคเตอร์ (Projection Mapping)



รูปที่ 2.8 การฉายภาพด้วยเทคนิค Homography

กระบวนการที่ทำการฉายภาพหรือวีดีโอให้เหมาะสมกับพื้นผิว ขนาดของวัตถุหรือฉากที่รับภาพนั้นๆ โดยอาศัยซอฟท์แวร์ของตัวโปรเจคเตอร์ หรือการใช้เทคนิค Homography ซึ่งจะทำการปรับภาพ โดยอาศัยหลักการบิดเบือนภาพหรือวิดีโอที่ต้องการฉายให้เหมาะสม ซึ่งต้องเลือกภาพหรือวิดีโอที่ต้องการฉายก่อน จากนั้นเลือกฉากรับที่จะฉายภาพลงไป ไม่ว่าจะในลักษณะสองหรือสามมิติก็ตาม จากนั้นตัวซอฟท์แวร์ภายในโปรเจคเตอร์จะทำการวิเคราะห์ผ่านสมการคณิตศาสตร์ เพื่อระบุจุดต่างๆบนภาพ (masking) ของภาพ และทำการ Transform จุดที่ masking ไว้ จากนั้นจะฉายภาพที่ต้องการลงสู่พื้นผิวฉากรับ โดยอาศัยการบิดเบือน ปรับภาพ เพื่อฉายกลับสู่ฉากรับพอดีกับขนาดของฉากรับภาพนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 Homography Transform สี่เหลี่ยมที่อ้างอิงรูปสี่เหลี่ยมที่สอดคล้องกันในระบบอื่น

2.2 ซอฟท์แวร์

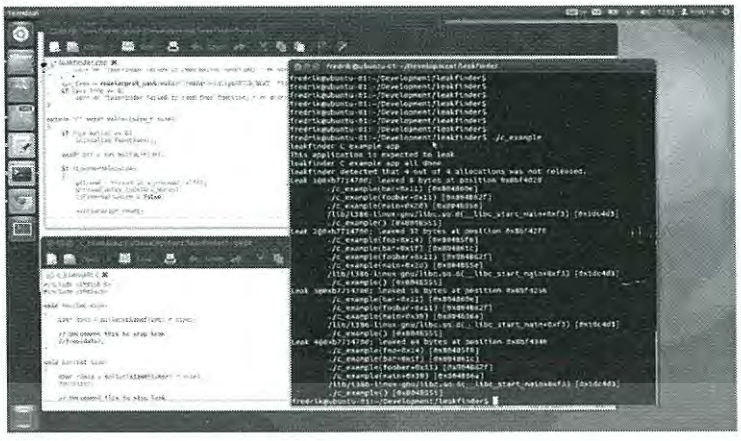
2.2.1 ระบบปฏิบัติการ Ubuntu

รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ Ubuntu

คือระบบปฏิบัติชนิดหนึ่งของคอมพิวเตอร์อยู่ในตระกูลเดียวกับ Linux ซึ่งเป็น Open source ภายใต้การอนุญาตของ GNU/GPL อันหมายถึงว่าสามารถนำไปปรับปรุงเปลี่ยนแปลงพัฒนาต่อได้อย่างเสรี ไม่มีค่าใช้จ่าย โดยคำว่า Ubuntu แปลเป็นไทยได้ว่า "การช่วยเหลือกันของมวลมนุษย์" นอกจากนี้ Ubuntu ยังมีความยืดหยุ่นต่อการรองรับฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ได้หลากหลาย จัดสรรทรัพยากรในเครื่องได้อย่างดีไม่สิ้นเปลืองทำให้คอมพิวเตอร์มีความรวดเร็วในการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

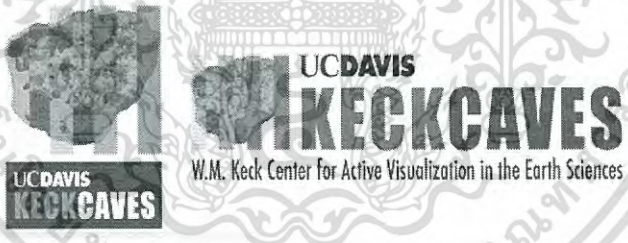
2.2.2 ภาษา C++



รูปที่ 2.11 ภาษา C++

เป็นภาษาระดับสูง พัฒนาโดย Jarne Stroustrup โดยภาษา C++ จะเพิ่มการเขียนแบบเชิงวัตถุ (Object- oriented) ซึ่งภาษา C++ เป็นภาษาที่ได้รับความนิยมอย่างยิ่งในการนำไปพัฒนา Application รวมไปถึงโปรแกรมประยุกต์กราฟิกต่างๆ ทั้งในระบบปฏิบัติการ Windows และ Macintosh

2.2.3 ซอฟท์แวร์ SARndbox-1.5-001



รูปที่ 2.12 หน่วยงานที่พัฒนาซอฟท์แวร์ SARndbox-1.5-001

เป็นซอฟท์แวร์ที่สามารถใช้งานได้ฟรี ภายใต้ GNU General Public License ในการติดตั้งมีคู่มือการใช้งานและวิธีติดตั้งอยู่ในไฟล์ README ซึ่งทำได้โดยง่าย ตัวซอฟท์แวร์สนับสนุนการทำงานเพื่อโต้ตอบกับผู้ใช้งาน AR Sandbox โดยเฉพาะ นอกจากนี้ยังเปิดรับข้อซักถามและคำแนะนำจากผู้พัฒนาท่านอื่นๆภายนอกหน่วยงาน โดยตัวซอฟท์แวร์มีมาแล้ว 7 เวอร์ชัน ดังนี้

- SARndbox-1.0
- SARndbox-1.1
- SARndbox-1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- SARndbox-1.4
- SARndbox-1.5
- SARndbox-1.5-001 : เวอร์ชันที่ติดตั้งในระบบ
- SARndbox-1.6

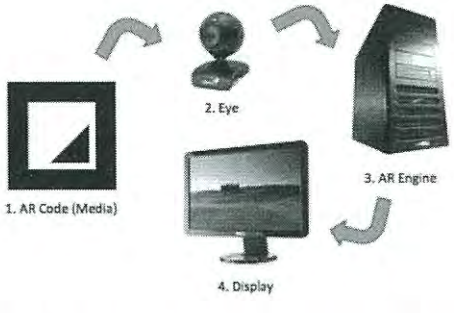
2.2.4 VRUI Toolkit

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการใช้งาน VRUI Toolkit

VRUI Toolkit เป็นเครื่องมือที่รวบรวม method ต่างๆ ไว้ให้เพื่อการให้คนเขียนโปรแกรมไม่ต้องไปยุ่งเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของ Virtual Reality ทำให้สามารถทำแม้ไม่ใช้ผู้ชำนาญก็สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยตัวเครื่องมือจะเน้นความสะดวกในการใช้งานในการสร้างสภาพแวดล้อม ที่สามารถแสดงผลที่หลากหลาย เช่น การแสดงผลจากจอไปยังอุโมงค์, พื้นหรือผนังแบบต่างๆ

2.3 เทคโนโลยีและทฤษฎีอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 เทคโนโลยี Augmented Reality



รูปที่ 2.14 หลักการของ Augmented Reality

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเทคโนโลยีที่ผสานโลกเสมือนเข้ากับโลกจริง โดยอาศัยการประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านซอฟท์แวร์ที่เกี่ยวข้อง โดยรับข้อมูลพวกกราฟิก ภาพ เสียง หรือข้อมูลพิกัด GPS แสดงผลผ่านอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ช่วยในการจะมองเห็นภาพเสมือน เช่น กล้อง Kinect, โปรเจคเตอร์, แว่นOculus, จอโทรทัศน์ เป็นต้น ซึ่งผลที่แสดงออกมาจะมีความชัดสมจริงแค่ไหน ขึ้นอยู่กับความไวในการประมวลผลรวมไปถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์แสดงผล ซึ่งตัวเทคโนโลยี Augmented Reality เป็นสิ่งที่ช่วยเพิ่มวิสัยทัศน์และสร้างอรรถรสในการเห็นภาพในโลกเสมือนที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมโลกจริง

2.3.2 แผนที่

สิ่งที่แสดงลักษณะทางกายภาพของพื้นผิวบริเวณต่างๆของโลกทั้งภาคพื้นดินและพื้นน้ำลงยังวัสดุที่มีความแบนราบเป็นระนาบเดียวกัน โดยมีการใช้สัญลักษณ์ต่างๆในการแสดงให้เห็นลักษณะทางกายภาพนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองทางธรรมชาติ เช่น ที่ราบต่ำ/สูง ภูเขา ต้นไม้ มหาสมุทร เป็นต้น หรือสิ่งก่อสร้างโดยมนุษย์ เช่น โรงเรียน วัด อาคารถนน เป็นต้น

- แบ่งตามลักษณะการใช้ได้ 3 แบบ ได้แก่

1) แผนที่อ้างอิง : แผนที่ชนิดนี้จัดทำเพื่อให้แผนที่ชนิดอื่นนำไปใช้อ้างอิงในการจัดทำขึ้น ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ชุด เป็นต้น

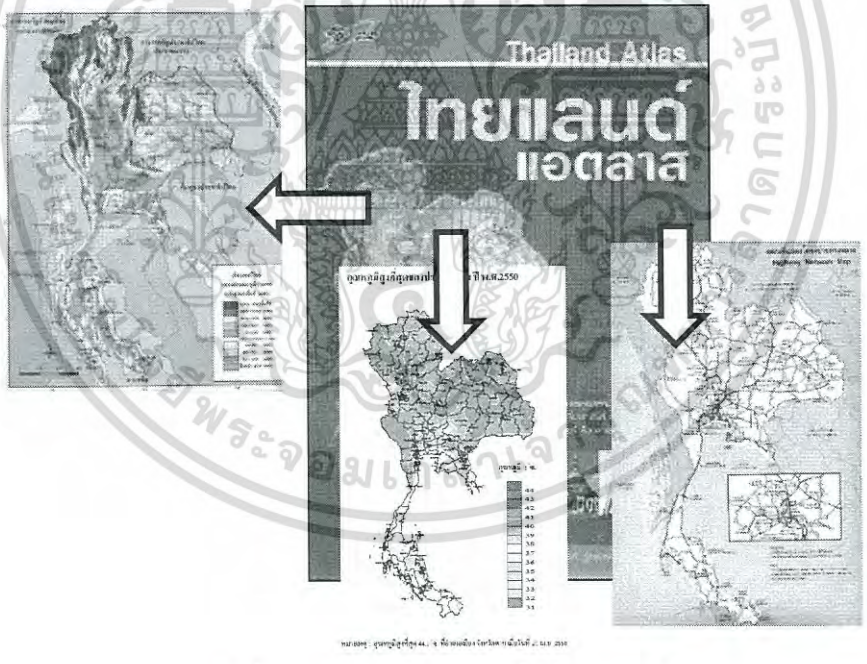
รูปที่ 2.15 แผนที่อ้างอิง (แผนที่ภูมิประเทศ)

2) แผนที่เฉพาะเรื่อง : แผนที่ชนิดนี้จัดทำขึ้นเพื่อการแสดงรายละเอียดเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น แผนที่รัฐกิจ แผนที่การถือครองที่ดิน แผนที่พืชพรรณธรรมชาติ แผนที่ท่องเที่ยว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 แผนที่เฉพาะเรื่อง (แผนที่ท่องเที่ยว)

3) แผนที่เล่ม : เป็นที่รู้จักกันในชื่อ แอตลาส (atlas) แผนที่ที่ทำการรวบรวมแผนที่หลากหลายๆชนิดไว้ในเล่มเดียว เช่น ไทยแลนด์แอตลาส(Thailand Atlas) จะรวบรวมแผนภูมิประเทศ แผนที่ภูมิอากาศ แผนที่ทางหลวง แผนที่อื่นๆที่เกี่ยวกับประเทศไทยไว้ในเล่มเดียวกัน เป็นต้น



รูปที่ 2.17 แผนที่เล่ม (แผนที่เล่ม ประเทศไทย)

- แบ่งตามขนาดมาตราส่วนในกิจการทหารได้ 3 แบบ ได้แก่

1) แผนที่มาตราส่วนขนาดใหญ่ : แผนที่ที่ใช้มาตรามาตราส่วนไม่เกิน 1 : 75,000 นิยมใช้แผนที่มาตราส่วนขนาดใหญ่ในการแสดงข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณไม่ใหญ่นัก เช่น แผนที่หมู่บ้าน แผนที่เทศบาลตำบล มาตราส่วน 1 : 50,000 เป็นที่นิยมสำหรับแผนที่มาตราส่วนขนาดใหญ่

2) แผนที่มาตราส่วนขนาดกลาง : แผนที่ที่ใช้มาตรามาตราส่วนมากกว่า 1 : 75,000 จนถึง 1 : 600,000 นิยมใช้แผนที่มาตราส่วนขนาดกลางในการแสดงข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่มีบริเวณกว้างขึ้นจากมาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น แผนที่อำเภอ มาตราส่วน 1 : 250,000 เป็นที่นิยมสำหรับแผนที่มาตราส่วนขนาดกลาง

3) แผนที่มาตราส่วนขนาดเล็ก : แผนที่ที่ใช้มาตรามาตราส่วนมากกว่า 1 : 600,000 ขึ้นไป นิยมใช้แผนที่มาตราส่วนขนาดเล็กในการแสดงข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่มีบริเวณกว้างใหญ่มากๆ เช่น แผนที่ประเทศ แผนที่ทวีป แผนที่โลก มาตราส่วน 1 : 1,000,000 เป็นที่นิยมสำหรับแผนที่มาตราส่วนขนาดเล็ก

- แบ่งตามขนาดมาตราส่วนในทางภูมิศาสตร์ได้ 3 แบบ ได้แก่

1) แผนที่มาตราส่วนขนาดใหญ่ : แผนที่ที่ใช้มาตรามาตราส่วนไม่เกิน 1 : 250,000

2) แผนที่มาตราส่วนขนาดกลาง : แผนที่ที่ใช้มาตรามาตราส่วนมากกว่า 1 : 250,000 จนถึง 1 : 1,000,000

3) แผนที่มาตราส่วนขนาดเล็ก : แผนที่ที่ใช้มาตรามาตราส่วน 1 : 1,000,000 ขึ้นไป

2.3.3 องค์ประกอบของแผนที่

1) ชื่อของแผนที่ : ระบุชื่อในการเรียกแผนที่นั้น เช่น แผนที่ภูมิประเทศของประเทศไทย แผนที่อำเภอละงู แผนที่ท่องเที่ยวจังหวัดสุโขทัย เป็นต้น

2) ขอบระวาง : เส้นกั้นรอบๆแผนที่ มีตัวเลขแสดงค่าพิกัดในทางภูมิศาสตร์ ค่าละติจูด และค่าลองติจูด กำกับอยู่

3) ชื่อทางภูมิศาสตร์ : การใช้อักษรย่อแทนชื่อเต็มเฉพาะบริเวณสำคัญภายในแผนที่ เช่น อักษร HU แทนชื่อประเทศฮังการี อักษร AS แทนชื่อทวีปเอเชีย เป็นต้น

4) พิกัดทางภูมิศาสตร์ : กำหนดตำแหน่งของสิ่งต่างๆบนแผนที่ โดยค่าของพิกัดจะประกอบด้วยค่าละติจูด ลองติจูด ทิศ และองศา เช่น พิกัดของกรุงเทพมหานครในแผนที่โลกคือ 13°45′0″N 100°31′1.20″E เป็นต้น

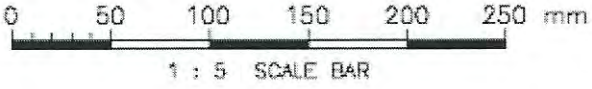
5) ทิศ : ด้านบนของแผนที่คือทิศเหนือ (North = N) ด้านล่างคือทิศใต้ (South = S) ทางขวาคือทิศตะวันออก (East = E) และด้านซ้ายคือทิศตะวันตก (West = W)

6) มาตราส่วน : อัตราส่วนของระยะทางในแผนที่กับระยะจริง มี 3 แบบ คือ

- มาตราส่วนเศษส่วน เช่น 1 : 5000 หมายความว่าระยะในแผนที่ 1 เซนติเมตรเท่ากับระยะทางจริง 5,000 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มาตราส่วนเส้น/บรรทัด/รูปแท่ง จะแสดงมาตราส่วนผ่านเส้นหรือแท่งพร้อมมีตัวเลขกำกับ ตัวอย่างเช่นดังภาพ



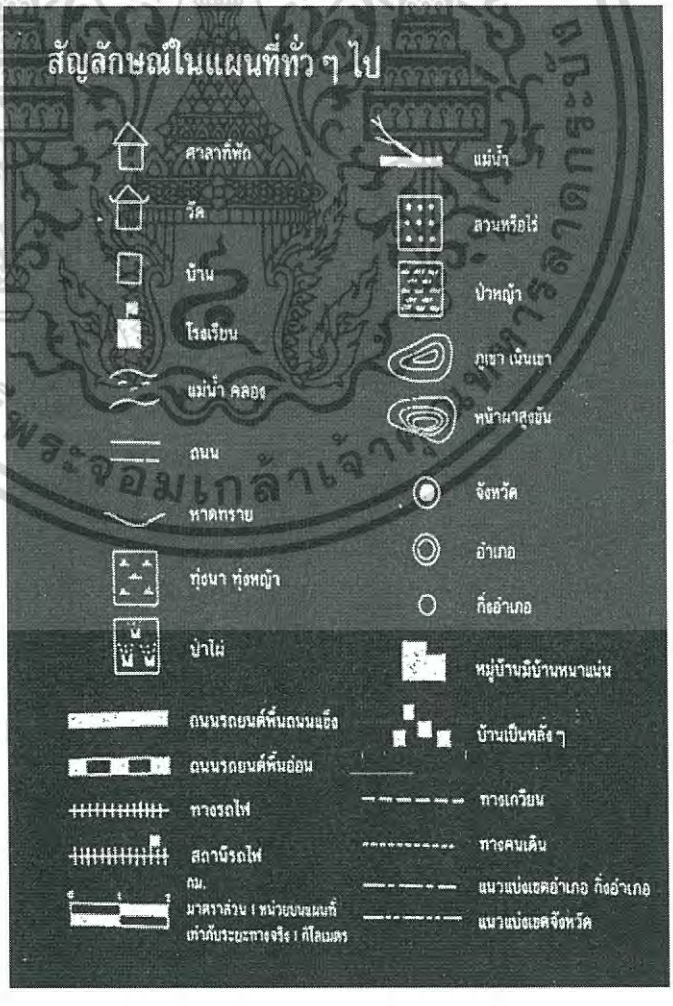
รูปที่ 2.18 มาตราส่วนบรรทัด

- มาตราส่วนคำพูด เช่น 1 เซนติเมตร เท่ากับ 0.5 กิโลเมตร หมายความว่าระยะในแผนที่ 1 เซนติเมตรเท่ากับระยะทางจริง 0.5 กิโลเมตร

สูตรคำนวณ คือ มาตราส่วนแผนที่(Scale) = ระยะทางบนแผนที่จริง (Map Distance = MD)/ระยะทางในภูมิประเทศจริง(Ground Distance = GD)

7) สี เพื่อแทนลักษณะทางกายภาพ หรือแทนความสูงในระดับต่างๆ เช่น สีดำแทนสิ่งที่มนุษย์สร้าง เป็นต้น

8) สัญลักษณ์ เพื่อแทนลักษณะทางกายภาพต่างๆ ตัวอย่างเช่นดังภาพ



รูปที่ 2.19 สัญลักษณ์ในแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.4 ลักษณะภูมิประเทศต่างๆบนแผนที่

รูปที่ 2.20 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะทางกายภาพของพื้นผิวโลกซึ่งประกอบไปด้วยพื้นดิน(เปลือกโลก)และพื้นน้ำ ซึ่งมีพื้นน้ำเป็นอาณาเขตส่วนใหญ่ของพื้นผิวโลก ที่ปรากฏให้เห็นในแบบต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะหลักดังนี้

1) ลักษณะภูมิประเทศของภาคพื้นทวีป ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดคือ ภูมิประเทศหลัก (Major Landform) ได้แก่ ที่ราบ ที่ราบสูง เนินเขา ภูเขา เป็นต้น อีกชนิดคือ ภูมิประเทศรอง (Minor Landform) ได้แก่ เกาะ หายทราย หุบเขา โดยจำแนกด้วยด้วยความต่างของระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังนี้
   - ที่ราบ (Plains) คือบริเวณที่เป็นที่ต่ำ ที่มีความต่างกับระดับน้อยกว่า 100 เมตร มีพื้นผิวที่ค่อนข้างราบเรียบ อาจมีเนินเขาเตี้ยๆที่ทำให้ที่ราบบางบริเวณเกิดพื้นผิวลูกคลื่น มักเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ทำเกษตรกรรมหรือปศุสัตว์
   - ที่ราบสูง (Plateau) คือบริเวณที่มีมีความต่างกับระดับมากกว่า 100 เมตรแต่น้อยกว่า 300 ยอดของที่ราบสูงค่อนข้างเรียบแผ่ครอบคลุมพื้นที่มักจะลาดเอียงสู่ที่ราบใกล้เคียง
   - เนินเขา (Hill) คือลักษณะภูมิประเทศที่มีความต่างระดับมากกว่า 100 เมตรแต่น้อยกว่า 600 เมตร ยกเว้นบริเวณชายฝั่งทะเล อาจต่ำกว่า 60 เมตร
   - ภูเขา (Mountain) คือลักษณะภูมิประเทศที่มีความต่างระดับมากกว่า 600 เมตร มีความลาดชันกว่าที่ราบ พื้นผิวมักขรุขระไม่เรียบ
2) ลักษณะภูมิประเทศของทะเลและมหาสมุทร

146217
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไหล่ทวีป (Continental Shelf) คือบริเวณเริ่มจากชายฝั่งไปยังพื้นทะเล จนถึงบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนระดับความลาดชันสูงมากขึ้น ลักษณะของพื้นผิวเป็นร่อง สัน แอ่ง เป็นต้น
- ลาดทวีป (Continental Slope) คือบริเวณที่ต่อจากไหล่ทวีป ระดับความลึกที่ 2,000-3,000 เมตร จนถึงเนินลาดเรียบทวีป ความลาดชันประมาณ 1:40 พื้นที่ค่อยข้างแคบ
- เนินลาดเรียบทวีป (Continental Rise) คือบริเวณที่ต่อจากลาดทวีป จนถึงพื้นราบบาดาล
- พื้นราบบาดาล (Abyssal Floor) คือบริเวณที่ราบเรียบ มีความลึก ทั้งสูงและต่ำหรืออาจปรากฏเป็นเนินเตี้ย (Abyssal Hill)
- สันเขากลางมหาสมุทร (Ocean Ridge) คือบริเวณที่เป็นแนวเทือกเขาใต้มหาสมุทร มีอยู่ประมาณร้อยละ 28 ของท้องสมุทร ยอดสันเขาเป็นหุบเขาทรุดเป็นร่องลึก ความกว้าง 25-50 กิโลเมตร

2.3.5 การระบุระดับความสูงในแผนที่

นิยมแสดงระดับความสูงไว้ 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปที่ 2.21 ลักษณะเส้นชั้นความสูง

1) เส้นชั้นความสูง (contour line) คือเส้นที่แสดงให้เห็นถึงระดับความสูงที่เท่ากันของภูมิประเทศ ณ บริเวณที่เส้นพาดผ่าน หรือเป็นเส้นที่เกิดจากการตัดกันที่ระดับความสูงนั้นๆกับพื้นดิน โดยแต่ละเส้นจะมีช่องว่างระหว่างกัน เป็นระยะที่วัดในแนวดิ่งระหว่างเส้นชั้นความสูง 2 เส้น เรียกว่า ช่วงชั้นความสูง

- ช่วงชั้นความสูง (contour interval) จะเป็นค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับขนาดมาตราส่วนของแผนที่นั้น โดยมีการคำนวณออกมาเป็นตารางช่วงชั้นความสูง ดังตารางด้านล่าง

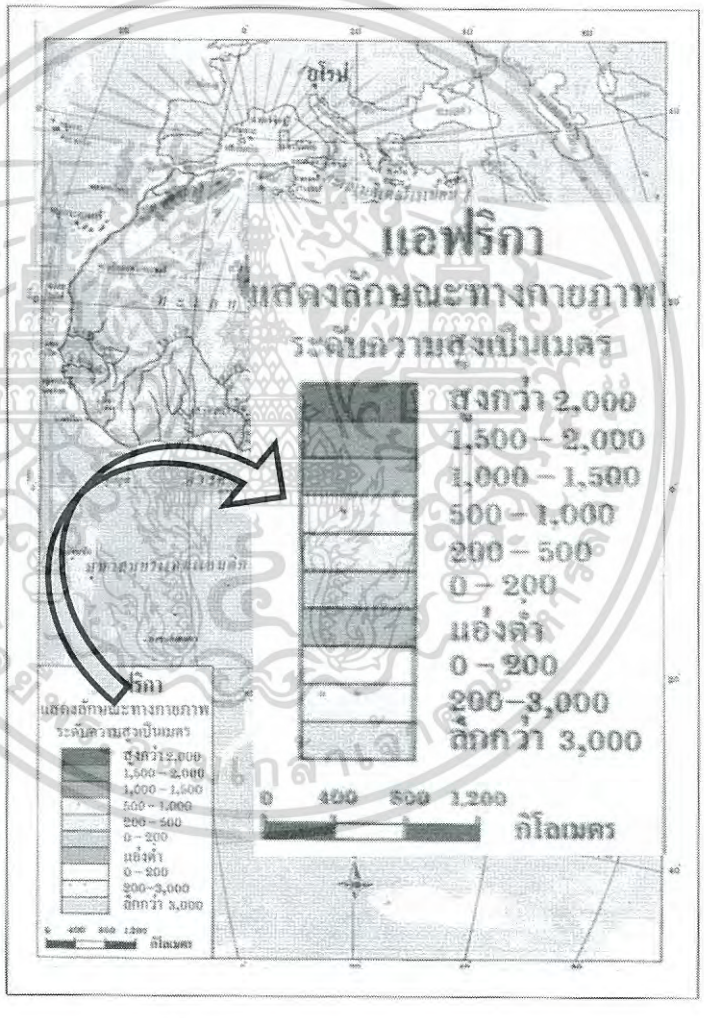
ตารางที่ 2.1 ตารางคำนวณช่วงชั้นความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	High mountains α_{max}=45°							
	Smallest possible equal contour interval witch can be drawn for α=45° $A = \frac{M}{2000}$	common equal contour intervals	very useful graphical and arithmetical equal contour intervals	ideal equal contour intervals $A = n \cdot \log n$, where $n = \sqrt{\frac{100}{M}+1}$	recommended equal contour intervals, for normal contours	recommended equal contour intervals for intermediate contours	recommended equal contour intervals for mountains of medium height	recommended equal contour intervals for flat and undulating
Scales	1	2	3	4	5	6	7	8
1:1,000	0.5	1		1.5	**1**	0.5	**0.5**	**0.25**
1:2,000	1.0	2		2.7	**2**	1.0	**1.0**	**0.5**
1:5,000	2.5	5	**5**	5.7	**5**	2.5	**2**	**1**
1:10,000	5.0	10	**10**	10	**10**	5	**5**	**2**
1:20,000	10	10		17	**20**	10	**10**	**2.5**
1:25,000	12.5	10,20	**20**	19	**20**	10	**10**	**2.5**
1:50,000	25	20,25	**30**	29	**20**	10	**(10)**	
		30,40			**30**	15	**20**	**5**
1:100,000	50	50	**50**	47	**50**	25	**25**	**(5)** **10**
1:200,000	100	50		75	**100**	50	**50**	**10**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		100						
1:250,000	125	100		85	**100**	50	**50**	**10** **(20)**
1:500,000	250	100 200		130	**200**	100	**100**	**20**
1:1,000,000	500	200	**200**	200	**200**	100	**100**	**20** **(50)**



รูปที่ 2.22 แถบสีแสดงความสูง

2) แถบสีแสดงความสูง (layer tinting) สีที่นิยมใช้ในแผนที่เพื่อแสดงความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ มีดังนี้

- ภาคพื้นดิน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สีเขียวแก่ -> บริเวณที่ราบ หรือที่ราบต่ำ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 0 - 200 เมตร
- สีเขียวอ่อน -> บริเวณที่เป็นที่ราบสูง ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่200 - 500 เมตร
- สีเหลือง -> บริเวณที่เป็นเนินเขาหรือที่สูง ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 500 – 1,000 เมตร
- สีเหลืองแก่ -> บริเวณที่เป็นภูเขา ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 1,000 – 2,000 เมตร
- สีน้ำตาล ->บริเวณที่เป็นภูเขาสูง ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 2,000 – 3,000 เมตร
- สีม่วง ->บริเวณที่เป็นภูเขาสูงมาก ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 3,000 – 5,000 เมตร
- สีขาว -> บริเวณที่เป็นภูเขาสูง มียอดเขาสูงที่หิมะปกคลุม ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 5,000 เมตร

• ภาคพื้นน้ำ กำหนดสีไว้ ดังนี้

- สีฟ้าอ่อน -> บริเวณตั้งแต่ชายฝั่งจนถึงไหล่ทวีป หรือเขตทะเลตื้น ความสูงต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 0 - 200 เมตร
- สีฟ้าแก่ -> บริเวณตั้งแต่ไหล่ทวีปจนถึงพื้นทะเล ความสูงต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 200 – 4,000 เมตร
- สีน้ำเงิน -> บริเวณตั้งแต่พื้นทะเลถึงทะเลลึก ความสูงต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 4,000 – 6,000 เมตร
- สีน้ำเงินแก่ -> บริเวณตั้งแต่ทะเลลึกถึงน่านน้ำที่มีความลึกมาก หรือมหาสมุทร ความสูงต่ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 6,000 เมตร

รูปที่ 2.23 ภาพถ่ายแสดงระดับความสูงบนภูมิประเทศจริงของโลก จากดาวเทียม NOAA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การเรียนรู้

การเรียนรู้นั้นหมายถึง การรับข้อมูล และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวในชีวิตประจำวัน ก่อให้เกิดการฝึกฝนและจดจำ สู่การสังเคราะห์สิ่งต่างๆสั่งสมในรูปแบบของความรู้ หรือในรูปแบบของประสบการณ์ นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างถาวร รวมถึงการพัฒนารอบด้านของแต่ละบุคคล ซึ่งมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ

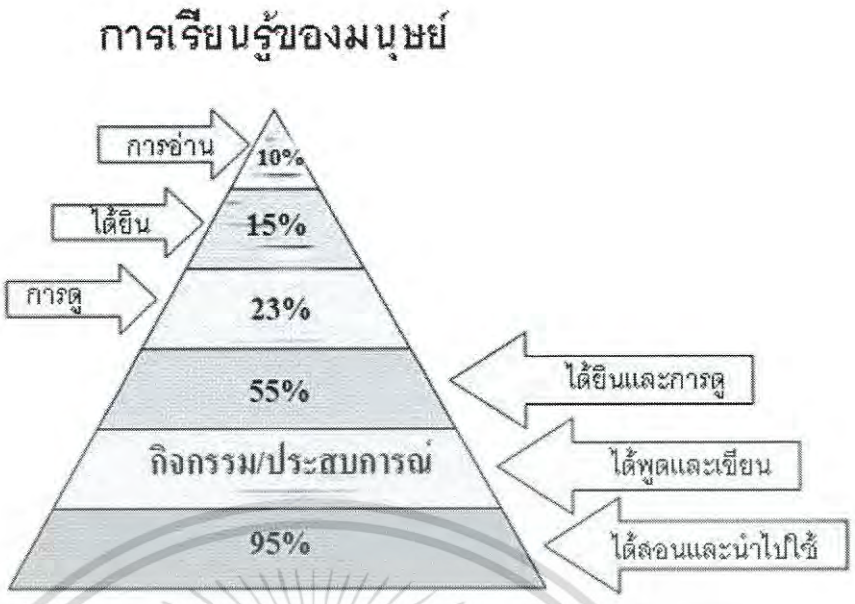
1) การรับรู้ (Reception) หมายถึง การรับเอาข้อมูลต่างๆเข้ามา
2) การเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจความหมาย เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละสิ่งที่รับมา จากต่างแหล่ง และอธิบายตามหลักเหตุผลได้
3) การปรับเปลี่ยน (Transformation) ถือเป็นขั้นสูงสุดของการเรียนรู้ เพราะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆไม่ว่าจะด้านวิธีในการคิด การให้คุณค่า และนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจอย่างถ่องแท้

จากการศึกษาหาที่มาของการเรียนรู้ พบว่าการเรียนรู้นั้นเป็นองค์ประกอบในหลายวิชา ได้แก่วิชาประสาทจิตวิทยา จิตวิทยาการศึกษาซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของทฤษฎีการศึกษาสำคัญ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาในปัจจุบัน การเรียนรู้จะไม่เกิดขึ้นหากขาดการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 เข้าร่วมด้วย ซึ่งจากการค้นคว้ามีการระบุว่ามนุษย์มีการเรียนผ่านการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

- เรียนรู้จากการใช้ตามองดูสิ่งต่างๆ 83 %
- เรียนรู้จากการใช้จมูกดมกลิ่นต่างๆ 11 %
- เรียนรู้จากการใช้หูฟังเสียงต่างๆ 10 %
- เรียนรู้จากการใช้มือสัมผัสสิ่งต่างๆ 2 %
- เรียนรู้จากการใช้ลิ้น ปากชิมรสต่างๆ 1 %

เห็นได้ว่ามนุษย์เกิดการเรียนผ่านการใช้อวัยวะตามากที่สุด แต่ยังไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าจะสามารถจดจำได้อย่างถาวรหรือไม่ ทำให้ไม่สามารถวัดถึงประสิทธิภาพในการเรียนรู้ได้ จึงมีการทำวิจัยประสิทธิผลของการเรียนรู้ของมนุษย์ด้วยวิธีต่างๆขึ้นมาเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนขึ้น ได้ผลดังภาพต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ผลการวิจัยประสิทธิผลของการเรียนรู้ของมนุษย์ด้วยวิธีต่างๆ

แม้ว่าวิธีการเรียนรู้ด้วยการได้ดูจะมีประสิทธิผลคิดออกมาแล้วเยอะถึง 55 % แต่การเรียนรู้ที่มีประสิทธิผลมากที่สุดแท้จริงแล้ว คือการได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริง เพื่อให้เกิดประสบการณ์ ทำให้เกิดเป็นความจำที่ถาวรนั่นเอง

2.3.7 การพัฒนาทางความคิดสติปัญญาและการเรียนรู้ในวัยรุ่น

วัยรุ่นพัฒนามาจากวัยเด็กเตรียมเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ แบ่งออกเป็น 3 ช่วงอายุ ดังนี้

- วัยรุ่นตอนต้น อายุ 13-15 ปี = วัยมัธยมต้น
- วัยรุ่นตอนกลาง อายุ 15-18 ปี = วัยมัธยมปลาย
- วัยรุ่นตอนปลาย 18-21 ปี = วัยมหาวิทยาลัย

เนื่องจากสมองเติบโตเต็มที่แล้ว วัยรุ่นจะมีการพัฒนาการในเรื่องความคิดได้อย่างว่องไว เมื่อเทียบกับวัยเด็ก มักแสดงให้เห็นถึงความอยากรู้อยากเห็นผ่านการตั้งคำถาม ที่ต้องตอบโดยใช้เหตุผล ต้องการแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนกับผู้อื่นรวมไปถึงการวิจารณ์สิ่งที่ได้พบเจอ อยากที่จะได้ลงมือทำ ลงมือแก้ปัญหาด้วยการตัดสินใจของตัวเอง ซึ่งบ่งบอกเรื่องของความมีระเบียบวินัยและความรับผิดชอบทางความคิดที่มากขึ้น

ดังนั้นกระบวนการในการเรียนรู้ของวัยรุ่นนั้นต้องส่งเสริมให้เกิดการทำลงมือปฏิบัติจริงผ่านการทำกิจกรรมต่างๆ เสริมสร้างแรงกระตุ้นให้เกิดการแสวงหาข้อมูลความรู้ต่างๆ เมื่อได้ข้อมูลแล้วต้องวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นองค์ความรู้ของตัวเอง ภายใต้บรรยากาศที่เหมาะต่อการเรียนรู้ในทางที่เหมาะสมโดยผู้สอนหรือผู้ปกครองคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ (Learning by doing)

ทฤษฎีนี้เกิดมาจากความเชื่อของจอห์น ดิวอี้ที่เชื่อว่าการปรับตัวทำให้สรรพชีวิตต่างๆยังดำรงอยู่รอดได้ ตามหลักชาร์ล ดาร์วิน ที่ว่าธรรมชาติจะทำการคัดเลือกผู้อยู่รอด สายพันธุ์ใดที่ไม่มีการพัฒนาปรับปรุง ย่อมตายจากสูญพันธุ์ไป จึงเป็นเหตุสำคัญให้จอห์น ดิวอี้นั้นเชื่อว่ามนุษย์นั้นเป็นสัตว์ที่มีการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมได้ จึงสนใจศึกษาการปรับตัวของมนุษย์ว่าดีกว่าสัตว์ทั่วไปอย่างไร นำไปสู่การนำเสนอทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดกลุ่มความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Theory) หรือกลุ่มปัญญานิยม ที่เชื่อว่าผู้เรียนต้องใช้ประสาทสัมผัสต่างๆผนวกกับการใช้ความรู้ข้อมูลที่วิเคราะห์มาจากสติปัญญาของแต่ละบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ จากนั้นเกิดการสั่งสมเป็นประสบการณ์นำไปสู่การแก้ปัญหา ซึ่งจอห์น ดิวอี้ได้นำเสนอทฤษฎีนี้ขึ้นมา ในทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยเชื่อว่าผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ต่อเมื่อเรียนรู้คู่ไปกับการลงมือกระทำ เพื่อทำความเข้าใจกับความรู้ใหม่โดยการใช้ประสบการณ์ที่เคยได้สั่งสมไว้แต่เดิมช่วยในการเรียนรู้ โดยประสบการณ์มี 2 ขั้น ได้แก่

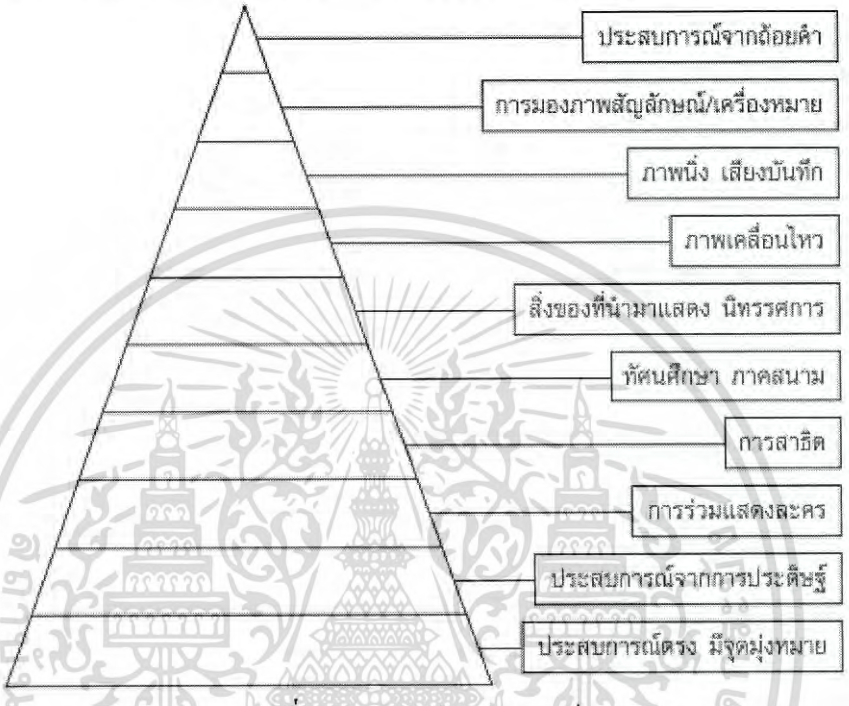
- ขั้นปฐมภูมิ (Primary experience) คือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นใหม่ ไม่ยังไม ยังไม่ผ่านการไตร่ตรองมายังดี เกิดการแลกเปลี่ยนการกระทำกับสิ่งแวดล้อมทั่วๆไป
- ขั้นทุติภูมิ (Secondary experience) คือประสบการณ์ที่เป็นความรู้ ผ่านการคิดไตร่ตรองมาอย่างถี่ถ้วน โดยประสบการณ์ขั้นปฐมภูมิมักเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดความรู้นำไปสู่ประสบการณ์ขั้นทุติยภูมิ หรือที่เรียกว่าประสบการณ์การรู้ (Cognitive experience)

ตัวอย่างเช่น ครั้งแรกที่หัดปั่นจักรยานเอียงแล้วล้มเป็นแผลเป็นประสบการณ์ครั้งปฐมภูมิ ครั้งต่อไปเมื่อปั่นจักรยานอีกครั้งจะเกิดการเรียนรู้ว่าหากจักรยานจะเอียงล้มจะต้องเบรกจักรยานและเอาขายันพื้น เป็นประสบการณ์ขั้นทุติยภูมิ นอกจากนี้เขามีความเห็นว่า การศึกษาที่ถูกต้องและเหมาะสม ไม่ใช่การศึกษาแค่แบบอนุรักษ์ตามฉบับเดิม หรือแนวทางใหม่ทั้งหมดอย่างสิ้นเชิง ทฤษฎีนี้ได้แสดงให้เห็นถึงยกเอาประสบการณ์ที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะประสบการณ์ที่ได้จากการเจอเหตุการณ์จริงในชีวิต เพราะการศึกษาไม่ใช่เพียงการมีสติปัญญาที่เพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่รวมถึงการเจริญเติบโตของทั้งร่างกายและจิตใจไปด้วยกัน ดังนั้นการสั่งสมประสบการณ์ใหม่ๆเข้ามาในชีวิตสะสมรวมกับประสบการณ์เดิมที่ได้สั่งสมมาทั้งชีวิต ผ่านการลงมือทำสิ่งต่างๆ ย่อมทำให้เกิดการเรียนรู้ ปรับตัว รู้จักที่จะแก้ไขปัญหา นำไปสู่ความรู้และเข้าใจสิ่งต่างๆตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน อย่างยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.9 ทฤษฎีกรวยประสบการณ์ (Cone of Experience)

ทฤษฎีที่มองความสัมพันธ์ระหว่างสื่อการเรียนการสอนกับประสบการณ์ที่ได้รับจากการใช้สื่อ โดยมีความเชื่อที่ว่ายิ่งสื่อใดสามารถให้ประสบการณ์เป็นรูปธรรมได้มากกว่าจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ไดแตกต่างกับสื่อที่ให้ประสบการณ์แบบนามธรรม แบ่งเป็นลำดับไปตามความเป็นนามธรรมสูงสุดที่ยอดลงสู่ความเป็นรูปธรรมมากที่สุดที่ฐาน ดังนี้



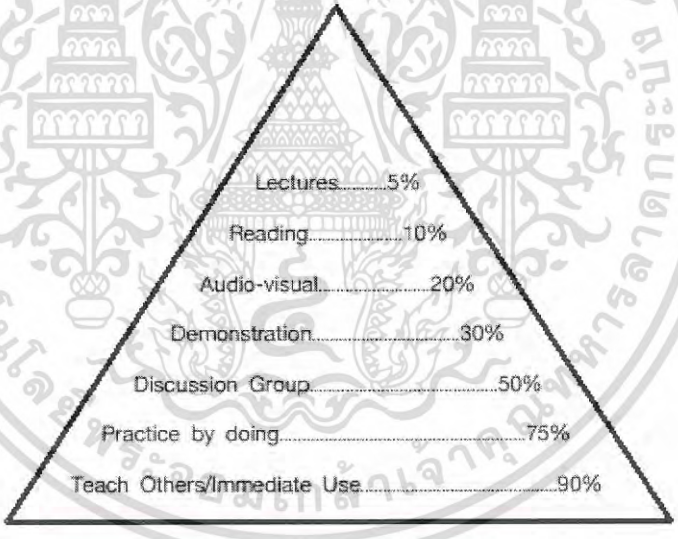
รูปที่ 2.25 กรวยประสบการณ์

1) ขั้นที่ 10 ประสบการณ์จากอ่านถ้อยคำ เช่นการอ่านหนังสือ สิ่งพิมพ์ต่างๆแล้วตีความเองถือเป็นประสบการณ์ที่มีความนามธรรมสูงที่สุดจากทั้งหมด
2) ขั้นที่ 9 ประสบการณ์จากการมองภาพสัญลักษณ์/เครื่องหมาย เช่นการดูสัญลักษณ์ในป้ายข้างทาง แล้วตีความหมายของป้ายที่ได้เห็นตามแต่ประสบการณ์ในการเห็นภาพของแต่ละคน
3) ขั้นที่ 8 ประสบการณ์จากมองภาพนิ่งและฟังเสียงบันทึก เช่นการดูภาพในหนังสือแล้วฟังเสียงบรรยายจากแผ่นเสียงที่แนบมา แล้วตีความหมายออกมาให้สอดคล้องกันระหว่างภาพและเสียง
4) ขั้นที่ 7 ประสบการณ์จากการมองภาพเคลื่อนไหว เช่น การชมภาพยนตร์ในโรงหนังหรือการรับชมภาพถ่ายทอดสดจากโทรทัศน์
5) ขั้น 6 ประสบการณ์จากสิ่งของที่นำมาแสดงในนิทรรศการ ผู้เรียนจะได้ทั้งฟังการบรรยายและดูของจริง ที่นำมาแสดงในนิทรรศการ ทั้งในรูปแบบ 2 และ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ขั้นที่ 5 ประสบการณ์จากการทัศนศึกษาหรือการไปภาคสนาม เช่น การไปทัศนศึกษาโรงงานผลิตขนม ช่วยให้ผู้เรียนได้ฟังและเห็นในบรรยากาศจริง
7) ขั้นที่ 4 ประสบการณ์จากสาธิต จะเพิ่มเติมจากการไปทัศนศึกษาคือได้รับรู้ถึงกระบวนการขั้นตอนต่างๆของจริง
8) ขั้นที่ 3 ประสบการณ์จากการร่วมแสดงละคร ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ที่จะเป็นนักแสดง ออกแบบการแสดง เขียนบทบาทสมมติ ช่วยในการเรียนรู้ประสบการณ์จำลอง
9) ขั้นที่ 2 ประสบการณ์จากการประดิษฐ์ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ที่ประดิษฐ์ในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่การออกแบบ การกำหนดกรอบเวลา ไปจนถึงการนำเอาสิ่งประดิษฐ์ไปใช้ให้เห็นภาพเหตุการณ์ที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงได้
10) ขั้นที่ 1 ประสบการณ์ตรง เป็นที่สุดของการเรียนรู้ในแบบรูปธรรม เพราะผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติ ในสถานที่ และบรรยากาศจริงด้วยตัวเองผ่านประสาทสัมผัสทั้งหมดที่มี ทำให้ได้รับประสบการณ์โดยตรงอย่างเต็มเปี่ยม

2.3.10 ปิรามิดการเรียนรู้ (Learning Pyramid)



รูปที่ 2.26 ปิรามิดการเรียนรู้

ปิรามิดที่แสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับทฤษฎีกรวยประสบการณ์ทำให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมที่เหมาะสมกับสื่อที่จะนำมาใช้จะทำเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยแสดงเป็นอัตราร้อยละแสดงให้เห็นถึงการคงอยู่ของความรู้จากการเรียนรู้ในแบบต่างๆ ดังนี้

1) การเรียนรู้จากการฟังบรรยาย ความคงทนอยู่ที่ร้อยละ 5 ซึ่งน้อยที่สุดจากวิธีการเรียนทั้งหมด
2) การเรียนรู้จากการอ่าน ความคงทนอยู่ที่ร้อยละ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การเรียนรู้จากการฟังและดู ความคงทนอยู่ที่ร้อยละ 20

4) การเรียนรู้จากการสาธิตให้ดู ความคงทนอยู่ที่ร้อยละ 30

5) การเรียนรู้จากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเป็นกลุ่ม ความคงทนอยู่ที่ร้อยละ 50

6) การเรียนรู้จากการฝึกฝน ปฏิบัติจริง ความคงทนอยู่ที่ร้อยละ 70

7) การเรียนรู้ผ่านการถ่ายทอดให้กับผู้อื่นและนำไปใช้งานจริงความคงทนอยู่ที่ร้อยละ 90 ซึ่งสูงที่สุดจากวิธทั้งหมด

ซึ่งจากผลการวิจัยออกมาเป็นแผนภาพ ปิรามิดการเรียนรู้จะเห็นว่าการเรียนรู้ผ่านวิธีการสอนที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมน้อยจะมีความคงทนต่อการเรียนรู้หรือจดจำน้อยแต่เตรียมการสอนได้ง่ายในขณะที่การสอนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจะมีการเตรียมการสอนที่ยากขึ้น

2.3.11 แนวความคิดการเรียนแบบให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student/Child centered)

เป็นแนวคิดที่ได้มาจากการสังเกตการทำการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมที่ยึดผู้สอนเป็นศูนย์กลางเป็นการสอนตามบทเรียนที่ผู้สอนวางแผนเองเพียงฝ่ายเดียว เน้นการจดจำเนื้อหา ซึ่งไม่ทำให้เกิดการพัฒนาความคิด การวิเคราะห์ของผู้เรียนเท่าใดนัก ผู้เรียนมีโอกาสในการแสดงความคิดเห็นน้อย ผู้เรียนจึงขาดความสนใจที่จะเรียนรู้ด้วยตนเอง รอแต่ผู้สอนนำมาสอนในคาบเรียน ซึ่งไม่ทำให้เกิดการเรียนรู้นอกเหนือจากสิ่งที่ได้จากผู้สอน ซึ่งในปัจจุบันโลกเปิดกว้างขึ้น การมีความรู้แต่เพียงเรื่องในบทเรียนที่ผู้สอนนำมาสอน ไม่เพียงพออีกต่อไป ทำให้เกิดแนวคิด การเรียนแบบให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ โดยปรับเปลี่ยนให้เอาผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ จะเริ่มต้นด้วยการสำรวจความแตกต่างของผู้เรียน เป็นการเปิดกว้างให้ผู้เรียนได้แสดงความเห็นร่วมออกแบบการเรียนตามความต้องการ โดยอ้างอิงจากความสนใจและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ได้ค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมเป็นองค์ความรู้ รวมถึงการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตัวของผู้เรียนเอง นอกจากนี้หน้าของผู้สอนจะเป็นผู้คอยชี้แนะช่วยตัดสิน และออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับตัวผู้เรียน

ลักษณะของการเรียนรู้แบบที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

- การเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนรวมไปถึงกับผู้เรียนด้วยกัน เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นความรู้ ผู้เรียนจะเกิดการนำความรู้ใหม่มารวมกับของเก่า เป็นองค์ความรู้ของแต่ละคนที่มีความแตกต่างกัน
- การเรียนรู้จากสถานการณ์จำลองหรือเหตุการณ์จริง ซึ่งจะทำให้เกิดการสั่งสมประสบการณ์ เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในสถานการณ์เหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเรียนที่ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมมากกว่าเป็นผู้รับความรู้ มีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางในการเรียนรู้ที่เหมาะสมแก่ตัวเองได้
- การสอดแทรกกิจกรรมในการเรียนการสอน เช่น การมอบหมายการทำรายงานโดยมีหัวข้อให้ผู้เรียนเลือกหลากหลาย หรืออาจให้ผู้เรียนได้เลือกหัวข้องเองจากเรื่องที่สนใจและตรงกับเนื้อหาที่ผู้สอนกำหนดขอบเขตไว้
- การสร้างบรรยากาศในการเรียนให้เกิดได้ทุกที่ ทุกเวลา อย่างสร้างสรรค์ เพิ่มมิติในการเรียนรู้ของผู้เรียน
- การสร้างแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ให้มาจากภายในผู้เรียนมากกว่าภายนอก

2.3.12 การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แตกต่างจากในศตวรรษที่ผ่านมา ไม่เน้นการท่องจำ แต่ต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะติดตัวเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตได้จริง โดยเริ่มที่จะต้องมีการกำหนดการเรียนรู้สาระวิชาหลัก (Core subject matter) ได้แก่

- ภาษาแม่ และภาษาสำคัญของโลก
- ศิลปะ
- คณิตศาสตร์
- การปกครองและหน้าที่พลเมือง
- เศรษฐศาสตร์
- วิทยาศาสตร์
- ภูมิศาสตร์
- ประวัติศาสตร์

โดยวิชาที่กล่าวมานี้จะนำมาเป็นแกนหลักเพื่อกำหนดกรอบหัวข้อ หรือแนวคิดที่จะนำไปจัดการเรียนรู้ แล้วนำแนวคิดในศตวรรษที่ 21 แทรกเข้าไป โดยครูจะมีหน้าที่ช่วยแนะนำจัดหากิจกรรมมาให้ผู้เรียนได้ลงมือทำเพื่อเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ไม่ใช่การสอนเนื้อหาทั้งหมดในแต่ละคาบเรียนดังเช่นในอดีต แนวคิดที่ต้องรู้เพิ่มเติมจากสาระวิชาหลัก ได้แก่

- ความรู้เกี่ยวกับโลก (Global Awareness)
- ความรู้เกี่ยวกับการเงิน เศรษฐศาสตร์ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ (Financial, Economics, Business and Entrepreneurial Literacy)
- ความรู้ด้านการเป็นพลเมืองที่ดี (Civic Literacy)
- ความรู้ด้านสุขภาพ (Health Literacy)
- ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีทักษะ 3 ด้านที่ควรเรียนรู้ ดังนี้

1) ทักษะชีวิตและการทำงาน ได้แก่
   - ความยืดหยุ่นและการปรับตัว
   - การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง
   - ทักษะด้านสังคมและทักษะข้ามวัฒนธรรม
   - การเป็นผู้สร้างผู้ผลิต และความรับผิดชอบเชื่อถือได้
2) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่
   - ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
   - การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการรู้จักแก้ปัญหา
   - การสื่อสารและความร่วมมือ
3) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี ได้แก่
   - การใช้และประเมินสารสนเทศได้เท่าทัน
   - การวิเคราะห์และเลือกใช้สื่อได้อย่างเหมาะสม
   - การใช้เทคโนโลยีใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ

เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ให้กระบวนการเรียนรู้เกิดผลประสบสำเร็จ จึงต้องมีโครงสร้างพื้นฐาน 4 ด้าน คือ

1) มาตรฐานและการประเมินในศตวรรษที่ 21
2) หลักสูตรและการเรียนการสอนสำหรับศตวรรษที่ 21
3) การพัฒนาครูในศตวรรษที่ 21
4) การจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเรียนรู้

รูปที่ 2.27 กรอบความคิดเพื่อการเรียนอย่างมีประสิทธิภาพในศตวรรษที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้หลักการเรียนรู้ 3R x 7C เข้ามาใช้ในการเรียนรู้ทักษะของศตวรรษที่ 21 ดังนี้

3R ได้แก่

- Reading: สามารถอ่านออก
- Writing: สามารถเขียนได้
- Arithmetics: สามารถคิดเลขเป็น

7C ได้แก่

- Critical Thinking and Problem Solving: การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา
- Creativity and Innovation : มีความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม
- Cross-cultural Understanding : ความเข้าใจถึงความต่างทางวัฒนธรรม
- Collaboration, Teamwork and Leadership : การร่วมมือร่วมแรง รู้จักการทำงานเป็นทีมและมีภาวะความเป็นผู้นำ
- Communications, Information and Media Literacy : การสื่อสารข้อมูลสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ
- Computing and ICT Literacy : การใช้คอมพิวเตอร์ และการรู้เท่าเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)
- Career and Learning Skills : การงานอาชีพ และทักษะการเรียนรู้

ประกอบกับการใช้โครงสร้างพื้นฐาน 4 ด้านช่วยสนับสนุน ได้แก่

- ด้านมาตรฐานและการประเมินที่เหมาะสมกับในยุคศตวรรษที่ 21
- ด้านการคิดหลักสูตรการเรียนการสอนต่างๆ ให้เหมาะกับยุคศตวรรษที่ 21
- ด้านการพัฒนาตัวผู้สอน โดยไม่มุ่งเน้นแต่การอบรม
- ด้านการสร้างสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเรียนรู้

สิ่งที่สำคัญยิ่งกว่านั้นในศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่ความรู้นั้นมีมากหากผู้สอนจะสอนทุกอย่างให้แก่ผู้เรียนทั้งหมดย่อมเป็นไปไม่ได้ จึงต้องอาศัยการสอนเฉพาะส่วนสำคัญให้เด็กนำไปต่อยอดทางความรู้ไปต่อกันเอง และเกิดการเพิ่มพูนทางความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป้าหมายเป็นทักษะที่ติดตัวผู้เรียน แทนการให้แต่ความรู้ เปลี่ยนจากผู้สอนเป็นหลักสู่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เรียนโดยเน้นการปฏิบัติเป็นหลัก หรือการเรียนแบบ PBL (Project based learning) ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้จากการได้ทดลอง หรือทำงานจริงซึ่งผู้สอนจะทำหน้าที่คอยชี้แนะแนวทางเปรียบดังโค้ชที่ช่วยในการเสริมสร้างทักษะให้แก่นักกีฬา โดยผู้สอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องออกแบบและมีการสร้างเงื่อนไขให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ทักษะต่างๆในกิจกรรมให้ได้หลากหลายด้าน หลากหลายทักษะ ส่วนตัวของผู้เรียนนั้นจะได้ฝึกใช้ทักษะต่างๆ เริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์โจทย์ ไปสู่การใช้ทักษะในการค้นคว้าข้อมูล รู้จักทักษะในกลั่นกรองวิเคราะห์ตรวจสอบข้อมูลให้เหมาะสมนำมาใช้ในการปฏิบัติงานจริง และเมื่อต้องแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกันจะทำให้เกิดทักษะในการสื่อสาร รวมไปถึงการสร้างเสริมทักษะในการนำเสนอผลงาน ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทักษะดังที่กล่าวมา และยังจะทำให้เรียนรู้การทำงานเป็นทีม และเมื่อได้แลกเปลี่ยนความรู้กันนำไปสู่การต่อยอดเกิดเป็นองค์ความรู้ของตนเองต่อไปในอนาคตอย่างยั่งยืน หรือเกิดการคิดแบบวิจารณญาณ (Critical thinking)

2.3.13 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูล ได้แก่

1) ประชากร (Population) คือจำนวนของประชากรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่สนใจจะศึกษา ไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตก็สามารถเป็นประชากรได้ ตัวอย่างเช่น กรณีสนใจอายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในสำนักงาน ประชากรของกรณีนี้คือจำนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในสำนักงาน หรือกรณีที่ต้องการทราบความพึงพอใจในการใช้งานระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเอ ประชากรคือ จำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนเอทั้งหมด เป็นต้น
2) กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือจำนวนเพียงบางส่วนซึ่งใช้การสุ่มตัวอย่างจากประชากรเป็นตัวแทน เพื่อใช้ศึกษาแทนประชากรทั้งหมด เพื่อลดระยะเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งจะต้องเลือกกลุ่มตัวอย่างให้ได้จำนวนที่เหมาะสมกับขนาดของประชากร สร้างความน่าเชื่อถือในการนำไปศึกษาอ้างอิงต่อไป

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างมีอยู่หลายประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าสนใจที่จะศึกษาในหัวข้อใด นอกจากนี้ยังคำนึงจากปัจจัยหลายๆอย่างแวดล้อม ทั้งระยะเวลา งบประมาณและวัตถุประสงค์หลักของการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ในที่นี้ได้เลือกใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงหรือเรียกอีกชื่อว่าการสุ่มตัวอย่างแบบพิจารณา ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น โดยคณะผู้จัดทำเลือกวิธีนี้เพราะมีวัตถุประสงค์ต้องการให้ผู้ที่เข้าร่วมการทดสอบระบบเท่านั้นเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยไม่คำนึงถึงจำนวนแท้จริงของประชากรทั้งหมด สืบเนื่องจากข้อจำกัดหลายๆด้าน อีกทั้งเป็นวิธีการที่ให้ความสะดวกด้านระยะเวลาและประหยัดค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.14 การทดสอบวัดประสิทธิภาพของสื่อการสอน

หลักการทดสอบนี้มีเพื่อใช้วัดประสิทธิภายในการใช้สื่อประกอบการสอนซึ่งนิยมให้ผู้เรียนเป็นผู้ทำแบบทดสอบ เพื่อวัดผลที่ตรงจุดประสงค์และเป้าหมายที่สุด โดยมีสมการคือ

$$E_1/E_2 \qquad (2.1)$$

โดยสามารถจะกำหนดให้ E_1/E_2 มีสัดส่วนอย่างไรก็ได้ ซึ่งส่วนมากนิยมเลขเหมือนกันทั้งหน้าและหลัง การแปลความหมายสามารถแปลได้หลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบที่สะดวกต่อการเก็บข้อมูลที่สุด ได้แกกรณีดังต่อไปนี้

กรณีเกณฑ์ 80/80 มีนักเรียนตัวอย่างจำนวน 100 คน แบบทดสอบหลังเรียนมีคะแนน 100 คะแนน หมายความว่า จะต้องมีผู้เรียนอย่างน้อย 80 คน ที่สามารถทำคะแนนบททดสอบหลังเรียนได้คะแนนสูงตั้งแต่ 80 คะแนน โดยจะยอมรับได้ว่าสื่อนั้นมีประสิทธิภาพในการเป็นสื่อการสอน 3 ระดับดังนี้

1) สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้
2) เท่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้
3) ต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน ร้อยละ 2.5 - 5

หากต่ำเกินกว่าระดับที่ 3 จะต้องมีการแก้ไขสื่อให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์จึงจะเป็นที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 ศึกษาระบบงานเดิม

3.1.1 ศึกษาการสอนวิชาภูมิศาสตร์ในระดับมัธยม

จากการศึกษาการสอนวิชาภูมิศาสตร์ระดับมัธยม ผู้สอนจะเน้นการบรรยายเป็นหลัก โดยใช้สื่อประเภทแผนที่ร่วมกับเอกสารประกอบการสอนที่มีภาพทั้งสีและภาพขาวดำ 2 มิติ รวมไปถึงสื่อประเภทงานของโมเดล 3 มิติ ที่มีลักษณะยืดหยุ่นน้อยไม่สามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงได้ตามใจชอบมีการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันไม่มากนัก เน้นผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้แต่เพียงผู้เดียว ชั่วโมงการเรียนวิชาภูมิศาสตร์มีไม่มาก แต่เนื้อหาในวิชานี้มีอยู่มากมายหลายเรื่อง แต่ละเรื่องต้องล้วนต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ จึงเกิดเป็นการสอนแบบอัดข้อมูลให้มากที่สุดในแต่ละคาบเรียน เพราะผู้สอนมีความกังวลว่าจะไม่สามารถถ่ายทอดเนื้อหาให้กับผู้เรียนได้ทันในชั่วโมงการสอนที่มีทั้งหมด

3.1.2 ศึกษาการทำงานของ AR Sandbox

จากการศึกษา AR Sandbox พบว่าเป็นเป็นระบบที่ทำงานร่วมกันระหว่างฮาร์ดแวร์ที่ประกอบด้วย กล้อง Kinect, Project, คอมพิวเตอร์ที่มีการ์ดจอกราฟิกที่เหมาะสม พร้อมกับชุดกระบะทราย และซอฟท์แวร์ที่ทำการประมวลผลทางกราฟิกให้กับระบบ ที่ชื่อ SARndbox ซึ่งใช้อยู่ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Ubuntu

การใช้งานระบบจะต้องเปิดอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ทั้งหมด จากนั้นเข้าไปยังซอฟท์แวร์ SARndbox ภายในคอมพิวเตอร์และทำการ run ซอฟท์แวร์ผ่านเทอร์มินอล ตัวกล้อง Kinect จะทำการรับและจับภาพการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในกระบะทราย เพื่อส่งไปประมวลผลผ่านตัวซอฟท์แวร์ แล้วส่งให้โปรเจคเตอร์ฉายภาพกราฟิกที่ผ่านการประมวลแล้วกลับลงมาสู่ทรายในกระบะอีกครั้งแบบ real time ตามการเคลื่อนที่ของทรายและการเคลื่อนไหวเหนือกระบะทราย

ตัวซอฟท์แวร์เป็นซอฟท์แวร์สำเร็จรูปที่ประยุกต์นำเอาเทคโนโลยี Virtual Reality ทำงานร่วมกับการประมวลผลภาพ 3 มิติของกล้อง Kinect ซึ่งเมื่อติดตั้งตัว ซอฟท์แวร์ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วซอฟท์แวร์จะเป็นสิ่งสนับสนุนฮาร์ดแวร์ให้ได้ ผลลัพธ์ทางกราฟิกออกมาเป็นภาพกราฟิกสีที่สวยงามสมจริงตามหลักภูมิศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ปัญหาที่พบในระบบปัจจุบัน

ปัญหาที่พบจากการศึกษาการสอนวิชาภูมิศาสตร์ระดับมัธยมผู้สอนแบบในอดีตจะเน้นการบรรยาย ผู้สอนบางคนไม่ชอบที่จะใช้สื่อประกอบการสอน ต่อมาแม้จะมีการนำสื่อมาใช้ก็ยังพบปัญหาตามมาอีก ได้แก่

1) การใช้สื่อการสอนไม่สอดคล้อง ไม่เหมาะสมกับเรื่องที่ผู้สอนจะสอน
2) สื่อการสอนที่มีอยู่ไม่มีความทันสมัย
3) ผู้สอนไม่มีเวลาในการจัดเตรียมสื่อการสอน
4) ขนาดของสื่อที่ไม่เหมาะสมทำให้ผู้เรียนเห็นได้ไม่ทั่วถึง เป็นต้น

ส่วนปัญหาที่พบจากการศึกษาการทำงานของ AR Sandbox พบว่าระบบยังไม่สามารถแสดงสีได้สัมพันธ์กับระดับความสูงของภูมิประเทศจำลองได้และไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของเส้นชั้นความสูงเพื่อแยกระดับชั้นความสูงของภูมิประเทศจำลองได้ตามหลักภูมิศาสตร์ ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสื่อการสอนได้เพราะขาดความน่าเชื่อถือ ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะต้องได้รับการแก้ไข ปัญหาในการสอนวิชาภูมิศาสตร์ต้องลดลง และต้องเพิ่มความน่าถูกต้องตามหลักภูมิศาสตร์ให้กับAR Sandbox ในการเป็นสื่อการสอน เพื่อให้มีสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์เรื่องการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศที่เพิ่มขึ้น และให้เกิดการสอนที่มีกิจกรรมระหว่างผู้เรียนเพิ่มจากเดิม

3.3 การวิเคราะห์ความต้องการระบบ

3.1.1 ความต้องการที่เป็นหน้าที่หลักของระบบ

- ระบบสามารถเปิดใช้งานได้ง่ายขึ้น แม้ผู้ใช้งานไม่มีความรู้ทางระบบปฏิบัติการ Ubuntu
- ระบบสามารถแสดงผลทางกราฟิกออกมาได้สมจริงเป็นไปตามหลักภูมิศาสตร์และแสดงผลทางกราฟิกออกมาได้อย่างรวดเร็ว ทันต่อการปรับเปลี่ยนพื้นผิวทรายในกระบะ รวมไปถึงการแสดงท่าทางเหนือกระบะทราย

3.1.2 ความต้องการที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ

- ระบบมีลูกเล่นความสวยงามที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความน่าสนใจแก่ระบบมากขึ้น
- สามารถเคลื่อนย้ายตัวชิ้นงานได้สะดวกขึ้น

3.4 การวิเคราะห์และวิจารณ์ระบบที่ต้องการออกแบบ

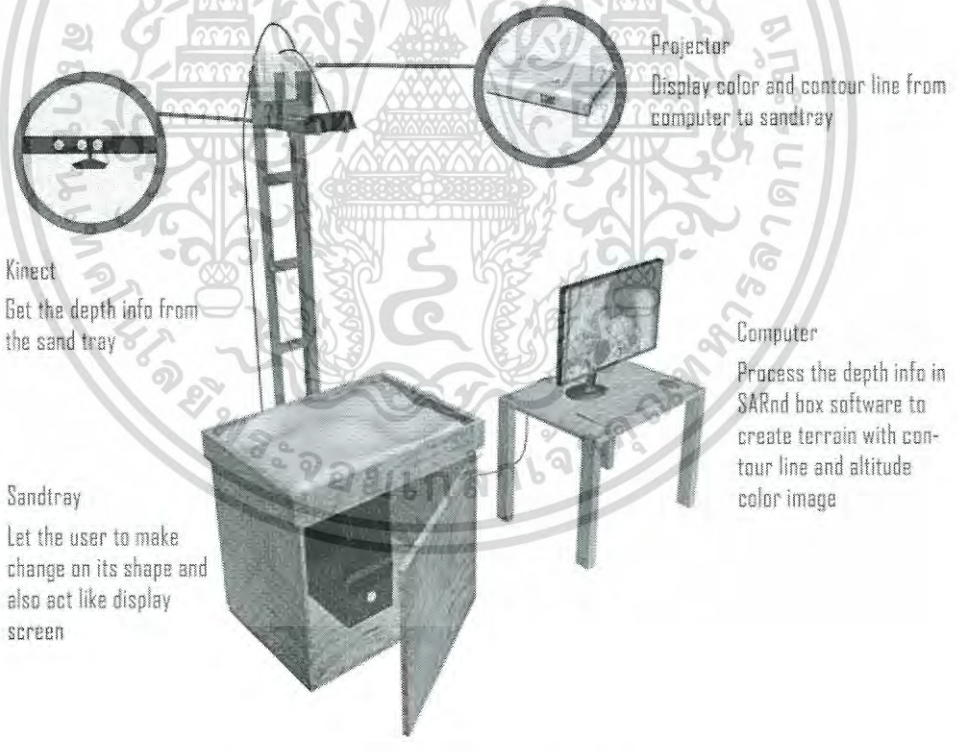
- จุดประสงค์ เพื่อพัฒนาและจัดทำระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายให้ใช้งานได้ง่าย มีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือในการแสดงผลกลับมาสู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบะทรายและมีประสิทธิภาพในการทำงานของระบบมากพอที่จะใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนในวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ นอกจากให้เป็นสื่อการสอนที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจเรื่องดังกล่าวแล้ว ยังสามารถที่จะถอดประกอบ ติดตั้งเพื่อใช้งานได้อย่างง่าย และเคลื่อนย้ายสะดวกด้วย

- การใช้กล้อง Kinect มาใช้ช่วยจำแนกความสูงต่ำของทรายในกระบะออกเป็นภาพ 3 มิติ เห็นได้ถึงความตื้นลึกของภาพ แล้วส่งไปประมวลผลทางกราฟิกผ่านซอฟท์แวร์ของระบบร่วมกับการ์ดจอของคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Ubuntu แล้วฉายผ่านโปรเจคเตอร์ไปยังทราย
- การใช้โต๊ะแบบมีล้อเลื่อน และสามารถถอดประกอบชิ้นงานได้ เพื่อให้สะดวกต่อการติดตั้งและขนย้ายไปยังสถานที่อื่น

3.5 แผนภาพแสดงภาพรวมของระบบ (Block Diagram)



รูปที่ 3.1 Block Diagram ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบ

3.6.1 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

คือแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแต่ละกิจกรรม (Use case) กับผู้ใช้งานระบบ (Actors) ให้ทราบว่า Actors แต่ละคนสามารถทำกิจกรรมอะไรได้บ้างในระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.6.2.1 ผู้เกี่ยวข้องภายในระบบ (Actor) ได้แก่

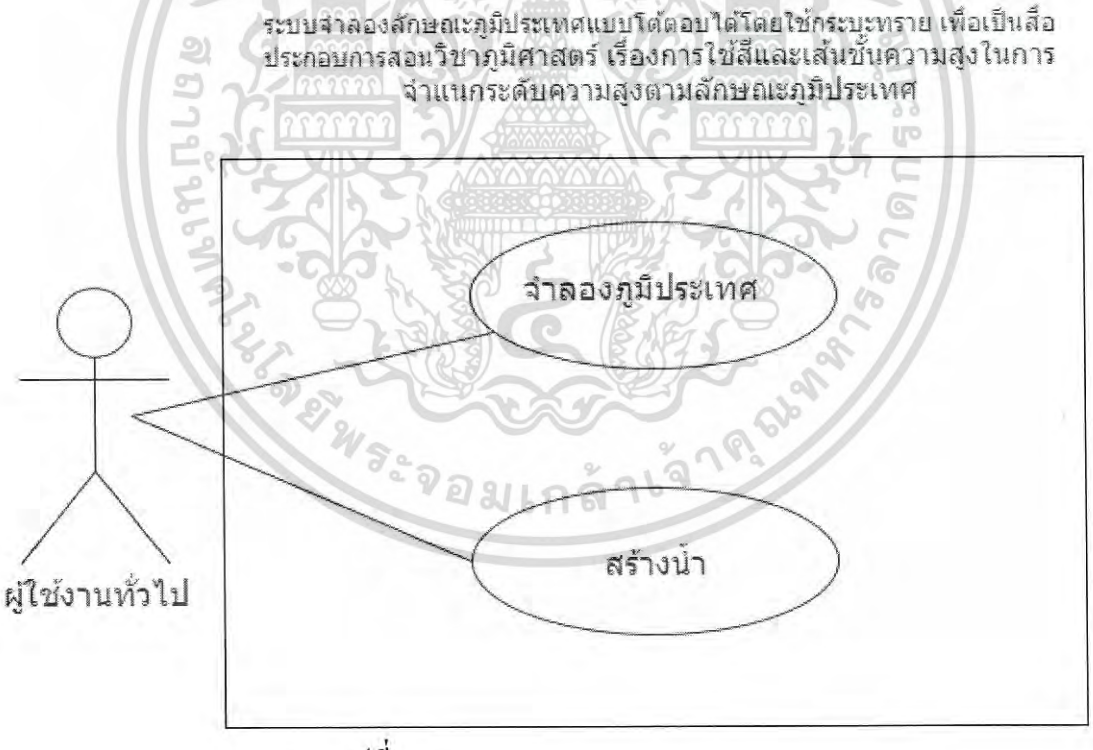
- ผู้ใช้งานทั่วไป

3.6.2.2 องค์ประกอบของยูสเคส ได้แก่

- การจำลองภูมิประเทศ
- การสร้างน้ำ

3.6.2.3 แผนภาพยูสเคส (Use case Diagram)

ดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 Use Case Diagram ของระบบ

3.6.2.4 คำอธิบายยูสเคส (Use Case Description)

อธิบายรายละเอียดของแต่ละ Use case ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำลองภูมิประเทศ: การปรับสภาพพื้นผิวของทรายในกระบะจำลองเป็นสภาพภูมิประเทศในแบบที่ตนเองต้องการ
- สร้างน้ำ: การแสดงท่าทางยื่นมือหรือนำวัตถุมาวางค้างบริเวณเหนือกระบะทรายนานพอให้ระบบสารมารถสร้างน้ำได้

ตารางที่ 3.1 คำอธิบาย use case จำลองภูมิประเทศ

Use case name:	จำลองภูมิประเทศ
Scenario:	ผู้ใช้จำลองภูมิประเทศตามที่ต้องการ ผ่านปรับพื้นผิวทรายด้วยการโกย การก่อ ปั้น ทรายในกระบะ
Triggering:	ทรายในกระบะมีการกปรับเปลี่ยน
Brief description:	กล้อง Kinect จะทำการจับการเคลื่อนไหวของทรายในกระบะเพื่อวิเคราะห์ผลความตื้นลึก สูงต่ำของทรายทั่วทั้งกระบะ แล้วส่งข้อมูลไปประมวลผลภาพทางกราฟิกโดยซอฟท์แวร์ระบบ และฉายภาพกราฟิกสีและเส้นชั้นความสูงด้วยโปรเจคเตอร์ กลับไปยังกระบะทรายบริเวณที่ทรายมีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงจะเห็นสีและเส้นความชันที่เปลี่ยนไป แบบทันต่อเวลา (Real time)
Actors:	ผู้ใช้งานทั่วไป
Relate use case:	-
Stakeholders:	ผู้ใช้งานทั่วไป
Preconditions:	ผู้ใช้ทำการปรับเปลี่ยนรูปร่างของทรายในกระบะ
Post conditions:	โปรเจคเตอร์ฉายภาพกราฟิกที่ผ่านการประมวลผลแล้ว กลับสู่กระบะทราย
Flow of Activities:	1. กล้อง Kinect จับภาพการจำลองภูมิประเทศผ่านทรายในกระบะของผู้ใช้ พร้อมวิเคราะห์ข้อมูลภาพ 2. ภาพที่ผ่านการวิเคราะห์จากกล้อง Kinect จะถูกส่งไปประมวลผลทางกราฟิกโดยซอฟท์แวร์ระบบ 3.ภาพที่ผ่านการประมวลผลทางกราฟิกแล้วถูกส่งไปยังโปรเจคเตอร์ฉายกลับลงไปยังกระบะทรายอย่างทันท่วงที
Exception Conditions:	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 คำอธิบาย use case สร้างน้ำ

Use case name:	สร้างน้ำ
Scenario:	ผู้ใช้สร้างน้ำบริเวณที่ต้องการ ผ่านการนำวัตถุหรือนำมือวางค้างที่ตำแหน่งเหนือกระบะทราย 5-10 วินาที แล้วนำออก
Triggering:	มีการจับวัตถุเหนือกระบะทรายค้างอยู่กับที่ 5-10 วินาที
Brief description:	กล้อง Kinect จะทำการจับการวัตถุเหนือกระบะทราย โดยต้องค้างอยู่กับที่ 5-10 วินาที เพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งและระดับความสูงต่ำของทรายบริเวณที่ต้องการจะสร้างน้ำลงไป แล้วส่งข้อมูลไปประมวลผลภาพทางกราฟิกโดยซอฟท์แวร์ระบบ และฉายภาพกราฟิกน้ำที่สามารถเคลื่อนไหว (Animation) ด้วยโปรเจคเตอร์ กลับไปยังกระบะทรายบริเวณที่ต้องการให้เกิดน้ำ หากทรายบริเวณดังกล่าวเป็นเนินสูง น้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำแบบทันต่อเวลา (Real time)
Actors:	ผู้ใช้งานทั่วไป
Relate use case:	-
Stakeholders:	ผู้ใช้งานทั่วไป
Preconditions:	ผู้ใช้ทำการปรับเปลี่ยนรูปร่างของทรายในกระบะ
Post conditions:	โปรเจคเตอร์ฉายภาพกราฟิกที่ผ่านการประมวลผลแล้ว กลับสู่กระบะทราย
Flow of Activities:	1. กล้อง Kinect จับภาพการสร้างน้ำ ผ่านการนำมือยื่นเข้ามาหรือวัตถุมาถือเหนือกระบะทรายในกระบะของผู้ใช้ พร้อมวิเคราะห์ข้อมูลภาพ 2. ภาพที่ผ่านการวิเคราะห์จากกล้อง Kinect จะถูกส่งไปประมวลผลทางกราฟิกโดยซอฟท์แวร์ระบบ 3.ภาพที่ผ่านการประมวลผลทางกราฟิกแล้วถูกส่งไปยังโปรเจคเตอร์ฉายกลับลงไปยังกระบะทรายอย่างทันท่วงที
Exception Conditions:	1. หากค้างวัตถุหรือมือไม่นานถึงเวลาที่เหมาะสม จะไม่เกิดน้ำขึ้นบริเวณที่ต้องการ 2. หากมีการปรับสภาพทรายทันทีหลังจากแสดงท่าทางในการสร้างน้ำ น้ำอาจมีการเกิดในจุดที่คลาดเคลื่อนได้ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของทรายที่เปลี่ยนไป ณ ตอนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram)

3.6.2.1 แผนภาพกิจกรรมยูเคส จำลองภูมิประเทศ

รูปที่ 3.3 Activity Diagram ของ use case จำลองภูมิประเทศ

แผนภาพกิจกรรมการจำลองภูมิประเทศ เกิดกิจกรรมนี้ต่อเมื่อมีการจับภาพแล้วเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของทรายในกระบะ นำไปสู่การวิเคราะห์ประมวลผลจากกล้อง Kinect ไปยังซอฟท์แวร์ระบบ จนกระทั่งออกมาเป็นภาพกราฟิกสีและเส้นชั้นความสูงกลับสู่ทรายผ่านการฉายโปรเจคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2.2 แผนภาพกิจกรรมยูเคส สร้างน้ำ

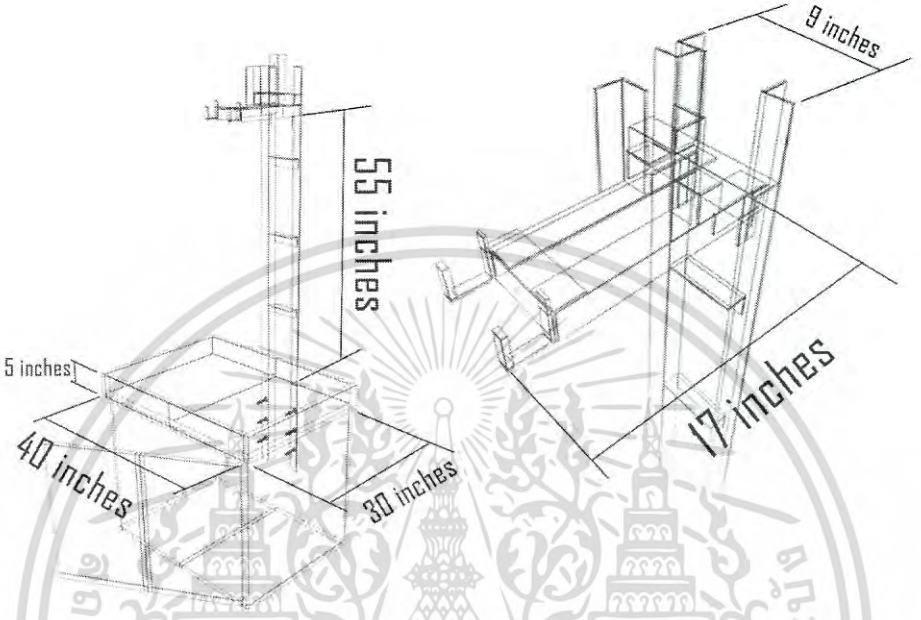
รูปที่ 3.4 Activity Diagram ของ use case สร้างน้ำ

แผนภาพกิจกรรมการสร้างน้ำ เกิดกิจกรรมนี้ต่อเมื่อมีการจับภาพแล้วเห็นถึงการค้างอยู่ของวัตถุเหนือกระบะทรายในระยะเวลาที่เหมาะสม นำไปสู่การวิเคราะห์ประมวลผลจากกล้องKinect ไปยังซอฟท์แวร์ระบบ จนกระทั่งออกมาเป็นภาพกราฟิกน้ำไหลกลับไปที่ผืนทรายบริเวณนั้นผ่านการฉายโปรเจคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 ขั้นตอนการติดตั้งฮาร์ดแวร์

- ทำการศึกษาและหาระยะห่างในการวางฮาร์ดแวร์เหนือกระบะทรายที่เหมาะสม และวัดขนาดของภาพที่โปรเจคเตอร์จะฉายลงสู่กระบะทราย จากนั้นนำค่าไปคำนวณขนาดของกระบะทรายที่เหมาะสม ดังภาพ



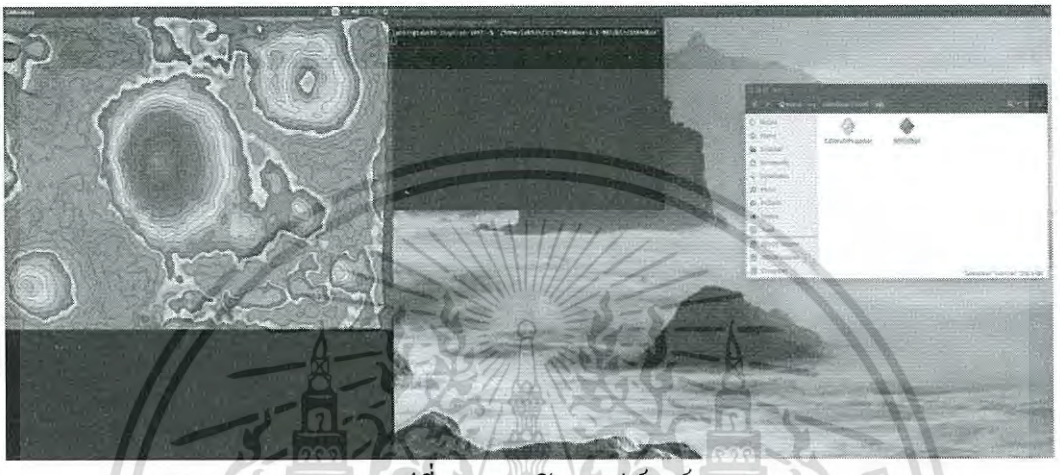
รูปที่ 3.5 แบบจำลองกระบะทรายและเสายึดอุปกรณ์อื่นๆ

- เมื่อได้ขนาดของกระบะทรายที่เหมาะต่อการรองรับภาพกราฟิกที่จะฉายจากโปรเจคเตอร์แล้วทำการสร้างตัวกระบะไม้ที่จะนำมาใส่ทรายตามขนาดที่ได้คำนวณไว้ โดยตัวกระบะทรายมีขนาด กว้าง 30 นิ้ว ยาว 40 นิ้วและสูง 5 นิ้ว
- จากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่เหลือในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยติดตั้งกล้อง Kinect ยื่นไปตรงกลางกระบะทราย 15 นิ้วจากตัวเสาและติดตั้งโปรเจคเตอร์ที่ปลายเสา โดยให้หน้าเลนส์ของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้นอยู่ในตำแหน่งระนาบเดียวกันและมีระยะห่างจากกระบะทราย 55 นิ้ว
- จัดหาโต๊ะที่มีความสูงเหมาะสมสามารถวางกระบะทรายรวมทั้งเก็บตัวอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 ขั้นตอนการใช้งานซอฟท์แวร์

ต้องเปิดซอฟท์แวร์ SARndbox ในคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Ubuntu ขึ้นมาเพื่อช่วยในการประมวลผลทางกราฟิกให้สอดคล้องกับภาพที่กล้อง Kinect จับความเคลื่อนไหวได้ โดยเลือกที่โฟลเดอร์ src จากนั้นเข้าไปที่โฟลเดอร์ SARndbox-1.s-001แล้วเข้าไปที่โฟลเดอร์ bin จะพบซอฟท์แวร์ SARndbox ให้กดเลือกเพื่อเปิดใช้งาน หรือจะเปิดผ่านเทอร์มินอล ก็ได้เช่นกัน ดังภาพ



รูปที่ 3.6 การเปิดซอฟท์แวร์ SARndbox

3.6.5 การทดสอบวัดประสิทธิภาพของระบบในการเป็นสื่อการสอน

การทดสอบวัดประสิทธิภาพของระบบในด้านการเป็นสื่อการสอน ได้เดินทางนำระบบไปทดสอบที่โรงเรียนโยธินบูรณะ ในวันพุธที่ 20 เมษายน 2559 โดยมีการวางตารางกิจกรรม ดังนี้

เวลา	กิจกรรม
09.00-09.15 น.	ก่อนการทดสอบมีการอธิบายถึงลักษณะการทำงานของระบบ แนะนำวิธีการใช้แก่ผู้เข้าร่วมทดสอบทุกท่าน
09.15-09.25 น.	ให้ผู้เข้าร่วมทดสอบระบบทุกท่านได้ลงมือทำแบบทดสอบก่อนเรียน
09.25-11.00 น.	คุณครูผู้เป็นวิทยาพิเศษร่วมการทดสอบได้ทำการสอนพร้อมมอบหมายให้ทำใบงานกิจกรรม โดยในช่วงนี้จะเป็นช่วงเวลานี้จะให้ผู้เข้าร่วมทดสอบได้ทดสอบใช้ระบบจริง เพื่อนำไปตอบคำถามในใบงานกิจกรรม
11.00-11.20 น.	มีการแลกเปลี่ยนความรู้ผ่านใบงานกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม และคุณครูสรุปความรู้ในการสอนวันนี้ทบทวนปิดท้าย
11.20-11.30 น.	ให้ผู้เข้าร่วมทดสอบระบบทุกท่านได้ลงมือทำแบบทดสอบหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

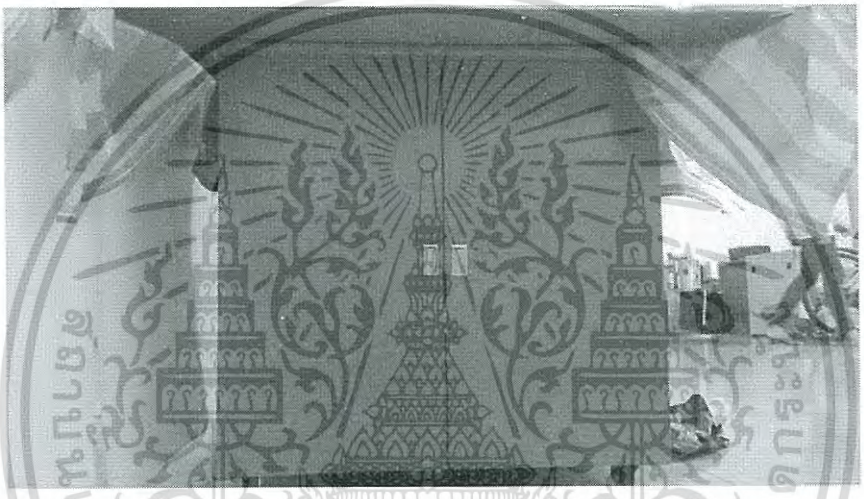
บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ต่างๆ

4.1.1 โต๊ะวางกระบะทราย

เป็นโต๊ะที่มีช่องสามารถใส่คอมพิวเตอร์ไว้ได้ด้านล่าง ขนาดความสูง 77.5 ซม. กว้าง 60 ซม. ยาว 71 ซม. ผลิตจากไม้ นอกจากนี้โต๊ะยังมีการติดล้อ 4 ล้อที่มุมโต๊ะด้านล่าง ช่วยอำนวยความสะดวกให้สามารถเคลื่อนย้ายตัวชิ้นงานได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 4.1 โต๊ะที่ใช้เป็นฐาน

4.1.2 กระบะทราย

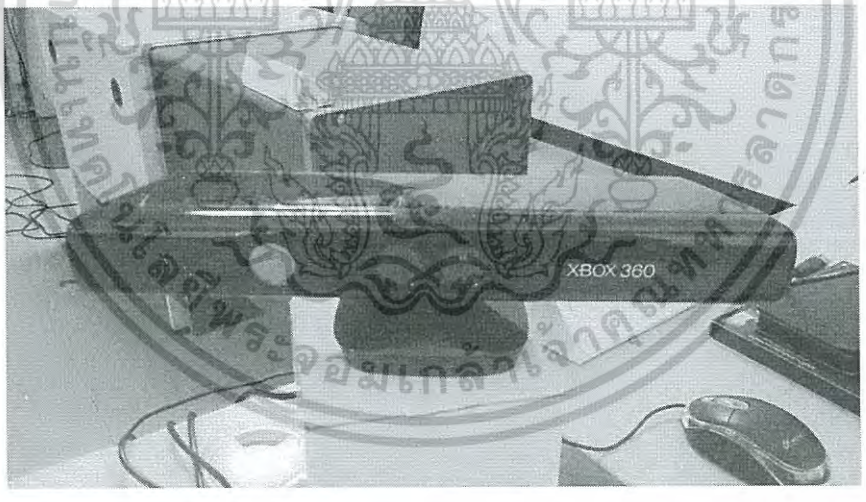
ตัวกระบะทรายประกอบด้วยแผ่นไม้ความหนา 1.5 เซนติเมตร ตัวกระบะมีขนาดกว้าง 30 นิ้ว ยาว 40 นิ้วและสูง 5 นิ้ว ปูรองด้วยผ้าใบก่อนนำทรายใส่ลงไปในกระบะเพื่อความสะอาดของตัวกระบะทราย ตัวกระบะบรรจุทราย 60 กิโลกรัม พร้อมสำหรับการจำลองสภาพภูมิประเทศตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 กระบะทราย

4.1.3 กล้อง Kinect

Kinect XBOX 360 one ทำหน้าที่จับภาพการเคลื่อนไหวของทราย รวมถึงท่าทางเหนือกระบะทราย เพื่อส่งไปประมวลทางกราฟิกต่อไป ด้วยการนำแสงอินฟาเรด ยิงไปหาตัววัตถุเพื่อสะท้อนกลับมายังกล้อง Kinect ซึ่งคล้ายคลึงกับการทำงานของ Sonar



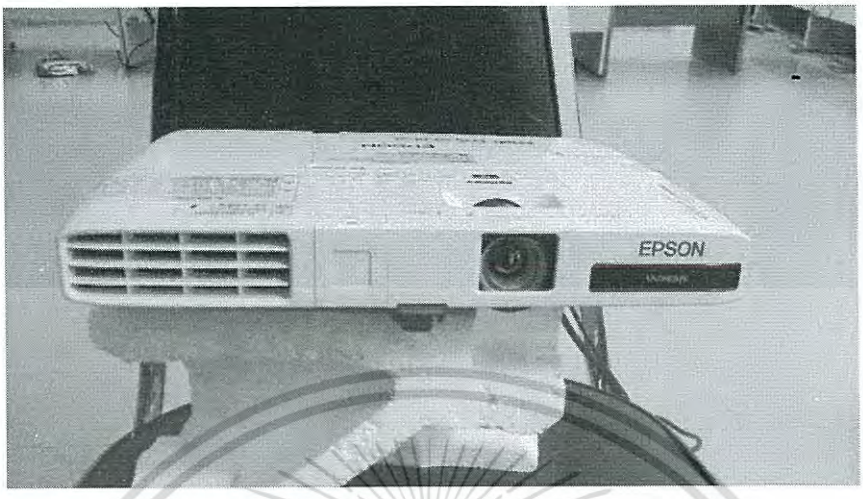
รูปที่ 4.3 กล้อง Kinect ที่ใช้กับระบบ

4.1.4 โปรเจคเตอร์

โปรเจคเตอร์ยี่ห้อ Epson รุ่น EB-1776W เป็นโปรเจคเตอร์แบบ LCD ทำหน้าที่ในการฉายภาพกราฟิกสีที่ผ่านกระมวลผลซอฟท์แวร์ในคอมพิวเตอร์ ผ่านชิ้นเลนส์ 3 สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ สีแดง เขียว และน้ำเงิน ออกมาเป็นภาพกราฟิกสีที่มีความสวยงามคมชัดกลับสู่ผืนทรายอีกครั้ง

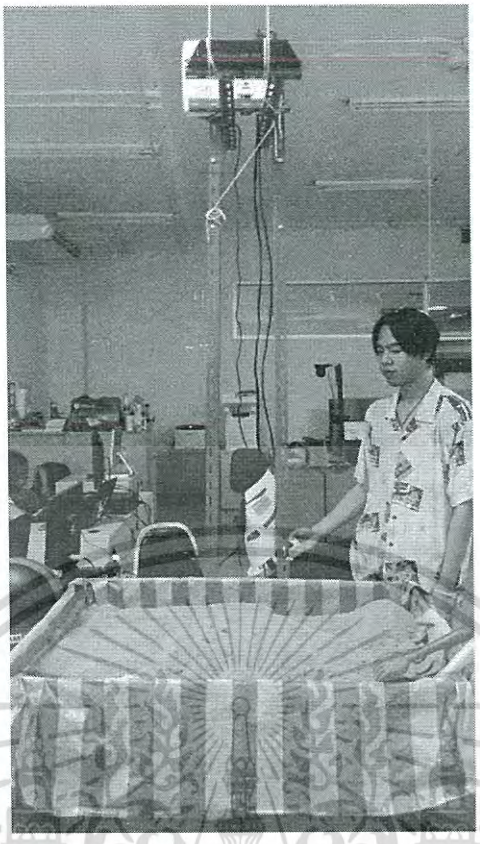


รูปที่ 4.4 โปรเจคเตอร์ที่ใช้กับระบบ

4.1.5 การติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ทั้งหมด

ติดตั้งเสาเหล็กด้านข้างโต๊ะเพื่อไว้ยึดตัวโปรเจคเตอร์และกล้อง Kinect โดยวัดให้ได้ระยะความสูงตามที่ออกแบบไว้ยึดเสาให้แน่นกับตัวโต๊ะ จากนั้นทำการติดตั้งติดตั้งกล้อง Kinect ยื่นไปตรงกลางกระบะทราย 15 นิ้วจากตัวเสาและติดตั้งโปรเจคเตอร์ที่ปลายเสา โดยให้หน้าเลนส์ของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้นอยู่ในตำแหน่งระนาบเดียวกัน และมีระยะห่างจากกระบะทราย 55 นิ้ว เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้นไปที่คอมพิวเตอร์ในโต๊ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 เสาที่ติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์แล้ว

รูปที่ 4.6 ภาพรวมฮาร์ดแวร์ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์

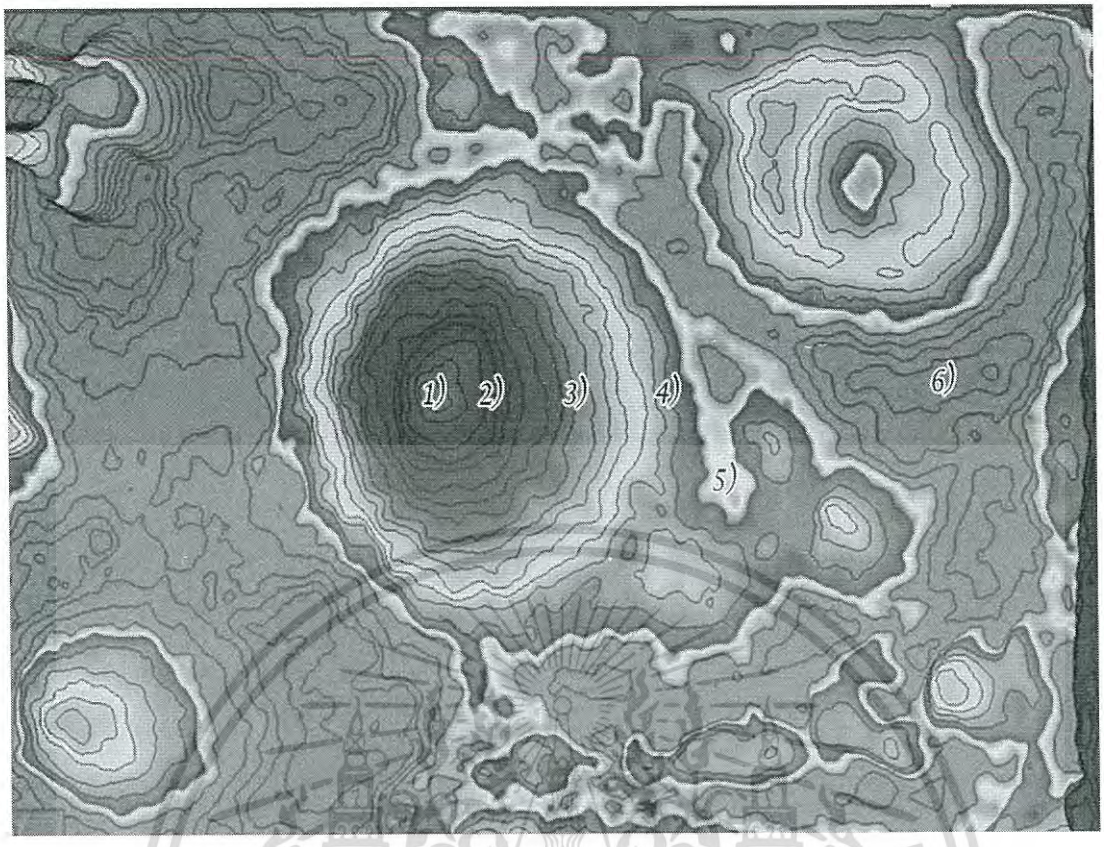
เมื่อติดตั้งฮาร์ดแวร์ได้ตามตำแหน่งที่ออกแบบไว้แล้วให้ทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ ,กล้อง Kinect และโปรเจคเตอร์ ในส่วนซอฟท์แวร์ที่ใช้ในที่นี้ชื่อ SARndbox-1.5-001 ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการประมวลผลทางกราฟิกของระบบโดยเฉพาะ โดยทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Ubuntu ซึ่งจะต้องติดตั้งซอฟท์แวร์ดังกล่าวผ่านเทอร์มินอลก่อน จากนั้นเข้าไปที่โฟลเดอร์ scr ที่ Home จากนั้นเข้าไปในโฟลเดอร์ SARndbox-1.5-001 เลือกโฟลเดอร์ bin แล้วกดเลือก SARndbox เพื่อเปิดทำงานตัวซอฟท์แวร์ของระบบ

รูปที่ 4.7 การเปิด SARndbox-1.5-001

เมื่อเปิดใช้งานระบบจะพบว่ามีภาพกราฟิกสีฉายบนผืนทราย เมื่อปรับเปลี่ยนพื้นผิวทรายเพื่อการจำลองภูมิประเทศตามที่ผู้ใช้ต้องการจะเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของภาพกราฟิก โดยจะเห็นได้ว่าบริเวณที่ทรายกองสูงจำลองเป็นลักษณะของภูเขาจะมีการไล่ระดับสีตามระดับความลึกที่กล้อง Kinect ตรวจจับได้ ผลจากการทดลองพบว่า

1) สีขาว คือจุดสูงสุดในกระบะทรายที่กล้อง Kinect จับภาพได้
2) สีแดง คือบริเวณที่สูงรองลงมาจากจุดสูงสุด เปรียบได้ว่าเป็นบริเวณยอดเขา
3) สีส้ม-สีเหลือง คือบริเวณที่เป็นที่ราบสูงหรือยอดเขาที่สูงรองลงมาจากยอดหรือบริเวณกลางภูเขา รองลงมาจากบริเวณที่เป็นสีแดง
4) สีเขียวอ่อน-สีเขียวเข้ม คือบริเวณที่ราบระดับปกติ หรือที่ราบที่มีความสูงไม่มากรองมาจากบริเวณสีเหลือง
5) สีฟ้าอ่อน คือระดับน้ำทะเลระดับตื้น
6) สีฟ้าเข้ม คือระดับน้ำทะเลระดับลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองปรับสภาพพื้นผิวทรายในกระบะ

หลังจากทดลองจำลองภูมิประเทศตามที่ต้องการแล้ว ได้ทำการทดสอบเรื่องการแสดงท่าทางเหนือกระบะทราย เพื่อให้เกิดแหล่งน้ำขึ้นในภูมิประเทศจำลองในกระบะทรายด้วยการยื่นมือไปค้างไว้ ณ ตรงจุดที่ต้องการให้เกิดน้ำ 5-10 วินาที จะเกิดน้ำที่เป็นภาพกราฟิกของน้ำไหลวนอยู่บริเวณนั้น จนกว่าจะมีทางให้ไหลน้ำหรือเพิ่มปริมาณนั้นล้นออกไปสู่พื้นที่อื่นด้วยการยื่นมือค้างไว้นานจนกว่าน้ำจะล้นออกมา หรือสามารถสร้างน้ำท่วมภูมิประเทศจำลอง

รูปที่ 4.9 ภาพจากการทดลองระบบจริง (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ภาพจากการทดลองระบบจริง (2)

4.3 ผลการทดสอบวัดประสิทธิภาพของการเป็นสื่อการสอน

จากการทดสอบวัดประสิทธิภาพของระบบในการเป็นสื่อการสอนของระบบ ที่โรงเรียนโยธินบูรณะในวันพุธที่ 20 เมษายน 2559 ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนโยธินบูรณะ จำนวน 20 คน (เนื่องจากเป็นช่วงปิดเทอมจึงทำให้ไม่สามารถทดสอบกับนักเรียนได้ทั้งระดับชั้น) โดยมีการเก็บข้อมูล 2 แบบได้แก่

- ผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนผู้เข้าร่วมทดสอบ
- ผลประเมินจากแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

  ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

  ตอนที่ 2 ข้อมูลความพึงพอใจต่อการใช้ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายเพื่อเป็นสื่อการสอน

  ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินได้แก่ เพศ ผลการศึกษาสะสม แผนการเรียน และคำถามอื่นๆเกี่ยวกับระบบ

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราส่วนร้อยละของเพศผู้ตอบแบบประเมิน

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ชาย	9	45
หญิง	11	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 แสดงอัตราส่วนร้อยละของเพศผู้ตอบแบบประเมินเป็น นักเรียนเพศชาย 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45 ของกลุ่มตัวอย่างและนักเรียนเพศหญิง จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 55 ของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนร้อยละของผลการศึกษาสะสมของผู้ตอบแบบประเมิน

ผลการศึกษาสะสม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 2.00	0	0
2.00-2.49	2	10
2.50-2.99	4	20
3.00 ขึ้นไป	14	70

จากตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนร้อยละของผลการศึกษาสะสมผู้ตอบแบบประเมินมีผลการศึกษาสะสม 2.00-2.49 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ10 ของกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาสะสม 2.50-2.99 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของกลุ่มตัวอย่าง และมีผลการศึกษาสะสม 3.00 ขึ้นไปมีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ70 ของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราส่วนร้อยละของแผนการเรียนของผู้ตอบแบบประเมิน

แผนการเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สายวิทย์-คณิต	17	85
สายศิลป์-คำนวณ	0	0
สายศิลป์ภาษา	3	15

จากตารางที่ 4.3 แสดงอัตราส่วนร้อยละของแผนการเรียนของผู้ตอบแบบประเมิน เป็นนักเรียนสายวิทย์-คณิต จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 85 ของกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนสายศิลป์-ภาษา จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 15 ของกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราส่วนร้อยละของคำถามที่ 4-6 ผู้ตอบแบบประเมิน

คำถาม	เคย (คน)	ร้อยละ	ไม่เคย (คน)	ร้อยละ
ข้อที่ 4 ท่านเคยศึกษาวิชาภูมิศาสตร์เรื่อง การใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่	5	25	15	75
ข้อที่ 5 ท่านเคยศึกษาหรือพบเห็นระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่	6	30	14	70
ข้อที่ 6 ท่านเคยใช้งานระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่	1	5	19	95

จากตารางที่ 4.4 คำถามข้อที่ 4 ท่านเคยศึกษาวิชาภูมิศาสตร์เรื่อง การใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่ พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวนร้อยละ 75 ยังไม่เคยศึกษาวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ มาก่อนเข้าร่วมการทดสอบและมีนักเรียนจำนวนเพียงร้อยละ 25 เท่านั้นที่เคยศึกษาเนื้อหาสาระในส่วนนี้มาก่อนคิดเป็นสัดส่วน 1 : 3 ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าเนื่องจากระบบการเรียนพิเศษนอกห้องเรียนตามสถาบันกวดวิชาต่างๆได้สอนล่วงหน้าไปแล้ว อย่างไรก็ตามความคิดเห็นในประเด็นนี้จะเป็นจริงหรือไม่ ยังคงต้องอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์จากการศึกษาวิจัยในอนาคตมายืนยันข้อสังเกตดังกล่าวอีกครั้งหนึ่ง

คำถามข้อที่ 5 ท่านเคยศึกษาหรือพบเห็นระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เก็บมาพบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 70 ของกลุ่มตัวอย่าง ไม่เคยพบศึกษาหรือพบเห็นระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบโดยใช้กระบะทรายมาก่อนเข้าร่วมการทดสอบ และมีเพียง 6 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 30 เท่านั้นที่ตอบว่าเคยศึกษาหรือพบเห็นระบบดังกล่าวมาก่อน

ข้อที่ 6 ท่านเคยใช้งานระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่ในประเด็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับการเคยใช้งานระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบโดยใช้กระบะทรายมาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่นั้น พบว่ามีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 คน (ร้อยละ 5) ตอบว่าเคยใช้งานระบบนี้มาก่อนและอีก 19 คน (ร้อยละ 95) ไม่เคยใช้มา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าเนื่องจากระบบดังกล่าวนั้น เทคโนโลยีต้นแบบซึ่งผลิตโดยต่างชาติเป็นสิ่งซึ่งมีราคาสูงมากเกินกว่าที่โรงเรียนปกติจะสามารถจัดหามาเป็นสื่อการสอนได้

4.3.2 ข้อมูลความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ

ตารางที่ 4.5 แสดงอัตราส่วนร้อยละของความพึงพอใจด้านเนื้อหาของผู้ตอบแบบประเมิน

1.ด้านเนื้อหา	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1.1 สื่อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา	4.65	93.00
1.2 สื่อมีโครงสร้างของเนื้อหาชัดเจน	4.70	94.00
1.3 สื่อมีการอ้างอิงข้อมูลที่มีความทันสมัย	4.70	94.00
1.4 สื่อมีสิ่งประกอบช่วยให้สื่อสามารถแสดงความหมายได้ชัดเจน	4.70	94.00
ความพึงพอใจด้านเนื้อหาโดยเฉลี่ย	**4.69**	**93.75**

จากตารางที่ 4.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาในภาพรวมจะพบว่ากลุ่มตัวอย่างได้แสดงความพึงพอใจสูงถึงร้อยละ 93.75 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในเรื่องของความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา โครงสร้างของเนื้อหามีความชัดเจน มีการอ้างอิงข้อมูลที่มีความทันสมัยและสิ่งประกอบช่วยให้สื่อสามารถแสดงความหมายได้ชัดเจน พอใจในระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 4.69)

ตารางที่ 4.6 แสดงอัตราส่วนร้อยละของความพึงพอใจด้านส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ตอบแบบประเมิน

2. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
2.1 สื่อกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	4.85	97.00
2.2 สื่อส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์	4.55	91.00
ความพึงพอใจด้านการส่งเสริมการเรียนรู้โดยเฉลี่ย	**4.70**	**94.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 ความพึงพอใจด้านการส่งเสริมการเรียนรู้โดยเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างได้ให้คะแนนความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ร้อยละ 94.00 (คะแนนเฉลี่ย 4.70) สืบเนื่องมาจากสื่อที่นำมาใช้ ในการเรียนการสอนมีส่วนช่วยในการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้และส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 4.7 แสดงอัตราส่วนร้อยละของความพึงพอใจด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือของผู้ตอบแบบประเมิน

3. ด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือ	**คะแนนเฉลี่ย**	**ร้อยละ**
3.1 สื่อสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ตลอดการสอนและการทำกิจกรรม	4.00	80.00
3.2 สื่อสามารถรับและแสดงข้อมูลสี เส้นความสูงได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของทรายในกระบะ ได้อย่างทันท่วงที (Real time)	4.10	82.00
3.3 ข้อมูลที่ได้จากการใช้สื่อมีความถูกต้อง สอดคล้องต่อเนื้อหาตามหลักภูมิศาสตร์	4.30	86.00
3.4 สื่อแสดงข้อมูลตำแหน่งของสี เส้นชั้นความสูงได้เที่ยงตรง สอดคล้องต่อเนื้อหาตามหลักภูมิศาสตร์	4.40	88.00
3.5 สื่อมีความแข็งแรงคงทน	3.70	74.00
3.6 สื่อมีความสะดวกต่อการต่อประกอบและขนย้าย	3.35	67.00
ความพึงพอใจด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือโดยเฉลี่ย	**3.98**	**79.50**

จากตารางที่ 4.7 ความพึงพอใจด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือกลุ่มตัวอย่างได้แสดงความคิดเห็นคิดเป็นคะแนนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 3.98 (ร้อยละ 79.50) ซึ่งเหลือคะแนนอีกเพียง 0.50 ก็จะเข้าเกณฑ์ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (ร้อยละ80.00) อย่างไรก็ตามในข้อ 3.6 สื่อมีความสะดวกต่อการต่อประกอบและขนย้าย ได้รับการประเมินในระดับคะแนนที่น้อยที่สุดแต่ก็ยังอยู่ในระดับช่วงกลางของคะแนนระดับมาก คือ 3.35 คิดเป็นร้อยละ 67.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงอัตราส่วนร้อยละของความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับของผู้ตอบแบบประเมิน

4. ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
4.1 สื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจใน วิชาภูมิศาสตร์เรื่องสีและเส้นชั้นความสูงง่ายขึ้น	4.55	91.00
4.2 สื่อช่วยให้เกิดการจดจำ วิชาภูมิศาสตร์เรื่องสีและเส้นชั้นความสูงได้ดียิ่งขึ้น	4.60	92.00
4.3 สื่อช่วยลดความตึงเครียด สร้างบรรยากาศผ่อนคลายเหมาะต่อการเรียนรู้ วิชาภูมิศาสตร์เรื่องสีและเส้นชั้นความสูง	4.70	94.00
4.4 สื่อช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องสีและเส้นชั้นความสูง	4.80	96.00
ความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับโดยเฉลี่ย	**4.66**	**93.25**

จากตารางที่ 4.8 ในประเด็นด้านประโยชน์ที่ได้รับพบว่าในหัวข้อคำถามย่อยที่ 4.4 สื่อช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องสีและเส้นชั้นความสูง กลุ่มตัวอย่างได้ให้คะแนนความพึงพอใจสูงถึงร้อยละ 96.00 คือ พึงพอใจมากที่สุด

4.3.3 คะแนนการทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

ตารางที่ 4.9 แสดงอัตราส่วนร้อยละของคะแนนทดสอบก่อเรียน-หลังเรียน

คะแนนเฉลี่ยทดสอบก่อนเรียน (เต็ม 10 คะแนน)	ร้อยละ	คะแนนเฉลี่ยทดสอบหลังเรียน (เต็ม 10 คะแนน)	ร้อยละ
9.15	91.5	9.80	98.0

จากตารางที่ 4.9 แสดงอัตราส่วนร้อยละของคะแนนทดสอบก่อเรียน-หลังเรียน พบว่าคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนการใช้สื่อ (Pre-Test) ซึ่งอยู่ที่ 9.15 และคะแนนการทำแบบทดสอบเฉลี่ยหลังจากใช้สื่อ (Post-Test) อยู่ที่ 9.80 ดีขึ้นคิดเป็นร้อยละ 6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผลโครงงาน

5.1.1 ผลด้านประสิทธิภาพในการทำงานจริงของระบบ

ระบบพบระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเอาเทคโนโลยี Augmented Reality พัฒนาเป็นสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในการสอนวิชาภูมิศาสตร์ ซึ่งระบบประกอบไปฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ควบคุมระบบทำงานร่วมกัน โดยใช้กล้อง Kinect ในการจับภาพการเคลื่อนไหวของทรายในกระบะรวมถึงการเคลื่อนไหวเหนือกระบะทราย เพื่อวิเคราะห์ภาพที่ได้ จากนั้นส่งไปภาพที่วิเคราะห์แล้วไปประมวลผลทางกราฟิกผ่านซอฟท์แวร์ควบคุมระบบและสามารถแสดงผลภาพทางกราฟิก เมื่อประมวลผลสำเร็จระบบจะฉายภาพกราฟิกกลับคืนสู่กระบะทรายอีกครั้งผ่านโปรเจคเตอร์แบบทันต่อเวลา (Real time)

5.1.2 ผลด้านความคิดเห็นของผู้ร่วมทดสอบใช้งานจริงต่อระบบ

เมื่อพิจารณาความพึงพอใจในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการใช้ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบโดยใช้กระบะทรายเพื่อเป็นสื่อการสอน ประกอบไปด้วยประเด็นคำถามหลัก 4 หมวด อันได้แก่

1) ด้านเนื้อหา
2) ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้
3) ด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือ
4) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ

จะพบว่าคะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4.42 พึงพอใจมากที่สุด ถึงร้อยละ 88.31 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 50 ถือว่าระบบเป็นสื่อการสอนที่สร้างความพึงพอใจแก่ผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก

5.1.3 ผลด้านผลสัมฤทธิ์ในการเป็นสื่อการสอนประกอบวิชาภูมิศาสตร์

เมื่อทำการรวมคะแนนจากการทำบททดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนและคิดเป็นค่าคะแนนเฉลี่ย พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและก่อนได้ชีระบบจริงอยู่ที่ 9.15 กว่าร้อยละ 91.5 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและหลังจากได้ใช้ระบบจริง อยู่ที่ 9.80 กว่าร้อยละ 98.0

พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังใช้งานระบบมีมากเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.65 คิดเป็นร้อยละ 6.5 ซึ่งถือว่ามีผลสัมฤทธิ์ในการเป็นสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์ ตามเกณฑ์ทดสอบประสิทธิภาพสื่อ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ข้อจำกัดของเวลาและงบประมาณในการทำชิ้นงาน เนื่องจากมีเวลาและงบประมาณที่ค่อนข้างจำกัด ทำให้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์บางชิ้นไม่มีความสามารถมากเพียงพอที่จะช่วยทำให้ระบบมีความเสถียรภาพ
2. บางครั้งฮาร์ดแวร์/ซอฟท์แวร์ไม่สามารถประมวลผลภาพได้ทันท่วงที จึงทำให้ภาพกราฟิกเกิดการกระตุก ไม่ลื่นไหลตามที่ควรจะเป็น ต้องเปิดปิดตัวซอฟท์แวร์ใหม่
3. โปรเจคเตอร์ฉายภาพได้ไม่สมบูรณ์เต็มกระบะทราย รวมถึงมีความคลาดเคลื่อนของภาพกราฟิกสีที่ฉายลงไปบนทรายยังไม่ตรงกับตำแหน่งที่ถูกต้องของภูมิประเทศจำลองที่ได้ทำไว้เหนือกระบะทราย สืบเนื่องจากโปรเจคเตอร์ที่เลือกใช้นั้นไม่ได้มีเลนส์อยู่ตรงกลางเครื่องแบบโปรเจคเตอร์รุ่นอื่น ทำให้การวางโปรเจคเตอร์จะต้องมีการเทน้ำหนักไปด้านใดด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้าน
4. ความร้อนของตัวฮาร์ดแวร์ส่งผลให้บางครั้งระบบทำงานไม่ได้เต็มประสิทธิภาพ
5. การทดสอบระบบรวมไปถึงแบบสอบถามต่างๆมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา สถานที่และงบประมาณทำให้ได้ข้อมูลน้อยกว่าควรที่เป็น เนื่องจากเป็นช่วงเวลาปิดเทอมของนักเรียนมัธยมปลาย ประกอบกับโรงเรียนกำลังจะย้ายไปสู่สถานที่ใหม่ทำให้การเก็บข้อมูลเป็นไปได้อย่างยากลำบาก

5.3 แนวทางในการพัฒนา

1. สามารถนำไปต่อยอดพัฒนาภาพลักษณ์ของระบบให้มีน้ำหนักที่เบา ความแข็งแรง คงทนยิ่งขึ้น เพื่อความปลอดภัย และสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายยิ่งขึ้น
2. พัฒนาด้านการระบายความร้อนให้อุปกรณ์ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ติดต่อกันได้ยาวนานขึ้น ลดความเสี่ยงในการไม่ทำงานของระบบ
3. สามารถนำแนวความคิดไปประยุกต์ทำเป็นสื่อในการเรียนเรื่องอื่นๆ ในวิชาภูมิศาสตร์ได้เพื่อให้เกิดประโยชน์
4. นำแนวคิดไปปรับแก้ไขให้เกิดเป็นระบบที่ต้นทุนต่ำลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Oliver Kreylos. **"Augmented Reality Sandbox"**. [Online]. Available: http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/. 2015

[2] Shari Hiltbrand. **"Augmented Reality (AR) ความจริงต้องขยาย"**. [Online]. Available: https://sipaedumarket.wordpress.com/2014/04/20/augmented-reality-ar--ความจริงที่ต้องขยาย/.2014

[3] Thaiware. **"สุดล้ำ! จำลองการไหลของน้ำ ด้วยเทคโนโลยี Augmented Reality บนพื้นทราย !!"**. [Online]. Available: http://news.thaiware.com/1530.html.2012

[4] Siam5301300132. **"Linux "Ubuntu""**. [Online]. Available: http://siam5301300132.blogspot.com/.2010

[5] Vangie Beal. **"C++"**. [Online]. **Available:** http://www.webopedia.com/TERM/C/C_plus_plus.html.2015

[6] Crescent. **ลักษณะภูมิประเทศ"**. [Online]. Available: http://crezcent.exteen.com/page.2006

[7] บ้านจอมยุทธ์. **"ภูมิศาสตร์และสภาวะแวดล้อมโลก"**. [Online]. Available: http://www.baanjomyut.com/library/global_community/01_2.html.2000

[8] -. **"โลกเสมือนผ่านโลกจริง"**. [Online]. Available: https://nipatanoy.wordpress.com โลกเสมือนผ่านโลกจริง-augmented-reality/.2014

[9] Tim Carmody. "**How Motion Detection Works in Xbox Kinect"**. [Online]. Available: http://www.wired.com/2010/11/tonights-release-xbox-kinect-how-does-it-work/.2010

[10] Doc-Ok. **"Build your own Augmented Reality Sandbox"**. [Online]. Available: http://doc-ok.org/?p=164.2012

[11] Thaiminiprojector. **"วิธีเลือกโปรเจคเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน"**. [Online]. Available: http://www.thaiminiprojector.com/article/วิธีเลือกซื้อโปรเจคเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน.2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] Smart Media. **"หลักการทำงานของเครื่องฉาย LCD Projector"**. [Online]. Available: http://www.vpdmedia.com/หลักการทำงานของเครื่องฉาย-lcd-projector-4135.page.2012

[13] Oliver Kreylos. **"AR Sandbox Forum."** [Online]. Available: http://lakeviz.org/forums/forum/ar-sandbox-forum/.2015

[14] Oliver Kreylos. **"Complete Installation Instructions"**. [Online]. Available: http://lakeviz.org/forums/topic/complete-installation-instructions/.2015

[15] AsiwSR. **"เครื่องมือในการศึกษาภูมิศาสตร์"**. [Online]. Available: http://my.dek-d.com/ren7/blog/.2012

[16] CorrMap. **"The Homography transformation"**. [Online]. Available: http://www.corrmap.com/features/homography_transformation.php.2013

[17] Oliver Kreylos. **"Vrui VR Toolkit"**. [Online]. Available: http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Vrui/. 2015

[18] รองศาสตราจารย์ ทวี ทองสว่าง. **"การสอนวิชาภูมิศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา"**. [Online]. Available: http://e-book.ram.edu/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=ED319/.2015

[19] ไพโรจน์ คะเชนทร์. **"การหาประสิทธิภาพของสื่อ"**. [Online]. Available: http://chan2.obec.go.th/wattungpelschool/manage/upload_file/U84jTSshKIi20150521195949.pdf.2015

[20] **-. "การเรียนรู้ในศตวรรษที่21"**. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=tE32HERiEs.2015

[21] Admin in Uncategoried. **"การเรียนแบบนักเรียนเป็นศูนย์กลาง"**. [Online]. Available: http://sclthailand.org/Th/2011/08/sandbox-chutima/.2012

[22] NECTEC. **"การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน"**. [Online]. Available: http://www.princess-it.org/ict_integration.pdf.2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[23] Ecoearthlive. **"Mountain"**. [Online]. Available: http://www.eoearth.org/view/article/51cbee797896bb431f69819e/.2014

[24] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุปผา เรืองรอง. **"ปรัชญาประสบการณ์ตามแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) สู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์"**. [Online]. Available: https://sites.google.com/site/chauatscience/prachya-prasbkarn-tam-naewkhid-khxng-cxhn-di-wxi-john-dewey-su-kar-cadkar-reiyn-ru-withyasastr.2012

[25] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **"การเรียนรู้"**. [Online]. Available: https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99.2010

[26] ศาสตราจารย์ ดร.ชัยยงค์ พรหมวงศ์. **"การหาประสิทธิภาพของสื่อ"**. [Online]. Available: http://chan2.obec.go.th/wattungpelschool/manage/upload_file/U84jTSshKIi20150521195949.pdf.2009

[27] Cohen, L., and Manion. **"การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง"**. [Online]. Available: http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~jaimorn/re6.htm.2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การติดตั้งซอฟท์แวร์ SARndbox

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งซอฟท์แวร์ SARndbox

1. เปิดเทอร์มินอล และพิมพ์คำสั่งตามด้านล่าง เพื่อโหลดไฟล์ที่

   http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Vrui/Build-Ubuntu.sh

```
cd ~

wget http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Vrui/Build-Ubuntu.sh
```

2. เมื่อสคริปต์ทำงานจนถึงคำสั่งสุดท้ายจะทำการขอรหัสผ่าน(Password)ของผู้ใช้ที่กำหนดไว้ จากนั้นจะสร้างตัว Vrui VR ซึ่งใช้เวลาเล็กน้อย ก่อนจะขึ้นหน้าต่างแสดงถึงการดาวน์โหลด ให้ปิดหน้าต่างนั้นแล้วกลับมาที่หน้าเทอร์มินอล และพิมพ์คำสั่งดังต่อไปนี้

```
cd ~/src

wget http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Kinect/Kinect-2.8-002.tar.gz

tar xfz Kinect-2.8-002.tar.gz

cd Kinect-2.8-002

make
```

3. เมื่อสคริปต์ทำงานจนถึงคำสั่งสุดท้ายจะทำการติดตั้ง Device Rule ที่อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงกล้อง Kinect ได้ และจะขอให้ใส่รหัสผ่านอีกรอบ จากนั้นพิมพ์คำสั่งดังต่อไปนี้

```
cd ~/src

wget http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/SARndbox-1.6.tar.gz

tar xfz SARndbox-1.6.tar.gz

cd SARndbox-1.6

make
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อสคริปต์ทำงานจนถึงคำสั่งสุดท้ายจะทำการติดตั้ง Device Rule ที่อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงกล้อง Kinect ได้ และจะขอให้ใส่รหัสผ่านอีกรอบ จากนั้นพิมพ์คำสั่งดังต่อไปนี้

```
cd ~/src

wget http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/SARndbox-1.6.tar.gz

tar xfz SARndbox-1.6.tar.gz

cd SARndbox-1.6

make
```

5. การติดตั้งซอฟท์แวร์เสร็จสิ้น สนับสนุนการทำงานแก่ระบบ และตัวแอพพลิเคชั่น ดังนี้

   - (RawKinectViewer, KinectViewer) ใน ~/Vrui-3.1/bin
   - the AR Sandbox calibration utility and main application ใน ~/src/SARndbox-1.6/bin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

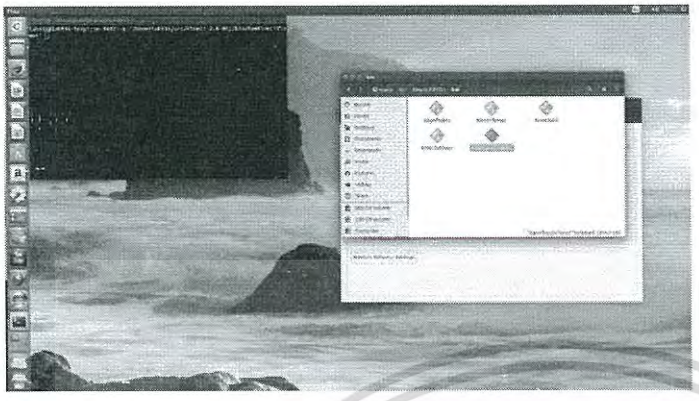
ภาคผนวก ข.

การ Calibrate มุมมองของกล้อง Kinect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

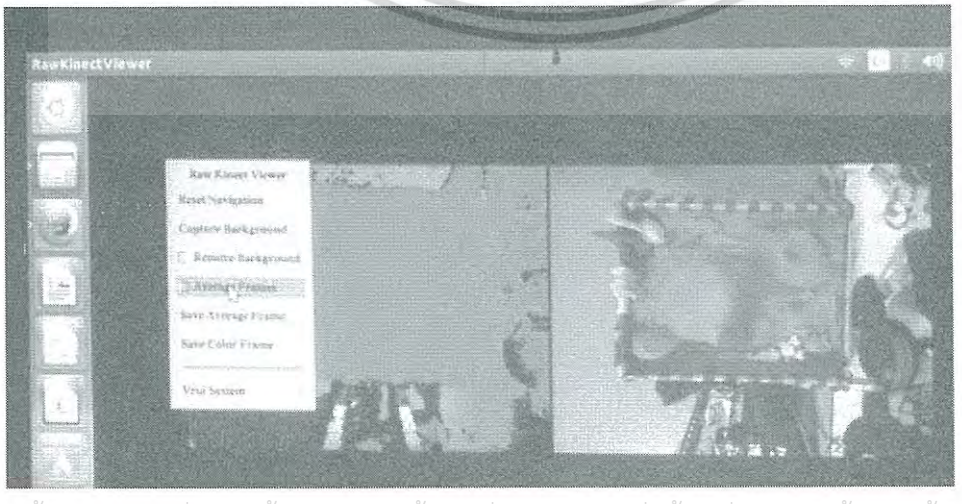
การ Calibrate มุมมองของกล้อง Kinect

1. เปิด RawKinectViewer ด้วยเทอร์มินอล ดังภาพ



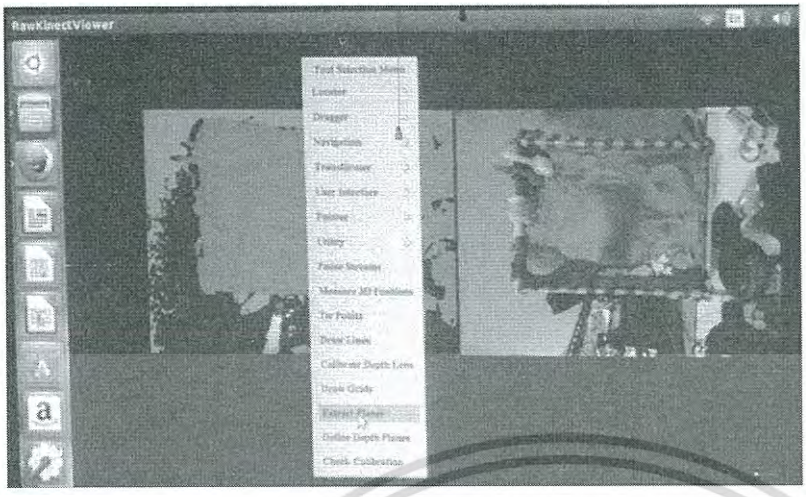
2. จะปรากฏหน้าต่าง Calibrate ค่า ดังภาพ

3. คลิ๊กขวาค้างที่จอด้านซ้าย เลือก Average Frame ดังภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

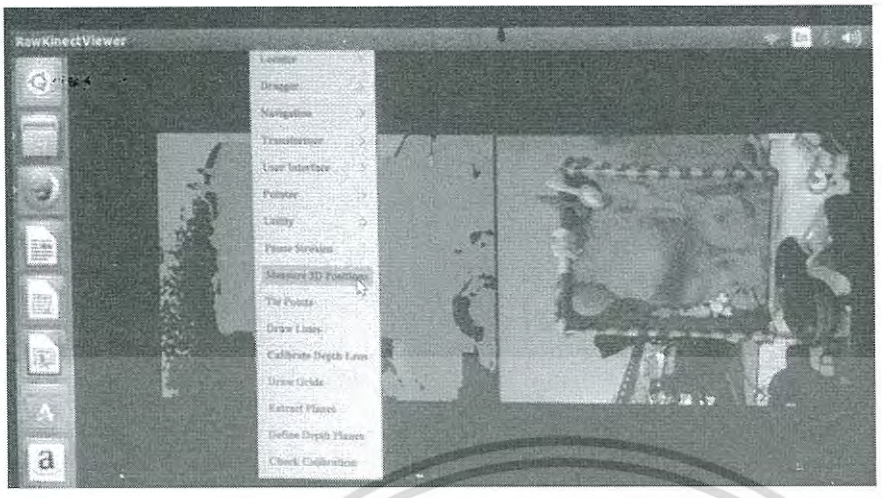
4. กดเลข 1 ค้าง จากนั้นเลือก Extract plane ดังภาพ



5. กดเลข 1 ค้าง แล้วเลื่อนลูกศรออกมาให้รัศมีสี่เหลี่ยม (เส้นสีเขียว) คลุมบริเวณกระบะทรายทั้งหมด แล้วปล่อยนิ้วออกจากเลข 1 ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กดเลข 2 ค้าง แล้วเลือก Measure 3D Position ดังภาพ

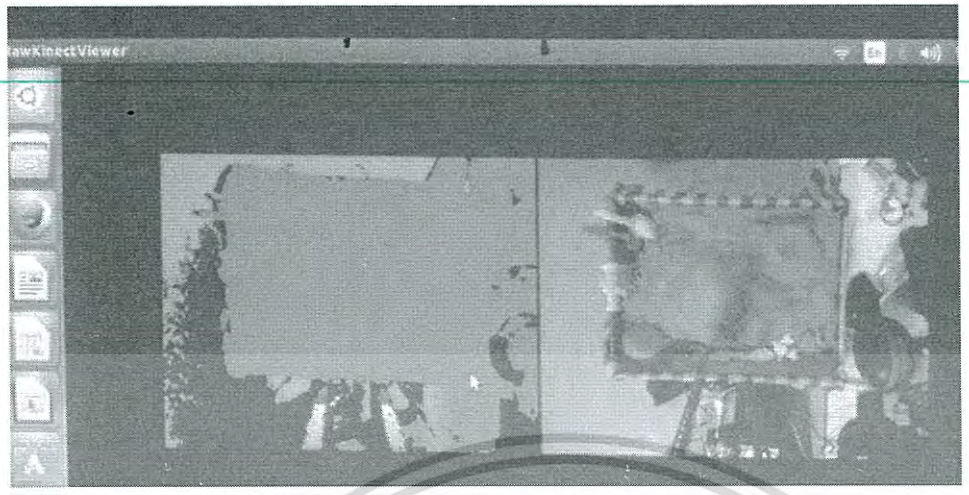


7. จากนั้นทำการระบุพิกัดมุมทั้ง 4 ของกระบะดังนี้

- คลิ๊กไปที่มุมซ้ายล่าง แล้วกดเลข 2 ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

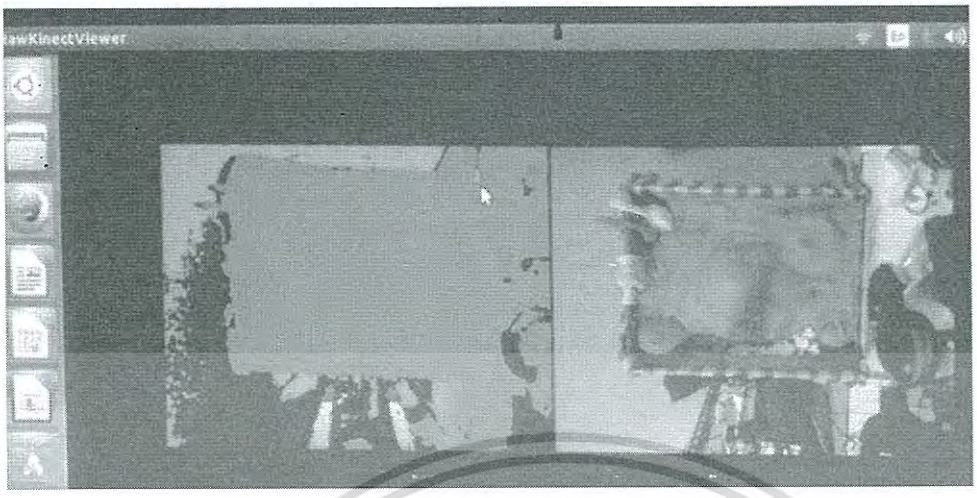
- คลิ้กไปที่มุมขวาล่าง แล้วกดเลข 2 ดังภาพ



- คลิ้กไปที่มุมซ้ายบน แล้วกดเลข 2 ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

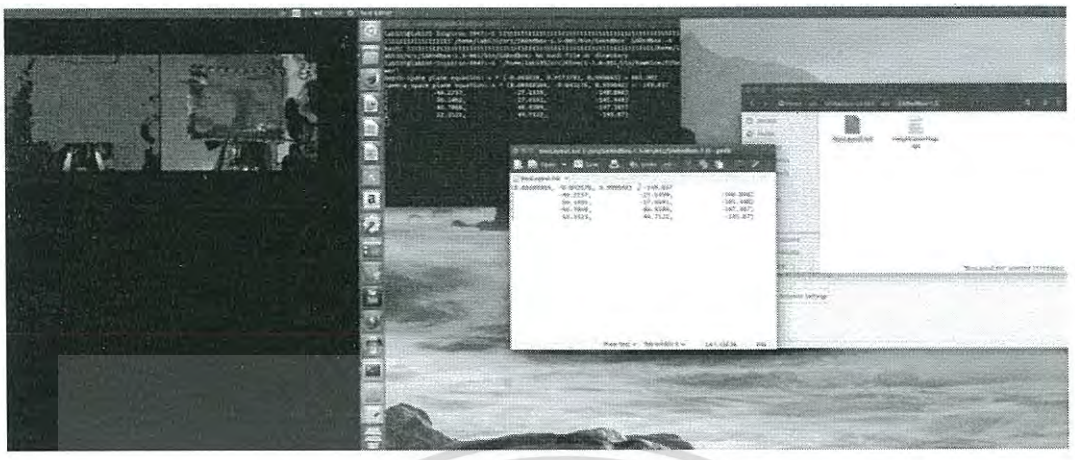
- คลิ้กไปที่มุมขวาบน แล้วกดเลข 2 ดังภาพ



8. เมื่อทำครบแล้วในหน้าต่าง Terminal จะปรากฏค่าที่ได้จากการ Calibrate เมื่อครู่ ให้ออกจาก RawKinectViewer และเปิดไฟล์ BoxLayout.txt จะมีหน้าต่างแสดงค่าต่างๆ ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. คัดลอกค่าที่ได้จากการ Calibrate ในหน้าต่าง Terminal วางในไฟล์ BoxLayout.txt ดังภาพ



10. บันทึกค่าก่อนทำการปิดหน้าต่าง BoxLayout.txt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายเพื่อเป็นสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ

คำชี้แจง :

แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นมีจุดประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลความคิดเห็นด้านต่างๆ ในการทดลองใช้ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายเป็นสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ โดยข้อมูลที่ท่านได้กรอกและเลือกตอบต่อไปนี้จะนำไปใช้ประกอบการทำปริญญานิพนธ์ ของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยจะนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความพึงพอใจออกมาเป็นค่าทางสถิติ แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต โดยเก็บข้อมูลจากอาจารย์ผู้สอนวิชาภูมิศาสตร์ และนักเรียนระดับชั้นมัธยมปลายในโรงเรียนโยธินบูรณะที่เข้าร่วมทดสอบระบบครั้งนี้

ลักษณะของแบบประเมิน แบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลความพึงพอใจต่อการใช้ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายเพื่อเป็นสื่อการสอน

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบประเมินประสิทธิภาพทุกท่านที่ได้กรุณาเสียสะเวลาอันมีค่ามาทำการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้ เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่เป็นจริง คำตอบของทุกท่าน ทุกคำตอบจะถือเป็นความลับและใช้วิเคราะห์ผลเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับคำตอบของท่านตามความเป็นจริง

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. ผลการศึกษาสะสม (GPA) ☐ น้อยกว่า 2.00 ☐ 2.00 - 2.49 ☐ 2.50 - 2.99 ☐ 3.00 ขึ้นไป

3. แผนการเรียน ☐ สาย วิทย์-คณิต ☐ สายศิลป์-คำนวณ ☐ สายศิลป์ภาษา

4. ท่านเคยศึกษาวิชาภูมิศาสตร์เรื่อง การใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

5. ท่านเคยศึกษาหรือพบเห็นระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

6. ท่านเคยใช้งานระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย มาก่อนเข้าร่วมทดสอบหรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 ข้อมูลความพึงพอใจต่อการใช้ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายเพื่อเป็นสื่อการสอน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดของท่านมากที่สุด

ที่	คำถาม	ระดับความเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านเนื้อหา						
1.1	สื่อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา					
1.2	สื่อมีโครงสร้างของเนื้อหาชัดเจน					
1.3	สื่อมีการอ้างอิงข้อมูลที่มีความทันสมัย					
1.4	สื่อมีสิ่งประกอบช่วยให้สื่อสามารถแสดงความหมายได้ชัดเจน					
2. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้						
2.1	สื่อกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้					
2.2	สื่อส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์					
3. ด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือ						
3.1	สื่อสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ตลอดการสอนและการทำกิจกรรม					
3.2	สื่อสามารถรับและแสดงข้อมูลสี เส้นความสูงได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของทรายในกระบะได้อย่างทันท่วงที (Real time)					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่	คำถาม	ระดับความเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
3.3	ข้อมูลที่ได้จากการใช้สื่อมีความถูกต้องสอดคล้องต่อเนื้อหาตามหลักภูมิศาสตร์					
3.4	สื่อแสดงข้อมูลตำแหน่งของสี เส้นชั้นความสูงได้เที่ยงตรง สอดคล้องต่อเนื้อหาตามหลักภูมิศาสตร์					
3.5	สื่อมีความแข็งแรงคงทน					
3.6	สื่อมีความสะดวกต่อการต่อประกอบและขนย้าย					
4.	**ด้านประโยชน์ที่ได้รับ**					
4.1	สื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจใน วิชาภูมิศาสตร์ เรื่องสีและเส้นชั้นความสูงง่ายขึ้น					
4.2	สื่อช่วยให้เกิดการจดจำ วิชาภูมิศาสตร์เรื่องสีและเส้นชั้นความสูงได้ดียิ่งขึ้น					
4.3	สื่อช่วยลดความตึงเครียด สร้างบรรยากาศผ่อนคลาย เหมาะต่อการเรียนรู้ วิชาภูมิศาสตร์ เรื่องสีและเส้นชั้นความสูง					
4.4	สื่อช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องสีและเส้นชั้นความสูง					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

1. ปัญหาที่ท่านพบระหว่างการใช้งานสื่อ (ระบบ)

2. สิ่งที่ท่านอยากให้สื่อ (ระบบ) ปรับปรุงแก้ไข หรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการพัฒนา

--เมื่อทำการประเมินเสร็จสิ้นแล้ว กรุณาส่งแบบประเมินคืนผู้จัดทำ ขอบคุณครับ/ค่ะ--

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

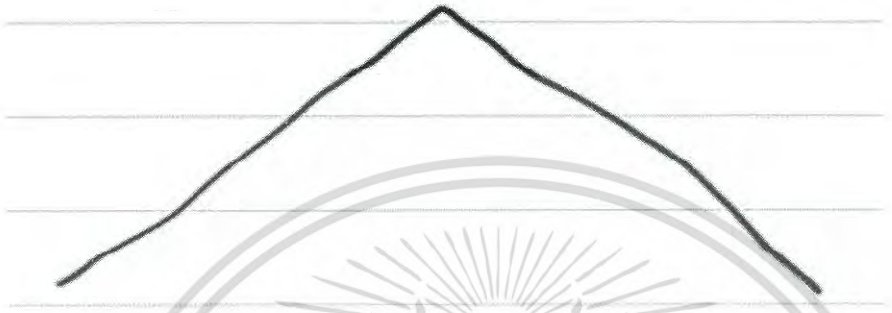
ใบกิจกรรมและแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบกิจกรรมกลุ่ม

กลุ่มที่ 1

1.ให้นักเรียนจำลองภูมิประเทศในกระบะทรายดังภาพด้านล่าง

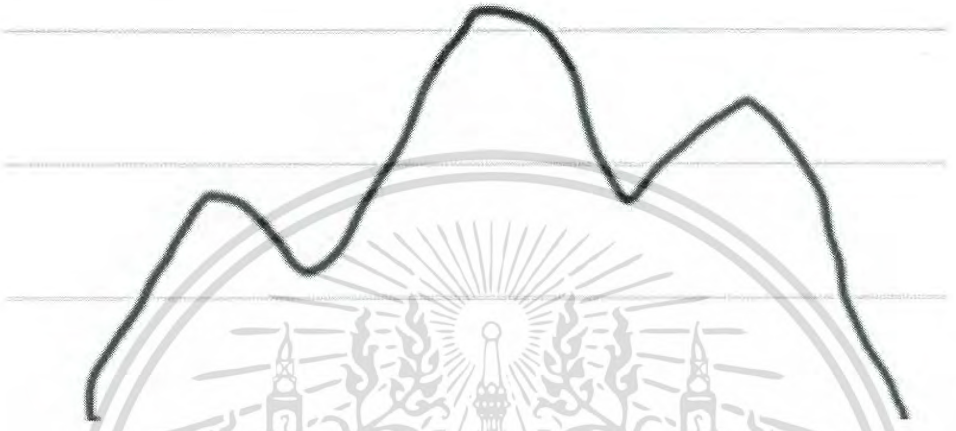


2. ให้นักเรียนสังเกตและบันทึกลักษณะเส้นชั้นความสูงลงในกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบกิจกรรมกลุ่ม
กลุ่มที่ 2

1.ให้นักเรียนจำลองภูมิประเทศในกระบะทรายดังภาพด้านล่าง



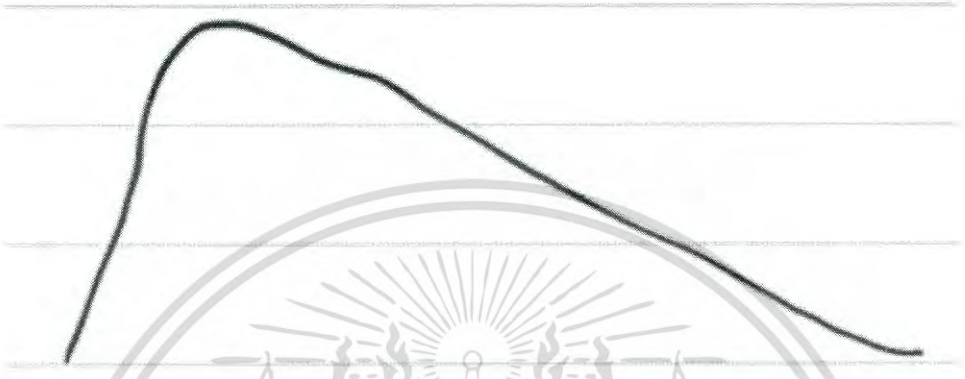
2. ให้นักเรียนสังเกตและบันทึกลักษณะเส้นชั้นความสูงลงในกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบกิจกรรมกลุ่ม

กลุ่มที่ 3

1.ให้นักเรียนจำลองภูมิประเทศในกระบะทรายดังภาพด้านล่าง



2. ให้นักเรียนสังเกตและบันทึกลักษณะเส้นชั้นความสูงลงในกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบกิจกรรมกลุ่ม

กลุ่มที่ 4

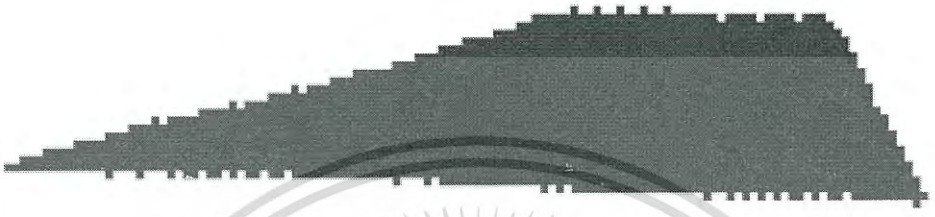
1.ให้นักเรียนจำลองภูมิประเทศในกระบะทรายดังภาพด้านล่าง

2. ให้นักเรียนสังเกตและบันทึกลักษณะเส้นชั้นความสูงลงในกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบกิจกรรมกลุ่ม
กลุ่มที่ 5

1.ให้นักเรียนจำลองภูมิประเทศในกระบะทรายดังภาพด้านล่าง



2. ให้นักเรียนสังเกตและบันทึกลักษณะเส้นชั้นความสูงลงในกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบก่อนเรียน –หลังเรียน

<u>คำชี้แจง</u> ตอนที่ 1 ให้นักเรียนจับคู่ภาพเส้นชั้นความสูงกับภูมิประเทศตัดขวางให้ถูกต้องสัมพันธ์กัน

..... 1

..... 2

..... 3

..... 4

..... 5

A

B

C

D

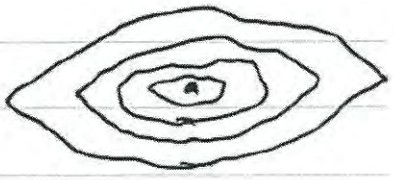
E

F

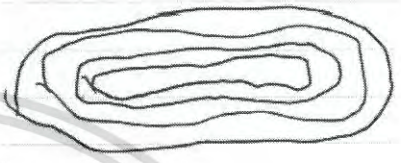
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>คำชี้แจง</u> ตอนที่ 2 ให้นักเรียนจับคู่ภาพภูมิประเทศตัดขวางกับเส้นชั้นความสูงให้ถูกต้องสัมพันธ์กัน

.....6.

ก. 

.....7.

ข. 

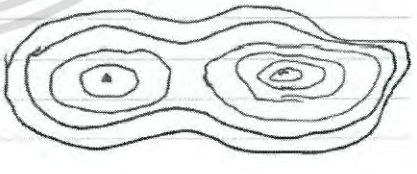
.....8.

ค.

.....9.

ง.

.....10.

จ. 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายณภัทร ฉัตรชมชื่น
วันเดือนปีเกิด	27 กันยายน 2536 ที่กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	703 พัฒนาการ29 เขตสวนหลวง แขวงสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250
อีเมล	np.chutchomchuen@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
2558	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพัตรพิมล วัชรวิสุทธิ์
วันเดือนปีเกิด	4 กรกฎาคม 2536
ที่อยู่	129/185 ซอยวัดไทรม้า ถนนรัตนาธิเบศร์ ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัด นนทบุรี 11000
อีเมลล์	Nt.wacharawisoot@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
2558	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายเพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ

ณภัทร ฉัตรชมชื่น[1] และ พัตรพิมล วัชรวิสุทธิ์[2]

[1,2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Emails: cs_condition0@hotmail.com, Nt.wacharawisoot@gmail.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีความมุ่งหวังที่จะสร้างสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาภูมิศาสตร์ อันประกอบด้วยวัตถุประสงค์ ประการที่ 1เพื่อพัฒนาระบบจำลองภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย ให้มีความแม่นยำและถูกต้องเรื่องของสีในแต่ระดับชั้นความสูงของภูมิประเทศแบบต่างๆ และเส้นระดับชั้นความสูง)*Contour line)* ตามหลักวิชาภูมิศาสตร์ ทำให้เกิดการบูรณาการในการนำเทคโนโลยีผสมผสานในปัจจุบันใช้ เพื่อทำให้เกิดสื่อเพื่อการเรียนรู้ในวิชาภูมิศาสตร์เพิ่มขึ้นประการที่ 2เพื่อให้ผู้สอนใช้ระบบเป็นสื่อกลางร่วมกับกิจกรรมที่เหมาะสมในการเตรียมการสอน นำไปสู่การสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนมากขึ้น ทำให้สามารถลดการสอนเชิงปริมาณได้ และเกิดทำให้เกิดการสอนเชิงคุณภาพ ประการที่ 3เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ระบบจริงการ ผนวกกับได้รับคำแนะนำจากผู้สอน แล้วเกิดการพัฒนาการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง แล้วสามารถจดจำและเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น และประการสุดท้ายเพื่อสร้างความพึงพอในการเรียนวิชาภูมิศาสตร์มากขึ้น สร้างบรรยากาศในการเรียนให้มีความเพลิดเพลิน สนุกสนาน ไม่ตึงเครียดระหว่างผู้สอนและผู้เรียน เกิดการกระตุ้นให้อยากเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งกลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *5* ของโรงเรียนโยธินบูรณะ จำนวน *20* คน เป็นชาย *9* คน หญิง *11* คน จากผลการทดลองพบว่าผลคะแนนของนักเรียน ผลการทดสอบพบว่าคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ *6.5 %*คะแนนความพึงพอใจอยู่ที่ค่าเฉลี่ย *4.42* หรือคิดเป็น *88.31%.*ข้อมูลจากทดสอบนี้จะถูกใช้เพื่อการศึกษาพัฒนาระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายเพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศต่อไป

คำสำคัญ – กระบะทรายจำลองภูมิประเทศ;สีและเส้นชั้นความสูง;Augmented Reality;

1. บทนำ

เนื่องจากนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ล้วนต้องเรียนวิชาภูมิศาสตร์เหมือนกันแต่จากการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนพบว่าเป็นวิชาที่นักเรียนให้ความสนใจในการเรียนน้อยที่สุดเพราะการสอนที่น่าเบื่อ เนื้อหาเยอะ และสื่อการสอนให้ได้มีกิจกรรมทำในคาบเรียน ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข จึงเป็นที่มาเป็นที่มาของโครงงาน “ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ” เพื่อให้เป็นสื่อการสอนที่มีคุณภาพ ที่มีความถูกต้องและแม่นยำในการแสดงเส้นชั้นความสูงและสีตามระดับความสูงของภูมิประเทศตามหลักภูมิศาสตร์ เพื่อให้เป็นสื่อประกอบการสอนที่ผู้สอนสามารถนำประยุกต์ใช้เหมาะสมร่วมกับการจัดกิจกรรม ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงควบคู่กันไป ทำให้เกิดการแก้ปัญหาการสอนวิชาภูมิศาสตร์

2. ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Augmented Reality

ทฤษฎี/แนวคิดทางภูมิศาสตร์ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แผนที่และองค์ประกอบของแผนที่

2) ลักษณะภูมิประเทศต่างๆบนแผนที่

3) การระบุระดับความสูงในแผนที่

รูปที่ .1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม NOAA

<u>ทฤษฎี ด้านการศึกษา</u> ได้แก่

1) การเรียนรู้

2) การพัฒนาทางความคิดสติปัญญาและการเรียนรู้ในวัยรุ่น

3) ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ

4) ทฤษฎีกรวยประสบการณ์

5) ปิรามิดการเรียนรู้

6) แนวคิดการเรียนรู้แบบให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

7) การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

<u>ทฤษฎี อื่นๆ</u> ได้แก่

1) การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

2)การทดสอบวัดประสิทธิภาพของสื่อการสอน

3. วิเคราะห์การสอนแบบเดิม

จากการศึกษาการสอนวิชาภูมิศาสตร์ระดับมัธยม ผู้สอนจะเน้นการบรรยายเป็นหลัก โดยใช้สื่อประเภทแผนที่ร่วมกับเอกสารประกอบการสอนที่มีภาพทั้งสีและภาพขาวดำ 2 มิติ รวมไปถึงสื่อประเภทงานของโมเดล 3 มิติ ที่มีลักษณะยืดหยุ่นน้อยไม่สามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงได้ตามใจชอบมีการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันไม่มากนัก เน้นผู้สอนเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้แต่เพียงผู้เดียว ชั่วโมงการเรียนวิชาภูมิศาสตร์มีไม่มาก แต่เนื้อหาในวิชานี้มีอยู่มากมายหลายเรื่อง แต่ละเรื่องต้องล้วนต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ จึงเกิดเป็นการสอนแบบอัดข้อมูลให้มากที่สุดในแต่ละคาบเรียน เพราะผู้สอนมีความกังวลว่าจะไม่สามารถถ่ายทอดเนื้อหาให้กับผู้เรียนได้ทันในชั่วโมงการสอนที่มีทั้งหมด จากการศึกษาการสอนวิชาภูมิศาสตร์ระดับมัธยม ผู้สอนแบบในอดีตจะเน้นการบรรยาย ผู้สอนบางคนไม่ชอบที่จะใช้สื่อประกอบการสอน ต่อมาแม้จะมีการนำสื่อมาใช้ก็ยังพบปัญหา ได้แก่

1) การใช้สื่อการสอนไม่สอดคล้อง ไม่เหมาะสมกับเรื่องที่ผู้สอนจะสอน

2) สื่อการสอนที่มีอยู่ไม่มีความทันสมัย

3) ผู้สอนไม่มีเวลาในการจัดเตรียมสื่อการสอน

4) ขนาดของสื่อที่ไม่เหมาะสมทำให้ผู้เรียนเห็นได้ไม่ทั่วถึง เป็นต้น

ส่วนปัญหาที่พบจากการศึกษาการทำงานของ AR Sandbox พบว่าระบบยังไม่สามารถแสดงสีได้สัมพันธ์กับระดับความสูงของภูมิประเทศจำลองได้และไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของเส้นชั้นความสูงเพื่อแยกระดับชั้นความสูงของภูมิประเทศจำลองได้ตามหลักภูมิศาสตร์ ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสื่อการสอนได้เพราะขาดความน่าเชื่อถือ ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะต้องได้รับการแก้ไข ปัญหาในการสอนวิชาภูมิศาสตร์ต้องลดลง และต้องเพิ่มความน่าถูกต้องตามหลักภูมิศาสตร์ให้กับAR Sandbox ในการเป็นสื่อการสอน เพื่อให้มีสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์เรื่องการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศที่เพิ่มขึ้น และให้เกิดการสอนที่มีกิจกรรมระหว่างผู้เรียนเพิ่มจากเดิม

4. การวิเคราะห์และวิจารณ์ความต้องการระบบ

- จุดประสงค์ เพื่อพัฒนาและจัดทำระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทรายให้ใช้งานได้ง่าย มีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือในการแสดงผลกลับมาสู่กระบะทราย และมีประสิทธิภาพในการทำงานของระบบมากพอที่จะใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนในวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ นอกจากให้เป็นสื่อการสอนที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจเรื่องดังกล่าวแล้ว ยังสามารถที่จะถอดประกอบ ติดตั้งเพื่อใช้งานได้อย่างง่าย และเคลื่อนย้ายสะดวกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้กล้อง Kinect มาใช้ช่วยจำแนกความสูงต่ำของทรายในกระบะออกเป็นภาพ 3 มิติ เห็นได้ถึงความตื้นลึกของภาพ แล้วส่งไปประมวลผลทางกราฟิกผ่านซอฟท์แวร์ของระบบร่วมกับการ์ดจอของคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Ubantu แล้วฉายผ่านโปรเจคเตอร์ไปยังทราย
- การใช้โต๊ะแบบมีล้อเลื่อน และสามารถถอดประกอบชิ้นงานได้ เพื่อให้สะดวกต่อการติดตั้งและขนย้ายไปยังสถานที่อื่น

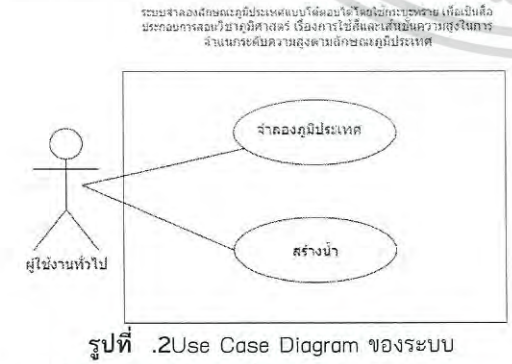
1) ความต้องการที่เป็นหน้าที่หลักของระบบ

- ระบบสามารถเปิดใช้งานได้ง่ายขึ้น แม้ผู้ใช้งานไม่มีความรู้ทางระบบปฏิบัติการ Ubuntu
- ระบบสามารถแสดงผลทางกราฟิกออกมาได้สมจริงเป็นไปตามหลักภูมิศาสตร์และแสดงผลทางกราฟิกออกมาได้อย่างรวดเร็ว ทันต่อการปรับเปลี่ยนพื้นผิวทรายในกระบะ รวมไปถึงการแสดงท่าทางเหนือกระบะทราย

2) ความต้องการที่ไม่ใช่หน้าที่หลักของระบบ

- ระบบมีลูกเล่นความสวยงามที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความน่าสนใจแก่ระบบยิ่งขึ้น
- สามารถเคลื่อนย้ายตัวชิ้นงานได้สะดวก

5. การออกแบบระบบ



รูปที่ .2Use Case Diagram ของระบบ

ระบบมีกิจกรรมให้ผู้ใช้งานทั่วไปทำได้ 2 กิจกรรมคือ

- จำลองภูมิประเทศ: การปรับสภาพพื้นผิวของทรายในกระบะ จำลองเป็นสภาพภูมิประเทศในแบบที่ตนเองต้อง
- การสร้างน้ำ: การแสดงท่าทางยื่นมือหรือนำวัตถุมาวางค้างบริเวณเหนือกระบะทรายนานพอให้ระบบสารมารถสร้างน้ำได้

6. องค์ประกอบของระบบ

มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ และองค์ประกอบด้านซอฟท์แวร์

6.1. องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์

6.1.1. โต๊ะวางกระบะทราย มีช่องสามารถใส่คอมพิวเตอร์ ผลิตจากไม้ติดล้อ 4 ล้อที่มุมโต๊ะด้านล่าง ช่วยอำนวยความสะดวกให้สามารถเคลื่อนย้ายตัวชิ้นงานได้ง่ายขึ้น

รูปที่ 3. โต๊ะ

6.1.2. กระบะทราย กระบะทรายประกอบด้วยแผ่นไม้ความหนา 1.5 เซนติเมตร ขนาดกว้าง 30 นิ้ว ยาว 40 นิ้วและสูง 5 นิ้ว ตัวกระบะบรรจุทราย 60 กิโลกรัม

รูปที่ 4. กระบะทราย

6.1.3. กล้อง Kinect Kinect XBOX 360 one ทำหน้าที่จับภาพการเคลื่อนไหวของทราย รวมถึงท่าทางเหนือกระบะทราย เพื่อส่งไปประมวลทางกราฟิกต่อไป ด้วยการนำแสงอินฟาเรด ยิงไปหาตัววัตถุเพื่อสะท้อนกลับมายังกล้อง Kinect ซึ่งคล้ายคลึงกับการทำงานของ Sonar

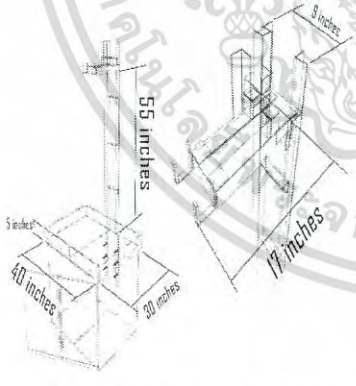
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5. กล้อง Kinect

6.1.4. โปรเจคเตอร์ โปรเจคเตอร์แบบ LCD ทำหน้าที่ในการฉายภาพกราฟิกสีที่ผ่านกระมวลผลซอฟท์แวร์ในคอมพิวเตอร์ ผ่านชิ้นเลนส์ 3 สีได้แก่ สีแดง เขียว และน้ำเงิน ออกมาเป็นภาพกราฟิกสีที่มีความสวยงามคมชัดกลับสู่ผืนทรายอีกครั้ง

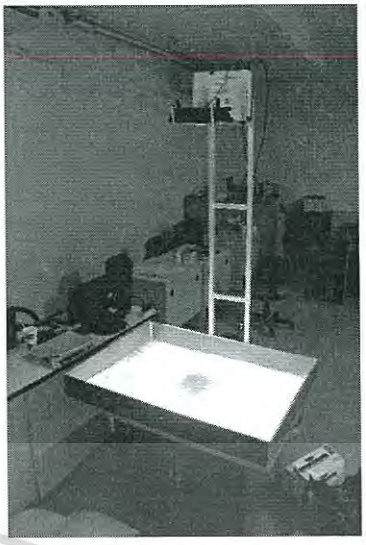
รูปที่ 6. โปรเจคเตอร์

โดยจะต้องประกอบฮาร์ดแวร์ทั้งหมดด้วยการยึดการเสา โปรเจคเตอร์และกล้อง Kinect กับเสา ขนาดตามแบบ



รูปที่ 7. แบบเสายึดอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

เมื่อทำการประกอบฮาร์ดแวร์ทั้งหมดจะได้ดังภาพนี้



รูปที่ 8. ประกอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

6.2. องค์ประกอบด้านซอฟท์แวร์

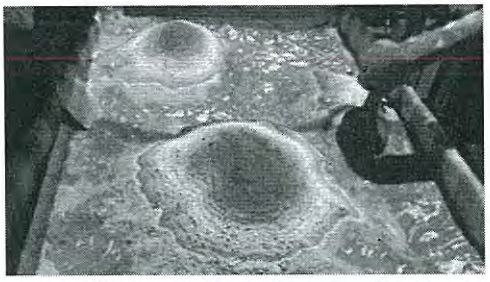
ได้แก่ ซอฟท์แวร์ SARndbox-1.5-001 ซึ่งสามารถใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการ Ubantu

รูปที่ 9. ซอฟท์แวร์ระบบ

7. การทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ของระบบ

เมื่อติดตั้งฮาร์ดแวร์ได้ตามตำแหน่งที่ออกแบบไว้แล้วให้ทำการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์,กล้อง Kinect และโปรเจคเตอร์ ในส่วนซอฟท์แวร์ที่ใช้ในที่นี้ชื่อ SARndbox001-1.5- ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการประมวลผลทางกราฟิกของระบบโดยเฉพาะ โดยทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Ubuntu ซึ่งจะต้องติดตั้งซอฟท์แวร์ดังกล่าวผ่านเทอร์มินอลก่อน จากนั้นเข้าไปที่โฟลเดอร์ scr ที่ Home จากนั้นเข้าไปในโฟลเดอร์ SARndbox-1.5-001 เลือกโฟลเดอร์ bin แล้วกดเลือก SARndbox เพื่อเปิดทำงานตัวซอฟท์แวร์ของระบบ เมื่อเปิดใช้งานระบบจะพบว่ามีภาพกราฟิกสีฉายบนผืนทราย เมื่อปรับเปลี่ยนพื้นผิวทรายเพื่อการจำลองภูมิประเทศตามที่ผู้ใช้ต้องการจะเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของภาพกราฟิก โดยจะเห็นได้ว่าบริเวณที่ทรายกองสูงจำลองเป็นลักษณะของภูเขาจะมีการไล่ระดับสีตามระดับความลึกที่กล้อง Kinect ตรวจจับได้ ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 .ผลลัพธ์จากการทดสอบฮาร์ดแวร์

8. การทดสอบวัดประสิทธิภาพของการเป็นสื่อการสอน

จากการทดสอบวัดประสิทธิภาพของระบบในการเป็นสื่อการสอนของระบบ ที่โรงเรียนโยธินบูรณะในวันพุธที่ 20 เมษายน 2559 ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนโยธินบูรณะ จำนวน 20 คน (เนื่องจากเป็นช่วงปิดเทอมจึงทำให้ไม่สามารถทดสอบกับนักเรียนได้ทั้งระดับชั้น) โดยมีการเก็บข้อมูล 2 แบบได้แก่

- ผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนผู้เข้าร่วมทดสอบและจากการประเมินแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ

รูปที่ 11. ทดสอบประสิทธิที่โรงเรียนโยธินบูรณะ1

รูปที่ 12. ทดสอบประสิทธิที่โรงเรียนโยธินบูรณะ2

รูปที่ 13. ทดสอบประสิทธิที่โรงเรียนโยธินบูรณะ3

รูปที่ 14. ทดสอบประสิทธิที่โรงเรียนโยธินบูรณะ4

รูปที่ 15. ทดสอบประสิทธิที่โรงเรียนโยธินบูรณะ5

รูปที่ 16. ทดสอบประสิทธิที่โรงเรียนโยธินบูรณะ6

9. สรุปผล

9.1 ผลด้านประสิทธิภาพในการทำงานจริงของระบบ

ระบบพบระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบได้โดยใช้กระบะทราย เพื่อเป็นสื่อประกอบการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เรื่องการใช้สีและเส้นชั้นความสูงในการจำแนกระดับความสูงตามลักษณะภูมิประเทศ มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเอาเทคโนโลยี Augmented Reality พัฒนาเป็นสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในการสอนวิชาภูมิศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งระบบประกอบไปฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ควบคุมระบบทำงานร่วมกัน โดยใช้กล้อง Kinect ในการจับภาพการเคลื่อนไหวของทรายในกระบะรวมถึงการเคลื่อนไหวเหนือกระบะทราย เพื่อวิเคราะห์ภาพที่ได้ จากนั้นส่งไปภาพที่วิเคราะห์แล้วไปประมวลผลทางกราฟิกผ่านซอฟท์แวร์ควบคุมระบบและสามารถแสดงผลภาพทางกราฟิก เมื่อประมวลผลสำเร็จระบบจะฉายภาพกราฟิกกลับคืนสู่กระบะทรายอีกครั้งผ่านโปรเจคเตอร์แบบทันต่อเวลา (Real time)

9.2 ผลด้านความคิดเห็นของผู้ร่วมทดสอบใช้งานจริงต่อระบบ

เมื่อพิจารณาความพึงพอใจในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการใช้ระบบจำลองลักษณะภูมิประเทศแบบโต้ตอบโดยใช้กระบะทรายเพื่อเป็นสื่อการสอนประกอบไปด้วยประเด็นคำถามหลัก 4 หมวด อันได้แก่

5) ด้านเนื้อหา
6) ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้
7) ด้านคุณภาพและความน่าเชื่อถือ
8) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ

จะพบว่าคะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4.42 พึงพอใจมากที่สุด ถึงร้อยละ 88.31 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 50 ถือว่าระบบเป็นสื่อการสอนที่สร้างความพึงพอใจแก่ผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก

9.3 ผลด้านผลสัมฤทธิ์ในการเป็นสื่อการสอนประกอบวิชาภูมิศาสตร์

เมื่อทำการรวมคะแนนจากการทำบททดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนและคิดเป็นค่าคะแนนเฉลี่ย พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและก่อนได้ชีระบบจริงอยู่ที่ 9.15 กว่าร้อยละ 91.5 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและหลังจากได้ใช้ระบบจริง อยู่ที่ 9.80 กว่าร้อยละ 98.0 พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังใช้งานระบบมีมากเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.65 คิดเป็นร้อยละ 6.5 ซึ่งถือว่ามีผลสัมฤทธิ์ในการเป็นสื่อการสอนวิชาภูมิศาสตร์ ตามเกณฑ์ทดสอบประสิทธิภาพสื่อ 80/80

10. แนวทางพัฒนา

5. สามารถนำไปต่อยอดพัฒนาภาพลักษณ์ของระบบให้มีน้ำหนักที่เบา ความแข็งแรง คงทนยิ่งขึ้น เพื่อความปลอดภัย และสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายยิ่งขึ้น
6. พัฒนาด้านการระบายความร้อนให้อุปกรณ์เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ติดต่อกันได้ยาวนานขึ้น ลดความเสี่ยงในการไม่ทำงานของระบบ
7. สามารถนำแนวความคิดไปประยุกต์ทำเป็นสื่อในการเรียนเรื่องอื่นๆ ในวิชาภูมิศาสตร์ได้เพื่อให้เกิดประโยชน์
8. นำแนวคิดไปปรับแก้ไขให้เกิดเป็นระบบที่ต้นทุนต่ำลงได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Oliver Kreylos. “**Augmented Reality Sandbox**”. [Online]. Available: http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/.2015

[2] Shari Hiltbrand. “**Augmented Reality (AR) ความจริงต้องขยาย**”. [Online]. Available: https://sipaedumarket.wordpress.com/2014/04/20/augmented-reality-ar—ความจริงที่ต้องขยาย/.2014

[3] Thaiware. “**สุดล้ำ! จำลองการไหลของน้ำ ด้วยเทคโนโลยี Augmented Reality บนพื้นทราย !!**”. [Online]. Available: http://news.thaiware.com/1530.html. 2012

[4] Siam5301300132. “**Linux "Ubuntu"**”. [Online]. Available: http://siam53013 00132.blogspot.com/.2010

[5] Vangie Beal. “**C++**”. [Online]. **Available:** http://www.webopedia.com/TERM/C/C_plus_plus.html.2015

[6] Crescent. **ลักษณะภูมิประเทศ**”. [Online]. Available: http://crezcent.exteen.com/page.2006

[7] บ้านจอมยุทธ์. “**ภูมิศาสตร์และสภาวะแวดล้อมโลก**”. [Online].Available: http://www.baanjomyut.com/library/global_community/01_2.html.2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[8] -. **"โลกเสมือนผ่านโลกจริง"**. [Online]. Available: https://nipatanoy.wordpress.comโลกเสมือนผ่านโลกจริง-augmented-reality/.2014

[9] Tim Carmody. **"How Motion Detection Works in Xbox Kinect"**. [Online]. Available: http://www.wired.com/2010/11/tonights-release-xbox-kinect-how-does-it-work/.2010

[10] Doc-Ok. **"Build your own Augmented Reality Sandbox"**.[Online]Available:http://doc-ok.org/?p=164.2012

[11] Thaiminiprojector. **"วิธีเลือกโปรเจคเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน"**. [Online]. Available: http://www.thaiminiprojector.com/article/วิธีเลือกซื้อ\โปรเจคเตอร์ให้เหมาะสมกับใช้งาน.2015

[12] Smart Media. **"หลักการทำงานของเครื่องฉาย LCD Projector"**.[Online].Available: http://www.vpdmedia.com/หลักการทำงานของเครื่องฉาย-lcd-projector-4135.Page.2012

[13] Oliver Kreylos. **"AR Sandbox Forum."** [Online]. Available: http://lakeviz.org/forums/forum/ar-sandbox-forum/.2015

[14] Oliver Kreylos. **"Complete Installation Instructions"**. [Online]. Available: http://lakeviz.org/forums/topic/complete-installation-instructions/.2015

[15] AsiwSR. **"เครื่องมือในการศึกษาภูมิศาสตร์"**. [Online]. Available: http://my.dek-d.com/ren7/blog/.2012

[16] CorrMap. **"The Homography transformation"**.[Online]. Available: http://www.corrmap.com/features/homography_transformation.php.2013

[17] Oliver Kreylos. **"Vrui VR Toolkit"**. [Online]. Available: http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Vrui/. 2015

[18] รองศาสตราจารย์ ทวี ทองสว่าง. **"การสอนวิชาภูมิศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา"**. [Online]. Available: http://e-book.ram.edu/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=ED319/.2015

[19] ไพโรจน์ คะเชนทร์. **"การหาประสิทธิภาพของสื่อ"**. [Online]. Available: http://chan2.obec.go.th/wattungpelschool/manage/upload_file/U84jTSshKli20150521195949.pdf.2015

[20] -. **"การเรียนรู้ในศตวรรษที่21"**. [Online]. Available:https://www.youtube.com/watch?v=tE32HERiEs.2015

[21] Admin in Uncategoried. **"การเรียนแบบนักเรียนเป็นศูนย์กลาง"**. [Online]. Available: http://sclthailand.org/Th/2011/08/sandbox-chutima/.2012

[22] NECTEC. **"การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน"**. [Online]. Available: http://www.princessit.org/ict_integration.pdf.2009

[23] Ecoearthlive. **"Mountain"**. [Online]. Available: http://www.eoearth.org/view/article/51cbee797896bb431f69819e/.2014

[24] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุปผา เรืองรอง. **"ปรัชญาประสบการณ์ตามแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) สู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์"**. [Online]. Available: https://sites.google.com/site/chauatscience/prachya-prasbkarn-tamnaewkhid-khxng-cxhn-di-wxi-john-dewey-su-kar-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cadkar-reiyn-ru-withyasastr.2012

[25] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **"การเรียนรู้"**. [Online]. Available:https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99.2010

[26] ศาสตราจารย์ ดร.ชัยยงค์ พรหมวงศ์. **"การหาประสิทธิภาพของสื่อ"**. [Online]. Available: http://chan2.obec.go.th/wattungpelschool/manage/upload_file/U84jTSshKli20150521195949.pdf.2009

[27] Cohen, L., and Manion. **"การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง"**. [Online]. Available: http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~jaimorn/re6.htm.2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้