



ระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้น
ด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์

โดย

นายณัฐภัทร ชัชวาลา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้น
ด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์

โดย

นายณัฐภัทร ชัชวาลา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

INTERACTIVE VIRTUAL REALITY SYSTEM ASSISTANT FOR
COLLABORATION IN SCHEMATIC DESIGN PROCESS

BY

MR. NATHAPAT JATCHAVALA



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE
ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2017
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายณัฐภัทร ชัชวาลา

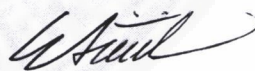
เรื่อง

ระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วย
ระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2561

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



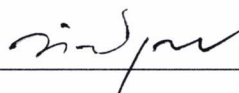
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงษ์ เลิศลิทธิชัย)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขาวี บุขยรัตน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทิพย์สุดา จันทรแจ่มหล้า)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ เกลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้น ด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์
ชื่อผู้เขียน	นายณัฐภัทร ชัชวาลา
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาวี บุษยรัตน์
ปีการศึกษา	2560

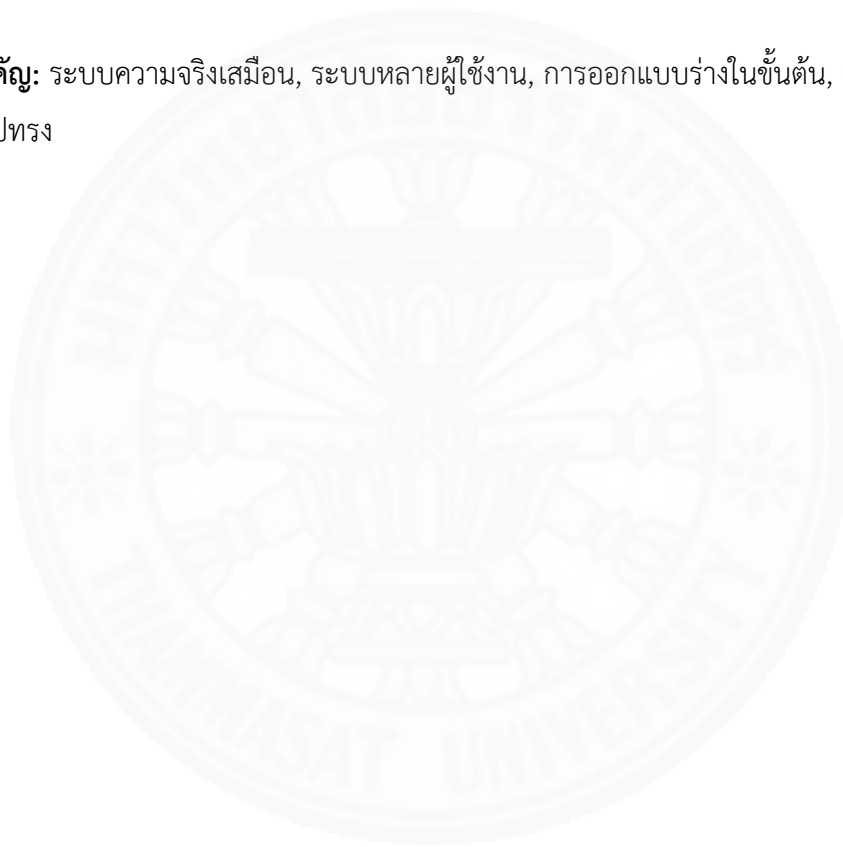
บทคัดย่อ

ในการสร้างงานสถาปัตยกรรมมีหลากหลายขั้นตอนด้วยกันตั้งแต่รวบรวมข้อมูลพื้นที่ไปจนถึงเขียนแบบก่อสร้าง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนก็มีรายละเอียดที่มีความหลากหลายในเชิงคุณภาพของงานแตกต่างกันออกไป แต่ขั้นตอนที่ต้องการความหลากหลายมากเชิงรูปทรงมากที่สุดคือช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้น (Schematic Design) เนื่องจากเป็นช่วงที่ต้องมีการนำเอาแนวความคิดออกมาเป็นรูปธรรมมากที่สุดและเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างรูปทรงโดยรวมของโครงการที่ทำการออกแบบทั้งหมด และเมื่อยุคสมัยเปลี่ยนไปการออกแบบสถาปัตยกรรมก็มีการพัฒนาในเชิงของรูปทรงที่เปลี่ยนไปเช่นกัน ส่งผลให้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแบบร่างในขั้นต้นจำเป็นต้องมีการพัฒนาขึ้น การสื่อสารเองก็เป็นสิ่งสำคัญในช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้น ซึ่งจะช่วยให้งานออกแบบเป็นไปได้อย่างราบรื่นและตรงตามความต้องการของทุกฝ่าย

เทคโนโลยีความจริงเสมือนในยุคสมัยที่ผ่านมาได้มีการนำมาใช้ในวงการต่าง ๆ อย่างแพร่หลายและทางสถาปัตยกรรมได้มีการใช้ในการนำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ของงานออกแบบในพื้นที่ออกแบบเสมือนจริงซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าไปเดินภายในพื้นที่ได้เหมือนเดินอยู่ในอาคารดังกล่าว ก่อนการสร้างจริงและได้รับประสบการณ์ในการสำรวจงานออกแบบที่ดียิ่งขึ้น แต่ในปัจจุบันการนำเทคโนโลยีความจริงเสมือนเข้ามาใช้กับการออกแบบหรือคิดค้นรูปทรงสถาปัตยกรรมใหม่ ๆ ที่มีความหลากหลายและมาพร้อมกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ที่ยังไม่ถูกพัฒนาอย่างเต็มที่ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบร่างในขั้นต้น

งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบร่างขั้นต้นของทีมผู้ออกแบบให้สามารถค้นคว้าหาทางเลือกของรูปทรงใหม่ๆ ให้ออกมามีความหลากหลายและสร้างความน่าสนใจในเชิงรูปทรงและความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่สร้างขึ้นจากการสรรค์สร้างในมิติของโลกเสมือนจริงและตอบสนองต่อการออกแบบในยุคสมัยใหม่ที่การสร้างสรรค์ลงบนระนาบ 2 มิติไม่เพียงพออีกต่อไปพร้อมกับระบบหลายผู้ใช้งานที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างทีมผู้ออกแบบสามารถเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันทั้งหมดได้ในเวลาเดียวกันและประสบการณ์เดียวกัน

คำสำคัญ: ระบบความจริงเสมือน, ระบบหลายผู้ใช้งาน, การออกแบบร่างในขั้นต้น, ความหลากหลายด้านรูปทรง



Thesis Title	INTERACTIVE VIRTUAL REALITY SYSTEM ASSISTANT FOR COLLABORATIVE IN SCHEMATIC DESIGN PROCESS
Author	Mr. Nathapat Jatchavala
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Chawee Busayarat, Ph.D.
Academic Years	2017

ABSTRACT

There are several steps in creating architectural works. In each step, there are details that require a variety of qualities. However, the step that requires the most diversity in forms is schematic design as during this step, we are required to transform our concepts into tangible results which will serve as the starting point in creating the overall form of the project. Designs of architectural forms evolve over time, resulting in a need to improve the tools to be used in schematic design. Communication is also important in schematic design since it helps ensure the process runs smoothly and meets the needs of all designing team member.

Recently, virtual reality technology has been used widely in various industries. In architecture, the technology has been used in presenting design works in which users can walk in the virtual buildings as if they were in the actual areas before the buildings are constructed. This experience helps users to better evaluate the designs of their buildings. Unfortunately, the virtual reality technology which can be used in creating new and diverse architectural forms has not been fully developed.

This research therefore focuses on developing and studying a possibility of Interactive Virtual reality system assistant for collaborative in schematic design process.

The design team members will be able to use this system as a tool to explore new forms that are more diverse, attractive and respond to design requirements in the modern world where two-dimensional designs are no longer enough. Furthermore, this multi-user system will enable design team members to be in the same virtual environment, communicate among themselves and sharing the same experience at the same time.

Keywords: Virtual Reality, Multi-User, Schematic Design, Form Diversity



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและการชี้แนะจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาวี บุษยรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ช่วยแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในทุก ๆ ด้านและวิธีการในแก้ปัญหาต่าง ๆ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทิพย์สุดา จันทร์แจ่มหล้า ที่กรุณาให้คำปรึกษา และช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงษ์ เลิศสิทธิชัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณผู้ร่วมทดสอบระบบของวิทยานิพนธ์ที่สละเวลา และเอื้อเฟื้อในการทำแบบประเมิน พร้อมกับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่มอบความรู้ และประสบการณ์ในการทำงานที่ดีและมีประโยชน์ ตลอดจนคณาจารย์ พี่น้อง และเพื่อน ๆ รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกตลอดในตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณมากครับ

นายณัฐภัทร ชัชวาลา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 คำถามการวิจัย	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 นิยามศัพท์	5
1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย	7
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 แนวคิดและทฤษฎีของรูปทรงทางสถาปัตยกรรม	8
2.1.1 ยุคสมัยทางสถาปัตยกรรม	8
2.1.2 แนวคิดของการออกแบบรูปทรงทางสถาปัตยกรรมผ่านรูปทรงเรขาคณิต	10
2.1.3 พัฒนาการของการคิดค้นรูปทรงทางสถาปัตยกรรม	11
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม	13

2.2.1 ยุคสมัยทางสถาปัตยกรรม	13
2.2.2 ความต้องการในการออกแบบร่างในขั้นต้น	14
2.2.2.1 ภาพประกอบแนวความคิด	15
2.2.2.2 แบบร่างขั้นต้น	16
2.2.2.3 แบบจำลองขั้นต้น	17
2.2.3 การสื่อสารในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม	18
2.2.4 การสื่อสารระหว่างทีมผู้ออกแบบในกระบวนการพัฒนาแบบร่างขั้นต้น	20
2.2.4.1 อธิบายภาพรวมของแนวความคิดขั้นต้น	21
2.2.4.2 แลกเปลี่ยนแนวความคิดบนระนาบ 2 มิติ	21
2.2.4.3 นำเสนอวิธีการหรือแนวทางความเป็นไปได้	22
2.2.4.4 นำเสนอเพื่อปรับปรุงและพัฒนา	22
2.3 ความจริงเสมือน	23
2.3.1 ความหมายและรูปแบบของความจริงเสมือน	23
2.3.2 ประวัติความเป็นมาของความจริงเสมือน	24
2.3.3 แนวโน้มการเติบโตและการใช้งานต่าง ๆ ของความจริงเสมือน	25
2.3.4 การใช้งานความจริงเสมือนกับการออกแบบสถาปัตยกรรม	28
2.4 ระบบหลายผู้ใช้	29
2.5 การสร้างรูปทรง 3 มิติเบื้องต้น	31
2.5.1 ธรรมชาติของการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติ	31
2.5.2 วิธีการสร้างรูปทรง 3 มิติ	32
2.5.2.1 การสร้างรูปทรง 3 มิติจากตัวเลข	32
2.5.2.2 การสร้างรูปทรง 3 มิติจากโพลีกอน	33
2.6 ข้อมูลเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	37
2.6.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)	37
2.6.1.1 ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์	37
2.6.2 ซอฟต์แวร์ (Software)	38
2.6.2.1 ความจริงเสมือนแบบสำเร็จรูป	38
2.6.2.2 เกมเอนจิน (Game Engine)	40
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45

บทที่ 3 วิธีการวิจัย	52
3.1 การกำหนดขั้นตอนดำเนินงานเพื่อการพัฒนาระบบ	52
3.2 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ	53
3.2.1 คุณลักษณะของซอฟต์แวร์ (Features)	53
3.2.2 การสื่อสารภายในระบบ	53
3.2.3 การแสดงผล	54
3.3 การเลือกเครื่องมือเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ	54
3.3.1 ส่วนอุปกรณ์ (Hardware)	54
3.3.2 ส่วนชุดคำสั่ง (Software)	57
3.3.2.1 ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างความจริงเสมือน	58
3.3.2.2 ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างระบบหลายผู้ใช้	59
3.4 การออกแบบและพัฒนาระบบ	60
3.4.1 โครงสร้างและการทำงานของระบบ	60
3.4.1.1 ส่วนของการรับข้อมูล	60
3.4.1.2 ส่วนของการประมวลผล	60
3.4.1.3 ส่วนของการแสดงผล	60
3.4.2 การออกแบบระบบ	61
3.4.2.1 การนำเทคโนโลยีความจริงเสมือนเข้าสู่เกมเอนจิน	61
3.4.2.2 การเชื่อมต่อระบบหลายผู้ใช้งาน	64
3.4.2.3 ระบบการสร้างแบบร่างสามมิติ	73
3.5 การกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานระบบ	79
3.6 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ	79
3.6.1 ประเมินการใช้งานระบบ	80
3.6.1.1 การประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของระบบที่พัฒนาขึ้น	80
3.6.1.2 การประเมินระบบที่พัฒนาขึ้นโดยการเปรียบเทียบกับระบบเดิม	82

บทที่ 4 ผลการวิจัย	84
4.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ	84
4.1.1 การแสดงผลภายในโลกความจริงเสมือน	84
4.1.2 หน้าจอผู้ใช้งานภายในโลกความจริงเสมือน	86
4.1.3 การสื่อสารภายในโลกความจริงเสมือน	87
4.2 การใช้งานระบบ	87
4.2.1 ผู้ใช้งานออกแบบ	88
4.2.2.1 การจัดการกับผู้ใช้งาน	90
4.2.2.2 การสร้างวัตถุ	90
4.2.2.3 การจัดการกับวัตถุ	93
(1) การจัดการกับวัตถุชิ้นเดียว (Single Object)	94
(2) การจัดการกับวัตถุหลายชิ้น (Multi-Object)	96
4.2.2 ผู้ใช้งานควบคุม	96
4.3 การนำไปใช้	97
4.3.1 การเริ่มต้นวางผัง	97
4.3.1.1 วางผังแบบจำลองภายในซอฟต์แวร์เกมเอนจินยูนิตี้	98
4.3.1.2 นำเข้าผังแบบจำลองจากซอฟต์แวร์อื่น ๆ	99
4.3.1.3 สร้างเส้นร่างแทนแบบจำลองภายในระบบ	99
4.3.2 การเริ่มต้นร่างเส้น	99
4.3.3 การสร้างรูปทรงโดยคร่าว	100
4.3.4 นำออกเพื่อพัฒนารูปทรง	101
4.4 ผลการประเมิน	105
4.4.1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น	105
4.4.2 การประเมินโดยเปรียบเทียบระยะเวลาและความสะดวกในการสื่อสาร	109
4.4.2.1 การประเมินโดยเปรียบเทียบระยะเวลา	110
4.4.2.2 การประเมินความสะดวกในการสื่อสาร	115
4.4.3 ข้อเสนอแนะจากกลุ่มทดลอง	116

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	118
5.1 สรุปการทำงานของระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้น ด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์	118
5.1.1 การเตรียมการก่อนการใช้งานระบบ	118
5.1.2 การแสดงผลและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบ	118
5.1.3 การสื่อสารรูปแบบหลายผู้ใช้งาน	119
5.1.4 การใช้งานระบบ	119
5.2 สรุปผลการประเมินระบบที่พัฒนาขึ้น	119
5.2.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ	119
5.2.2 สรุปผลการทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย	120
5.3 การปรับปรุงระบบจากผลการประเมิน	121
5.4 สรุปข้อจำกัดในการพัฒนาระบบในงานวิจัย	122
5.4.1 การเตรียมการก่อนการใช้งานระบบ	122
5.4.2 คุณลักษณะการใช้งานภายในระบบ	122
5.4.3 การแสดงผลบนระบบหลายผู้ใช้งาน	122
5.4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการแสดงผล	123
5.5 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย	123
5.5.1 ข้อเสนอแนะจากผู้ทดลอง	123
5.5.2 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย	124
รายการอ้างอิง	126
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	130
ภาคผนวก ข	132
ประวัติผู้เขียน	133

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางสรุปงานวิจัยและเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ	51
3.1 ตารางสรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของ HMD เพื่อพิจารณาในการนำไปใช้งาน	55
3.2 ตารางสรุปคุณสมบัติของประเภทการใช้งาน HMD เพื่อพิจารณาในการนำไปใช้งาน	56
3.3 ตารางสรุปคุณสมบัติของซอฟต์แวร์เกมเอ็นจิ้น เพื่อพิจารณาในการนำไปใช้งาน	57
3.4 ตารางสรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของ HMD เพื่อพิจารณาในการนำไปใช้งาน	82
4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดลองการใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น	106
4.2 คะแนนแบบประเมินความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างในความจริงเสมือน	108
4.3 คะแนนแบบประเมินด้านการใช้งานระบบ ด้านการใช้งานในวิชาชีพ และโอกาสในการนำไปใช้จริง	109



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แผนภาพการดำเนินงานวิจัย	6
2.1 รูปผลงานของสถาปนิก Frank Gehry	10
2.2 รูปแบบการคิดค้นรูปทรงโดย Zaha Hadid	12
2.3 เส้นร่างในกระบวนการออกแบบร่างขั้นต้นโดย Zaha Hadid	12
2.4 รูปภาพการใช้งานเว็บไซต์ Pinterest	15
2.5 รูปแบบการร่างแบบสถาปัตยกรรมในขั้นต้น	16
2.6 รูปแบบจำลองกายภาพในขั้นต้น	18
2.7 การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนเพื่อช่วยในการออกกำลังกายของนักบินอวกาศ	25
2.8 แนวโน้มการเติบโตทางการตลาดของความจริงเสมือน	26
2.9 แนวโน้มการครอบครองความจริงเสมือน	27
2.10 การใช้งานความจริงเสมือนในด้านต่าง ๆ (2015)	27
2.11 รูปฉากในเกม Dungeon crawls	30
2.12 รูปฉากในเกม Dungeon crawls 2	30
2.13 แผนภาพการใช้เครื่องมือย้าย	34
2.14 แผนภาพการใช้เครื่องมือหมุน	34
2.15 แผนภาพการใช้เครื่องมือย่อ-ขยาย	35
2.16 แผนภาพการใช้เครื่องมือดันพื้นผิว	35
2.17 แผนภาพการใช้เครื่องมือดึงพื้นผิวตามแนวเส้น	36
2.18 แผนภาพการใช้เครื่องมือดึงพื้นผิว	36
2.19 รูปแบบการจัดวางสำหรับอุปกรณ์ HMD	37
2.20 อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบสวมศีรษะ HMD	38
2.21 ตัวอย่างการใช้งานเว็บไซต์ Archilogic ใช้ในการสร้างแบบจำลองในโลกความจริงเสมือน	39
2.22 ตัวอย่างการใช้งานเว็บไซต์ Sketchfab ใช้ในการจำลองความจริงเสมือนจากแบบจำลอง 3 มิติ	39
2.23 เกมเอนจิน Unity3d ที่ใช้ในการสร้างความจริงเสมือน	40
2.24 ตัวอย่างการใช้งานเกมเอนจิน Unity3D ที่ใช้ในการสร้างความจริงเสมือนได้	41

2.25	สัญลักษณ์ของแพ็คเกจ PUN	41
2.26	ตารางเปรียบเทียบการใช้งานระหว่าง PUN Free, PUN PLUS และ UNet	42
2.27	สัญลักษณ์ของซอฟต์แวร์ Unreal Engine ได้	42
2.28	สัญลักษณ์ของซอฟต์แวร์ Cry Engine ได้	43
2.29	ตัวอย่างการใช้งานเกมเอนจิน CryEngine	43
2.30	สัญลักษณ์ของซอฟต์แวร์ Autodesk Stingray	44
2.31	รูปแบบการใช้งาน Autodesk Stingray	44
2.32	การบวกรการทำงานระบบจาก DollhouseVR	45
2.33	การทดลองใช้งานระบบจาก DollhouseVR	46
2.34	ภาพการทดลองความจริงเสมือนจาก DollhouseVR	46
2.35	การทดลองใช้งานระบบจาก Project anywhere: An interface for virtual architecture	47
2.36	การทดลองใช้งานระบบจาก A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management	48
2.37	การทดลองใช้งานระบบจาก A Multi-player Approach in Serious Games: Testing Pedestrian Fire Evacuation Scenarios	49
2.38	การทดลองใช้งานระบบจาก A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management	50
3.1	สัญลักษณ์ของชุดคำสั่งสำเร็จรูป SteamVR	58
3.2	สัญลักษณ์ของชุดคำสั่งสำเร็จรูป VRTK	59
3.3	แผนภาพการทำงานของระบบ	61
3.4	แผนผังการออกแบบระบบ	62
3.5	ขั้นตอนการนำเข้าโปรแกรมเสริม SteamVR	62
3.6	ขั้นตอนการนำเข้าโปรแกรมเสริม SteamVR	63
3.7	ขั้นตอนการนำเข้าโปรแกรมเสริม SteamVR	63
3.8	ส่วนประกอบภายใน [CameraRig]	64
3.9	ส่วนเสริม NetworkManger และ NetworkManagerHUD	64
3.10	การกำหนดลักษณะผู้ใช้งานก่อนเริ่มใช้งาน	65
3.11	หน้าจอผู้ใช้งานหลังการกดเริ่ม	65
3.12	ขั้นตอนการประกาศ Namespace สำหรับชุดคำสั่งการใช้ Unet	66

3.13	การกำหนดค่าตัวแปรตำแหน่งของสัญลักษณ์ผู้ใช้งาน	67
3.14	ตัวอย่างชุดคำสั่งสำหรับส่งค่าตัวแปร	67
3.15	ชุดคำสั่งควบคุมความถี่ในการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์	68
3.16	ชุดคำสั่งสร้างลูกบาศก์ส่งผ่านไปยังเซิร์ฟเวอร์	69
3.17	ชุดคำสั่งให้เซิร์ฟเวอร์สร้างลูกบาศก์และส่งต่อไปยังผู้ใช้งาน	69
3.18	ชุดคำสั่งสำหรับรูปแบบการประกาศตัวแปรในการเชื่อมต่อวัตถุ	70
3.19	ชุดคำสั่งสำหรับการแทนค่าตัวแปรกับค่าของวัตถุดังกล่าว	71
3.20	ชุดคำสั่งสำหรับการแทนค่าตัวแปรสำหรับการปรับเปลี่ยนตำแหน่งองศาและขนาด	71
3.21	ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างเงื่อนไขและการส่งค่าของตัวแปรต่าง ๆ ไปยังเซิร์ฟเวอร์	72
3.22	ชุดคำสั่งสำหรับการแทนค่าตัวแปรเชื่อมต่อ	72
3.23	หน้าจอผู้ใช้งานระหว่างผู้ใช้งานทั้งสอง	73
3.24	ชุดคำสั่งการเลือกวัตถุ	74
3.25	ชุดคำสั่งการสร้างตัวแปร Array	74
3.26	ชุดคำสั่งการสร้างตัวแปร Array 2	75
3.27	ชุดคำสั่งการลบวัตถุ.	75
3.28	ชุดคำสั่งในการสร้างเส้นร่างสามมิติ	76
3.29	ตัวอย่างการสร้างรูปทรงมาตรฐาน	77
3.30	ตัวอย่างส่วนประกอบคำสั่ง Instantiate	77
3.31	ชุดคำสั่งการเทียบค่าตำแหน่งวัตถุกับคอนโทรลเลอร์	78
3.32	หน้าจอผู้ใช้งานของผู้ใช้งานออกแบบขณะใช้งานระบบ	79
4.1	เริ่มต้นใช้งานซอฟต์แวร์เกมเอนจินยูนิตี้เพื่อนำเข้าแบบจำลอง สภาพแวดล้อมเสมือนจริง	85
4.2	เริ่มต้นใช้งานระบบ	85
4.3	สัญลักษณ์การใช้งานคุณลักษณะ	86
4.4	เริ่มต้นใช้งานระบบ	87
4.5	สัญลักษณ์จำลองผู้ใช้งาน	87
4.6	หน้าต่างผู้ใช้งาน SteamVR แสดงผลความพร้อมในการใช้งานเทคโนโลยี ความจริงเสมือน	88
4.7	หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการเลือกใช้รูปแบบการเข้าถึงระบบหลายผู้ใช้งาน	89
4.8	สัญลักษณ์หมวดการใช้งานคุณลักษณะ	89

4.9	สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในหมวดการจัดการกับผู้ใช้งาน	89
4.10	สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในหมวดการสร้างวัตถุ	91
4.11	หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการเลือกสี	91
4.12	หน้าจอผู้ใช้งานคุณลักษณะการสร้างรูปทรงมาตรฐาน	92
4.13	รูปทรงมาตรฐานที่ถูกสร้างขึ้นภายในระบบ	92
4.14	หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการสร้างเส้นร่าง.	93
4.15	เส้นร่างที่ถูกสร้างขึ้นจากคุณลักษณะการสร้างเส้นร่าง	93
4.16	คุณลักษณะช่วยเหลือการเล็งวัตถุ	94
4.17	สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในคุณลักษณะ Gizmo	94
4.18	สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในคุณลักษณะ Vive Control	95
4.19	สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในคุณลักษณะ Delete	96
4.20	สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในหมวดการจัดการกับวัตถุหลายชิ้น	96
4.21	ภาพประกอบการใช้งานของผู้ใช้งานควบคุม	97
4.22	ผังแบบจำลองแสดงถึงกลุ่มก้อนอาคาร	98
4.23	ผังแบบจำลองแสดงถึงกลุ่มก้อนอาคาร 2	98
4.24	ผังแบบจำลองแสดงถึงกลุ่มก้อนอาคาร 3	99
4.25	เส้นร่างบนผังแบบจำลองสามมิติภายในระบบ	100
4.26	เส้นร่างบนผังแบบจำลองสามมิติภายในระบบ	100
4.27	หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการกดทำงานและหยุดทำงานชั่วคราว	101
4.28	หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการนำออก	101
4.29	ไฟล์ที่ได้การนำออกจากระบบเกมเอนจินยูนิตี้	102
4.30	ลักษณะรูปทรงเมื่อนำเข้าซอฟต์แวร์โรโน	102
4.31	ลักษณะรูปทรงเมื่อนำเข้าซอฟต์แวร์มายา	103
4.32	ลักษณะรูปทรงเมื่อนำเข้าซอฟต์แวร์มายา	104
4.33	คุณลักษณะการดึงพื้นผิววัตถุภายในซอฟต์แวร์สามมิติมายา	104
4.34	ผู้ทดลองทำการสร้างแบบร่างใน	106
4.35	กระบวนการประเมินโดยการจับเวลา	110
4.36	ผู้ทดลองทำการสร้างแบบร่างในขั้นต้น	111
4.37	ผู้ทดลองทำการสร้างแบบร่างในขั้นต้นในช่วงที่	112
4.38	หน้าจอผู้ใช้งานขณะทำการทดลอง	112

4.39 ผู้ทดลองทำหน้าที่เป็นผู้ใช้งานควบคุม	113
4.40 แบบจำลองจากซอฟต์แวร์สเก็ชอัฟ	114
4.41 แบบจำลองจากระบบที่พัฒนาขึ้น	115



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในการสร้างงานสถาปัตยกรรมมีหลากหลายขั้นตอนด้วยกันตั้งแต่รวบรวมข้อมูลพื้นที่ไปจนถึงเขียนแบบก่อสร้าง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนก็มีรายละเอียดที่มีความหลากหลายในเชิงคุณภาพของงานแตกต่างกันออกไป แต่ขั้นตอนที่ต้องการความหลากหลายเชิงรูปทรงมากที่สุดคือช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้น เนื่องจากเป็นช่วงที่ต้องมีการแปลงแนวความคิดออกมาเป็นรูปธรรมมากที่สุดและเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างรูปทรงโดยรวมของโครงการที่ทำการออกแบบทั้งหมดและเมื่อยุคสมัยเปลี่ยนไปการออกแบบสถาปัตยกรรมก็มีการพัฒนาในเชิงของรูปทรงที่เปลี่ยนไปเช่นกัน ส่งผลให้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแบบร่างในขั้นต้นจำเป็นต้องมีการพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อรูปทรงใหม่ ๆ ที่ถูกคิดค้นขึ้นโดยผู้ออกแบบ และการสื่อสารเองก็เป็นสิ่งสำคัญมากในช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้น ซึ่งจะช่วยให้งานออกแบบเป็นไปได้อย่างราบรื่นและตรงตามความต้องการของทุกฝ่าย

ปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้นมีหลายรูปแบบและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแบบร่างขั้นต้นกับการสื่อสารที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สม่ำเสมอเองก็เป็นเหตุผลหลัก ๆ ที่ทำให้แบบร่างในขั้นต้นที่ออกมาไม่ตรงกับความต้องการหรือภาพแนวความคิดเริ่มต้น หรือไม่สามารสร้างรูปทรงที่หลากหลายได้ตามความต้องการ เนื่องจากในช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้นต้องการเครื่องมือที่จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถนำภาพแนวความคิดออกมาเป็นรูปธรรมมากที่สุด (Dace A. Campbell, 2003) และสามารถสร้างสรรค์ตัวเลือกใหม่ ๆ ที่มีความหลากหลาย (Alternative approach) นอกจากนี้ยังสามารถสร้างรูปทรงที่มีความแปลกใหม่ได้ตามความต้องการทั้งการสร้างรูปทรงมาตรฐานและการสร้างรูปทรงจากการร่างเส้นในสัดส่วนที่สามารถปรับเปลี่ยนได้เพื่อตอบสนองต่อการอ่านแบบสถาปัตยกรรมหรือการอ่านแบบร่างในขั้นต้นที่ต้องทำงานในหลากหลายมุมมอง โดยเครื่องมือดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างงานสถาปัตยกรรมในขั้นต้นที่เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดทั้งในด้านของรูปทรงและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ เพื่อนำมาเป็นแบบสุดท้ายของช่วงการออกแบบร่างขั้นต้นและส่งต่อไปยังขั้นตอนการพัฒนาแบบในขั้นตอนต่อ ๆ ไป และในช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้นนี้เองเป็นเรื่องจำเป็นที่แต่ละฝ่ายจะต้องมีส่วนร่วมในการออกแบบเพื่อให้งานออกแบบที่ออกมาตอบโจทย์ประเด็นหรือภาพแนวความคิดของทีมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบมากที่สุด

ในปัจจุบันได้มีการคิดค้นเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเข้ามาช่วยในการออกแบบและการสื่อสาร อย่างเช่น CAD CAM ช่วยในการนำเสนอภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งเป็นการแปลงแนวความคิดออกมา

เป็นรูปธรรมเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันระหว่างทีมผู้ออกแบบ แต่การทำงานของสถาปนิกเองก็มีรายละเอียดที่ต้องเข้าไปสัมผัสถึงพื้นที่ภายในจริง ๆ ที่ไม่สามารถหาได้จากรูปภาพ 2 มิติที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พร้อมกับยุคสมัยทางสถาปัตยกรรมที่เปลี่ยนไปซึ่งมาพร้อมกับรูปทรงใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถทำงานบนระนาบ 2 มิติได้อีกต่อไป จึงได้มีการนำเทคโนโลยีและเครื่องมือต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการพัฒนาแบบสถาปัตยกรรมให้มีความหลากหลายพร้อมกับประสบการณ์แปลกใหม่กับพื้นที่ใหม่ ๆ แก่ผู้ออกแบบ

ต่อมาได้มีการนำเทคโนโลยี วีอาร์ (VR หรือ Virtual Reality) หรือความจริงเสมือนมาใช้ในการนำเสนอแนวคิดขององค์กรต่าง ๆ อย่างเช่น Facebook, Samsung, Microsoft ซึ่งนำระบบความจริงเสมือนมาเสริมจุดเด่น ตามวัตถุประสงค์ของแต่ละองค์กรและในด้านงานออกแบบสถาปัตยกรรมเองก็มีการนำระบบความจริงเสมือนมาช่วยในการนำเสนองานออกแบบด้วยระบบ Walk-through ที่สามารถทำให้ลูกค้าสามารถเข้าไปเดินดูอาคารได้เหมือนอยู่ในอาคารนั้นจริง ๆ และผู้ออกแบบสามารถที่จะนำเสนองานออกแบบในลักษณะ 3 มิติ หรือโลกจริงเสมือนให้แก่ทีมผู้ออกแบบด้วยกันเองหรือกับลูกค้าได้ชัดเจนและตรงประเด็นมากขึ้นซึ่งทำให้ผู้ร่วมทีมออกแบบสามารถเห็นส่วนประกอบที่ต้องการเสริมหรือต้องการแก้ไขได้สะดวกและชัดเจนมากขึ้นและสามารถตัดสินใจได้ว่าต้องการปรับเปลี่ยนอะไรบ้างได้อย่างรวดเร็วและสามารถออกแบบได้รอบคอบเสมือนได้ไปออกแบบอยู่บนพื้นที่ที่ต้องการออกแบบจริง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถออกแบบร่างขั้นต้นได้ในพื้นที่โลกเสมือนจริงซึ่งสามารถสร้างสรรค์รูปทรงต่าง ๆ หรือเขียนเส้นร่างบนระนาบ 3 มิติขึ้นมาในขนาดจริงได้ในเวลาจริงแต่ระบบความจริงเสมือนนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานอยู่หรือเป็นระบบการใช้งานเพียงคนเดียวจึงทำให้การออกแบบยังไม่บรรลุประสิทธิภาพสูงสุดและยังเกิดความล่าช้าในการทำงานอยู่ในหลายช่วง

ขั้นตอนหรือกระบวนการในการออกแบบร่างขั้นต้นจะเป็นหน้าที่ของทีมผู้ออกแบบซึ่งประกอบไปด้วย ผู้ออกแบบอาวุโส (Senior) กับผู้ออกแบบรุ่นน้อง (Junior) ซึ่งทำงานร่วมกันโดยอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ทั้งสำหรับการออกแบบและการสื่อสารกันภายในทีมออกแบบ เพื่อการสร้างสรรค์ผลงานที่มีความหลากหลายในด้านของแนวความคิดจึงต้องมีการสื่อสารเข้ามาเกี่ยวข้องในช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้น การทำงานระหว่างทีมผู้ออกแบบเองก็ต้องอาศัยหลากหลายช่องทางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในทีม ในกรณีที่อยู่ด้วยกันแต่การบ่งบอกถึงตำแหน่งที่ต้องการแก้ไขก็เป็นไปได้ลำบากเนื่องจากการเป็นการทำงานรูปแบบ 2 มิติและด้วยช่องทางที่ไม่มีประสิทธิภาพจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ระยะเวลายืดเยื้อออกไปและเนื่องจากปัญหาดังกล่าวทำให้มีเครื่องมือใหม่ ๆ เข้ามาช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทำงานได้ง่ายขึ้นและมีงานออกแบบที่มีคุณภาพมากขึ้น และพร้อมกับช่องทางการสื่อสารใหม่ ๆ ที่จะช่วยให้การสื่อสารระหว่างทีมผู้ออกแบบเป็นไปได้สะดวกมากขึ้นทำให้งาน

ออกแบบที่ออกมาตรงตามความต้องการและมีตัวเลือกที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการพัฒนาระบบเพื่อการผสมผสานระหว่างระบบการทำงานร่วมกัน (multi-user) ในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมกับระบบหลายผู้ใช้งานโดยอาศัยซอฟต์แวร์เกมเอนจินเพื่อเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานเข้าด้วยกัน ทำให้ผลลัพธ์ของงานที่ออกมาเกิดจากการระดมความคิดระหว่างหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้อย่างสม่ำเสมอและสามารถสร้างสรรค์ผลงานที่น่าสนใจออกมาได้อย่างหลากหลายและตรงตามความต้องการสูงสุด สามารถส่งต่อไปยังขั้นตอนทางสถาปัตยกรรมในขั้นต่อ ๆ ไปได้อย่างมีคุณภาพ และในระบบความจริงเสมือนนั้นเริ่มมีบางงานวิจัยที่นำระบบสองอย่างนี้มารวมกันเพื่อพัฒนาการสื่อสารให้ชัดเจนและสร้างสรรค์ผลงานออกมาหลากหลายรูปแบบและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น อย่างเช่น การนำทีมผู้ออกแบบและฝ่ายที่เกี่ยวข้องเข้ามาอยู่ในโลกจริงเสมือนในรูปแบบหลายผู้ใช้งาน และช่วยกันออกความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานออกแบบในลักษณะของแบบจำลองสามมิติที่มีการจำลองแสงและสภาพแวดล้อมเสมือนจริง เพื่อช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการอ่านแบบสถาปัตยกรรมและความชัดเจนในด้านของข้อมูลในการสนทนาระหว่างฝ่ายงาน (Jon Brouchoud, 2017) แต่ตัวอย่างงานดังกล่าวยังมีปัญหาในด้านของการสร้างรูปทรงที่มีความหลากหลายและความน่าสนใจเชิงรูปทรงกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

ในงานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบร่างขั้นต้นของทีมผู้ออกแบบให้ออกมามีความหลากหลายและสร้างความน่าสนใจในเชิงรูปทรงและความสัมพันธ์ของพื้นที่นอกจากนี้ยังช่วยตอบสนองต่อแนวความคิดของผู้ออกแบบพร้อมกับการค้นคว้าหาทางเลือกของรูปทรงใหม่ ๆ ที่ตอบสนองต่อการออกแบบในยุคสมัยใหม่ที่ไม่สามารถสร้างสรรค์ลงบนระนาบ 2 มิติได้อีกต่อไป หรือความสัมพันธ์ของพื้นที่ในรูปแบบใหม่บนระบบที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์พร้อมกับการสร้างสรรค์แนวความคิดออกมาเป็นรูปธรรมได้ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้จะได้รูปทรงที่แปลกใหม่แล้วยังได้ความน่าสนใจที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ในมิติของโลกเสมือนจริงและช่วยพัฒนาการสื่อสารกันระหว่างทีมผู้ออกแบบด้วยกันเองให้แต่ละฝ่ายได้รับข้อมูลที่ชัดเจนทำให้การออกแบบเป็นไปได้อย่างราบรื่นและได้ผลงานที่ตรงตามความต้องการของทุกฝ่ายหรือตัวเลือกทางงานออกแบบร่างในขั้นต้นที่ดีที่สุดซึ่งมีความหลากหลายทั้งในเชิงของรูปทรงกายภาพและความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่ถูกต้องตามความต้องการของทุกฝ่าย

1.2 คำถามการวิจัย

ระบบการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์เพื่อช่วยในการออกแบบในขั้นต้นจะมีลักษณะอย่างไรจึงจะช่วยสนับสนุนงานออกแบบให้มีทางเลือกที่หลากหลายพร้อมกับรูปทรงที่น่าสนใจในระยะเวลาอันสั้นและสะดวกต่อการสื่อสารกันภายในทีมผู้ออกแบบ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลและปัจจัยต่าง ๆ ที่จะช่วยให้งานออกแบบตอบสนองต่อแนวความคิดของผู้ออกแบบและช่วยให้ทีมผู้ออกแบบสามารถร่วมมือกันออกแบบสถาปัตยกรรมในขั้นต้น

1.3.2 เพื่อพัฒนาและสำรวจความเป็นไปได้ในการสร้างระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างในขั้นต้นให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างตัวเลือกที่มีความหลากหลายและมีความน่าสนใจในด้านของรูปทรงในระยะเวลาอันสั้นพร้อมกับสร้างความสะดวกในการสื่อสารแก่ผู้ใช้งาน

1.3.3 เพื่อประเมินคุณภาพของงานออกแบบด้วยระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์และระบบหลายผู้ใช้งาน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกัน (Multi-user) ถูกนำมาประยุกต์กับระบบความจริงเสมือนเพื่อเชื่อมโยงกระบวนการออกแบบร่างของผู้ออกแบบกับกระบวนการสื่อสารภายในทีมผู้ออกแบบเข้าด้วยกัน

1.4.2 ระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนถูกนำมาพัฒนาใช้ในการค้นคว้าหาความเชื่อมโยงของพื้นที่และรูปทรงของอาคารก่อนถึงขั้นตอนการประเมินราคาขั้นต้น

1.4.3 ความเข้าใจในขั้นตอนการออกแบบขั้นต้นโดยอาศัยระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นจะถูกประเมินโดยผู้ออกแบบ

1.4.4 ระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันด้วยระบบความจริงเสมือนถูกพัฒนาด้วยเทคโนโลยีเกมเอนจิน หรือ 3D behavior software ที่ชื่อว่า Unity3D และแสดงผลบน VR headset (HMD หรือ Head Mounted Display)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ผู้ออกแบบ สามารถทดลองการออกแบบรูปทรงภายในโลกเสมือนจริงหรือในบริบทเสมือนจริงในเวลาจริง (Realtime) และสร้างสรรค์ผลงานออกแบบที่ตรงต่อภาพแนวความคิดของตนพร้อมกับความสามารถในการปรับแต่งหรือแก้ไขในขณะที่ใช้งานอยู่ในความจริงเสมือน และสามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกับทีมผู้ออกแบบด้วยกันเองหรือกับลูกค้าได้อย่างสม่ำเสมอและสะดวก

1.5.2 บริษัทสถาปนิก สามารถสร้างผลงานที่มีความน่าสนใจและมีความหลากหลาย เช่นในด้านรูปทรงและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ และสามารถสื่อสารกับทีมผู้ออกแบบร่วมกับบริษัทอื่น ๆ บริษัทหรือผู้ที่เกี่ยวข้องได้ในเวลาเดียวกันโดยไม่ต้องอยู่ในที่เดียวกันแต่ได้รับข้อมูลที่ชัดเจนซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการเดินทางและสามารถทำงานหรือนำเสนองานในสถานที่ใดก็ได้

1.5.3 ลูกค้า สามารถเข้าใจสิ่งที่สถาปนิกต้องการสื่อได้ง่ายขึ้นและสามารถสื่อสารกับสถาปนิกว่าต้องการแก้ไขตรงส่วนไหนได้อย่างชัดเจนโดยไม่ต้องอยู่ที่เดียวกันหรือเวลาเดียวกันกับสถาปนิกก็ได้

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 ความจริงเสมือน (Virtual Reality หรือ VR) ในที่นี้หมายถึงสภาพแวดล้อมจำลองที่ถูกสร้างขึ้นโดยคอมพิวเตอร์

1.6.2 โลกจริงเสมือน (Virtual World) หรือ สภาพแวดล้อมเสมือน (Virtual Environment) ในที่นี้หมายถึงโลกหรือสภาพแวดล้อมที่ถูกจำลองไปอยู่ในคอมพิวเตอร์

1.6.3 การออกแบบร่างในขั้นต้น (Schematic Design) ในที่นี้หมายถึงช่วงของการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับ ซึ่งผ่านการอนุมัติจากลูกค้าแล้วมาพัฒนาเป็นแบบร่างอย่างง่าย

1.6.4 เกมเอนจิน (Game Engine) ในที่นี้หมายถึงระบบจำลองสามมิติที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการสร้างเกม ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างความจริงเสมือนได้

1.6.5 ประสิทธิภาพ (Efficiency) ในที่นี้หมายถึงความสามารถในการทำงานของระบบ

1.6.6 ระบบหลายผู้ใช้ (Multi-user) ในที่นี้หมายถึงระบบปฏิบัติการสามารถรองรับการใช้งานของผู้ใช้ได้มากกว่า 2 คน พร้อมกัน

1.6.7 คุณภาพ (Quality) ในที่นี้หมายถึงความน่าสนใจในเชิงรูปทรงกายภาพและในเชิงความสัมพันธ์ของพื้นที่

1.6.7 ผู้ใช้งานออกแบบ (Designer) หรือ ผู้ใช้งานจูเนียร์ (Junior) ในที่นี้หมายถึงผู้ออกแบบรุ่นน้องซึ่งเป็นกลุ่มของผู้ใช้งานที่ทำการสร้างวัตถุภายในระบบ

1.6.8 ผู้ใช้งานควบคุม (Commander) หรือผู้ใช้งานอาวุโส (Senior) ในที่นี้หมายถึงผู้ออกแบบอาวุโส ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้งานที่ทำหน้าที่ควบคุมผู้ใช้งานออกแบบโดยการใช้เสียงสนทนาและการชี้ตำแหน่งภายในระบบ

1.6.9 จอภาพสวมศีรษะ (Head-Mounted display : HMD) ในที่นี้หมายถึงอุปกรณ์เทคโนโลยีความจริงเสมือนประเภทสวมศีรษะเพื่อเข้าถึงโลกความจริงเสมือนและใช้งานระบบในงานวิจัยนี้

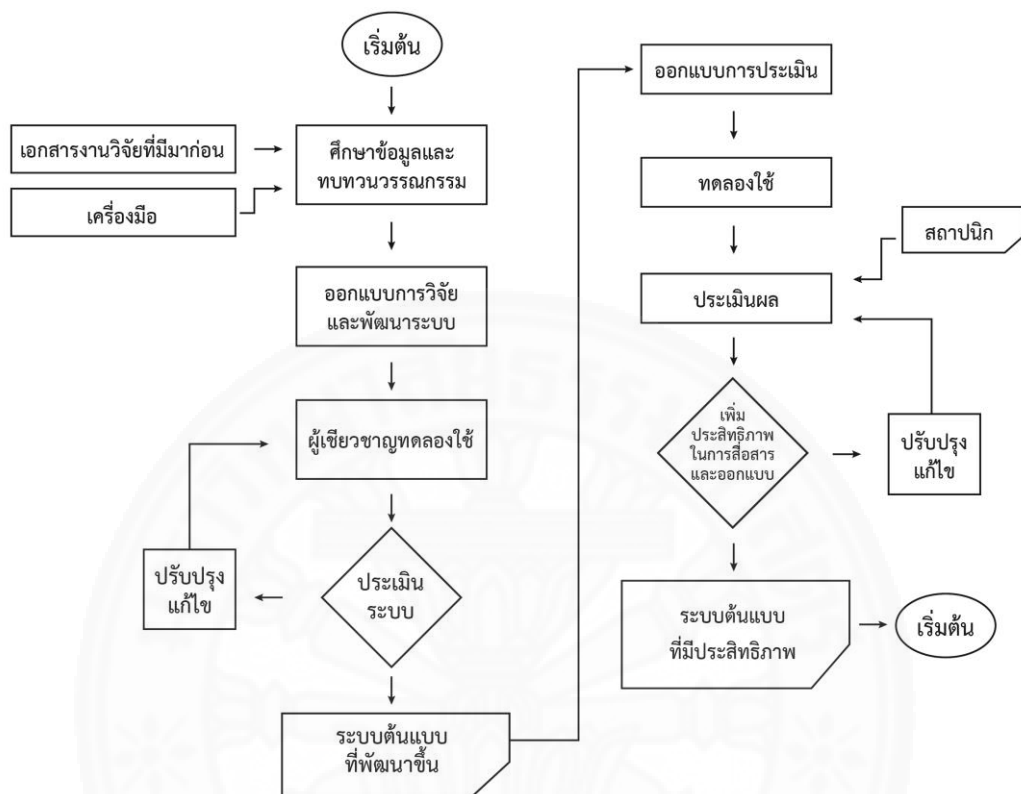
1.6.10 สัญลักษณ์ผู้ใช้งาน (Avatar) ในที่นี้หมายถึงรูปร่างลักษณะของผู้ใช้งานภายในระบบความจริงเสมือน

1.6.11 หน้าต่างปรับแต่ง (Scene view) ในที่นี้หมายถึงหน้าต่างผู้ใช้งานในการทำงานสำหรับจัดวางและปรับแต่งก่อนเริ่มใช้งานระบบ

1.6.12 หน้าต่างทำงาน (Game view) ในที่นี้หมายถึงหน้าต่างผู้ใช้งานในการแสดงผลระหว่างใช้งานระบบซึ่งไม่สามารถกดหรือปรับแต่งผ่านหน้าต่างนี้ได้ระหว่างก่อนกดเริ่มทำงาน

1.6.13 หน้าจอผู้ใช้งาน (User Interface หรือ UI) ในที่นี้หมายถึงส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานโดยใช้เมนู ปุ่ม หรือตัวหนังสือต่าง ๆ

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1.1 แผนภาพการดำเนินการวิจัย. โดย ผู้วิจัย, 2560

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและสำรวจความเป็นไปได้ในการสร้างระบบช่วยเหลือผู้ออกแบบให้สร้างสรรค์ผลงานที่มีความหลากหลายและสร้างความน่าสนใจในเชิงรูปทรงรวมถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีออกเป็น 6 หัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวคิดและทฤษฎีของรูปทรงทางสถาปัตยกรรม
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม
- 2.3 ความจริงเสมือน
- 2.4 ระบบหลายผู้ใช้
- 2.5 การสร้างรูปทรง 3 มิติเบื้องต้น
- 2.6 เครื่องมือการพัฒนาความจริงเสมือน
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีของรูปทรงทางสถาปัตยกรรม

สถาปัตยกรรมคือศิลปะในการออกแบบและการก่อสร้างซึ่งแสดงออกมาเป็นรูปทรง ส่งผลให้รูปทรงทางสถาปัตยกรรมมีพัฒนาการตามเทคโนโลยีที่ใช้ในการออกแบบและเทคโนโลยีที่ใช้ในการก่อสร้างพร้อมกับแนวคิดทางศิลปะผสมผสานกันออกมาแตกต่างกันไปในแต่ละยุคสมัย (Craven, 2017) โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงทางสถาปัตยกรรมดังต่อไปนี้

2.1.1 ยุคสมัยทางสถาปัตยกรรม

ในงานวิจัยนี้ได้เริ่มต้นศึกษายุคสมัยทางสถาปัตยกรรมตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 ซึ่งเริ่มต้นจากยุคสมัยที่เริ่มมีการนำแนวคิดในการสร้างรูปทรงจากสิ่งแวดล้อมหรือธรรมชาติและเริ่มมีการขับเคลื่อนการสร้างแนวความคิดหลักเกณฑ์ในการออกแบบรูปทรงหรือ Universal laws of form (Goldsmith, 2014) โดยแต่ละยุคสมัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) 1890-1914 AD – อาร์ตนูโว (Art Nouveau)
- (2) 1895-1925 AD – โบซาร์ (Beaux Arts)
- (3) 1905-1930 AD – นีโอโกธิค (Neo-Gothic)
- (4) 1925-1937 AD – อาร์ตเดโค (Art Deco)

(5) 1900 AD-ปัจจุบัน – สถาปัตยกรรมสมัยใหม่ (Modernist Styles)

เป็นรูปแบบสถาปัตยกรรมที่มีรากฐานมาจากแนวความคิดแบบการใช้สอยเป็นหลัก (Functionalism) ซึ่งรูปแบบของงานออกแบบสถาปัตยกรรมสมัยใหม่จะแสดงออกถึงความงามของตัวอาคารเอง เน้นความประหยัดตรงไปตรงมาในเรื่องการใช้สอย ตัดความฟุ่มเฟือยหรือหยาบทางอารมณ์หรือการเอาใจใส่รายละเอียดปลีกย่อยทางสถาปัตยกรรมทิ้งไป

(6) 1972 AD-ปัจจุบัน – โปสโมเดิร์น (Postmodernism)

เป็นแนวความคิดที่มาจากยุคโมเดิร์น ซึ่งเป็นช่วงหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยยุคโปสโมเดิร์นเป็นยุคที่ปฏิเสธสิ่งเดิม ๆ ในยุคโมเดิร์นจะเน้นเสรีภาพและอิสระของบุคคลที่ไม่เชื่อในเรื่องของความเป็นสากล จึงทำให้เกิดการค้นหาลักษณะใหม่โดยการนำเอาความแข็งกร้าว ตรงไปตรงมา สัจจะแห่งเนื้อแท้มารวมกับความนุ่มนวล ลวดลายมากมาย และความอ่อนช้อย ซึ่งสถาปัตยกรรมจะมีแนวคิดต่อความสัมพันธ์เชิงพื้นที่มากขึ้น จะมีการเน้นการสร้างความรู้สึกในแต่ละก้าวเดินของผู้ใช้งาน

(7) ศตวรรษที่ 21 – นีโอโมเดิร์น (Neo-Modernism) และ พาราเมตริกซิซึม (Parametricism)

เป็นยุคสมัยที่คอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนร่วมในการออกแบบอย่างเต็มที่ รูปแบบงานออกแบบที่ออกมาบางชิ้นงานถูกออกแบบโดยคอมพิวเตอร์ สถาปนิกทำหน้าที่เพียงกำหนดตัวแปรหรือกำหนดข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่งยุคสมัยนี้เริ่มต้นจากงานของสถาปนิกชื่อว่า Frank Gehry ซึ่งเป็นสถาปนิกที่ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการสร้างสถาปัตยกรรมขนาดใหญ่หรือเรียกว่า Blob architecture โดยมุ่งเน้นไปที่ความสัมพันธ์ของพื้นที่ภายในแต่ทำการออกแบบควบคู่ไปกับการออกแบบภายนอกทำให้ภาพรวมของการออกแบบรูปแบบนี้น่าสนใจและสามารถใช้สอยได้ในขณะเดียวกัน

จากการศึกษายุคสมัยทางสถาปัตยกรรมทำให้พบว่ารูปแบบทางสถาปัตยกรรมเกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อม ทั้งในด้านการเมือง การปกครอง ศาสนา วัฒนธรรม รวมถึงเทคโนโลยีการก่อสร้างอุตสาหกรรมต่าง ๆ และศิลปะ ทุกอย่างถูกล้อมรวมกันออกมาเป็นงานออกแบบในแต่ละยุคสมัย ซึ่งเครื่องมือในการออกแบบเองก็ควรได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่เช่นกัน เพื่อตอบสนองต่องานออกแบบยุคสมัยในปัจจุบันและอนาคตที่จะมาถึงต่อไป



ภาพที่ 2.1 รูปผลงานของสถาปนิก Frank Gehry. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก <https://inhabitat.com/frank-gehry-nears-completion-of-scalloped-glass-louis-vuitton-foundation-center-in-paris/frank-gehry-louis-vuitton2/>

2.1.2 แนวคิดของการออกแบบรูปทรงทางสถาปัตยกรรมผ่านรูปทรงเรขาคณิต

เรขาคณิต เป็นแนวคิดพื้นฐานทางสถาปัตยกรรมที่ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบมาตั้งแต่ยุคสมัยแรกๆ ที่เริ่มมีการจดบันทึกประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรมและเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่ใช้ในการอธิบายงานออกแบบทางสถาปัตยกรรมและการบ่งชี้ลักษณะต่าง ๆ ของรูปแบบอาคาร ซึ่งผู้ออกแบบจะนำความเรียบง่ายของเรขาคณิตมาผสมผสานเพื่อให้เกิดการรับรู้รูปแบบและช่องว่างที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้นหรือเป็นการผสมผสานภาษาเหล่านี้จนเป็นการสร้างภาษาใหม่ขึ้นมาในที่สุด (Yilmaz, 1999)

การรับรู้ของมนุษย์ต่อธรรมชาติเป็นลักษณะนามธรรมตัวอย่างเช่นดวงอาทิตย์และดวงจันทร์มีอุดมคติเป็นวงกลม และวงกลมเองก็ยังใช้ในการแสดงถึงความเป็นหนึ่งเดียวกัน ซึ่งความหมายของเรขาคณิตจะเป็นผลมาจากบทสนทนาหรือเนื้อหาระหว่างรูปแบบที่พบในธรรมชาติ มนุษย์สร้างรูปทรงเรขาคณิตขึ้นเพื่อเลียนแบบเนื้อหาที่มองเห็นเหล่านั้นและเพื่อเป็นบทสนทนาที่เป็นนามธรรมมากขึ้น เมื่อมนุษย์นำรูปทรงเรขาคณิตมาใช้กับการออกแบบสถาปัตยกรรมได้มีการคิดค้นบทบาตต่าง ๆ ที่เรขาคณิตมีต่องานออกแบบสถาปัตยกรรมดังต่อไปนี้

- (1) รูปทรงเรขาคณิตช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถรับรู้รูปแบบทางกายภาพได้ง่าย
- (2) รูปทรงเรขาคณิตช่วยให้สามารถอธิบายรูปแบบได้อย่างแม่นยำ
- (3) ทำให้ผู้ใช้งานอาคารรับรู้ถึงความรู้สึกที่ผู้ออกแบบต้องการสื่อสารได้ง่ายและสัมผัสได้ถึงการดำรงอยู่

(4) แก้ปัญหาเรขาคณิตที่มีอยู่ในรูปทรงต่าง ๆ ทำให้ผู้ออกแบบมีชุดรูปแบบสำเร็จรูปสำหรับการแก้ไขและพัฒนาต่อของรูปทรงนั้น ๆ

เรขาคณิตเป็นระบบทางคณิตศาสตร์ที่มักเกี่ยวข้องกับจุด (Points) เส้น (Line) พื้นผิว (Surface) และของแข็ง (Solid) และอื่น ๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างรูปทรงทางสถาปัตยกรรม โดยผู้ออกแบบสามารถนำองค์ประกอบพื้นฐานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับบริบทหรือเนื้อหาของงานโดยรวม ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ อาจจะมีลักษณะเป็นนามธรรมแต่เป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบที่จะนำมาหยาบร่างผสมผสานจนออกมาเป็นรูปทรงที่ซับซ้อนและน่าสนใจโดยการหมุน การเคลื่อนย้าย การซ้อนทับ เพื่อสร้างรูปทรงที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

การคิดค้นรูปทรงทางสถาปัตยกรรมไม่ได้เกี่ยวข้องกับพื้นที่หรือกิจกรรมที่เกิดภายในพื้นที่เท่านั้น รูปทรงทางสถาปัตยกรรมยังเป็นพาหนะสำหรับความหมายหรือเครื่องหมายสำหรับการตีความโดยผู้ใช้งานอีกเช่นกัน องค์ประกอบของสถาปัตยกรรมเองก็มีส่วนในการตีความเช่น การจัดเรียงและการรวมตัวกันของรูปทรงแสดงถึงไวยากรณ์หรือภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร ความหมายหรือสัญลักษณ์รวมไปถึงผลกระทบต่อผู้คนในทางปฏิบัติ จากการศึกษาเนื้อหาด้านรูปทรงทางสถาปัตยกรรมทำให้สรุปได้ว่ารูปแบบทางสถาปัตยกรรมสามารถประเมินออกมาได้ 3 ประเภทได้แก่

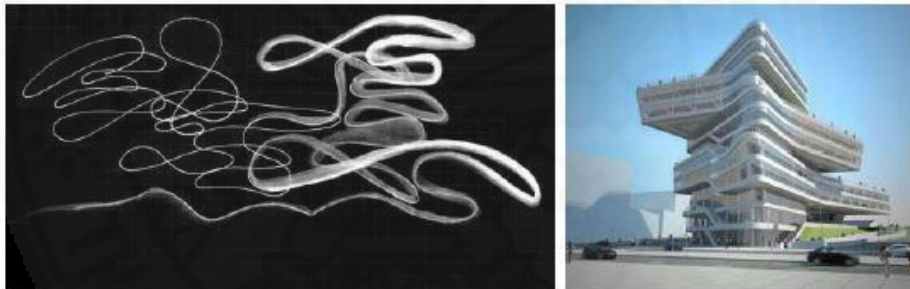
- (1) กำหนดการใช้งานพื้นที่ (ขึ้นอยู่กับการใช้งาน)
- (2) เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ (เกี่ยวข้องกับการจำกัดความสำคัญและผล)
- (3) โครงสร้าง (ขึ้นอยู่กับกฎหมายและความแข็งแรงของวัตถุ)

2.1.3 พัฒนาการของการคิดค้นรูปทรงทางสถาปัตยกรรม

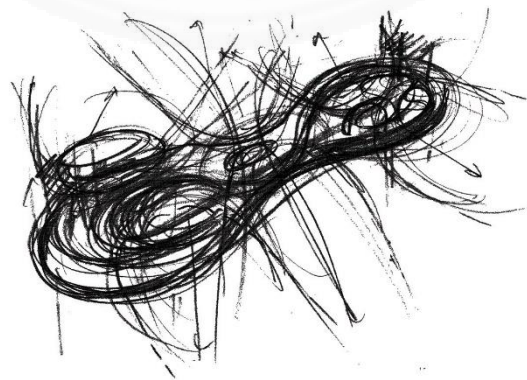
ช่วงศตวรรษที่ 18 สถาปนิกผู้หลงใหลในพฤติกรรมธรรมชาติได้ออกมาขับเคลื่อนแนวทางการออกแบบโดยอาศัยทฤษฎีและการเจริญเติบโตทางธรรมชาติซึ่งมีการสังเกตและวิเคราะห์รูปทรงของสิ่งมีชีวิตและนำมาประยุกต์ใช้กับสถาปัตยกรรม แต่ในยุคสมัยนั้นไม่ได้รับความสนใจมากนัก ต่อมาในช่วงต้นของศตวรรษที่ 20 สถาปนิกชื่อ D'Arcy Wentworth Thompson ได้นำแนวทางดังกล่าวมาพัฒนาต่อโดยผสมผสานกับแนวคิดรูปแบบโมเดิร์น (Goldsmith, 2014) โดยการหลอมรวมระหว่างธรรมชาติกับคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ซึ่งสะท้อนถึงกลไกการเจริญเติบโตและรูปทรงของสิ่งมีชีวิต

ในยุคสมัยที่ผ่านมาสถาปนิกหรือผู้ออกแบบต้องการสร้างงานออกแบบให้ออกมาเป็นเหมือนลายเซ็นของตนเองแต่ด้วยพัฒนาการทางด้านเทคโนโลยี ทำให้เกิดวิธีการใหม่ ๆ ในการสร้างสรรค์งานออกแบบสถาปัตยกรรมส่งผลให้กระบวนการออกแบบโดยใช้มือในขั้นตอนร่างแบบอาจจะต้องถึงจุดจบด้วยการแทนที่ของระบบการทำงานแบบ 3 มิติ ซึ่งการแทนที่ของ

ระบบ 3 มิติไม่ได้เข้ามาในช่วงของการสร้างรูปทรงเพียงอย่างเดียว แต่เข้ามาตั้งแต่ในช่วงต้นของการออกแบบซึ่งก็คือการเขียนแบบร่าง (Kourkoutas, 2007) ซึ่งพัฒนาการนี้เป็นความก้าวหน้าที่สมเหตุสมผล เนื่องจากมนุษย์สามารถแก้ปัญหาและมองภาพรวมของงานในระนาบ 2 มิติได้ดี ดังในภาพที่ 2.2 แต่เมื่อเพิ่มมิติที่ 3 การมองเห็นหรือภาพแรงบัลดาลใจจะถูกจำกัดอยู่เพียงแค่ลักษณะของรูปทรงพื้นฐาน (Primitive) หรือเค้าโครงทางสถาปัตยกรรม (Architectural Outline) ซึ่งสถาปัตยกรรมในปัจจุบันยังคงคิดค้นและค้นหารูปทรงที่แปลกใหม่ ตอบสนองต่อการทำงานรูปแบบใหม่ ๆ ต่อไป โดยรูปแบบที่เกิดขึ้นจะไม่ได้แตกต่างจากเดิมมาก แต่จะเป็นการนำกระบวนการเดิมมาประยุกต์ใช้กับเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อที่จะสำรวจความเป็นไปได้ในการสร้างรูปทรงใหม่ ๆ จากกระบวนการเดิมหรือแก้ไขปัญหาเดิม ๆ เพื่อที่จะก้าวข้ามข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรม และการพัฒนารูปทรงในปัจจุบันถูกนำมาคิดค้นในระนาบ 3 มิติโดยผู้ออกแบบและยังคงทำการเพิ่มเติมส่วนเสริมต่าง ๆ เพื่อช่วยในการปฏิบัติต่อรูปทรง ส่งผลให้ภาษาของรูปทรงมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาจากการพัฒนาของเครื่องมือที่ผ่านมา



ภาพที่ 2.2 รูปแบบการคิดค้นรูปทรงโดย Zaha Hadid. สืบค้นเมื่อ 24 ก.ย. 60 จาก *Shape Finding or Form Finding* โดย Nicholas S. Goldsmith



ภาพที่ 2.3 เส้นร่างในกระบวนการออกแบบร่างในขั้นต้นโดย Zaha Hadid. . สืบค้นเมื่อ 24 ก.ย. 60 จาก <https://danielsteel.weebly.com/architecture-in-context-2.html>

ในช่วงศตวรรษที่ 21 การคิดค้นรูปทรงในระนาบ 3 มิติได้มีการศึกษาความเป็นไปได้จากการร่วมมือระหว่างมนุษย์ผู้ออกแบบกับเครื่องมือหรือคอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ จากการช่วยเหลือของชุดคำสั่งต่าง ๆ แต่ชุดคำสั่งและคอมพิวเตอร์เองไม่สามารถคิดได้ด้วยตัวเอง แต่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขปัญหาและคิดค้นรูปทรงได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และช่วยให้ผู้ใช้งานคิดค้นรูปทรงที่ข้ามขีดจำกัดจากการทำงานบนระนาบ 2 มิติหรือจากมุมมองเพียงแค่วางยาว

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม

ในการสร้างระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์จะต้องมีการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมว่าเป็นอย่างไรบ้างและมีขั้นตอนใดบ้างเพื่อนำไปพัฒนาระบบให้เชื่อมโยงกับการทำงานจริงและช่วยผู้ออกแบบให้สร้างสรรค์ผลงานได้อย่างมีความหลากหลายสามารถส่งต่อไปยังกระบวนการออกแบบในขั้นตอนต่อ ๆ ไปได้อย่างมีคุณภาพพร้อมกับเสริมสร้างประสบการณ์ในการออกแบบของผู้ออกแบบให้ดียิ่งขึ้นโดยมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.2.1 ขั้นตอนและกระบวนการในการออกแบบสถาปัตยกรรม

จากการศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานในโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมตามมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรม พ.ศ.2532 ซึ่งถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อบังคับของสมาคมและเป็นหลักในการให้บริการของสถาปนิกในการปฏิบัติวิชาชีพและเพื่อจัดปัญหาโต้แย้งระหว่างเจ้าของงานและสถาปนิก ทางสมาคมฯ ได้กำหนดมาตรฐานการบริการขั้นมูลฐาน โดยแบ่งขั้นตอนการบริการของสถาปนิกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) การวางเค้าโครงการออกแบบและการออกแบบร่างขั้นต้น
- (2) การออกแบบร่างขั้นสุดท้าย
- (3) การทำรายละเอียดการก่อสร้าง
- (4) การประกวดราคา
- (5) การก่อสร้าง

ซึ่งระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์จะเข้าไปช่วยเหลือกระบวนการออกแบบในช่วงการวางเค้าโครงการออกแบบและการออกแบบร่างขั้นต้น (Schematic Design) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สถาปนิกจะศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ

โครงการตามที่เจ้าของงานได้มอบหมาย รวมถึงข้อมูลทบทวนมติแห่งกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับโครงการ และเนื่องจากเป็นช่วงของการออกแบบที่ต้องมีการพูดคุยและแลกเปลี่ยนแนวความคิดระหว่างสถาปนิกกับเจ้าของงานมากที่สุดและเป็นช่วงของการออกแบบที่ต้องมีการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากลูกค้าและนำมาพัฒนาเป็นลักษณะของแบบร่างแบบง่ายเพื่อเริ่มออกแบบซึ่งสถาปนิกจะทำการวางแนวความคิดในการออกแบบ (Preliminary Concept) และผังพื้นที่โดยรวมในการใช้สอยให้ลูกค้าได้ตรวจสอบพิจารณาในรูปแบบในการออกแบบ ก่อนจะนำไปกำหนดคุณภาพของพื้นที่สำหรับการใช้งานต่าง ๆ (Quality of space) ที่สะท้อนความเป็นเอกลักษณ์ของโครงการและเพื่อสร้างลักษณะรูปทรง (Form) ให้สอดคล้องกับบริบทหรือสภาพแวดล้อมโดยรอบรวมถึงการใช้งาน พร้อมทั้งนำเสนองบประมาณค่าใช้จ่ายโดยคร่าว (Preliminary Budget) สำหรับให้ลูกค้าได้ทำการพิจารณาการแบ่งพื้นที่ทั้งหมดว่าตรงกับความต้องการและการใช้งานจริงของลูกค้าหรือไม่ ซึ่งในช่วงนี้ยังสามารถลดและเพิ่มได้อย่างอิสระอยู่ และเมื่อผ่านขั้นตอนดังกล่าวมาแล้ว ลูกค้าจะเริ่มเข้าใจและมองเห็นหน้าตาของงานออกแบบที่สถาปนิกจะพัฒนาในขั้นตอนต่อ ๆ ไป ซึ่งเอกสารที่สถาปนิกจะต้องเสนอให้เจ้าของงานพิจารณาอนุมัติในขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วย

- (1) แบบร่างผังบริเวณแสดงความสัมพันธ์ของอาคารหรือกลุ่มของอาคารกับบริเวณข้างเคียง
- (2) แบบร่างตัวอาคารประกอบด้วยแบบแปลนคร่าว ๆ ทุกชั้นรูปตัดและรูปตัดโดยสังเขป
- (3) เอกสารที่จำเป็นอื่น ๆ เพื่อประกอบการพิจารณา
- (4) ประมาณการราคาก่อสร้างตามขั้นตอนนี้

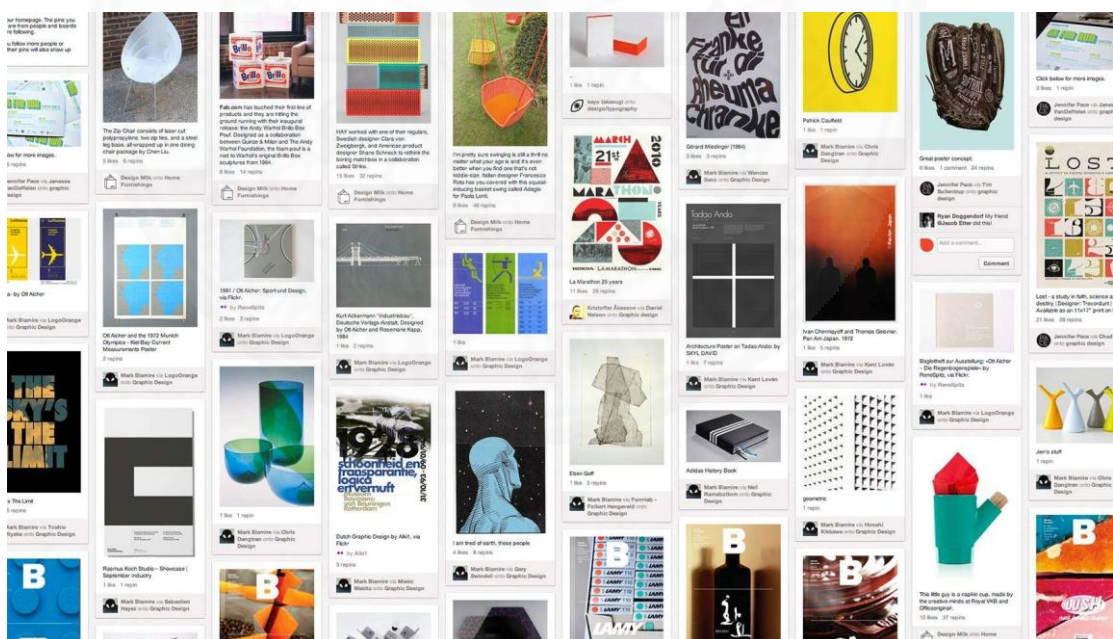
2.2.2 ความต้องการในการออกแบบร่างในขั้นต้น

ในช่วงของการออกแบบร่างขั้นต้นขั้นตอนต่าง ๆ ถูกสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการทั้งในด้านของข้อมูลเชิงความสัมพันธ์ของพื้นที่ และผลกระทบไปจนถึงแนวความคิดต่าง ๆ ที่ผู้ออกแบบต้องการนำเสนอ โดยที่ความต้องการในช่วงของการออกแบบร่างในขั้นต้นหมายถึงสิ่งที่ควรมีหรือสิ่งที่จะช่วยให้การทำงานในช่วงของการออกแบบร่างในขั้นต้นมีประสิทธิภาพ และสามารถส่งต่อไปยังการออกแบบในขั้นตอนอื่น ๆ ต่อไปได้ง่ายขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งหัวข้อได้เป็น 3 หัวข้อหลักได้แก่

- 2.2.2.1 ภาพประกอบแนวความคิด
- 2.2.2.2 แบบร่างขั้นต้น
- 2.2.2.3 แบบจำลองขั้นต้น

2.2.2.1 ภาพประกอบแนวความคิด

ในแต่ละโครงการออกแบบอาจจะเริ่มต้นแนวความคิดโดยการหารูปภาพที่เป็นแรงบันดาลใจในการออกแบบ (Hansmann, 2015) ซึ่งตัวอย่างการใช้งานในรูปแบบนี้คือการใช้เว็บไซต์ Pinterest Board เป็นเว็บไซต์ที่ใช้ในการแบ่งปันรูปภาพแก่ผู้คนทั่วโลกและการใช้งานเว็บไซต์นี้สามารถที่จะมีระบบการแบ่งปันฐานข้อมูล ซึ่งสามารถนำมาใช้กับการออกแบบร่างในขั้นต้น โดยการแบ่งปันการใช้งานระหว่างผู้ออกแบบด้วยกันเองหรือผู้ออกแบบกับลูกค้าจ้างเพื่อให้ได้รับความคิดเห็นหรือแนวความคิดที่ตรงกันในขั้นตอนแรกก่อนที่จะเริ่มออกแบบ ซึ่งแนวข้อมูลที่ได้รับการแบ่งปันจะมาในรูปแบบของภาพและในแต่ละภาพก็จะมีข้อมูลที่แต่ละฝ่ายต้องการ อาจจะเป็นในเรื่องของวัสดุ สี หรือองค์ประกอบอาคารต่าง ๆ ที่ฝ่ายหนึ่งต้องการแสดงความเข้าใจของตนลงมาในฐานข้อมูล โดยรูปภาพต่าง ๆ สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับงานออกแบบที่ได้รับมอบหมายหรือกำลังออกแบบทั้งในด้านของการออกแบบขององค์ประกอบอาคารไปจนถึงการออกแบบรายละเอียดต่าง ๆ เช่น สีของอาคารโดยรวม หรือองค์ประกอบของอาคารเช่น หลังคา ช่องเปิด หรือการออกพื้นที่โดยรวมขั้นต้น



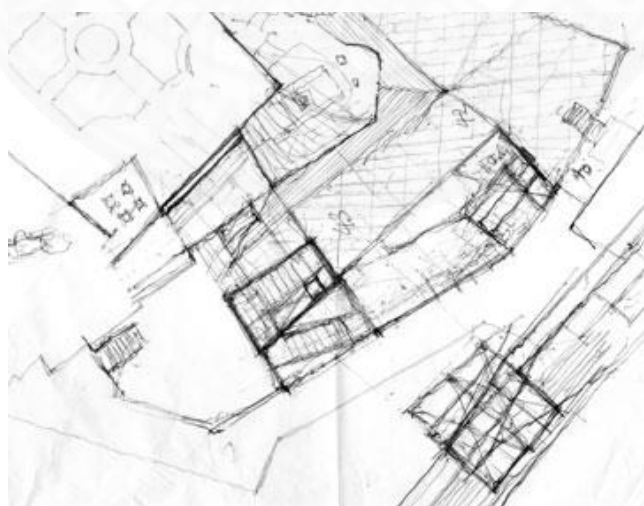
ภาพที่ 2.4 รูปภาพการใช้งานเว็บไซต์ Pinterest. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก

<https://www.sessions.edu/notes-on-design/social-media-for-designers-pinterest/>

2.2.2.2 แบบร่างขั้นต้น

แบบร่างขั้นต้น (Schematic Drawing) คือแบบร่างที่ยังไม่มีรายละเอียดหรือสัดส่วนที่แน่นอนหรือเป็นการสำรวจตัวเลือกหลากหลายรูปแบบเพื่อให้ได้ผังพื้น (Floor plan) ในขั้นต้นหรือแบบร่างในส่วนต่าง ๆ ต่อไป และรากฐานทั้งหมดของงานออกแบบคือผังพื้น การที่จะได้มาซึ่งผังพื้นที่ที่ดีที่สุดจะต้องผ่านกระบวนการซ้ำ (Iterative Process) เช่นการทำรูปทัศนียภาพขึ้นมาเพื่อองค์ประกอบโดยรวม และต้องอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างทีมผู้ออกแบบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากหลากหลายความคิดเห็น (Hansmann,2015) หรือการร่างภาพขึ้นมาในมุมมอง 2 มิติเพื่อที่จะนำความคิดสร้างสรรค์ของผู้ออกแบบออกมาเป็นกายภาพมากที่สุด

ในการสร้างแบบร่างในขั้นต้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ อาจจะเริ่มจากการร่างเส้น 2 มิติขึ้นมาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ต่าง ๆ แต่ในปัจจุบันการทำงานในลักษณะ CAD ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้ามามีส่วนรวมในการออกแบบร่างในขั้นต้นได้เร็วขึ้น และผู้ออกแบบสามารถทำงานได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยการนำขั้นตอนการร่างแบบเข้าไปทำงานในคอมพิวเตอร์ได้ทันทีและผลลัพธ์ที่ควรจะมีในการทำแบบร่างขั้นต้นในส่วนของแบบร่างต่าง ๆ ได้แก่ ผังพื้น ผังบริเวณ รูปตัด และรูปด้านอาคาร ซึ่งจะช่วยให้การทำงานในขั้นตอนต่อ ๆ ไปสามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยผังต่าง ๆ ควรจะนำเสนอฟังก์ชันการใช้งานของอาคารและเส้นทางการเดิน (Path) ไปยังตำแหน่ง ต่าง ๆ โดยที่ต้องยึดถึงสุนทรียศาสตร์ในมุมมองของผู้ใช้งานและในขณะเดียวกันงานออกแบบทั้งหมดนั้นต้องอยู่ในความเป็นไปได้ทางกฎหมาย ซึ่งแตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่



ภาพที่ 2.5 รูปแบบการร่างแบบสถาปัตยกรรมในขั้นต้น. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก <http://mntm.co/civil-engineering/development-sketch-plans/>

2.2.2.3 แบบจำลองขั้นต้น

การสร้างแบบจำลองขั้นต้นขึ้นมาเป็นการจำลองอาคารหรือองค์ประกอบของพื้นที่ ขที่ต้องการออกแบบขึ้นมาในขนาดที่เล็กกว่าซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถมองเห็นภาพโดยรวมของงานออกแบบหรือพื้นที่นั้น ๆ ได้ในหลากหลายมุมมองตามต้องการ และยังสามารถจำลองขึ้นมาได้ใหม่หากมีการแก้ไขจึงเป็นการค้นหาความเป็นไปได้ในการออกแบบที่ช่วยให้มองเห็นงานออกแบบจริง ๆ ก่อนที่จะสร้าง ซึ่งแบบจำลองสามารถแสดงออกถึงการใช้และความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในพื้นที่หรือในเรื่องของมวลอาคาร (Massing) เมื่อนำแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับแล้วจะทำให้มองเห็นมวลอาคารได้อย่างชัดเจน หรือการจัดหมวดหมู่ของกลุ่มก้อนอาคาร (Zoning) ทั้งในเชิงแนวราบและแนวตั้ง โดยการแบ่งหมวดหมู่สามารถทำได้หลากหลายวิธีเช่น การแบ่งสีของแบบจำลอง ซึ่งแต่ละสีจะแสดงออกถึงการใช้งานของอาคารที่ต่างกันออกไป และแต่ละการใช้งานควรมีชื่อเป็นของตนเองเพื่อการสื่อสารที่ถูกต้องเมื่อต้องทำงานกับทีมผู้ออกแบบด้วยกันหรือกับผู้ว่าจ้างก็ตาม และการสร้างแบบจำลองขั้นต้นจะช่วยให้การสร้างตัวเลือกในการออกแบบก่อนที่จะพัฒนาไปยังขั้นตอนต่อ ๆ ไปมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากจะทำให้เห็นตัวเลือกที่ชัดเจนหลากหลายตัวเลือกเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับและการสร้างแบบจำลองในปัจจุบันนั้นสามารถสร้างได้สองรูปแบบ คือแบบจำลองกายภาพ และแบบจำลองดิจิทัล ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป

แบบจำลองกายภาพจะทำให้เราเห็นวัสดุหรือสีที่ชัดเจนและสามารถตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วแต่จะเสียเวลาในกระบวนการสร้างซ้ำเนื่องจากจุดเด่นในเรื่องของกายภาพแล้ว การจะสร้างซ้ำหมายถึงจะต้องทำใหม่ซึ่งในปัจจุบันก็ได้มีการนำตัวช่วยในการสร้างแบบจำลองมากมายมาใช้ เช่น เลเซอร์คัต (Lasercut) หรือเครื่องปริ้น 3 มิติ (3Dprint) แต่ทั้งคู่ก็ยังมีข้อเสียในเรื่องของเวลาและราคาเมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างแบบจำลองดิจิทัลที่อาจจะจับต้องไม่ได้แต่เห็นภาพรวมได้รวดเร็วกว่า

แบบจำลองดิจิทัลเป็นการสร้างแบบจำลองภายในระบบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ ซึ่งแบบจำลองถูกประมวลผลจากข้อมูลเชิงตัวเลขและแสดงผลเป็นรูปแบบของแบบจำลองบนหน้าจอแสดงผล และสามารถที่จะปรับแต่งได้ตามความต้องการ หรือเลือกการทำงานภายในซอฟต์แวร์เพื่อจำลองสภาวะในด้านต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจริงภายในบริบทของพื้นที่ออกแบบจริงได้ในเวลาจริง (Real-time simulation) ซึ่งจะทำให้ผู้ออกแบบสามารถตัดสินใจได้รวดเร็วและมองเห็นทั้งภาพรวมและรายละเอียดพร้อมทั้งจุดบกพร่องต่าง ๆ ได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และยังสามารถสร้างกระบวนการทำซ้ำขึ้นมาได้อย่างง่ายดาย

สามารถสรุปได้ว่าความต้องการในช่วงของการออกแบบร่างในขั้นต้นจะต้องเริ่มต้นจากการปรับความต้องการหรือความเข้าใจระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องในงานออกแบบให้

ตรงกันก่อนโดยการใช้รูปภาพหรือวิธีการใด ๆ เพื่อเป็นการบ่งบอกความคิดเห็นหรือแนวความคิดออกมา โดยการทำงานจะต้องนำแนวความคิดของผู้ออกแบบออกมาเป็นกายภาพที่สามารถแสดงผลได้ทั้งในรูปแบบของกายภาพหรือดิจิทัล และข้อมูลที่ได้ออกมาจะต้องช่วยหรือส่งเสริมการทำงานในขั้นตอนต่อ ๆ ไปได้และทำให้มั่นใจว่าแนวความคิดนี้จะช่วยในการตอบโจทยความต้องการของผู้ออกแบบด้วยตัวเองหรือกับลูกค้าได้อย่างแน่นอน



ภาพที่ 2.6 รูปแบบจำลองกายภาพในขั้นต้น. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก <https://weheartit.com/entry/49586568>

2.2.3 การสื่อสารในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม

การสื่อสารเป็นเรื่องสำคัญในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมเนื่องจากการออกแบบที่ดีจะต้องมีการทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดและสม่ำเสมอระหว่างสถาปนิกกับลูกค้าหรือระหว่างสถาปนิกกับสถาปนิกเองก็ตามซึ่งบริษัทใหญ่ ๆ จะมีการทำให้สมาชิกทุกคนในทีมเข้าใจจุดมุ่งหมาย (Goal) ของโครงการร่วมกันแต่ต้นและจะต้องมีการร่วมมือกันอย่างใกล้ชิดตั้งแต่ต้นซึ่งเป็นสิ่งท้าทายและอาจจะต้องนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้เพื่อให้การดำเนินการช่วงนี้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mueller, 2007)

การศึกษาวิธีการสื่อสารในกระบวนการออกแบบในวิชาชีพสถาปัตยกรรม จำเป็นต้องได้รับความรู้จากผู้เชี่ยวชาญและทำงานจากประสบการณ์จริงและแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ โดยข้อมูลดังต่อไปนี้ได้นำข้อมูลมาจากงานวิจัย (สกลพร ตันตีสันติสม, 2557) ซึ่งได้ทำการสัมภาษณ์ สถาปนิกซึ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ในการทำงานเป็นสถาปนิกมาแล้ว 2 ปี ในปี 2557 สามารถสรุปได้ว่า ในกระบวนการนี้มี 4 ขั้นตอนคือ การให้คำปรึกษาในขั้นต้น ขั้นตอนการนำเสนอแนวความคิดเริ่มต้น ขั้นตอนการแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการพัฒนาแบบขั้นต้น และขั้นตอนการสื่อสารในช่วงพัฒนา แบบขั้นสุดท้ายโดยแต่ละขั้นตอนนี้มีวิธีการสื่อสารดังต่อไปนี้

(1) การให้คำปรึกษาในขั้นต้น

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการและความสามารถของสถาปนิกโดยมีการพบปะพูดคุยกันระหว่างลูกค้าและสถาปนิกเพื่อเป็นการตีกรอบแนวความคิดของทั้งสองฝ่ายเข้าด้วยกัน การพูดคุยในช่วงนี้ส่วนใหญ่ลูกค้าจะนัดเจอกันที่ร้านอาหารหรือบริเวณพื้นที่โครงการ เพื่อเป็นการอธิบายรายละเอียดคร่าว ๆ และภาพรวมของโครงการรวมถึงถึงความต้องการของลูกค้าด้วย โดยที่สถาปนิกมีหน้าที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการดำเนินการ เมื่อลูกค้าและสถาปนิกตกลงกันได้ลูกค้าจะนัดให้มาดูพื้นที่ก่อสร้างของโครงการในครั้งต่อไป

(2) ขั้นตอนนำเสนอแนวความคิดเริ่มต้น

เมื่อเกิดการตกลงกันว่าจะเริ่มทำโครงการ ในขั้นตอนนี้จะต้องการขนาดของพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้าง ทำให้สถาปนิกต้องไปทำการวัดขนาดของพื้นที่ เพื่อที่จะทราบขนาดของพื้นที่ก่อสร้างของโครงการที่แม่นยำก่อนจะเริ่มทำการวางผังและแนวความคิดคร่าว ๆ ซึ่งในขั้นตอนนี้สถาปนิกจะมีการนัดกับลูกค้าเพื่อที่จะนำเสนอแนวคิดเริ่มต้นให้แก่ลูกค้าโดยอ้างอิงถึงพื้นที่จริง สถาปนิกอาจนำเสนอเป็นแบบร่างโดยคร่าวหรือทัศนียภาพของแบบจำลอง 3 มิติให้ลูกค้าดู ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าว่าต้องการดูอะไร ซึ่งอาจจะไปส่งงานด้วยตัวเองหรือผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตหรือโซเชียลมีเดีย (Social media) ประเภทต่าง ๆ หรือผ่านทางอีเมลแล้วแต่ความสะดวกของลูกค้า

(3) ขั้นตอนการแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการพัฒนาแบบขั้นต้น

ก่อนที่จะเริ่มพัฒนาแบบในขั้นตอนนี้ ลูกค้ากับสถาปนิกจะต้องตกลงแบบแนวความคิดกันลงตัวแล้ว ในขั้นตอนการพัฒนาแบบขั้นต้น สถาปนิกจะต้องพัฒนาแบบให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด โดยที่จะต้องทำแบบให้ลูกค้าตรวจสอบไม่ต่ำกว่า 3 ครั้ง เพื่อให้ได้แบบที่ตรงความต้องการมากที่สุด ก่อนที่จะพัฒนาเป็นแบบร่างขั้นสุดท้าย ในขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่สถาปนิกจะนำเสนอแบบแปลนหรือแต่งรูปทัศนียภาพ (Perspective) ในมุมมองที่ต้องการนำเสนอหรือมุมที่ลูกค้าต้องการเห็นและส่งภาพที่ต้องการนำเสนอผ่านช่องทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) หรือยูทูป

(Google Drive) ในการฝากไฟล์หรือข้อมูลในกรณีที่ข้อมูลเป็นไฟล์ขนาดใหญ่ เมื่อลูกค้าได้รับข้อมูลแล้วจะเป็นการตอบกลับเพื่อให้สถาปนิกปรับแก้แบบในส่วนที่ต้องการแก้ไขโดยการพิมพ์ผ่านทางอีเมลแล้วพูดคุยทางโทรศัพท์เพื่อความมั่นใจด้านการสื่อสารที่ชัดเจน หรือนำรูปเข้าโปรแกรมแต่งภาพเพื่อระบุตำแหน่งที่ต้องการปรับแก้โดยการวงหรือทำให้จุดนั้นเด่นขึ้นมาในรูปที่สถาปนิกได้ส่งไปพร้อมกับเขียนข้อความรายละเอียดที่ต้องการแก้ไขแนบมาบนรูปภาพแล้วส่งกลับไปให้สถาปนิก ซึ่งผลของการสื่อสารมีข้อผิดพลาดเล็กน้อยเท่านั้น สามารถเข้าใจข้อมูลที่ต้องการสื่อสารถูกต้องกันทั้งสองฝ่าย แต่จะใช้เวลาในการสื่อสารที่ค่อนข้างนานเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ชัดเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสื่อสารของแต่ละคนด้วย

(4) ขั้นตอนการสื่อสารในช่วงพัฒนาแบบขั้นสุดท้าย

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการออกแบบ เป็นขั้นตอนที่มีการลงรายละเอียดของโครงสร้างและวัสดุเพื่อประเมินราคาให้ลูกค้าโดยแบบที่พัฒนาจะต้องนิ่งและลงตัวแล้ว และในขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องของงบประมาณที่เกินกว่ากำหนดที่ลูกค้าตั้งเอาไว้ จึงต้องมีการปรับแก้แบบในส่วนของรายละเอียดวัสดุเล็กน้อยกับรายละเอียดโครงสร้างบางส่วนเพื่อให้งบประมาณอยู่ในขอบเขตที่ลูกค้ากำหนด ในส่วนของการสื่อสารในขั้นตอนนี้ใช้วิธีการสื่อสารรูปแบบเดียวกับการพัฒนาแบบขั้นต้น คือ การส่งแบบแปลน รูป ทักษณียภาพแบบจำลอง 3 มิติและรายละเอียดต่าง ๆ ผ่านอีเมล

การสื่อสารในขั้นตอนที่ (2) (3) และ (4) เป็นการสื่อสารผ่านช่องทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรืออีเมลซึ่งมีขั้นตอนการยุ่งยากและซับซ้อนตั้งแต่สถาปนิกต้องเสียเวลาทำรูปทัศนียภาพ 3 มิติให้มีความสวยงาม มีการนำไปเข้าโปรแกรมแต่งรูปก่อนที่ส่งไปให้ลูกค้าดูในส่วนของลูกค้าเอง หลังจากลูกค้าได้รับรูปแล้วถ้าต้องการแก้ไขตรงส่วนไหนก็จะนำรูปที่สถาปนิกส่งมาเข้าโปรแกรมวาดภาพหรือแต่งภาพเพื่อระบุข้อความหรือวงเน้นตรงส่วนที่ต้องการแก้ไขแล้วส่งกลับไปให้สถาปนิก ซึ่งปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการออกแบบระบบสารสนเทศเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ในขั้นตอนนี้ต่อไป

2.2.4 การสื่อสารระหว่างทีมผู้ออกแบบในกระบวนการพัฒนาแบบร่างขั้นต้น

การสร้างระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์เป็นระบบช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาแบบร่างขั้นต้นแก่ทีมผู้ออกแบบ จึงต้องมีการศึกษาวิธีการหรือขั้นตอนการสื่อสารภายในทีมผู้ออกแบบในช่วงของการพัฒนาแบบร่างขั้นต้นเพื่อสร้างระบบให้ตอบสนองต่อการใช้งานและความต้องการต่าง ๆ

ในการศึกษาวิธีการหรือขั้นตอนการสื่อสารภายในทีมผู้ออกแบบในช่วงของการพัฒนาแบบร่างในขั้นต้นจำเป็นต้องได้รับข้อมูลความรู้จากผู้เชี่ยวชาญและได้รับประสบการณ์จากการ

ทำงานจริง พร้อมกับแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์สถาปนิก นาย รัชชานนท์ เฉลิมเผ่า ผู้มีประสบการณ์จากการทำงานสถาปนิกเป็นระยะเวลา 4 ปี จากบริษัท แอร์เบช อะคิเท็ค ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครและสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ของบริษัทแฮร์ริสันอะคิเท็คกับบริษัทมอสอะคิเท็คซึ่งตั้งอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้ข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการสื่อสารระหว่างทีมผู้ออกแบบในกระบวนการพัฒนาแบบร่างขั้นต้นได้ดังต่อไปนี้

2.2.4.1 อธิบายภาพรวมของแนวความคิดขั้นต้น

2.2.4.2 แลกเปลี่ยนแนวความคิดบนระนาบ 2 มิติ

2.2.4.3 นำเสนอวิธีการหรือแนวทางความเป็นไปได้

2.2.4.4 นำเสนอเพื่อปรับปรุงและพัฒนา

2.2.4.1 อธิบายภาพรวมของแนวความคิดขั้นต้น

เป็นขั้นตอนการสื่อสารเพื่อแสดงถึงภาพแนวความคิดให้ผู้ออกแบบแต่ละคนได้เข้าใจถึงแนวความคิดที่ตรงกัน โดยแนวความคิดดังกล่าวได้รับมาจากผู้ว่าจ้างและผสมผสานกับแนวความคิดของผู้ออกแบบอาวุโส ก่อนจะถูกนำมาอธิบายแก่ผู้ออกแบบรุ่นน้อง และกระบวนการหรือวิธีที่จะทำให้ผู้ออกแบบอาวุโสกับผู้ออกแบบรุ่นน้องมีภาพแนวความคิดที่ตรงกัน ต้องอาศัยตัวช่วยซึ่งก็คือรูปภาพ โดยจากการสัมภาษณ์ในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบอาวุโสจะทำการหารูปภาพประกอบแนวความคิดจากหนังสือหรือเว็บไซต์ เช่น Pinterest และทำการพิมพ์ออกมาหรือทำการบันทึกเอาไว้ในฐานข้อมูลของตนเองในเว็บไซต์และทำการแบ่งฐานข้อมูลกับผู้ใช้งานร่วมซึ่งในที่นี้คือผู้ออกแบบรุ่นน้อง เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความโดยรูปภาพดังกล่าวอาจจะแสดงถึงรูปแบบของพื้นที่ หรือรายละเอียดขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมต่าง ๆ เช่น สี วัสดุ หรืออุปกรณ์ตกแต่งต่าง ๆ และฝ่ายผู้ออกแบบอาวุโสจะทำการชี้แจงรายละเอียดว่าแนวคิดจากรูปภาพนี้คืออะไร

2.2.4.2 แลกเปลี่ยนแนวความคิดบนระนาบ 2 มิติ

หลังจากแต่ละฝ่ายในทีมออกแบบได้ปรับแนวความคิดขั้นต้นให้ตรงกันแล้วจึงเริ่มการสร้างความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในมุมมอง 2 มิติบนแนวความคิด 3 มิติหรือในมุมมองแปลนเพื่อเริ่มต้นการวางกลุ่มก้อนอาคารหรือกลุ่มก้อนของการใช้งานพื้นที่โดยรวม และในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบรุ่นน้องจะเป็นผู้ออกแบบหลักโดยจะทำการออกแบบการไหลเวียนของการใช้งานภายในอาคารผ่านแบบร่าง 2 มิติโดยคำนึงถึงผู้ใช้งานผสมผสานกับแนวความคิดที่ต้องการนำเสนอ และในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบอาวุโสจะต้องคอยแนะนำจากประสบการณ์และจากข้อมูลความต้องการของผู้ว่าจ้าง เพื่อให้แบบร่างในขั้นตอนนี้ มีความถูกต้องมากที่สุดในด้านของการใช้งาน และเพื่อการพัฒนาแบบร่างในขั้นตอนต่อ ๆ ไปและในขั้นตอนนี้มีวิธีการในการแลกเปลี่ยนแนวความคิดโดยการอาศัย

แบบร่างที่สร้างจากซอฟต์แวร์ออโต้แคด (Autocad) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนแบบต่าง ๆ หรือการสร้างแบบจำลองกายภาพ และการเขียนแบบร่างบนกระดาษพร้อมกับการบ่งบอกถึงประเภทของพื้นที่โดยอาศัยการระบายสีเพื่อแบ่งแยกแต่ละกลุ่มก้อนออกจากกันพร้อมกับขนาดที่สามารถอ้างอิงสัดส่วนได้ เพื่อการเปรียบเทียบกับการใช้งานจริงเมื่อมีผู้ใช้งานเข้าไปใช้งานจริงและเพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้ออกแบบอาวุโสต่อไป

2.2.4.3 นำเสนอวิธีการหรือแนวทางความเป็นไปได้

เมื่อการวางความสัมพันธ์ของพื้นที่เสร็จเรียบร้อยแล้วจะเริ่มการทำงานเชิง 3 มิติมากขึ้นหรือเป็นการหาความสัมพันธ์ของพื้นที่ทั้งในแนวราบและแนวตั้งมากขึ้น โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการทำงานบนแบบร่าง 2 มิติพร้อมกับแบบจำลอง 3 มิติไปพร้อม ๆ กัน โดยแบบร่าง 2 มิติจะประกอบไปด้วยผังพื้น รูปด้าน รูปตัด เพื่อดูความสัมพันธ์ของพื้นที่ทั้งในแนวราบและแนวตั้งไป พร้อม ๆ กับแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งอาจจะเป็นแบบจำลองภายในซอฟต์แวร์ที่ใช้งาน หรือแบบจำลองกายภาพก็ได้ แล้วแต่ความต้องการของผู้ออกแบบอาวุโส จากการสัมภาษณ์ผู้ออกแบบอาวุโสต้องการให้มีการสร้างแบบจำลองกายภาพมากกว่าแบบจำลองภายในซอฟต์แวร์ เนื่องจากสามารถจับต้องได้ และมองเห็นความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้มากกว่า แต่จะทำให้เกิดการเสียเวลาในขั้นตอนการทำซ้ำหรือการแก้ไข และในขั้นตอนนี้เป็นการนำเสนอของผู้ออกแบบรุ่นน้องถึงแนวทางหรือความเป็นไปได้ของตัวเลือกต่าง ๆ ที่ผู้ออกแบบได้ทำการออกแบบมาโดยมีตัวเลือก 3 - 4 แบบในแต่ละครั้งที่น่าเสนอเพื่อเป็นการหาทางเลือกที่ดีที่สุดในการพัฒนาแบบต่อไป โดยขั้นตอนในการนำเสนอขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ต้องการนำเสนอ อาจจะเป็นการสร้างรูปทัศนียภาพขึ้นมาเพื่อประกอบการตัดสินใจหรือจะเป็นการสร้างแบบจำลองกายภาพขึ้นมาหรือการร่างแบบขั้นต้นขึ้นมาก็สามารถทำได้ และหากผู้ออกแบบอาวุโสไม่ได้อยู่ที่เดียวกันกับผู้ออกแบบรุ่นน้องก็สามารถอาศัยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ช่องทางต่าง ๆ เช่น ไลน์ (Line) หรือ (E-mail) เพื่อทำการสื่อสารกันในระยะไกล แต่จะต้องมีการพูดคุยโดยใช้เสียงประกอบการนำเสนอเพื่อให้อีกฝ่ายได้รับข้อมูลที่ชัดเจนมากที่สุด

2.2.4.4 นำเสนอเพื่อปรับปรุงและพัฒนา

การสื่อสารในขั้นตอนนี้จะต้องมีแบบจำลองที่สามารถจับต้องได้และรูปทัศนียภาพพร้อมกับแบบร่างขั้นต้น 2 มิติที่ทำการพิมพ์ออกมาเพื่อการร่างเส้นหรือการร่างแบบ (Sketch) และเพื่อให้เกิดความชัดเจนของข้อมูลมากที่สุด และป้องกันความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ต้องการแก้ไข ผู้ออกแบบอาวุโสจะทำการร่างแบบลงไปในภาพหรือบนแบบจำลองกายภาพเพื่อเป็นการบ่งบอกถึงตำแหน่งที่ต้องการแก้ไข และผู้ออกแบบรุ่นน้องสามารถที่จะเก็บข้อมูลที่ต้องแก้ไขไว้พัฒนาแบบต่อไปได้ เนื่องจากมีเส้นร่างอยู่บนแบบกายภาพ ป้องกันการสูญหายของข้อมูล และสามารถดึงข้อมูลเหล่านั้นมาดูอีกทีเมื่อไหร่ก็ได้ แต่ในกรณีที่ผู้ออกแบบอาวุโสไม่ได้อยู่ที่เดียวกันกับ

ผู้ออกแบบรุ่นน้อง จะมีขั้นตอนในการสื่อสารคล้ายกับข้อ 2.1.4.3 คือการอาศัยช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการสื่อสาร แต่จะมีการร่างแบบบนหน้าจอมือถือหรือหน้าจอกอมพิวเตอร์และส่งกลับไปยังอีกฝ่าย เป็นการทำให้เสียเวลาในการสื่อสารและความชัดเจนของข้อมูลที่แต่ละฝ่ายได้รับจะมาพร้อมกับเวลาที่เสียไปมากขึ้นในการนำเสนอข้อมูลให้มีความชัดเจน

2.3 ความจริงเสมือน

2.3.1 ความหมายและรูปแบบของความจริงเสมือน

ความจริงเสมือน (Virtual reality) เป็นเทคโนโลยีที่คอมพิวเตอร์จำลองสภาพแวดล้อมเสมือนขึ้นโดยส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับการมองเห็น แสดงทั้งบนจอกอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผลสามมิติ โดยผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมได้ทั้งโดยอาศัยอุปกรณ์มาตรฐานเช่น แป้นพิมพ์ หรือ เมาส์ ในทางปฏิบัติแล้วเป็นเรื่องยากมากในการสร้างประสบการณ์ความจริงเสมือนที่เหมือนจริงมาก ๆ เนื่องจากข้อจำกัดในด้านอุปกรณ์หรือทางเทคนิค เช่นระบบการประมวลผลหรือความละเอียดของภาพ ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวคาดว่าจะถูกแก้ไขและพัฒนาได้ในอนาคต (ฐิตแก้ว ศรีสด, 2543)

ซึ่งประเภทของระบบ VR แบ่งตามลักษณะวิธีที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้โดยแบ่งออกมาได้ 5 ประเภทดังนี้

(1) Desktop VR หรือ Window on World Systems (WoW) เป็นการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ธรรมดาเพื่อแสดงโลกเสมือนจริงบางครั้งถูกเรียกว่า “Desktop VR” หรือ “Window on a World” (WoW)

(2) Video mapping เป็นการนำวิดีโอมาเป็นอุปกรณ์นำเข้าข้อมูล และใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์ในการแสดงผลกราฟฟิกแบบ WoW ซึ่งมีทั้งแบบ 2 มิติและ 3 มิติ ทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นตัวเอง

(3) Telepresence หรือระบบทางไกลเสมือนจริงที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณระยะไกลไว้ที่อุปกรณ์หนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นหุ่นยนต์ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นเพื่อให้เชื่อมต่อการใช้งานเข้ากับผู้ใช้

(4) Augmented/Mixed Reality Systems การรวมกันของระบบทางไกลเสมือนจริง (Telepresence) กับ เทคโนโลยีความจริงเสมือนโดยใช้ระบบทางไกลเสมือนจริงเป็นตัวนำเข้าข้อมูล และเทคโนโลยีความจริงเสมือนในการแสดงผลภาพเสมือนจริงให้กับผู้ใช้ได้เห็น เช่นการแสดงผลภาพเสมือนจริงสมองของคนไข้ให้กับศัลยแพทย์ชม

โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลความจริงเสมือน (Output Devices) ถูกแบ่งออกตามการใช้งานได้ 4 รูปแบบ (อิทธิญา อารักษ์ษา, 2556) ได้แก่

(1) จอภาพสวมศีรษะ (Head-Mounted display : HMD)

เป็นอุปกรณ์ช่วยด้านการมองเห็นที่ครอบคลุมในแนวนอนเกือบทั้งหมด ประกอบแว่นตาที่บรรจุจอขนาดเล็ก ทำจากกระจก 3 มิติ ซึ่งทำมุมกว้างประมาณ 140 องศา โดยประมาณ ในเรื่องของเสียงสภาพแวดล้อม ผู้ใช้สามารถใช้หูฟังเพื่อการได้ยินเสียงรอบทิศทางและสามารถมองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือสิ่งที่ประดิษฐ์ในสภาพแวดล้อมเสมือนได้

(2) บูม (Binocular Omni-Orientation Monitor : Boom)

เป็นอุปกรณ์ช่วยในการมองภาพ 3 มิติโดยอาศัยขาตั้งที่ช่วยในการกำหนดทิศทาง โดยการเลื่อนก้านควบคุมเพื่อเปลี่ยนมุมมองหรือเคลื่อนที่ในสิ่งแวดล้อมเสมือน และอุปกรณ์ในการแสดงผลมีลักษณะคล้ายจอภาพสวมศีรษะ คือจอขนาดเล็กและเลนส์ทั้ง 2 ข้างตา และบูมยังสามารถทำงานร่วมกับถุงมือเพื่อรับสัมผัสของวัตถุที่อยู่ในสภาพแวดล้อมเสมือนอีกได้เช่นกัน

(3) เคฟว์ (Cave Automatic Virtual Environment : Cave)

เป็นระบบของการสร้างภาพลวงตาเสมือนจริงแบบ 3 มิติ โดยแสดงผลในห้องสี่เหลี่ยมทรงลูกบาศก์ขนาดเล็ก ซึ่งมีอุปกรณ์เป็นจอรอบทิศทางเท่ากับขนาดของผนังจริง และพื้นห้องทุกด้าน โดยผู้ใช้จะเข้าไปยืนอยู่กลางห้องและสวมใส่อุปกรณ์แว่นตาสถาปัตยกรรมน้ำหนักเบา (Lightweight stereo glasses) จะทำให้รู้สึกที่กำลังเดินอยู่ในสถานที่เสมือนจริง

(4) แว่นตามองภาพ 3 มิติ (Shutter Glasses)

เป็นอุปกรณ์ลวงตาผู้ใช้ให้รู้สึกว่ากำลังยืนอยู่ในสถานที่หนึ่งจริง ๆ และสามารถมองเห็นวัตถุห่างออกจากตัวผู้ใช้ ซึ่งประกอบไปด้วยแว่นที่มีเลนส์เป็นจอขนาดเล็กเหมือนกับอุปกรณ์ในข้อ (1) และ (2) และสามารถมองไปรอบตัวหรือเดินสำรวจได้ โดยอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อสัญญาณกับคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ส่วนข้อมูลนำเข้า (Input Devices) คือถุงมือรับสัมผัส (Sensor Glove) เป็นถุงมือที่มีเส้นใยนำแสงเป็นแนวตามนิ้ว เมื่อสวมถุงมือนี้แล้วจะทำให้ผู้ใช้รับรู้ถึงสภาพแวดล้อมเสมือน 3 มิติมากขึ้นและสามารถจับต้องหรือรู้สึกถึงวัตถุภายในสภาพแวดล้อม 3 มิติได้

2.3.2 ประวัติความเป็นมาของความจริงเสมือน

เทคโนโลยีความจริงเสมือนเครื่องแรกได้ถูกประดิษฐ์ออกมาโดย อีแวน ซูเทอร์แลนด์ (Ivan Sutherland) ในปี พ.ศ. 2503-2512 ซึ่งได้ประดิษฐ์ออกมาในลักษณะของจอภาพสวมศีรษะ 3 มิติและในระยษะนั้นได้เริ่มมีการพัฒนาในด้านคอมพิวเตอร์กราฟฟิก การใช้จอภาพสวมศีรษะ

ร่วมกับคอมพิวเตอร์กราฟิก 3 มิติ จึงนับเป็นต้นกำเนิดของเทคโนโลยีความจริงเสมือน (ฐิตแก้ว ศรี สด, 2543)

ต่อมาในปี พ.ศ. 2513-2532 ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือนในห้องปฏิบัติการวิจัยอวกาศอาร์มสตรอง ในการจำลองการบินโดยการปรับปรุงจอภาพสวมศีรษะให้ดีขึ้นโดยให้นักบินสวมใส่ และโครงการนาซายังได้ช่วยแพร่กระจายเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนกับนักเขียนโปรแกรมและผู้ผลิตอุปกรณ์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ โดยการนำเอาส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วมาประดิษฐ์จอภาพสวมศีรษะในราคาถูกลงและถูกนำมาใช้ครั้งแรกในกองทัพอากาศ



ภาพที่ 2.7 การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนเพื่อช่วยในการออกกำลังกายของนักบินอวกาศ. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก <https://virtualrealitytimes.com/2017/02/07/nasa-is-heavily-investing-in-virtual-reality/>

2.3.3 แนวโน้มการเติบโตและการใช้งานต่าง ๆ ของความจริงเสมือน

ในปี 2536 เทคโนโลยีความจริงเสมือนได้ขยายวงกว้างไปในวงการต่าง ๆ มากขึ้น เช่น วงการเกมคอมพิวเตอร์ บริษัทนินเทนโดได้นำเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาใช้ในเกมต่าง ๆ แทนของเดิมและกลุ่มนักวิจัยก็มีความพยายามในการนำความจริงเสมือนมาใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ การแพทย์ การฝึกอบรม และด้านสถาปัตยกรรม และในเวลาต่อมาผู้คนทั่วไปเริ่มเข้าถึงเทคโนโลยีความจริงเสมือนมากขึ้นและมีแนวโน้มว่าจะได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น

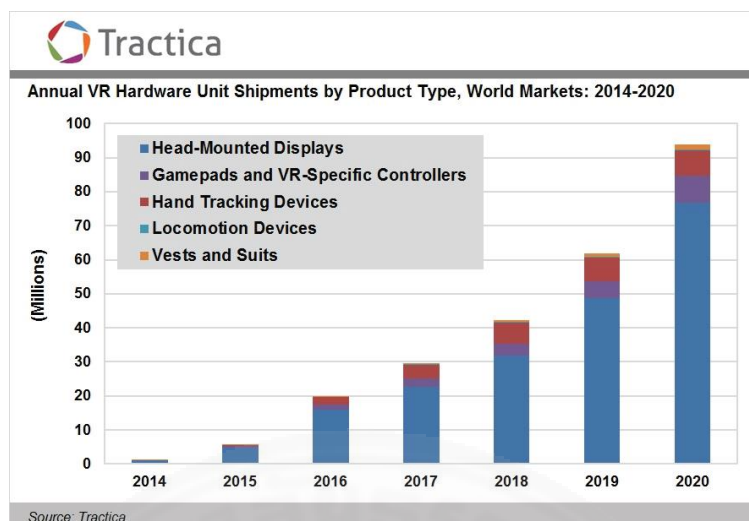
ในปัจจุบันเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในหลากหลายวงการ เช่น การแพทย์ การศึกษา วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม ความบันเทิง และสถาปัตยกรรม เป็นต้น ปัจจัยที่ทำให้เทคโนโลยีความจริงเสมือนได้รับความนิยมในหลากหลายวงการจนเกิดเป็นกระแส เนื่องจากอุปกรณ์สวมศีรษะได้มีการพัฒนาการใช้งานในรูปแบบที่หลากหลายและ

มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมไปถึงการผลิตและการจำหน่ายที่มีอัตราสูงขึ้นทำให้ราคาต่ำลง ซึ่งส่งผลให้ผู้ใช้งานจากหลากหลายวงการหรือผู้ใช้งานในอาชีพต่าง ๆ สามารถเข้าถึงได้ง่ายยิ่งขึ้น (ณัฐพล ศิริศิริ กุล, 2559)

ในปี 2560 อุตสาหกรรมเทคโนโลยีความจริงเสมือนมีแนวโน้มจะขึ้นไปแตะในระดับ 7.2 พันล้านเหรียญสหรัฐเมื่อเทียบกับอัตราการเติบโตจากปีที่ผ่านมา ๆ มา เกิดจากการก่อกำเนิดแว่นวีอาร์ แบบใหม่ ๆ ที่มีฟังก์ชันหลากหลายให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้แบรนด์ต่าง ๆ ได้อย่างอิสระ และเมื่อคู่อัตราที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปีจะพบว่าภายในปี 2564 นั้น การตลาดในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีความจริงเสมือนจะเติบโตมากขึ้นถึง 10 เท่าจากปี 2560 นี้โดยใช้เกณฑ์การวัดจากเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องพร้อมกับวัสดุที่ถูกลง (ธารทิพย์ รัตนวิจารณ์, 2016)



ภาพที่ 2.8 แนวโน้มการเติบโตทางการตลาดของความจริงเสมือน. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก <http://www.siamvr.com/vr-news/virtual-reality-industry-revenues-7-2-billion-in-2017/>



ภาพที่ 2.9 แนวโน้มการครอบครองความจริงเสมือน. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก

<https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/more-than-200-million-virtual-reality-head-mounted-displays-to-be-sold-by-2020/>



ภาพที่ 2.10 การใช้งานความจริงเสมือนในด้านต่าง ๆ (2015). สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก

<https://cleeng.com/blog/virtual-reality-and-live-streaming-go-hand-in-hand/>

ในด้านสถาปัตยกรรม เทคโนโลยีความจริงเสมือนช่วยให้สถาปนิกเข้าถึงพื้นที่ในการออกแบบได้อย่างเต็มที่ สามารถทำให้ทุกคนได้เห็นและสัมผัสได้ถึงรูปแบบโครงสร้าง ทั้งในด้านความสูงของสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ว่าง หรือการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ซึ่งเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่มีสมรรถภาพสูงส่งผลให้ความเข้าใจในงานออกแบบที่ยังไม่ถูกสร้างขึ้นจริงสามารถเป็นรูปเป็นร่างได้ดียิ่งขึ้นและอาจจะได้รับคำแนะนำเพิ่มเติมพร้อมกับการมีส่วนร่วมจากลูกค้า ช่วยให้การออกแบบมี

คุณภาพมากขึ้น เนื่องจากสถาปัตยกรรมควรเข้าถึงได้ในทุกประสาทสัมผัสและสำหรับเทคโนโลยีความจริงเสมือนแล้ว ความคิดริเริ่มในการออกแบบนั้นไม่มีที่สิ้นสุด ไม่ว่าจะในเรื่องของสิ่งที่คาดหวังหรือจินตนาการ ก็สามารถจำลองออกมาได้เสมือนจริง และยังสามารถส่งต่อและปรับมุมมองความเข้าใจและความคิดเห็นต่าง ๆ ได้ในทุกการออกแบบ (Hanegraaf, 2560)

2.3.4 การใช้งานความจริงเสมือนกับการออกแบบสถาปัตยกรรม

เทคโนโลยีความจริงเสมือนถูกค้นพบว่าเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม จากงานวิจัยของ Dace A. Campbell เรื่อง Human Interface Technology Laboratory, University of Washington ซึ่งทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ใช้งานที่เป็นนักศึกษาสองกลุ่ม ระหว่างกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนในการออกแบบกับกลุ่มที่ใช้วิธีการที่มีอยู่ในปัจจุบันในการออกแบบถูกสรุปออกมาว่า เทคโนโลยีความจริงเสมือนได้กลายเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์แต่อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยและตัวแปรต่าง ๆ หลายอย่างที่ต้องกำหนดเพื่อการใช้งานที่เหมาะสมระหว่างเทคโนโลยีความจริงเสมือนกับการออกแบบสถาปัตยกรรม ทั้งในรูปแบบของการดื่มด่ำ (Immersive) กับรูปแบบไม่ดื่มด่ำ (Non-immersive) ซึ่งทั้งสองรูปแบบได้มีการนำมาใช้ในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมด้วยกันทั้งคู่ แต่ประโยชน์ของการใช้งานแตกต่างกันออกไป

การใช้งานรูปแบบไม่ดื่มด่ำถูกนำมาใช้ในการนำเสนอผลงานการออกแบบที่ต้องการความละเอียดและความซับซ้อนของแบบจำลองสูงและสามารถที่จะเลือกมองได้ในหลายมุมมองง่ายกว่าและเร็วกว่ารูปแบบดื่มด่ำ แต่ในทางกลับกันในรูปแบบนี้ไม่สามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุภายในโลกเสมือนจริงได้ ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานหรือผู้ออกแบบนิยมนำรูปแบบการทำงานแบบดื่มด่ำมาใช้งานในการออกแบบร่างขั้นต้นมากกว่า เนื่องจากการทำงานรูปแบบดื่มด่ำจะมีการนำเข้าของข้อมูลผ่านแว่นสวมศีรษะพร้อมกับการใช้คอนโทรลเลอร์เพื่อนำเสนอการรับรู้ลักษณะเชิงพื้นที่แก่ผู้ใช้งานและโอกาสที่จะมองเห็นงานออกแบบของตนจากภายใน ในขนาดสัดส่วนที่เท่ากับตนเองเทียบกับขนาดของอาคารจริง ๆ ซึ่งทำให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบรายละเอียดและการเชื่อมต่อของพื้นที่ได้สะดวกและง่ายต่อการเลือกมุมมอง ส่งผลให้ผู้ออกแบบสามารถตรวจพบข้อบกพร่องต่าง ๆ ได้เร็วขึ้นและวิธีการนี้จะมีประโยชน์ต่อช่วงของการออกแบบต่อ ๆ ไปในอนาคตเช่นกัน

ในด้านรายละเอียดของแบบจำลองหรืองานออกแบบ เมื่อเกณฑ์สำคัญของรายละเอียดถูกแสดงในรูปแบบของเทคโนโลยีความจริงเสมือน ผู้ออกแบบสามารถที่จะรับรู้ลักษณะเชิงพื้นที่ของการออกแบบที่อาจไม่ได้รับจากสื่อการออกแบบอื่น ๆ และก่อนที่ความซับซ้อนของแบบจำลองจะถึงระดับสูง เทคโนโลยีความจริงเสมือนสามารถนำมาใช้งานในช่วงนี้ดังกล่าวได้ แต่ไม่ใช่เครื่องมือที่จะมาใช้แทนเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ในขณะเดียวกัน การจำลองในเวลาจริง (Real-time simulation) ได้กลายเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในเรื่องของรายละเอียดต่าง ๆ ในงานออกแบบสถาปัตยกรรม ทั้งในเรื่องของ สี ความโปร่งแสง หรือรูปทรงที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามระดับของรายละเอียดของงานออกแบบต้องการความถี่ของการแสดงภาพที่ต้องอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ และถ้าระบบการสร้างแบบจำลองสามารถช่วยเหลือผู้ออกแบบในการสร้างสรรค์แนวความคิดในการออกแบบและแบบจำลองดิจิทัล (Digital Models) สามารถที่จะถูกสร้างขึ้นในลักษณะเดียวกันกับการสร้างแบบจำลองกายภาพ (Physical Models) พร้อมกับการทำงานรูปแบบการเขียนภาพ (Drawing) จะสามารถเพิ่มการรับรู้ของการออกแบบไปได้อีกขั้นหนึ่ง และถ้าเทคโนโลยีความจริงเสมือนสามารถที่จะตอบสนองโดยทันทีกับระบบ CAD หรือสื่อการออกแบบในแบบดั้งเดิม เป็นไปได้ว่าเทคโนโลยีความจริงเสมือนสามารถเข้ามาแทนที่การสร้างรูปทรง (Modeling) จากหลากหลายซอฟต์แวร์ได้เหมือนกับการที่ CAD เข้ามาแทนที่การร่างแบบ (Drafting)

และสื่อการนำเสนอรูปแบบ 2 มิติในปัจจุบันมีข้อจำกัดในเรื่องของการนำเสนอรูปแบบพื้นที่ 3 มิติ ซึ่งผู้ออกแบบต้องการตัวกลางที่จะช่วยในเรื่องของการทำงานในพื้นที่ 3 มิติที่ต้องการ ๆ ตอบสนองแบบทันทีและตรงไปตรงมามากขึ้นและเทคโนโลยีความจริงเสมือนสามารถช่วยได้ แต่ในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงปัญหาที่ผ่านมามีเกี่ยวกับเทคโนโลยีความจริงเสมือน ว่าการใช้งานสามารถใช้งานได้คนเดียวทำให้การเดินทางในโลกเสมือนจริงไม่ราบรื่นและการใช้งานจำเป็นจะต้องเดินทางไปหาผู้ที่มีอุปกรณ์หรือผู้ที่ทำการนำเสนอผลงานอยู่ จึงเป็นการเสียเวลาต่อให้ระบบสามารถใช้งานและตอบสนองความต้องการก็ตามและการใช้งานคนเดียวสามารถสร้างความรู้สึกแปลกที่จะต้องแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในขณะที่ใช้งานการจำลองสถานการณ์ในโลกจริงเสมือนอยู่คนเดียว ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ด้วยระบบเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่สามารถใช้ได้หลายผู้ใช้งานในเวลาเดียวกันและสามารถสื่อสารกันได้ในเวลาจริง

2.4 ระบบหลายผู้ใช้

ระบบหลายผู้ใช้หรือเรียกว่า Multi-User คือระบบที่อนุญาตหรือเอื้ออำนวยให้มีผู้ใช้หลายคนสามารถเข้ามาใช้งานในระบบได้ในเวลาเดียวกัน ในขณะที่การประมวลผลของระบบสามารถประมวลผลข้อมูลที่เข้ามาจากหลายแห่งได้ในเวลาพร้อมกัน ทำให้กระจายการใช้งานได้ทั่วถึงมากยิ่งขึ้น (Tekla User Assistant, 2561)

เริ่มแรกระบบหลายผู้ใช้ถูกพัฒนาในรูปแบบของเกมออนไลน์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาโดยชาวอเมริกัน ด้วยแนวคิดที่จะสร้างสภาพสังคมของคนจากหลาย ๆ แห่งเข้ามามีปฏิสัมพันธ์กัน

ผ่านสื่อในรูปแบบของเกม เพื่อให้ผู้เล่นเหล่านั้นได้สัมผัสประสบการณ์ใหม่ และได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นที่เล่นเกมด้วยกัน จึงเกิดเป็นเกมออนไลน์ แต่ยังคงมีการจำกัดวงในการเล่นเกิดขึ้นอยู่ เช่นเกม Dungeon crawls เล่นบน Plato โดยมหาวิทยาลัยฮิลินอยด์ รัฐมิชิแกน เป็นเกมในยุคแรกที่สามารถเล่นกันภายในมหาวิทยาลัย โดยรับผู้เล่นได้สูงสุดเพียง 32 คนพร้อมกัน



ภาพที่ 2.11 รูปฉากรูปในเกม Dungeon crawls. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Dungeon_crawl, โดย David Lloyd

ต่อมาเมื่อระบบอินเทอร์เน็ตพัฒนาก้าวหน้ามากขึ้นจึงเกิดเป็นระบบเกมออนไลน์ ประเภทผู้เล่นจำนวนมาก เกมแรกชื่อว่า ซึ่งถูกออกแบบและพัฒนาโดย เคลตัน ฟลิน (Kelton Flinn) และ จอห์น เทย์เลอร์ (John Taylor) โดยที่สามารถรองรับผู้เล่นได้ประมาณ 100 คนพร้อม ๆ กัน



ภาพที่ 2.12 รูปฉากรูปในเกม Dungeon crawls 2. สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 60 จาก <https://alchetron.com/Island-of-Kesmai-3077065-W>

ในประเทศไทย ยุคแรกที่ได้มีการนำเอาเกมออนไลน์เข้ามาถูกแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่ เกมออนไลน์ที่เล่นด้วยระบบแลน (LAN หรือ Local Area Network) และเกมออนไลน์ที่เล่นด้วยระบบอินเทอร์เน็ต (บุรินทร์ ปะฉิมะ, 2558)

ระบบแลน (LAN หรือ Local Area Network) เป็นระบบเครือข่ายท้องถิ่น ซึ่งเป็นเน็ตเวิร์กที่เชื่อมต่อกันในระยะทางไม่เกิน 10 กิโลเมตร และไม่จำเป็นต้องใช้โครงข่ายการสื่อสารขององค์การโทรศัพท์ หรือระบบเครือข่ายที่อยู่ภายในอาคารเดียวกันหรือต่างอาคารในระยะใกล้ ๆ

ระบบอินเทอร์เน็ต (Internet) ย่อมาจากคำว่า “International network” หรือ “Inter Connection network” หมายถึงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่เชื่อมโยงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลกไว้ด้วยกัน เพื่อสร้างการสื่อสารและการแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกัน โดยอาศัยตัวเชื่อมเครือข่ายภายใต้มาตรฐานการเชื่อมโยงเดียวกัน (Mulmuang, 2557)

2.5 การสร้างรูปทรง 3 มิติเบื้องต้น

การสร้างรูปทรงหรือการสร้างวัตถุ 3 มิติ ด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิกเป็นการนำจุดมาวางเรียงต่อกันอย่างมีระเบียบจนเกิดเป็นเส้น และเมื่อเส้นถูกต่อเข้าตามเงื่อนไขที่กำหนดก็จะเกิดเป็นรูประนาบแบนขึ้นมา ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาไปสู่วัตถุ 3 มิติต่อไป และอาจกล่าวได้ว่าการสร้างรูปทรง 3 มิติ เป็นรูปแบบการสร้างที่เกิดจากการใช้ประสบการณ์ของผู้ใช้งาน ในสัมผัสหยิบหรือจับองค์ประกอบต่าง ๆ มาผสมผสานจนเกิดเป็นรูปทรงใหม่ ๆ เกิดขึ้นโดยที่ผ่านมาเป็นการทำงานที่จำกัดการแสดงผลอยู่แค่ช่องมองที่เป็นกรอบจอภาพ ผู้ใช้งานหรือผู้ออกแบบจำเป็นต้องใช้ประสบการณ์จริงเข้ามาช่วยในการตัดสินใจและพิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้นจากการจำลองภาพภายในความคิด เพื่อการจำลองสถานะต่าง ๆ ให้เสมือนจริง (พชระ จาณูพจน์, 2003) และกระบวนการสร้างรูปทรง 3 มิติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 ธรรมชาติของการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติ

2.5.2 วิธีการสร้างรูปทรง 3 มิติ

2.5.1 ธรรมชาติของการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติ

รูปทรงต่าง ๆ ที่เรามองเห็นในสภาพแวดล้อมจริง ไม่ว่าจะเป็น รถ กล้อง อาคาร หรือแม้แต่คน เมื่อแปลงให้เข้าไปปรากฏอยู่ในคอมพิวเตอร์กราฟิกจะถูกบันทึกไว้ในข้อมูลเชิงตัวเลข ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นจะถูกนำมาประมวลผลโดยซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์เพื่อที่จะไปแสดงผลเป็นรูปทรงขึ้นมา ซึ่งรูปทรงหรือวัตถุที่ปรากฏในคอมพิวเตอร์กราฟิก 3 มิติหรือโลกเสมือนจริง มีวิธีใน

การสร้างขึ้นมาได้หลายวิธี เช่น การป้อนค่าพิกัดที่ละสองระนาบ (XY, XZ, ZY) หรือการใช้อุปกรณ์รอบข้าง 3มิติที่สามารถอ่านตำแหน่งระนาบทั้งสาม (X, Y, Z)

ในสภาพแวดล้อมที่เราอยู่อาศัยประกอบไปด้วยวัตถุ 3 มิติ เช่น ห้องนอน ประกอบไปด้วย เติง ตู้ หมอน ผ้าห่ม ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีประกอบไปด้วย ความยาว ความกว้าง และความสูง และวัตถุแต่ละชิ้นจะมีคุณลักษณะเฉพาะตัวเช่น สี พื้นผิว ความกว้าง ความสูง ซึ่งวัตถุแต่ละชิ้นจะต้องมีการแบ่งจำแนกประเภทโดยการตั้งชื่อกำกับ ซึ่งอาจทำได้โดยการกำหนดหมายเลขรหัส และในคอมพิวเตอร์กราฟฟิก เราจะพบว่าค่าพิกัดนอกจากจะเป็นการแสดงถึงตำแหน่ง (X,Y) ในระบบคาร์ทีเซียนแล้ว ยังเป็นชื่อเรียกจุดได้เช่นกัน ซึ่งหมายความว่า วัตถุ 3 มิติทุกชิ้นจำเป็นจะต้องมีชื่อเรียกเพื่อใช้ในการจำแนกสิ่งต่าง ๆ เพื่อนำไปแสดงผลหรือปรากฏบนที่ว่างได้อย่างถูกต้อง เพราะฉะนั้น ชื่อจึงเป็นส่วนหนึ่งของ ลักษณะประจำ (Attribute)

2.5.2 วิธีการสร้างรูปทรง 3 มิติ

รูปทรง 3 มิติถูกสร้างขึ้นจากการนำตัวแปรหรือข้อมูลเชิงตัวเลขมาประมวลผล โดยกระบวนการทางเรขาคณิตและตรีโกณมิติ ตัวแปรเสริมหรือค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกส่งเข้าไปโดยอาศัยอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลที่หลากหลาย เช่น การนำเข้าข้อมูลเชิงตัวเลขหรือเชิงตัวอักษรโดยอาศัยแป้นพิมพ์ หรือ อุปกรณ์ในการแปลงค่าจากการเคลื่อนที่ให้กลายเป็นตัวเลข เช่น เมาส์ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันเมื่อเทคโนโลยีพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีอุปกรณ์ที่ช่วยในการแปลงค่าจากการเคลื่อนที่ของมนุษย์เข้าไปเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขหลากหลายรูปแบบ เช่น เทคโนโลยีความจริงเสมือน ที่มีคอนโทรลเลอร์ (Controller) มาช่วยในการแปลงค่าจากการเคลื่อนที่ของมือและแขน หรือ Kinect ซึ่งเป็นการแปลงค่าจากสรีระร่างกายของมนุษย์ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกนำเข้าเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขเช่นกัน

วิธีหนึ่งที่เป็นพื้นฐานในการสร้างรูปทรง 3 มิติคือ การสร้างรูปทรงเรขาคณิตเบื้องต้น เช่น ลูกบาศก์สี่เหลี่ยม ทรงพีระมิด เป็นต้น เนื่องจากรูปทรงเหล่านี้ถูกเรียกว่ารูปทรงปฐมฐาน (Primitive shape) ซึ่งเป็นเค้าโครงของวัตถุ 3 มิติส่วนใหญ่ และสามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นรูปทรงอื่น ๆ ได้อีกมากมาย และการสร้างรูปทรง 3 มิติจะมีวิธีในการสร้างหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

2.5.2.1 การสร้างรูปทรง 3 มิติจากตัวเลข

เป็นวิธีการสร้างรูปทรง 3 มิติแบบพื้นฐานที่ง่ายที่สุด ด้วยการกำหนดตำแหน่งจุดโดยการกรอกตัวเลขโดยใช้แป้นพิมพ์ ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการสร้างรูปวัตถุปฐมฐานหลาย ๆ รูปที่มีตัวแปรต่าง ๆ หรือข้อมูลตัวเลขที่คล้ายกัน หรือแตกต่างกันเล็กน้อยเพื่อนำมารวมกันและตัดทอนบางส่วนให้เกิดเป็นรูป 3 มิติที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น และนอกจากนี้ยังเป็นการสร้างรูปทรงที่ต้องการความละเอียดในระดับทศนิยม ซึ่งวิธีการสร้างรูปทรงแบบการลากเส้นไม่

สามารถละเอียดได้เท่า ตัวอย่างเช่น การขึ้นรูปทรงลูกบาศก์สี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นรูปทรงปฐมฐานที่ต้องการ จุดพิกัดเพียงแค่ 2 จุด ซึ่งการทำงานจะเป็นการลากเส้นตรงจากจุดเริ่มต้นเป็นแนวทแยงไปสู่จุดที่สอง ตำแหน่งทั้งสองเป็นค่าตัวแปรที่ฟังก์ชันรูปทรงลูกบาศก์สี่เหลี่ยมต้องการแต่ผู้ใช้เพียงป้อนค่าทั้งสองลงในฟังก์ชันก็เพียงพอในการสร้างรูปทรง 3 มิติ

2.5.2.2 การสร้างรูปทรง 3 มิติจากโพลีกอน

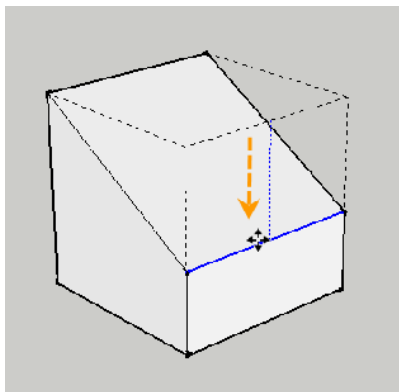
ความหมายของโพลีกอนตามการนิยามของ James D. Foley, Andries van Dam, 2003 คือการต่อเส้นหลายเส้นเข้าด้วยกัน โดยมีจุดของเส้น (Vertices) ต่อกันทำให้เกิดขอบเขต (Edges) ของระนาบและเมื่อมีการเชื่อมต่อขอบเขตของระนาบเข้าด้วยกันทั้งหมดจนเกิดรูปปิด (Closed sequence of edges) จะเรียกว่าโพลีกอน

ในปัจจุบันมีโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างรูปทรง 3 มิติมากมาย เนื่องจากความต้องการในการสร้างรูปทรง (Form) รูปแบบใหม่ ๆ เกิดขึ้นตลอด ทำให้ต้องมีการพัฒนาวิธีการทำงานให้รวดเร็วมากยิ่งขึ้นซึ่งโปรแกรมการสร้างแบบจำลอง 3 มิติได้เข้ามามีบทบาทในการช่วยสร้างรูปทรงแบบใหม่ และช่วยให้การพัฒนาแบบในขั้นต้นสามารถทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

โปรแกรมที่นำมาเป็นตัวอย่างในการสร้างรูปทรง 3 มิติเบื้องต้นจากการสร้างโพลีกอนในที่นี้คือโปรแกรม สเก็ตซ์อัป (SketchUp) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนาวัตถุ 3 มิติ และถูกนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรม วิศวกรรม ออกแบบผลิตภัณฑ์ ออกแบบเกม และงานออกแบบอื่น ๆ ทำงานผ่านระบบ 2 มิติ และยังเป็นโปรแกรม 3 มิติที่มีการลงคะแนนให้เป็นโปรแกรมการสร้างรูปทรง 3 มิติที่ดีที่สุดเป็นอันดับ 2 รองจากเบลนเดอร์ (Blender) แต่เนื่องจากเบลนเดอร์มีชุมชนผู้ใช้งานน้อยกว่า เนื่องจากความซับซ้อนในขั้นตอนการทำงานรวมถึงวัตถุประสงค์ของโปรแกรมซึ่งเบลนเดอร์มีลักษณะของเกมเอนจิน (Game engine) เป็นโปรแกรมสำหรับการสร้างเกมนั่นเอง (Fabian Bruhin, 2560) ความสะดวกในการสร้างโมเดล 3 มิติเบื้องต้นจึงน้อยกว่าสเก็ตซ์อัป เครื่องมือหรือคุณลักษณะในการสร้างโมเดล 3 มิติเบื้องต้นมีดังต่อไปนี้

(1) ย้ายหรือคัดลอก (Move)

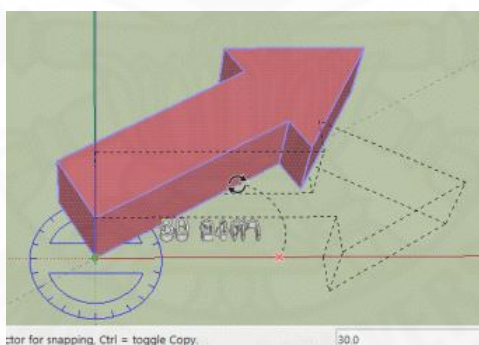
เป็นเครื่องมือสำหรับใช้เคลื่อนย้ายวัตถุไปยังตำแหน่งต่าง ๆ สำหรับผู้ออกแบบที่ต้องการจัดการกับวัตถุหรือจำลองวัตถุลงในพื้นที่ออกแบบสามมิติ และทำการทดลองจัดวาง



ภาพที่ 2.13 แผนภาพการใช้เครื่องมือย้าย. โดย แมนสรวง แซ่ซิ้ม , 2013

(2) หมุน (Rotate)

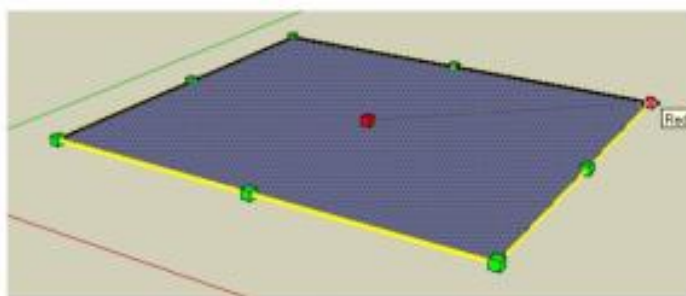
เป็นเครื่องมือสำหรับหมุนวัตถุ ช่วยให้ผู้ใช้งานหรือผู้ออกแบบสามารถจัดการกับวัตถุได้ตามต้องการ สามารถทดลององศาการวางของวัตถุดังกล่าวในมุมมองต่าง ๆ จนกว่าผู้ออกแบบจะพอใจ



ภาพที่ 2.14 แผนภาพการใช้เครื่องมือหมุน. โดย แมนสรวง แซ่ซิ้ม , 2013

(3) การย่อ-ขยายขนาดกลับด้าน (Scale)

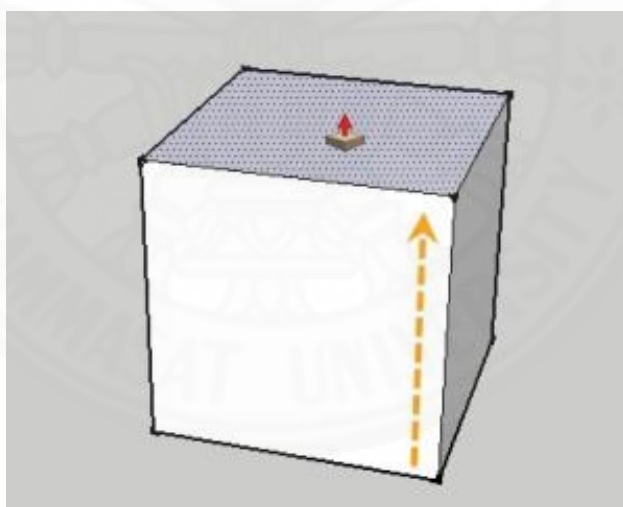
เป็นเครื่องมือใช้ในการปรับเปลี่ยนขนาดของวัตถุให้ได้ขนาดเหมาะสมสำหรับผู้ออกแบบที่ต้องการ การทดลองคิดค้นรูปร่างในสัดส่วนต่าง ๆ และสร้างความหลากหลายด้านตัวเลือกมากขึ้น



ภาพที่ 2.15 แผนภาพการใช้เครื่องมือย่อ-ขยาย. โดย แมนสรวง แซ่ซิม , 2013

(4) ดันพื้นผิวขึ้นลง หรือ เจาะทะลุพื้นผิว (Push/Pull)

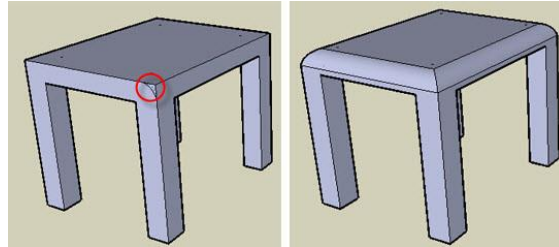
เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ดึงและดันพื้นผิวของวัตถุ เป็นเครื่องมือสำคัญอีกชิ้นหนึ่งที่มีถูกเรียกใช้งานเป็นประจำในการขึ้นโมเดล ซึ่งเครื่องมือ Push/Pull จะสามารถทำงานได้เฉพาะกับพื้นผิวของวัตถุ โดยจะใช้หลักการในการดึงพื้นผิวขึ้นมา หรือดันพื้นผิวเข้าไป การดันพื้นผิวสามารถใช้ในการตัดเจาะวัตถุได้ด้วยโดยการดันให้เสมอพื้นผิวด้านหลังของวัตถุ



ภาพที่ 2.16 แผนภาพการใช้เครื่องมือดันพื้นผิว. โดย แมนสรวง แซ่ซิม , 2013

(5) ดึงพื้นผิวตามแนวเส้น (Follow Me)

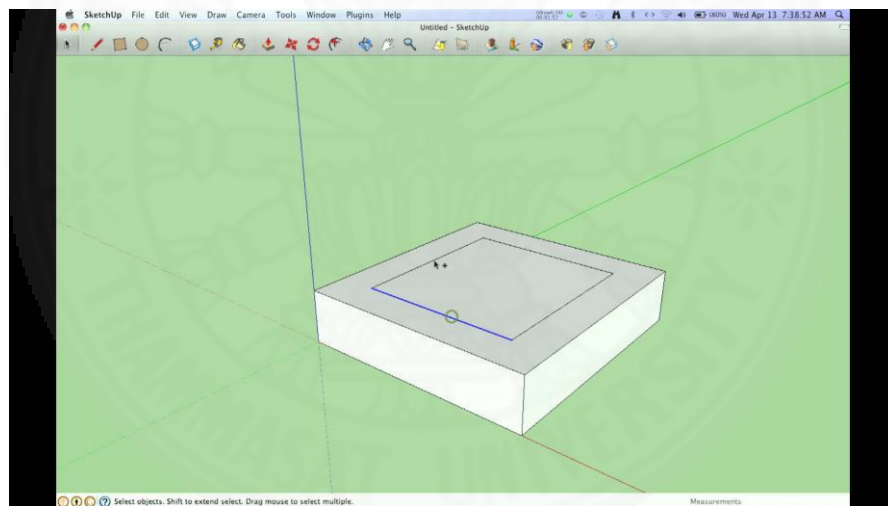
เป็นเครื่องมือสำหรับปรับแต่งโมเดล และใช้สร้างรูปทรงต่าง ๆ การใช้งานเครื่องมือ Follow Me บนวัตถุจะมีลักษณะ กับการใช้เครื่องมือ Push/Pull จะแตกต่างกันตรงที่เครื่องมือ Follow Me นั้นจะวิ่งไปตามเส้นขอบของวัตถุในทิศทางที่เรากำหนด



ภาพที่ 2.17 แผนภาพการใช้เครื่องมือดึงพื้นผิวตามแนวเส้น. โดย แมนสรวง แซ่ซิ้ม , 2013

(6) สร้างเส้นคู่ขนาน (Offset)

เป็นเครื่องมือสำหรับการสร้างเส้นในกรณีที่ต้องการคัดลอกเส้นเดิมออกมาในระยะที่สามารถกำหนดเองได้ ซึ่งยังอยู่ในทิศทางองศาเดิมและในระนาบเดียวกันกับเส้นต้น



ภาพที่ 2.18 แผนภาพการใช้เครื่องมือดึงพื้นผิว. โดย แมนสรวง แซ่ซิ้ม , 2013

(7) วัดระยะและสร้างเส้นอ้างอิง (Tape Measure Tool)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดระยะ และสร้างเส้นสำหรับอ้างอิงระยะ เหมาะสำหรับผู้ออกแบบที่ต้องการอ้างอิงระยะจากจุดใดจุดหนึ่งเช่น ขอบผนัง หรือขอบอาคาร เพื่อได้เส้นหรือระยะของงานออกแบบที่มีที่มาที่ไปมากยิ่งขึ้น และระยะที่ต้องการอ้างอิงสามารถกำหนดได้โดยการใส่ค่าตัวเลขเข้าไปภายในระบบ

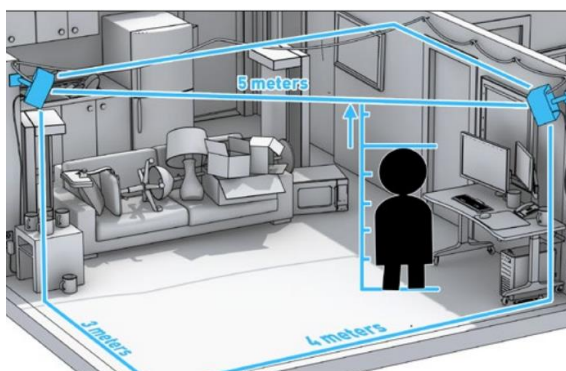
2.6 ข้อมูลเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

2.6.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ในปัจจุบัน การที่จะเข้าถึงเทคโนโลยีเสมือนสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์สวมศีรษะที่มีจอภาพ (Head-Mounted Display หรือ HMD) โดยส่วนประกอบคือแว่นตาที่เมื่อสวมใส่แล้วจะสามารถมองเห็นภาพ มิติ 3 ที่แสดงอยู่ในจอภาพและเป็นการเข้าสู่สภาพแวดล้อมเสมือนเพื่อได้รับประสบการณ์เหมือนกับเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวจริง ๆ และสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุภายในสภาพแวดล้อมดังกล่าวได้โดยผ่านอุปกรณ์ส่วนข้อมูลนำเข้า (Input Devices) และในปัจจุบันอุปกรณ์สวมศีรษะที่มีจอภาพหรือ HMD ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (ณัฐพล ศิริศิริกุล, 2559) ได้แก่

2.6.1.1 ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์ในการทำงานประเภทนี้จะมีการประมวลผลภายในคอมพิวเตอร์ และนำผลลัพธ์มาแสดงผลบนจอมอนิเตอร์ขนาดเล็กภายในอุปกรณ์สวมศีรษะ หรือ HMD ซึ่งการทำงานประเภทนี้ต้องอาศัยประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ที่ค่อนข้างสูง สำหรับการประมวลผลที่ต้องการความคมชัดเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดหรือความสวยงามสูง แต่การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สวมศีรษะกับคอมพิวเตอร์จะต้องมีสายเชื่อม ซึ่งส่งผลให้พื้นที่ในการทำงานจำกัด โดยที่พื้นที่ในการใช้งานควรอยู่ในขนาด 4 x 3 เมตร หรือ 3.54 x 3.54 เมตร หรือ 4.58 x 2 เมตร ซึ่งจะทำแนวทางมุมจากมุมหนึ่งไปอีกมุมเป็นระยะ 5 เมตรพอดีเฉพาะในกรณีที่ต้องการใช้งานที่ต้องมีระยะการเดินเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่หากเป็นการใช้งานรูปแบบตำแหน่งเดียวไม่จำเป็นที่จะต้องใช้งานในระยะดังกล่าวข้างต้นแต่ประสิทธิภาพการทำงานอาจจะลดลงตามไปด้วยหากพื้นที่ไม่เพียงพอต่อการตรวจจับของเซนเซอร์



ภาพที่ 2.19 รูปแบบการจัดวางสำหรับอุปกรณ์ HMD. สืบค้นเมื่อ 26 ก.ย. 60 จาก

<https://medium.com/@dariony/room-scale-vr-using-unity3d-da39919d1063>



ภาพที่ 2.20 อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบสวมศีรษะ HMD. สืบค้นเมื่อ 26 ก.ย. 60 จาก <https://www.vive.com/ca/product/>

2.6.2 ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นโปรแกรมช่วยในการสร้างความจริงเสมือนซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท (ณัฐพล ศิริศิริกุล, 2559) ได้แก่

2.6.2.1 ความจริงเสมือนแบบสำเร็จรูป

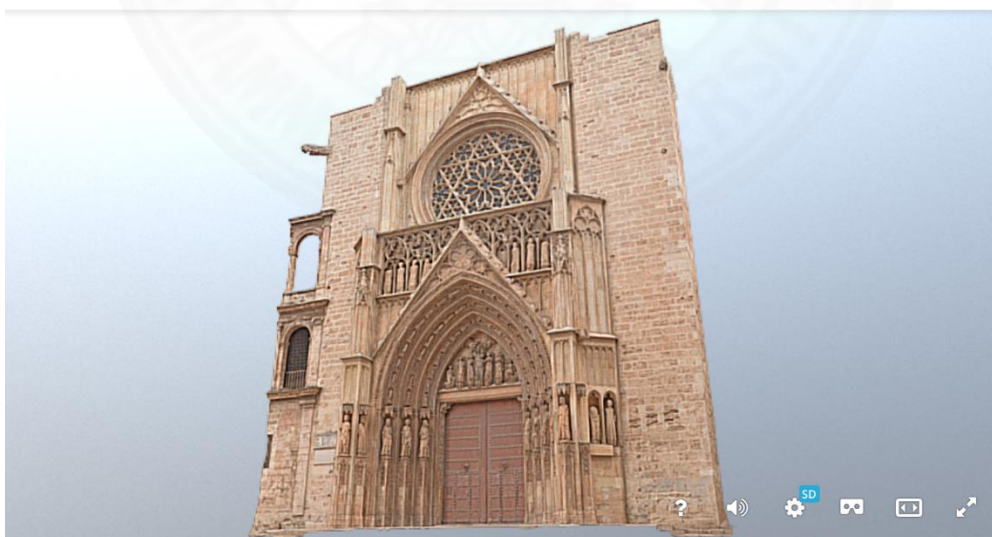
เป็นการสร้างความจริงเสมือนจากแบบจำลอง 3 มิติหรือกลุ่มของรูปภาพ โดยตรงไม่ผ่านการใช้ชุดคำสั่งใด ๆ ซึ่งแบบจำลองที่ใส่ลงไปโปรแกรมจะต้องเสร็จเรียบร้อยแล้วผ่านกระบวนการปั้นหรือการสร้างแบบจำลองจากโปรแกรมอื่น ๆ มาแล้ว และโปรแกรมความจริงเสมือนแบบสำเร็จรูปจะช่วยให้การจำลองแบบจำลอง 3 มิติและส่งมาอยู่ในโลกความจริงเสมือน ดังเช่น

Archilogic เป็นเว็บไซต์สำหรับการแปลงไฟล์แบบทางสถาปัตยกรรมแบบ 2 มิติ ให้กลายเป็น 3 มิติ และสามารถใช้งานระบบความจริงเสมือนได้ โดยการอัปโหลดผ่านทางเว็บไซต์และจะได้รับแบบจำลอง 3 มิติกลับมาภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง นอกจากนั้นเรายังสามารถที่จะจัดวางเฟอร์นิเจอร์ลงไปแบบจำลอง 3 มิติที่ได้มาจากทางเว็บไซต์และสามารถแชร์ลงเว็บไซต์ของตนเองโดยที่ไม่ต้องมีการดาวน์โหลดใด ๆ ทั้งสิ้น



ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างการใช้งานเว็บไซต์ Archilogic ใช้ในการสร้างแบบจำลองในโลกความจริงเสมือน สืบค้นเมื่อ 1 ต.ค. 60 จาก <https://3d.io/use-case/designer-portfolio-augmented-vr.html>

Sketchfab เป็นเว็บไซต์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับแบบจำลอง 3 มิติและความจริงเสมือน ซึ่งผู้ใช้งานสามารถอัปโหลดแบบจำลอง 3 มิติของตนเองลงบนเว็บไซต์หรือบนระบบ ผู้ใช้งานก็จะสามารถสำรวจแบบจำลอง 3 มิติของตนเองในลักษณะความจริงเสมือนได้



ภาพที่ 2.22 ตัวอย่างการใช้งานเว็บไซต์ Sketchfab ใช้ในการจำลองความจริงเสมือนจากแบบจำลอง 3 มิติ. สืบค้นเมื่อ 1 ต.ค. 60 จาก <https://3d.io/use-case/designer-portfolio-augmented-vr.html>

2.6.2.2 เกมเอนจิน (Game Engine)

เป็นเครื่องมือช่วยเหลือในการสร้างเกม ช่วยให้การทำงานมีความสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้นหรือเอนจินที่ถูกสร้างมาเพื่อช่วยในการ Render เกมให้มีความสวยงามมากขึ้นหรือจัดการด้านกราฟฟิก (Graphic), อุปกรณ์ต่อพ่วง (Input) และเสียง (sound) หรืออาจจะมีส่วนประกอบเพิ่มเติมขึ้นมาเพื่อจัดการทางด้านกายภาพ (physics), การสร้างพื้นฉาก (Terrain), การตรวจจับการชน (Collision detection) และอื่น ๆ เป็นต้น

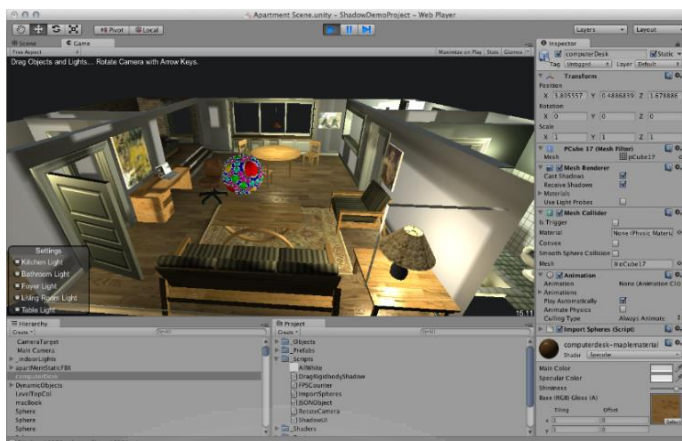
ในปัจจุบันการสร้างความจริงเสมือนถูกนำมาพัฒนาในระบบเกมเอนจิน เนื่องจากเกมเอนจินเหล่านี้รองรับการแสดงผลผ่านความจริงเสมือน และเกมเอนจินยังช่วยให้การสร้างความจริงเสมือนง่ายขึ้นและสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับวัตถุภายในความจริงเสมือนผ่านชุดของคำสั่ง ซึ่งในปัจจุบันมีเกมเอนจินอยู่หลากหลายโปรแกรม เช่น Unity, Unreal Engine, Cry Engine และ Autodesk Stingray

Unity3D คือโปรแกรมเกมเอนจินสำหรับการสร้างเกม แรกเริ่มถูกพัฒนาโดย David Helgason, Joachim Ante และ Nicholas Francis ในปี ค.ศ. 2005 และได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในช่วงแรกระบบรองรับระบบปฏิบัติการ Windows, OS X และเว็บเท่านั้น ต่อมาในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเพิ่มความสามารถในการรองรับระบบปฏิบัติการ iOS, Android และ แพลตฟอร์มอื่น ๆ เกือบทุกแพลตฟอร์ม



ภาพที่ 2.23 เกมเอนจิน Unity3d ที่ใช้ในการสร้างความจริงเสมือน. สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 60 จาก <https://unity3d.com/>

โปรแกรม Unity3D โดดเด่นกว่าโปรแกรมเกมเอนจินอื่น ๆ นอกจากการใช้งานที่ง่ายตายและ ความสามารถในการพอร์ตลงบนแพลตฟอร์มต่าง ๆ คุณภาพของเกมหรือผลลัพธ์ที่ออกมายังมีคุณภาพสูงอีกด้วย ทำให้มีผู้ใช้งานมากมายส่งผลให้กลุ่มคอมมูนิตีต่าง ๆ เช่น Forum ก็ถูกสร้าง ขึ้นตามมา ทำให้ผู้ใช้งานมือใหม่สามารถเรียนรู้วิธีการทำในเบื้องต้นและวิธีการแก้ไขปัญหาจากการสอบถามได้อย่างง่ายดาย อีกทั้งยังมีชุดคำสั่งสำเร็จรูปที่สามารถนำมาผสมผสานกับการใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.24 ตัวอย่างการใช้งานเกมเอนจิน Unity3D ที่ใช้ในการสร้างความจริงเสมือนได้. สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 60 จาก <http://through-the-interface.typepad.com>

Photon Unity Network (PUN) เป็นส่วนเสริมซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาบนซอฟต์แวร์ Unity3D เพื่อการเชื่อมต่อระหว่างผู้เล่นในรูปแบบของเกมออนไลน์หรือเกมหลายผู้เล่น โดยระบบจะช่วยให้การตรวจสอบการจับคู่และการสื่อสารภายในเกมได้อย่างรวดเร็วและเชื่อถือได้



ภาพที่ 2.25 สัญลักษณ์ของแพคเกจ PUN. สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 60 จาก <https://doc.photonengine.com/en-us/pun/current/getting-started/pun-intro>

ระบบ PUN ได้พัฒนาให้สามารถรองรับระบบปฏิบัติการทั้งหมดและถูกแบ่งออกเป็นสองรูปแบบได้แก่ PUN FREE และ PUN PLUS ความแตกต่างระหว่างสองรูปแบบนี้คือ PUN FREE ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้งานและสามารถใช้งานบนแพลตฟอร์มได้เกือบทั้งหมด แต่สำหรับซอฟต์แวร์ Unity3D จะมีระบบหลายผู้ใช้งานของตัวเองอยู่ชื่อว่า UNet หรือ Unity Networking เป็นระบบหลายผู้ใช้งานเหมือน PUN แต่ไม่จำเป็นต้องนำเข้าสู่ส่วนเสริมซอฟต์แวร์ใด ๆ และมีจำนวนกลุ่มผู้ใช้งานที่มากกว่า PUN แต่มีข้อจำกัดอยู่หลายอย่างเช่น UNet ไม่สามารถทำงานบนมือถือได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริม และ UNet จำเป็นต้องมีเครื่องข่ายหลัก (Master Servers) ซึ่งเหมาะสำหรับการทำงานที่มีผู้ใช้งานหลักที่ใช้งานอยู่ตลอดจึงเหมาะกับการทำงานของระบบในงานวิจัยนี้

	PUN	PUN+	UN	
Price	FREE	\$ 95	FREE	
Free CCU	20	100	∞	
World wide hosting	✓	✓	✗	UN needs Master Servers.
Unity Networking compatible	✓	✓	✓	Old Unity Networking (not UNet).
Unity FREE: Web, Standalone	✓	✓	✓	
Unity 4 FREE: iOS, Android	✗	✓	⚠	UN has punchthrough issues on mobiles.
Unity 5 FREE: iOS, Android	✓	✓	⚠	UN needs Relay Service for mobiles.
Host migration	⚠ (not built-in)	⚠ (not built-in)	✗	
Rooms, Lobby support	✓	✓	✗	

ภาพที่ 2.26 ตารางเปรียบเทียบการใช้งานระหว่าง PUN Free, PUN PLUS และ UNet. สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 60 จาก <https://doc.photonengine.com/en-us/pun/current/getting-started/pun-intro>

Unreal Engine เป็นซอฟต์แวร์ประเภทเกมเอนจิน ถูกพัฒนาโดยค่าย Epic Games ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1998 ซึ่งปัจจุบันเป็นเอนจินที่ค่ายเกมหลายค่ายนำไปใช้ในการพัฒนาเกมนอกจากนี้ยังถูกนำไปใช้สร้างระบบความจริงเสมือนเสมือนในวงการต่าง ๆ ในการจำลองเหตุการณ์ ได้แก่ รถยนต์ รถไฟ เครื่องบิน บ้าน และเฟอร์นิเจอร์ Unreal Engine นั้นยังสามารถออกแบบพัฒนาเกมที่รองรับได้หลายแพลตฟอร์ม

จุดเด่นของ Unreal Engine คือความสมจริงหรือความสวยงามของภาพที่ประมวลผลออกมา Unreal Engine ถูกพัฒนาให้มีการประมวลผลและแสดงผลของภาพด้วยความละเอียดสูง โดยอาศัยชุดของคำสั่งผ่านการใช้งานภาษา C++



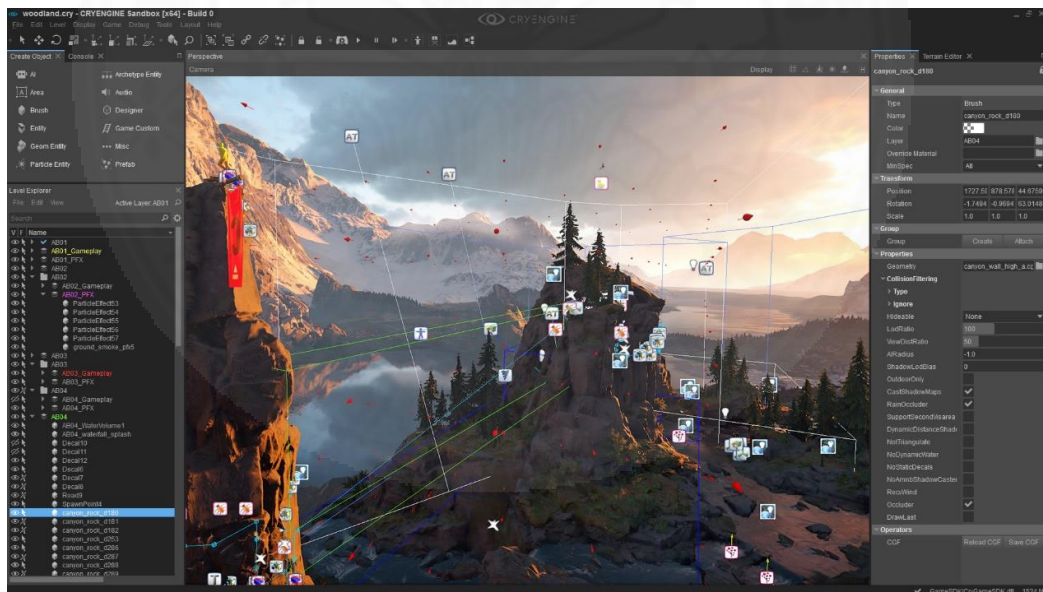
ภาพที่ 2.27 สัญลักษณ์ของซอฟต์แวร์ Unreal Engine ได้. สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 60 จาก <http://www.tomlooman.com/ue4-naming-convention/>

CryEngine เป็นซอฟต์แวร์เกมเอนจินที่ถูกพัฒนาโดยผู้พัฒนาชาวเยอรมันในบริษัท Crytek ตั้งแต่ในปี พ.ศ. 2545 แต่ในช่วงต้นของการพัฒนาซอฟต์แวร์ CryEngine ยังมีปัญหาในเรื่องของการใช้ทรัพยากรเครื่องสูงต่อการประมวลผลของตัวซอฟต์แวร์แต่ในปัจจุบันรุ่นล่าสุดของ CryEngine ได้มีการพัฒนาแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เคยเกิดขึ้นในรุ่นเก่า ๆ และถูกออกแบบให้ใช้งานร่วมกับคอนโซล (Console) อีกด้วยและยังรองรับกับเทคโนโลยีแสดงผลต่าง ๆ เช่น เทคโนโลยีเสมือนจริงหรือ HMD (Peeranut Prasawang, 2017)



ภาพที่ 2.28 สัญลักษณ์ของซอฟต์แวร์ Cry Engine ได้. สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 60 จาก

<https://www.cryengine.com/news/an-open-letter-from-cevat-yerli>



ภาพที่ 2.29 ตัวอย่างการใช้งานเกมเอนจิน CryEngine. โดย Cevat Yerli , 2557 จาก

<https://www.cryengine.com/features/sandbox-tools>

Autodesk Stingray เป็นซอฟต์แวร์เกมเอนจินที่ถูกพัฒนาโดยค่าย Autodesk ซึ่งถูกเปิดตัวขึ้นในปี 2558 ที่งาน Game Developers Conference (GDC) Europe



ภาพที่ 2.30 สัญลักษณ์ของซอฟต์แวร์ Autodesk Stingray. จาก

<http://www.gamefromscratch.com/post/2015/08/03/Autodesks-Game-Engine-Arrives-Soon>

จุดเด่นของ Stingray คือการเป็นเกมเอนจิน 3 มิติที่สามารถใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ในเครือ Autodesk ได้เป็นอย่างดี สามารถสำรวจแบบจำลองได้แบบทันที (Real-Time) หรือสามารถปรับแต่งแบบจำลองภายในโปรแกรมอื่น ๆ อย่างเช่น Autodesk Maya และส่งไปแสดงผลใน Autodesk Stingray ได้อย่างรวดเร็ว ส่วนของเครื่องมือในการทำงานเป็นรูปแบบการลากวาง แทนการเขียนภาษา Lua ที่เคยใช้เป็นหลักใน Stingray ด้วยความสะดวกในการทำงานทำให้แนวโน้มการใช้งานของซอฟต์แวร์ Autodesk Stingray จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ แต่ด้วยการที่ Autodesk Stingray เพิ่งเปิดตัวมาได้ไม่นานทำให้คอมมูนิตีหรือชุมชนผู้ใช้งานซอฟต์แวร์จึงยังเล็กอยู่ ซึ่งหมายถึงจำนวนผู้ใช้งานยังมีไม่มากและทำให้ผู้ใช้งานใหม่เข้าถึงข้อมูลได้ไม่เต็มที่



ภาพที่ 2.31 รูปแบบการใช้งาน Autodesk Stingray, 2558 จาก

<http://www.gamefromscratch.com/post/2015/08/03/Autodesks-Game-Engine-Arrives>

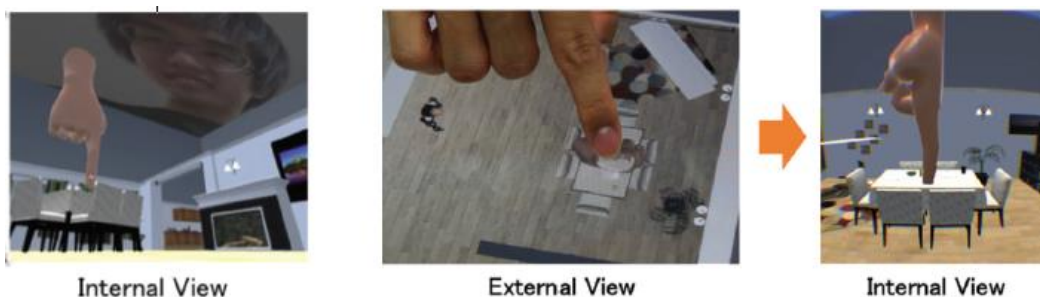
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งในงานวิจัยนี้ถูกแบ่งออกตามขอบเขตของงานวิจัยซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ การออกแบบร่างในขั้นต้น (Schematic Design) ระบบความจริงเสมือน (Virtual Reality) และระบบหลายผู้ใช้ (Multi-User)

ซึ่งในงานวิจัยแรกชื่อว่าโครงการวิจัย DollhouseVR ซึ่งเป็นระบบการทำงานรูปแบบร่วมมือกันระหว่างฝ่ายผู้ออกแบบกับลูกค้าซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Hikaru Ibayashi ในปี 2015 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาความบกพร่องในการสื่อสารระหว่างฝ่ายผู้ออกแบบและลูกค้าและความล่าช้าในการออกแบบ เนื่องจากการทำงานรูปแบบเดิมที่ผู้ออกแบบจะต้องคอยปรับเปลี่ยนมุมมองในการออกแบบภายในซอฟต์แวร์เพื่อช่วยให้การออกแบบครอบคลุมทั้งในมุมมองของผู้ออกแบบและมุมมองของลูกค้าหรือทั้งในมุมมองแนวแปลนและมุมมองทัศนียภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้มีการนำเอาเทคโนโลยีความจริงเสมือนกับหน้าจอสัมผัสมาใช้ร่วมกันโดยฝ่ายของสถาปนิกจะเป็นคนคอยควบคุมหน้าจอสัมผัส และฝ่ายลูกค้าจะเข้าไปมีปฏิสัมพันธ์ภายในสภาพแวดล้อมจริงเสมือนโดยการทำงานจะเน้นในด้านของการสื่อสารในด้านของการจัดวางวัตถุหรือเฟอร์นิเจอร์ภายในพื้นที่ออกแบบซึ่งลูกค้าจะสามารถสื่อสารกับผู้ออกแบบผ่านทางท่าทางของตัวละคร (Avatar) โดยอาศัยหน้าจอสัมผัสบนโทรศัพท์มือถือที่ถูกติดไว้กับเทคโนโลยีความจริงเสมือนเพื่อใช้ในการควบคุมท่าทางของตัวละครสามารถสื่อสารแบบตัวต่อตัว (Face to face) กับทางผู้ออกแบบได้ผ่านทางกล้องที่ติดอยู่กับจอสัมผัส ทำให้การสื่อสารสะดวกมากขึ้น และฝ่ายผู้ออกแบบสามารถชี้ตำแหน่งผ่านทางจอสัมผัสและแสดงผลภายในสภาพแวดล้อมจริงเสมือนในลักษณะของนิ้วมือที่ถูกจำลองมาบนวัตถุได้โดยทันที



ภาพที่ 2.32 การบวนการทำงานระบบจาก DollhouseVR. โดย Hikaru Ibayashi, Yuta Sugiura, 2015



ภาพที่ 2.33 การทดลองใช้งานระบบจาก DollhouseVR. โดย Hikaru Ibayashi, Yuta Sugiura, 2015

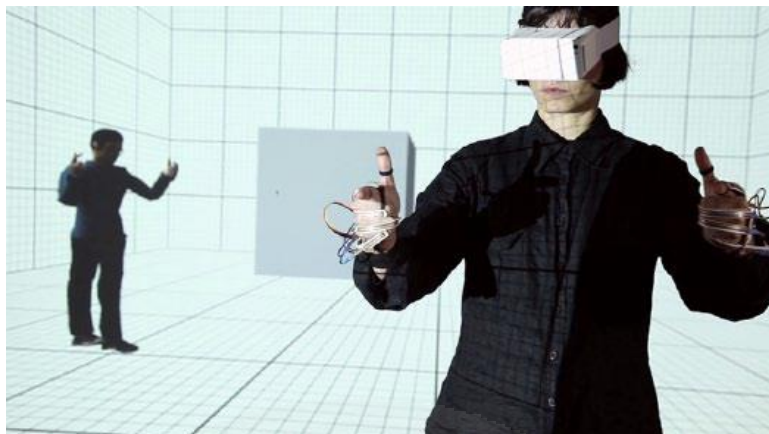
และในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้ซอฟต์แวร์ Unity3D 5 ในการพัฒนาระบบและส่วนของการแสดงผลของฝ่ายลูกค้าได้ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือน Oculus Rift DK2 และฝ่ายของผู้ออกแบบได้ใช้เทคโนโลยีจอสัมผัส (Touch screen) Iiyama ProLite T2735MSC

แต่การทำงานในระบบนี้มีข้อจำกัดในด้านของสถานที่อยู่ คือผู้ใช้งานจะต้องอยู่ข้างกันหรืออยู่ใกล้กัน ไม่สามารถทำงานร่วมกันในสถานที่ ๆ ต่างกันได้จึงทำให้ประสิทธิภาพในการสื่อสารอาจจะยังไม่ได้ถูกใช้งานได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากยังเกิดความล่าช้าในด้านของการเดินทางเพื่อมาพบกันระหว่างสองฝ่าย



ภาพที่ 2.34 ภาพการทดลองความจริงเสมือนจาก DollhouseVR. โดย Hikaru Ibayashi, Yuta Sugiura, 2015

ซึ่งในเวลาต่อมาได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรูปทรงต่างๆภายในโลกความจริงเสมือนโดยอาศัยระบบหลายผู้ใช้งานเกิดขึ้น ซึ่งจะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาในด้านของความล่าช้าในการสื่อสารหรือการนัดพบระหว่างฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยนี้มีชื่อว่า Project anywhere: An interface for virtual architecture โดย Constantinos Miltiadis ในปี 2016



ภาพที่ 2.35 การทดลองใช้งานระบบจาก Project anywhere: An interface for virtual architecture. โดย Constantinos Miltiadis, 2016

ซึ่งเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคในการสร้างวัตถุภายในโลกความจริงเสมือนโดยมีการผสมผสานเทคโนโลยีความจริงเสมือนและเทคโนโลยีอีกหลายชนิดเข้าด้วยกัน โดยเป็นการทำงานแบบไร้สาย (Wireless) และเป็นรูปแบบหลายผู้ใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำร่างกายของมนุษย์เกือบทั้งตัวเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการทำงานของระบบ ส่งผลให้ผู้ใช้งานมีอิสระในการเคลื่อนที่ไปในพื้นที่โลกจริงกับพื้นที่ภายในโลกเสมือนโดยที่ไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องมือในพื้นที่ ซึ่งข้อดีของระบบในงานวิจัยนี้คือการทำงานจะไม่ใช่แค่การทำในรูปแบบคนเดียวอีกต่อไป ผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้ออกแบบคนอื่น ๆ สามารถเข้ามามีส่วนร่วมในการออกแบบหรือเข้ามาช่วยให้คำแนะนำได้ในเวลาจริง (Real-Time) ซึ่งจะช่วยให้ลดระยะเวลาในการพัฒนาแบบที่กำลังทำการออกแบบไปได้มาก

ในเวลาต่อมาระบบหลายผู้ใช้งานได้ถูกนำมาใช้กับระบบการทำงานรูปแบบอื่น ๆ อีกมากมาย อย่างเช่น การจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกของอาคาร การก่อสร้าง หรือการฝึกสอนเนื่องมาจากความสะดวกในการใช้งานทั้งในด้านของการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพและยังสามารถที่จะจดจำข้อมูลหรือข้อความที่ได้ทำการสื่อสารภายในระบบไว้ได้อีกด้วยในส่วนของการใช้งานระบบหลายผู้ใช้งานได้ถูกนำมาใช้งานเพื่อช่วยในการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกของอาคารสถาปัตยกรรมในโครงการวิจัยเรื่อง A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management โดย Yangming Shi ในปี 2015 ซึ่งเป็นงานวิจัยที่นำเอาเทคโนโลยีความจริงเสมือนหรือ HMD มาใช้งานควบคู่กับระบบหลายผู้ใช้งาน เพื่อมาช่วยในการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกของอาคารสถาปัตยกรรม เนื่องจากการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกของอาคารถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการสร้างความยั่งยืนให้แก่อาคาร และในเรื่องของการสื่อสาร หากมีการตอบสนองที่ล่าช้าหรือการสื่อสารที่

คลาดเคลื่อนก็จะทำให้ระยะเวลาในการจัดการช้าลง และทำให้สร้างปัญหาหรือเกิดเหตุการณ์อันตรายตามมาที่หลังได้ โดยระบบดังกล่าวได้นำรูปแบบของตัวละครมาใช้งานเหมือนกับงานวิจัย

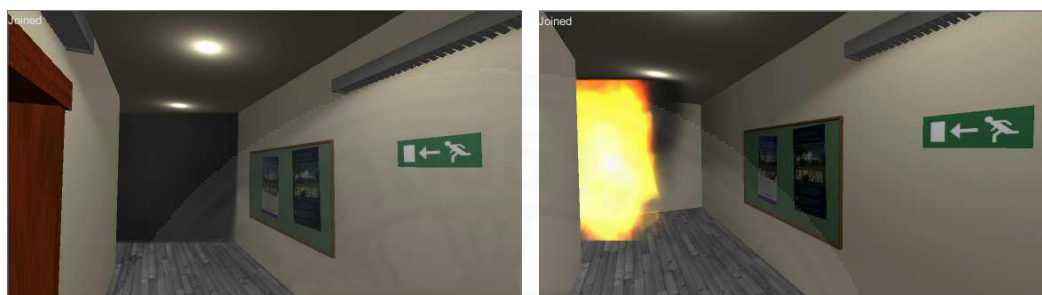
DollhouseVR ซึ่งจะช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานเป็นไปได้สะดวกมากกว่าและเข้าใจง่ายขึ้นในกรณีที่มีผู้ใช้งานหลายคนและแต่ละคนทำงานคนละฝ่าย รูปแบบตัวละครจะทำให้แต่ละฝ่ายทราบว่าผู้ใช้งานแต่ละคนอยู่ฝ่ายไหนและต้องสื่อสารกับตัวละครไหน



ภาพที่ 2.36 การทดลองใช้งานระบบจาก A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management. โดย Yangming Shi, 2016

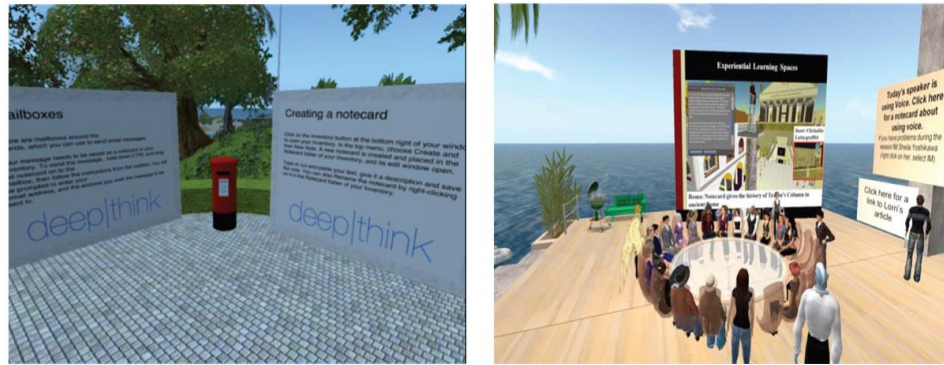
นอกจากในด้านของการจัดการอาคารสถาปัตยกรรมแล้ว ระบบหลายผู้ใช้งานได้ถูกนำมาใช้ในการจำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างเช่นเพลิงไหม้ ที่อาจเกิดขึ้นและคร่าชีวิตผู้คนได้ จึงจำเป็นจะต้องมีการวางแผนที่รอบคอบและการออกแบบที่จะช่วยให้ลดความเสียหายต่อผู้ใช้อาคารมากที่สุด และในโครงการวิจัย A Multi-player Approach in Serious Games: Testing Pedestrian Fire Evacuation Scenarios โดย Marcos Oliveira ,2015 ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ได้นำระบบหลายผู้ใช้งานมาผสมผสานกับการจำลองสถานะ (Simulation) เหตุการณ์ด้านความปลอดภัยจากเหตุเพลิงไหม้ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือเป็นการฝึกซ้อมสำหรับผู้ใช้อาคารในการอพยพออกจากอาคารในขณะที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ เพื่อเป็นการวัดคุณภาพของการออกแบบและวัตถุประสงค์ มนุษย์ในขณะที่ต้องเจอกับเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคารที่ตนเองอยู่ โดยอาศัยระบบซีเรียสเกม (Serious Game) ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยในการสร้างเหตุการณ์หรือกระบวนการจำลองโลกเสมือนจริง และถูกออกแบบมาเพื่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ และมีจุดประสงค์หลักคือการอบรมหรือให้ความรู้กับผู้เล่นและงานวิจัยถูกนำไปพัฒนาต่อแบบซอฟต์แวร์เกมเอนจินชื่อว่า Unity3D เพื่อที่จะนำมาแสดงผลต่อในส่วนของเทคโนโลยีความจริงเสมือนหรือ HMD เพื่อที่จะให้ผู้ใช้งานที่รับประสบการณ์ที่คล้ายกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาใช้ในการแสดงผลแบบมีปฏิสัมพันธ์ใน 3 ขั้นตอนคือ 1) การดีไซน์ 2) การก่อสร้าง และ 3) การซ่อมบำรุง ซึ่งงานวิจัยนี้ทำให้พบว่ารูปแบบที่มีปฏิสัมพันธ์กัน

ระหว่างบุคคลภายในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงและแบ่งปันประสบการณ์ไปพร้อมกันเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในด้านของการสื่อสาร และผู้วิจัยได้ใช้ซอฟต์แวร์ Unity3D ในการพัฒนาระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์และได้ใช้แพ็คเกจของ Unity3D ที่มีชื่อว่า Photon Unity Networking (PUN) เป็นตัวช่วยในการเชื่อมต่อระหว่างแพลตฟอร์มและทำให้ระบบสามารถใช้งานได้ในรูปแบบหลายผู้ใช้งาน (Multi-user)



ภาพที่ 2.37 การทดลองใช้งานระบบจาก A Multi-player Approach in Serious Games: Testing Pedestrian Fire Evacuation Scenarios. โดย *Marcos Oliveira*, 2015

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบสภาพแวดล้อมเสมือนที่ทำงานผ่านทางเบราว์เซอร์ใช้ชื่อว่า SecondLife เพื่อช่วยในการจำลองชีวิตในโลกความจริงไปอยู่ในโลกเสมือน ทั้งในด้านของสถานที่ กิจกรรม การเรียนการสอนหรือการนำเที่ยวสถานที่ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกจริงได้ถูกนำมาแทนที่ด้วยสภาพแวดล้อมเสมือนเพื่อช่วยให้ข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ ลดลงเช่นในด้านการเดินทาง ระยะเวลา และอื่น ๆ และในงานวิจัยเรื่อง A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management เป็นงานวิจัยในการนำเสนอแนวทางการออกแบบเพื่อปรับปรุงการใช้งานและความสะดวกในการนำทางภายในโลกเสมือนจริง ในระบบ Second Life ซึ่งผู้ใช้งานสามารถสนทนากับผู้ใช้งานคนอื่นในเวลาจริงด้วยท่าทางและการติดต่อสื่อสารด้วยเสียงหรือข้อความผ่านตัวแทนของตนในโลกเสมือนจริงหรือเรียกว่า “Avatar” และระบบ Second Life นี้ถูกนำมาใช้ในหลากหลายวงการทั้งในด้านของการศึกษา เกม การตลาด การโฆษณา หรือการฝึกซ้อมซึ่งในด้านของการศึกษาได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเพราะว่านอกเหนือจากการสอนแบบตัวต่อตัว (Face-to-Face) แล้วก็สามารถใช้งานระบบ Second Life นี้ช่วยเหลือในด้านของการสื่อสารได้ และยังสามารถไปอยู่ในสถานที่ต่าง ๆ ภายในโลกเสมือนจริงได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.38 การทดลองใช้งานระบบจาก A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management. โดย Yangming Shi, 2016



ตารางที่ 2.1

ตารางสรุปงานวิจัยและเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ

งานวิจัย	เทคโนโลยีที่ใช้	จุดประสงค์	ผู้ใช้งาน
DollhouseVR: A Multi-view, Multi-user Collaborative DesignWorkspace with VR Technology	VR + TouchScreen	แก้ปัญหาความ บกพร่องในการสื่อสาร + ความล่าช้าในการ ออกแบบ	ผู้ออกแบบ + ลูกค้า
Project anywhere: An interface for virtual architecture	body skeleton and hand gesture tracking +VR+Multiuser	สร้างอิสระในการ เคลื่อนที่ในโลกเสมือน + ช่วยในการออกแบบ	ผู้ออกแบบ
A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management	VR + Multi-user Networking	จัดการสิ่งอำนวยความสะดวก + พัฒนาการสื่อสาร	ผู้จัดการอาคาร + ผู้ออกแบบ + ช่างซ่อมบำรุง
A Multi-player Approach in Serious Games: Testing Pedestrian Fire Evacuation Scenarios	VR + Multi-user Networking	จำลองสถานการณ์ + ช่วยตัดสินใจ	ผู้ใช้งานอาคาร + ผู้ออกแบบ
Interaction Design and Usability of Learning Spaces in 3D Multi-userVirtual Worlds	web based: second life	นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบ นำทางภายใน โลกเสมือน	ผู้ออกแบบ + ผู้ใช้งาน SecondLife

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2560

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เพื่อช่วยในการออกแบบรูปทรงที่หลากหลายและน่าสนใจในมิติของความจริงเสมือนและได้รับประสบการณ์ในการออกแบบที่ดียิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

- 3.1 การกำหนดขั้นตอนดำเนินงานเพื่อพัฒนาระบบ
- 3.2 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ
- 3.3 การเลือกเครื่องมือเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ
- 3.4 การออกแบบและพัฒนาระบบ
- 3.5 การกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานระบบ
- 3.6 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

3.1 การกำหนดขั้นตอนดำเนินงานเพื่อพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาโปรแกรมหรือระบบที่ช่วยในเรื่องการออกแบบรูปทรงและความสัมพันธ์ของพื้นที่ซึ่งแสดงผลบนเทคโนโลยีความจริงเสมือน สามารถแบ่งการวิจัยออกเป็นลำดับของทฤษฎีในด้านของการทำงานและความต้องการของส่วนระบบกับส่วนของการแสดงผลหรือส่วนของเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่ใช้ในการทำงาน ซึ่งจะทำให้การออกแบบรูปทรงมีความน่าสนใจและผู้ใช้งานได้รับประสบการณ์ในการออกแบบที่ดียิ่งขึ้น โดยวิธีการดำเนินการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 3.1.1 ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิจากเอกสารหนังสือ ตำรา รายงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.1.2 ศึกษาขั้นตอนกระบวนการออกแบบและกระบวนการสื่อสารตั้งแต่ขั้นต้นจนจบโครงการและตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบขั้นต้น
- 3.1.3 ศึกษาความต้องการหรือข้อมูลที่ต้องการต่าง ๆ ภายในช่วงของการออกแบบขั้นต้น
- 3.1.4 ศึกษาและเลือกใช้เทคโนโลยีหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์
- 3.1.5 ทดสอบการทำงานของระบบความจริงเสมือนกับระบบการทำงานร่วมกันแบบหลาย ผู้ใช้ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ปรับแก้ระบบและทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.1.6 เก็บข้อมูลประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขพัฒนาระบบขั้นสุดท้ายเพื่อความสมบูรณ์

3.1.7 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

3.1.8 จัดทำรายงานการวิจัย

3.2 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบในขั้นต้น (Schematic Design) ซึ่งการวิเคราะห์ความต้องการของระบบจะต้องอ้างอิงถึงความต้องการในช่วงของการออกแบบในขั้นต้นด้วย โดยความต้องการของระบบสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบไปด้วย

3.2.1 คุณลักษณะของซอฟต์แวร์ (Features)

3.2.2 การสื่อสารภายในระบบ

3.2.3 การแสดงผล

3.2.1 คุณลักษณะของซอฟต์แวร์ (Features)

ในส่วนของคุณลักษณะของซอฟต์แวร์จะต้องมีการอ้างอิงจากกระบวนการออกแบบในขั้นต้นซึ่งก็คือการออกแบบในขั้นต้นเป็นการวางแนวความคิดพื้นฐานและต้องการลักษณะของแบบจำลองที่ไม่ต้องมีความละเอียดสูง สามารถเป็นเพียงแค่กล่องที่แสดงถึงกลุ่มก้อนอาคาร ไม่ต้องมีรายละเอียดใด ๆ (Campbell, 2003) คุณลักษณะของซอฟต์แวร์จึงต้องสามารถสร้างกล่องหรือกลุ่มก้อนอาคารขึ้นมาและสามารถที่จะขยับ ขยาย ย่อ หมุน และ จัดเก็บไว้ได้ เพื่อเป็นการสร้างรูปทรงของอาคารให้สามารถสื่อสารกับผู้ที่ไม่มีความรู้ในด้านการอ่านแบบสถาปัตยกรรมสามารถมองภาพแนวคิดของผู้ออกแบบในขั้นพื้นฐาน และเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันทั้งสองฝ่ายจึงสามารถที่จะช่วยกันสร้างกล่องขึ้นมาได้ โดยที่สามารถจัดเก็บข้อมูลหรือแบบจำลองดังกล่าวไว้และส่งต่อไปยังซอฟต์แวร์อื่น ๆ หรือต่อยอดไปยังขั้นตอนการพัฒนาแบบร่างขั้นต่อ ๆ ไปได้

3.2.2 การสื่อสารภายในระบบ

เนื่องจากในช่วงของการออกแบบในขั้นต้นจะต้องมีการสื่อสารที่สม่ำเสมอและชัดเจนในด้านของข้อมูลเพื่อการออกแบบที่ตอบสนองภาพแนวความคิดของทุกฝ่ายในทีมผู้ออกแบบมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงต้องการสร้างระบบที่มีการใช้งานรูปแบบหลายผู้ใช้ (Multi-User) ซึ่งเป็นการนำผู้ใช้งานมากกว่า 1 คนเข้ามาใช้งานในเวลาพร้อมกันจากสถานที่ห่างกัน เพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือการสื่อสารในเวลาจริง (Real-time) และยังเป็นการดึงการสื่อสารรูปแบบตัวต่อตัว (Face-to-face) มาใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงประเด็นมากที่สุด และผู้ใช้งานสามารถที่จะพูดคุยกันภายใน

สภาพแวดล้อมความจริงเสมือนและสื่อสารกันผ่านอุปกรณ์และชุดเครื่องมือ HMD โดยที่ระบบจะต้องมีลักษณะของส่วนเชื่อมต่อประสานหรืออินเทอร์เฟซที่เข้าใจง่าย ผู้ที่ไม่มีความรู้ในด้านการอ่านแบบสถาปัตยกรรมหรือบุคคลทั่วไปสามารถเข้ามาใช้งานได้โดยสะดวกและสามารถทำงานร่วมกับผู้ออกแบบได้โดยง่าย

3.2.3 การแสดงผล

การแสดงผลของระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ จะนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจากซอฟต์แวร์มาแสดงผลบนแว่นสามมิติ หรือ HMD เนื่องจากการออกแบบในขั้นต้นต้องการงานออกแบบที่เป็นลักษณะของภาพรวม ซึ่งการนำเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาใช้จะช่วยให้ผู้ออกแบบเข้าใจในบริบทมากขึ้นและมองเห็นภาพรวมของอาคารได้ดียิ่งขึ้น โดยที่ความคมชัดของจอแสดงผลมีส่วนที่จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งาน HMD ได้นานยิ่งขึ้นไม่ทำให้เกิดอาการเวียนหัวหรือ Motion Sickness (Atit Sornara, 2016)

3.3 การเลือกเครื่องมือเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์จะต้องใช้เครื่องมือ 2 อย่างประกอบกันคือ ส่วนของการแสดงผลกับส่วนของการประมวลผล หรือ ส่วนอุปกรณ์ (Hardware) กับ ส่วนชุดคำสั่ง (Software)

3.3.1 ส่วนอุปกรณ์ (Hardware)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาจะมีอยู่สองส่วน คือส่วนในการแสดงผล (HMD) กับส่วนที่ใช้ในการควบคุม (Controller) โดยอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมในการเลือกใช้จะต้องมีความคมชัดและมีความเสถียร สามารถรองรับซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนา และรับข้อมูลที่ประมวลผลจากฝั่งชุดคำสั่งมาแสดงผลผ่านความจริงเสมือนโดยการส่งผ่านอินเทอร์เน็ตได้ และจากการศึกษาความต้องการในการใช้งานระบบ สรุปได้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้ไม่จำเป็นจะต้องพกพาได้ จึงทำให้ข้อจำกัดในเรื่องของขนาดหรือจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้หายไป และจากความต้องการต่าง ๆ จึงสรุปชุดอุปกรณ์ที่นำมาพัฒนาระบบได้ดังต่อไปนี้

3.3.1.1 HMD (Head Mounted Display) หรือเทคโนโลยีความจริงเสมือนเป็นอุปกรณ์ใช้ในส่วนของการแสดงผล เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงความจริงเสมือนได้ โดยการรับข้อมูลที่ประมวลผลแล้วมาจากในส่วนของชุดคำสั่งจากซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้

3.3.1.2 คอมพิวเตอร์ (Computer) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกนำมาเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการกับข้อมูลที่สามารถเป็นได้ทั้งตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ ใช้แทน

ความหมายต่าง ๆ โดยในงานวิจัยนี้คอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อสร้างเป็นแอปพลิเคชันความจริงเสมือนผ่านซอฟต์แวร์ประมวลผล

3.3.1.3 อุปกรณ์ควบคุม (Controller) เป็นอุปกรณ์ช่วยในการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับวัตถุในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยในงานวิจัยนี้ได้นำอุปกรณ์ควบคุมมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ

ตารางที่ 3.1

ตารางสรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของ HMD เพื่อพิจารณาในการนำไปใช้งาน

ประเภท คุณสมบัติ	ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์		ทำงานร่วมกับสมาร์ทโฟน				อื่นๆ
	Oculus Rift	HTC Vive	Samsung Gear VR	Avegent Glpph	Zeiss VR One Plus	Cardboard อื่นๆ	PlayStation VR
ความละเอียด	2160 x 1200	2400 x 1080	2560 x 1440	2560 x 720	2560 x 720	Low	1920 x 1080
มุมมอง (องศา)	110	110	101	45	100	100	100
ความต้องการของระบบ	High-end GPU	High-end GPU	Smartphone	Smartphone	Smartphone	Smartphone	PlayStation 4
การจับตำแหน่ง	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
การจับทิศทาง	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
เครื่องมือควบคุม	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
ราคา	\$ 599	\$ 799	\$ 99.99	\$ 699	\$ 129	\$ 20 - 100	\$ 499

หมายเหตุ. จาก <http://heavy.com/tech/2016/11/top-best-vr-headset-virtual-reality-oculus-rift-htc-vive-christmas-gifts-gaming-guide-review/>, โดย ณัฐพล ศิริระสิริกุล, 2559

ตารางที่ 3.2

ตารางสรุปคุณสมบัติของประเภทการใช้งาน HMD เพื่อพิจารณาในการนำไปใช้งาน

ประเภท คุณสมบัติ	ประเภทของ HMD	
	ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์	ทำงานร่วมกับสมาร์ทโฟน
คุณสมบัติ	คอมพิวเตอร์ระดับสูง	สมาร์ทโฟน
ความคมชัด	สูง	ปานกลาง
อุปกรณ์ควบคุม	Motion Controller + Head motion tracking	เซนเซอร์จับทิศทางการหมุน + Touchpad
Refresh Rate	90Hz	60Hz
Field Of View	110 degrees	96 degrees

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2560

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของเทคโนโลยีความจริงเสมือนแต่ละประเภทแล้ว อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์คือ HMD รูปแบบที่ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์เนื่องจากการพัฒนาระบบจำเป็นต้องใช้ความคมชัดของภาพสูงเพื่อป้องกันการเกิดสภาวะป่วยจากการเคลื่อนไหว (Motion Sickness) ซึ่งหนึ่งในเหตุผลที่ทำให้เกิดสภาวะนี้คือความคมชัดของภาพที่ต่ำหรืออัตราความเร็วของเฟรมภาพที่ต่ำ (Framerate) และเนื่องจากการทำงานไม่จำเป็นต้องพกพาไปยังสถานที่ต่าง ๆ จึงทำให้ตัดข้อจำกัดในด้านของความสะดวกในการพกพาไปได้ และระบบที่พัฒนาต้องใช้อุปกรณ์ในการควบคุม (Controller) เพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์ภายในสภาพแวดล้อมเสมือน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ติดมาพร้อมกับ HMD ที่ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว

ส่วนของชนิดเทคโนโลยีความจริงเสมือนหรือ HMD ที่เหมาะสมในการพัฒนาในงานวิจัยนี้มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ HTC Vive และ Oculus Rift เนื่องจากคุณสมบัติในการควบคุมที่ทั้งคู่มี และสามารถตรวจจับตำแหน่งศีรษะพร้อมกับทิศทางการหมุนได้เหมือนกัน และมุมมองในการมองเห็นภายในจอได้องศาที่กว้างถึง 110 องศาเท่ากัน แต่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ HTC Vive เนื่องจาก

ความละเอียดที่มากกว่าเพียงเล็กน้อย แต่จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้นานกว่าและชุดคำสั่งสำเร็จรูปของ HTC Vive มีมากกว่า Oculus Rift จึงง่ายต่อการนำมาพัฒนาต่อยอดต่อไป

3.3.2 ส่วนชุดคำสั่ง (Software)

ในส่วนของซอฟต์แวร์หรือชุดคำสั่งที่ใช้ในการพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนประกอบไปด้วย

3.3.2.1 ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างความจริงเสมือน

3.3.2.2 ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างระบบหลายผู้ใช้

3.3.2.3 ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติ

โดยที่ทั้ง 3 ส่วนนี้ถูกพัฒนาในระบบเกมเอนจิน โดยจากการศึกษาระบบเกมเอนจินทั้ง 4 ระบบซึ่งได้นำเสนอในบทที่ 2 ทำให้สามารถวิเคราะห์ที่ได้ออกมาตามตารางที่ 3.3 เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้ จึงต้องมีลักษณะของคอมมิวนิตีที่กว้าง สามารถสอบถามปัญหาและหาทางแก้ไขปัญหาได้ง่ายและควรจะมี ความซับซ้อนที่ไม่สูงมาก

ตารางที่ 3.3

ตารางสรุปคุณสมบัติของซอฟต์แวร์เกมเอนจิน เพื่อพิจารณาในการนำไปใช้งาน

คุณสมบัติ	เกมเอนจิน (Game Engine)			
	Stingray	Unreal Engine	Cry Engine	Unity 3D
ชุดคำสั่งสำเร็จรูปสำหรับ HMD	×	✓	×	✓
คอมมิวนิตี (statista)	—	23%	5%	62%
Plug-in	—	ปานกลาง	น้อย	มาก

หมายเหตุ. โดย ฌัฐพล ศิริศิริกุล, 2559, ดัดแปลงโดย ผู้วิจัย, 2560

จากตารางที่ 3.3 ซอฟต์แวร์เกมเอนจินที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาสร้างระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์คือ Unity3D เนื่องจากขนาดของคอมมิวนิตีที่ใหญ่ซึ่งหมายความว่ามีความถี่ในการใช้งานอยู่มากมายและสามารถที่จะสอบถามปัญหาผ่านทางเว็บไซต์ต่าง ๆ มากมายได้ และความซับซ้อนก็อยู่ในระดับปานกลางซึ่งมือใหม่สามารถ

ที่จะเข้ามาใช้งานได้ไม่ยากจนเกินไป และมีชุดคำสั่งสำเร็จรูปสำหรับการสร้างงานในเทคโนโลยีความจริงเสมือนหรือ HMD ได้

3.3.2.1 ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างความจริงเสมือน

สำหรับชุดคำสั่งในการสร้างความจริงเสมือน เนื่องจากซอฟต์แวร์ Unity3D ที่มีชุดคำสั่งสำเร็จรูปในการสร้างความจริงเสมือนอยู่แล้ว เช่น SteamVR ที่เป็นชุดคำสั่งสำเร็จรูปสำหรับ HMD ชนิด HTC Vive และสามารถสร้างชุดคำสั่งให้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานได้เองตามต้องการ โดยคอมมิวนิตีที่มีขนาดใหญ่จึงสามารถหาตัวอย่างงานที่มีคนทำอยู่แล้วมาผสมผสานเข้ากับงานวิจัยของตนเองได้และสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการพัฒนาได้โดยตนเองจากคอมมิวนิตีเหล่านี้



ภาพที่ 3.1 สัญลักษณ์ของชุดคำสั่งสำเร็จรูป SteamVR. สืบค้นเมื่อ 7 พ.ย. 60 จาก <http://cdn.edgecast.steamstatic.com/steam/apps/323910>

และนอกจากนี้ยังมีชุดคำสั่งสำเร็จรูปสำหรับการควบคุมของ HMD ประเภท HTC Vive ในซอฟต์แวร์ Unity3D ซึ่งมีชื่อว่า VRTK หรือ Virtual Reality Toolkit เป็นชุดคำสั่งสำเร็จรูปที่รวบรวมการทำงานต่าง ๆ อย่างเช่น การมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุหรือการขยับและการเคลื่อนที่ภายในโลกความจริงเสมือน โดยอาศัยเทคโนโลยีความจริงเสมือน ซึ่งสามารถนำมาใช้พัฒนาระบบให้มีความสะดวกและตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานระบบได้ในหลาย ๆ ด้านผ่านการศึกษาตัวอย่างภายในชุดคำสั่งสำเร็จรูปดังกล่าวและนำมาประยุกต์ใช้กับระบบที่พัฒนาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3.2 สัญลักษณ์ของชุดคำสั่งสำเร็จรูป VRTK. สืบค้นเมื่อ 7 พ.ย. 60 จาก

<https://raw.githubusercontent.com/thestonefox/VRTK/master/Assets/VRTK>

3.3.2.2 ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างระบบหลายผู้ใช้

สำหรับชุดคำสั่งในการสร้างระบบหลายผู้ใช้ในซอฟต์แวร์ Unity3D มีระบบหลายผู้ใช้ทั้งในรูปแบบของการสร้างชุดคำสั่งเอง และในรูปแบบของตัวเชื่อมต่อเพิ่มเติมหรือสามารถหาได้จาก Asset Store ซึ่งความประสิทธิภาพในการทำงานของระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์มีหลักเกณฑ์ในการเลือกระบบหลายผู้ใช้งานดังนี้

- (1) สามารถกำหนดเจ้าของห้องได้
- (2) สามารถปรับเปลี่ยนส่วนเสริมระบบได้
- (3) มีระบบการจัดการรูปแบบ Lobby หรือสามารถเลือกห้องหรือรูปแบบ

การใช้งานก่อนที่จะเข้าไปยังระบบได้

จากรูปภาพที่ 2.26 รูปแบบที่เหมาะสมกับการนำมาพัฒนาระบบหลายผู้ใช้ในงานวิจัยนี้มากที่สุดคือ Unet หรือ Unity Networking เนื่องจากประสิทธิภาพในการทำงานคล้ายกับ PUN แต่สามารถจัดการกับระบบเครือข่ายหลักได้ง่ายกว่าโดยการกำหนดเลือกผู้ใช้งานที่เป็นเครือข่ายหลักตั้งแต่เริ่มใช้งานและจำนวนผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้ตามต้องการและไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ในการใช้งานหรือการนำมาใช้พัฒนาระบบและยังรองรับรูปแบบการจัดการแบบ Lobby ได้ รวมถึงสามารถหาชุดคำสั่งสำเร็จรูปจากซอฟต์แวร์ Unity3D ได้อย่างง่ายดายเนื่องจากจำนวนผู้ใช้งานที่มากทำให้มีคอมมิวนิตีที่กว้างทำให้หาวิธีการแก้ปัญหาและวิธีการนำมาพัฒนาได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

3.4 การออกแบบและพัฒนาระบบ

การพัฒนาและทดสอบระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ทำได้โดยการศึกษาข้อมูลทฤษฎีต่าง ๆ ในบทที่ 2 และศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างระบบในข้อที่ 3.3 สามารถออกแบบโครงสร้างระบบที่ใช้ในการทดลองด้วยเครื่องมือที่เลือกมาดังต่อไปนี้

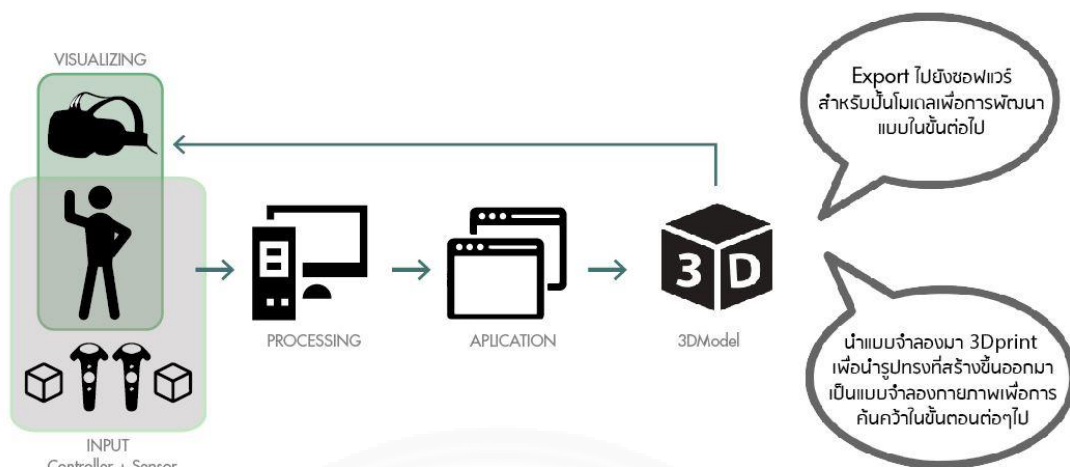
3.4.1 โครงสร้างและการทำงานของระบบ

โครงสร้างและการทำงานของระบบดังภาพที่ 3.3 เป็นการทำงานระหว่างสามส่วนได้แก่ ส่วนของการรับข้อมูล (Input) ส่วนของการประมวลผล (Processing) และส่วนของการแสดงผล (Visualizing) เพื่อเป็นการรับข้อมูลจากผู้ใช้งานและนำมาแสดงผลในโลกความจริงเสมือน โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

3.4.1.1 ส่วนของการรับข้อมูล หมายถึงส่วนของข้อมูลที่ทำให้การป้อนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์หรือส่วนที่ใช้ในการประมวลผลซึ่งสามารถส่งเข้าไปได้หลากหลายรูปแบบ และในระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์เป็นการใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนที่ต้องการส่วนของการรับข้อมูลจากท่าทางของร่างกายของผู้ใช้งานและจากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบจึงสรุปการใช้งานของส่วนของการรับข้อมูลได้ว่าเป็นการใช้ Controller ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคู่กับ HMD ชนิด HTC Vive และจะมีส่วนของเซนเซอร์ (Sensor) ซึ่งเป็นตัวรับข้อมูลตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของแว่นสวมศีรษะกับ Controller และนำไปเชื่อมกับตำแหน่งภายในโลกความจริงเสมือน ทำให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งการและทำการเลือกทางเลือกภายในโลกความจริงเสมือนผ่านเครื่องมือดังกล่าว และส่งต่อไปยังส่วนของการประมวลผล

3.4.1.2 ส่วนของการประมวลผล หมายถึงส่วนที่รับข้อมูลมาจากส่วนของการรับข้อมูลหรือการสั่งการจากผู้ใช้งานในระหว่างการใช้งาน ซึ่งในที่นี้คือคอมพิวเตอร์ และนำมาทำการประมวลผลเพื่อที่จะแปลงข้อมูลดังกล่าวและนำมาแสดงผลให้ผู้ใช้งานได้ตัดสินใจในส่วนของการแสดงผลในขั้นตอนต่อไป

3.4.1.3 ส่วนของการแสดงผล หมายถึงส่วนที่นำข้อมูลที่ได้รับการประมวลผลแล้วมาแสดงผลแก่ผู้ใช้งานหรือผู้มีส่วนร่วมได้รับรู้ผ่านประสาทสัมผัสต่าง ๆ ทั้งการมองเห็น หรือการได้ยิน ซึ่งในระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นได้นำส่วนของ HMD หรือแว่นสวมศีรษะสำหรับเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาใช้ในการแสดงผล ควบคู่ไปกับการแสดงผลทางเสียงสำหรับการพูดคุยผ่านระบบ



ภาพที่ 3.3 แผนภาพการทำงานของระบบ. โดย ผู้วิจัย, 2560

3.4.2 การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบช่วยเหลือการออกแบบร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลักๆดังนี้

3.4.2.1 การนำเทคโนโลยีความจริงเสมือนเข้าสู่เกมเอนจิน

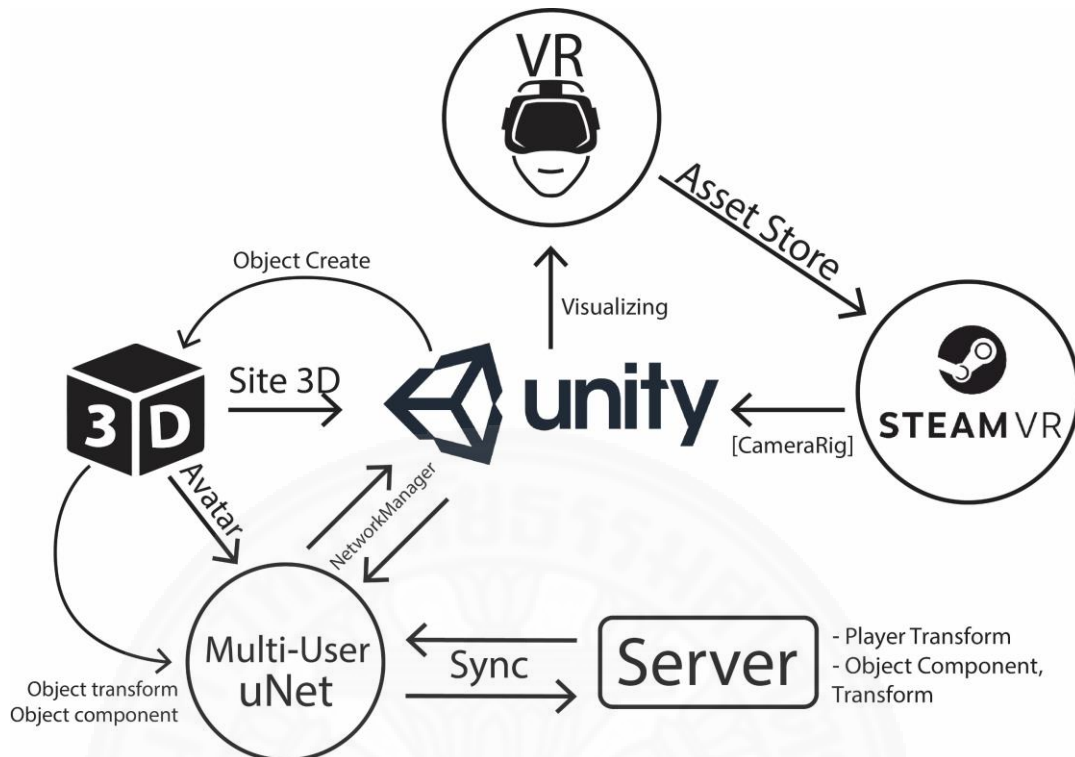
3.4.2.2 การเชื่อมต่อระบบหลายผู้ใช้งาน

3.4.2.3 การสร้างรูปทรงสามมิติ

โดยการทำงานของระบบถูกพัฒนาขึ้นบนซอฟต์แวร์เกมเอนจิน Unity3D เวอร์ชัน 2017.2.0f3 และใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนชนิด HTC Vive โดยมีรายละเอียดในการสร้างระบบดังต่อไปนี้

3.4.2.1 การนำเทคโนโลยีความจริงเสมือนเข้าสู่เกมเอนจิน

ขั้นตอนการนำเทคโนโลยีความจริงเสมือนเข้าสู่เกมเอนจินต้องอาศัยชุดคำสั่งสำเร็จรูปสำหรับการนำเข้ามีชื่อว่า SteamVR ซึ่งเป็นลักษณะเหมือนโปรแกรมเสริม (Plugin) ที่จะทำให้ซอฟต์แวร์เกมเอนจินสามารถที่จะรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้ โดยขั้นตอนนำเข้าจะต้องทำการนำเข้า (Import) โปรแกรมเสริมเข้ามาภายในซอฟต์แวร์ Unity3D โดยการดาวน์โหลดจาก Asset Store ซึ่งสามารถเข้าผ่านซอฟต์แวร์ Unity3D หรือทางเว็บไซต์ <https://www.assetstore.unity3d.com/en/> ได้เลย

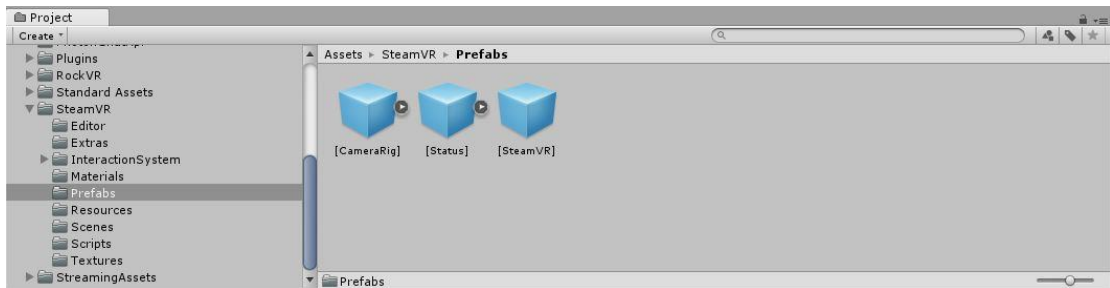


ภาพที่ 3.4 แผนผังการออกแบบระบบ. โดย ผู้วิจัย , 2561



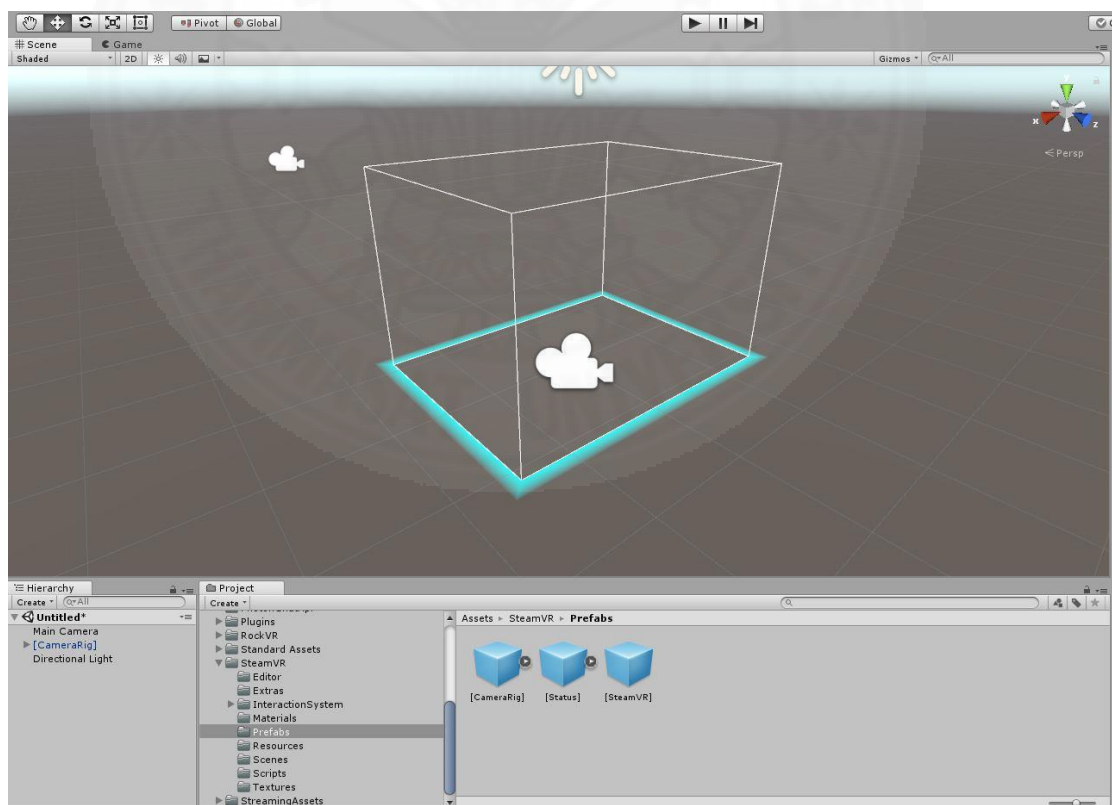
ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการนำเข้าโปรแกรมเสริม SteamVR. โดย ผู้วิจัย, 2560

และเมื่อทำการนำ SteamVR เข้ามายังซอฟต์แวร์แล้วจะพบกับองค์ประกอบของโปรแกรมเสริมดังรูปที่ 3.6 ซึ่งประกอบไปด้วย [CameraRig], [Status] และ [SteamVR]



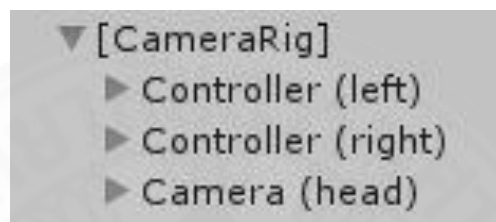
ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการนำเข้าโปรแกรมเสริม SteamVR. โดย ผู้วิจัย, 2560

หลังจากนั้นเมื่อนำองค์ประกอบของ Prefabs ที่ชื่อว่า [CameraRig] ไปวางในฉากจะเป็นการนำตำแหน่งเริ่มต้นที่จะสร้างจุดกำเนิดของผู้ใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนเข้าไป และเมื่อกดเล่นจะสามารถใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้ แต่หากต้องการสร้างปฏิสัมพันธ์กับวัตถุภายในฉากจะต้องสร้างชุดคำสั่งขึ้นมาหรือสามารถหาดาวน์โหลดจาก Asset store แบบสำเร็จรูปได้เลย



ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการนำเข้าโปรแกรมเสริม SteamVR. โดย ผู้วิจัย, 2560

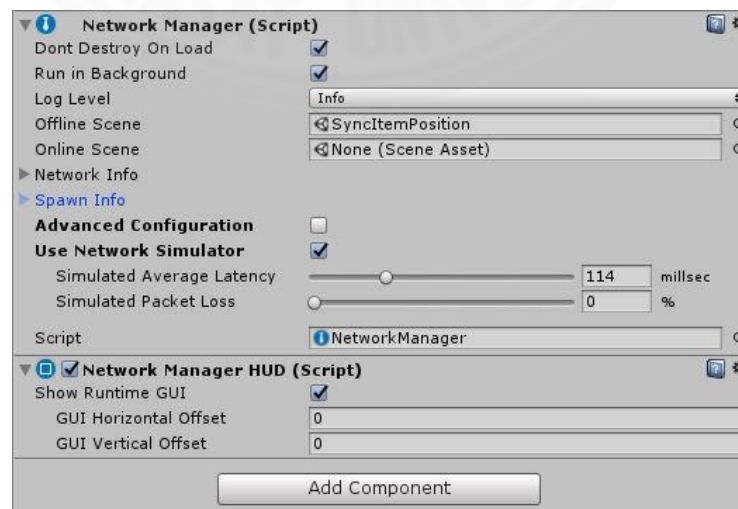
ซึ่งส่วนประกอบภายใน [CameraRig] ประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำหรับเทคโนโลยีความจริงเสมือน 3 อย่างได้แก่ คอนโทรลเลอร์ซ้าย คอนโทรลเลอร์ขวา และส่วนหัวหรือกล้องดังในภาพที่ 3.8 ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ จะตั้งค่าตำแหน่งจากอุปกรณ์เทคโนโลยีความจริงเสมือนของจริงที่ทำการตรวจจับตำแหน่งจากเซนเซอร์ทั้งสอง เมื่อทำการกดใช้งานระบบส่วนประกอบภายใน [CameraRig] จะขยับตามอุปกรณ์เทคโนโลยีความจริงเสมือนของจริงตามที่ผู้ใช้งานขยับ



ภาพที่ 3.8 ส่วนประกอบภายใน [CameraRig]. โดย ผู้วิจัย , 2560

3.4.2.2 การเชื่อมต่อระบบหลายผู้ใช้งาน

การสร้างระบบหลายผู้ใช้งานออนไลน์สำหรับซอฟต์แวร์ยูนิตี้สามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่ การใช้งานยูเน็ต (UNET) หรือ Unity Networking ซึ่งเป็นส่วนเสริมซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการเชื่อมต่อระบบการทำงานหลาย ๆ ระบบเข้าด้วยกันโดยที่ไม่ต้องอยู่ในที่เดียวกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและการนำเข้าส่วนเสริมซอฟต์แวร์ชนิดนี้สามารถทำได้ภายในซอฟต์แวร์ยูนิตี้เกมเอนจินได้ทันทีโดยใช้ส่วนเสริม Network Manager และ Network Manager HUD ดังในรูปที่ 3.9



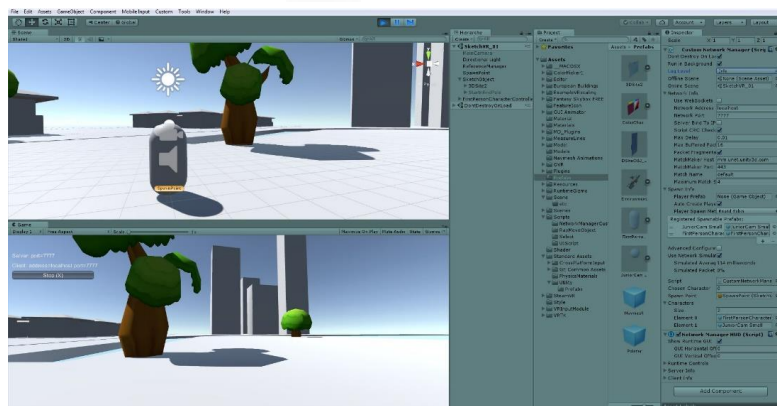
ภาพที่ 3.9 ส่วนเสริม NetworkManger และ NetworkManagerHUD. โดย ผู้วิจัย , 2560

ซึ่งส่วนเสริมจะมีการกำหนดค่าในการใช้งาน ก่อนเริ่มใช้งานดังในรูปที่ 3.8 โดยสิ่งสำคัญที่ต้องใส่คือออฟไลน์ซีน (Offline Scene) และ ออนไลน์ซีน (Online Scene) ซึ่งตัวเลือกทั้งคู่จะเป็นตัวกำหนดสภาพแวดล้อมเสมือนภายในระบบ หากไม่มีการกำหนดไว้เมื่อกดเริ่มใช้งานจะทำให้ระบบว่างเปล่าและผู้ใช้สามารถกำหนดแค่เพียงออฟไลน์ซีน ซึ่งจะส่งผลให้เมื่อเริ่มใช้งานสภาพแวดล้อมเสมือนจะเหมือนกับตอนออฟไลน์หรือตอนที่ยังไม่เริ่มใช้งาน และการตั้งค่าในการกำหนดรูปแบบการใช้งานอยู่ในสبونอินโฟ (Spawn Info) ในช่องเพลเยอร์พรีแฟ็บ (Player Prefab) ให้ทำการลากลักษณะของผู้ใช้งานที่เป็นพรีแฟ็บลงไปก่อนเริ่มใช้งานดังในรูปที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การกำหนดลักษณะผู้ใช้งานก่อนเริ่มใช้งาน. โดย ผู้วิจัย , 2560

ซึ่งภายในลักษณะของผู้ใช้งานที่ทำการสร้างจะต้องมีส่วนเสริมซอฟต์แวร์ที่เป็นลักษณะของชุดคำสั่งที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสื่อสารกับระบบหลายผู้ใช้งานออนไลน์หรือเซิร์ฟเวอร์ (Server) ได้ทั้งในด้านของตำแหน่งผู้ใช้งานและการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถรู้ได้ว่าผู้ใช้งานคนอื่นทำอะไรอยู่ที่ตำแหน่งใด โดยชุดคำสั่งดังกล่าวประกอบไปด้วย Network Identity ซึ่งทุกวัตถุที่ต้องการเชื่อมต่อกับระบบหลายผู้ใช้งานจะต้องมีชุดคำสั่งนี้เพื่อทำให้เซิร์ฟเวอร์สร้างไอดีเฉพาะให้แก่วัตถุนั้น ๆ และชุดคำสั่งอีกชุดชื่อว่า Network Transform ซึ่งจะช่วยส่งค่าตำแหน่งของวัตถุหรือลักษณะผู้ใช้งานไปยังเซิร์ฟเวอร์และทำให้ผู้ใช้งานคนอื่นทราบตำแหน่งหรือตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของตนได้

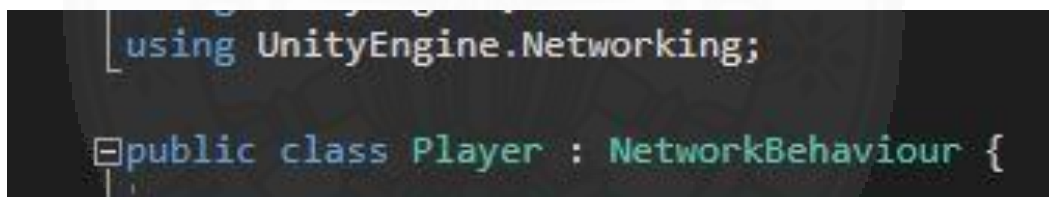


ภาพที่ 3.11 หน้าจอผู้ใช้งานหลังการกดเริ่ม. โดย ผู้วิจัย , 2561

ชุดคำสั่งทั้งสองเป็นการทำให้เซิร์ฟเวอร์ทราบถึงตำแหน่งและรูปแบบของวัตถุ ซึ่งการที่จะทำให้เซิร์ฟเวอร์ส่งค่าหรือรายงานผลที่เปลี่ยนไปให้แก่ผู้ใช้งานคนอื่น ผู้ใช้งานจะต้องสร้างชุดคำสั่งขึ้นมาใหม่ ซึ่งชุดคำสั่งสำหรับการใช้งานระบบหลายผู้ใช้งานรูปแบบยูเน็ต ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างการสร้างชุดคำสั่ง 3 ประเภทได้แก่

- (1) การเชื่อมต่อสัญลักษณ์ผู้ใช้งานกับระบบหลายผู้ใช้งาน
- (2) การสร้างวัตถุต่าง ๆ และทำการเชื่อมกับระบบหลายผู้ใช้งาน
- (3) การเชื่อมต่อตำแหน่งและขนาดของวัตถุที่สร้างขณะใช้งาน

ซึ่งชุดคำสั่งทั้งสองรูปแบบจะต้องมีการประกาศเนมสเปซ (Namespace) เพื่อให้ชุดคำสั่งมีคำสั่งสำหรับการทำระบบหลายผู้ใช้งานออนไลน์เพิ่มเข้ามาโดยการใส่คำสั่งว่า `using UnityEngine.Networking;` และทำการเปลี่ยนคลาส (Class) จาก `MonoBehaviour` เป็น `NetworkBehaviour` ดังในภาพที่ 3.11 และคำสั่งที่ต้องการเชื่อมต่อระหว่างเซิร์ฟเวอร์จะต้องเขียนอยู่ใน `[Command]` ซึ่งหมายถึงคำสั่งที่ผู้ใช้งานกำหนดและต้องการส่งค่าของคำสั่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ และชุดคำสั่งทั้ง 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



```
using UnityEngine.Networking;

public class Player : NetworkBehaviour {
```

ภาพที่ 3.12 ขั้นตอนการประกาศ Namespace สำหรับชุดคำสั่งการใช้ Unet. โดย ผู้วิจัย , 2561

(1) การเชื่อมต่อสัญลักษณ์ผู้ใช้งานกับระบบหลายผู้ใช้งาน

สัญลักษณ์ผู้ใช้งานจะต้องมีชุดคำสั่งสำหรับการเชื่อมต่อตำแหน่งของผู้ใช้งานเริ่มต้นและตำแหน่งที่เปลี่ยนไปเมื่อผู้ใช้งานทำการเคลื่อนที่ภายในสภาพแวดล้อมเสมือน การทำงานงานคือการส่งค่าตำแหน่งของสัญลักษณ์ผู้ใช้งานไปยังเซิร์ฟเวอร์และสั่งให้เซิร์ฟเวอร์รายงานผลดังกล่าวแก่ผู้ใช้งานคนอื่นที่กำลังใช้งานอยู่ในระบบเดียวกันโดยตัวแปรที่ต้องสร้างในกรณีนี้ได้แก่ ตัวแปรของตำแหน่งซึ่งเป็นลักษณะของ `Vector3` ตั้งชื่อสมมติว่า `PlayerPosition` เอาไว้เก็บค่าของตำแหน่งที่เปลี่ยนไปและอีกตัวแปรคือตัวแปรสำหรับเก็บค่าของตำแหน่งในปัจจุบัน ซึ่งเป็นตัวแปรลักษณะ `Transform` ตั้งชื่อสมมติว่า `myTransform` พร้อมกับตัวแปรควบคุมการส่งค่าออก 2 ตัวแปรได้แก่ตัวแปร `PositionUpdateRate` ซึ่งเป็น `Float` ทำหน้าที่ในการกำหนดอัตราความถี่ในการส่งค่า หากยิ่งน้อยก็จะยิ่งส่งค่าเยอะและถี่มากยิ่งขึ้น และตัวแปร `Smooth` สำหรับกำหนดความถี่

ไหลของค่าตำแหน่งที่เปลี่ยนไป โดยชุดคำสั่งที่ทำการกำหนดค่าตัวแปรแก่ตัวแปร myTransform และ PlayerPosition ได้แก่คำสั่งในภาพที่ 3.12

```
void LerpPosition()
{
    if (isLocalPlayer)
    {
        return;
    }

    myTransform.position = Vector3.Lerp(myTransform.position, PlayerPosition, Time.deltaTime * smooth);
}
```

ภาพที่ 3.13 การกำหนดค่าตัวแปรตำแหน่งของสัญลักษณ์ผู้ใช้งาน. โดย ผู้วิจัย , 2561

โดยคำสั่งดังกล่าวจะมีส่วนประกอบ 3 ส่วนได้แก่ ตำแหน่งเริ่มต้นก่อนการเคลื่อนที่ ตำแหน่งสุดท้ายหลังการเคลื่อนที่ และความถี่ไหลของการเคลื่อนที่ ซึ่งหลังจากการเคลื่อนที่ตัวแปรที่ทำการสร้างขึ้นจะถูกกำหนดค่าและชุดคำสั่งต่อมาจะเป็นการส่งค่าดังกล่าวไปยังเซิร์ฟเวอร์และผู้ใช้งานคนอื่น ซึ่งการส่งค่าตำแหน่งของผู้ใช้งานไปยังเซิร์ฟเวอร์จะต้องเขียนชุดคำสั่งผ่าน [Command] และเพื่อให้ผู้ใช้งานคนอื่นรับรู้ค่าตัวแปรดังกล่าวของตำแหน่งที่เปลี่ยนไปจะต้องเขียนชุดคำสั่งผ่าน [ClientRpc] ด้วยและทำการนำตัวแปรจากชุดคำสั่งที่เขียนใน [Command] ส่งต่อมายังชุดคำสั่งที่เขียนใน [ClientRpc] ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเขียนขึ้นเองได้ทันทีดังในภาพที่ 3.13 โดยตัวแปรที่ทำการส่งผ่านระหว่างสองคำสั่งจะมีลักษณะเป็น Vector3 แทนค่าตัวแปรของตำแหน่งของสัญลักษณ์ผู้ใช้งานที่ถูกกำหนดโดยชุดคำสั่งในภาพที่ 3.14

```
[Command] // player command what he want!!
void CmdSendPosition(Vector3 position)
{
    PlayerPosition = position;
    RpcReceivePosition(position);
}

[ClientRpc] // client receive what player command
void RpcReceivePosition(Vector3 position)
{
    PlayerPosition = position;
}
```

ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างชุดคำสั่งสำหรับส่งค่าตัวแปร. โดย ผู้วิจัย , 2561

การส่งค่าไปยังเซิร์ฟเวอร์จะต้องมีคำสั่งเพื่อควบคุมความถี่ในการส่งข้อมูล เพื่อป้องกันการส่งข้อมูลที่เยอะจนเกินไปซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาระหว่างการใช้งานโดยใช้ตัวแปร PositionUpdateRate ในการกำหนดดังในภาพที่ 3.15

```
IEnumerator UpdatePosition()
{
    while (enabled)
    {
        CmdSendPosition(myTransform.position);
        yield return new WaitForSeconds(positionUpdateRate);
    }
}
```

ภาพที่ 3.15 ชุดคำสั่งควบคุมความถี่ในการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์. โดย ผู้วิจัย , 2561

(2) การสร้างวัตถุต่าง ๆ และทำการเชื่อมกับระบบหลายผู้ใช้งาน

วัตถุที่สร้างขึ้นภายในระบบระหว่างการใช้งานหากต้องการเชื่อมต่อวัตถุ นั้น กับผู้ใช้งานคนอื่น จะต้องทำการส่งคำสั่งในการสร้างวัตถุขึ้นไปบนเซิร์ฟเวอร์และให้เซิร์ฟเวอร์สร้าง วัตถุดังกล่าวขึ้นมาเช่นเดียวกัน โดยวิธีการสร้างคำสั่งดังกล่าวจะต้องสร้างชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นมาจากคำสั่ง ในการสร้างวัตถุนั้น ๆ โดยมีลักษณะคล้ายข้อ (1) โดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการสร้างกล่องสี่เหลี่ยม ลูกบาศก์ขึ้นภายในระบบขณะใช้งานโดยวิธีการคือเขียนคำสั่งสร้างลูกบาศก์ (Cube) ขึ้นในส่วน ของ [Command] ดังในภาพที่ 3.16 หลังจากนั้นจึงเขียนคำสั่งให้เซิร์ฟเวอร์สร้างวัตถุขึ้นเดียวกันขึ้นและทำ การส่งข้อมูลของวัตถุขึ้นนั้นไปยังผู้ใช้งานคนอื่นทุกคนภายในเซิร์ฟเวอร์โดยเขียนอยู่ในส่วนของ [ClientRpc] ซึ่งทำการกำหนดวัตถุเป็นไอดีที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้เองเพื่อให้เซิร์ฟเวอร์สามารถ ทราบได้ว่าวัตถุขึ้นนั้นคือไอดีอะไร เนื่องจากเซิร์ฟเวอร์ไม่สามารถทราบได้ว่าวัตถุแต่ละชิ้นต่างกัน อย่างไร แต่จะทราบว่าจะแต่ละไอดีคืออะไรและทำการแจกจ่ายคำสั่งไปยังไอดีนั้น ๆ ดังในภาพที่ 3.16


```

[Command]
void CmdSpawnCube()
{
    GameObject myCube = GameObject.CreatePrimitive(PrimitiveType.Cube);
    myCube.AddComponent<NetworkIdentity>().localPlayerAuthority = true;

    myCube.AddComponent<NetworkTransform>();

    var Cubeponent = myCube.GetComponent<NetworkTransform>();
    myCube.GetComponent < NetworkTransform.TransformSyncMode>() ;
    myCube.AddComponent<Rigidbody>().useGravity = false;
    myCube.AddComponent<ObjectSyncPosition>();

    NetworkHash128 myAssetId = NetworkHash128.Parse("e2656f");

    myNetMan.spawnPrefabs.Add(myCube);

    RpcLoadPrefab( myAssetId);

    NetworkServer.Spawn(myCube, myAssetId);

    NetworkServer.SpawnWithClientAuthority(myCube, Player);

    Debug.Log(myAssetId);
}

```

ภาพที่ 3.16 ชุดคำสั่งสร้างลูกบาศก์ส่งผ่านไปยังเซิร์ฟเวอร์. โดย ผู้วิจัย , 2561

```

[ClientRpc]
void RpcLoadPrefab(NetworkHash128 assetId)
{
    Debug.Log("Server called the Client RPC to register");
    // ClientScene.RegisterPrefab(obj, assetId);
    ClientScene.RegisterSpawnHandler(assetId, SpawnEnemyHandler, UnSpawnEnemyHandler);
}

public GameObject SpawnEnemyHandler(Vector3 position, NetworkHash128 assetId)
{
    Debug.Log("We have entered the client-specific spawn handler");

    GameObject otherCube = GameObject.CreatePrimitive(PrimitiveType.Cube);
    otherCube.AddComponent<NetworkIdentity>().localPlayerAuthority = true;
    otherCube.AddComponent<NetworkTransform>();
    otherCube.AddComponent<ObjectSyncPosition>();
    var Cubeponent = otherCube.GetComponent<NetworkTransform>();

    otherCube.AddComponent<Rigidbody>().useGravity = false;
    return otherCube;
}

//This is only runs on remote clients
public void UnSpawnEnemyHandler(GameObject spawned)
{
    Destroy(spawned);
}

```

ภาพที่ 3.17 ชุดคำสั่งให้เซิร์ฟเวอร์สร้างลูกบาศก์และส่งต่อไปยังผู้ใช้งาน. โดย ผู้วิจัย , 2561

(3) การเชื่อมต่อตำแหน่ง องศา และขนาดของวัตถุที่สร้างขณะใช้งาน

ต่อจากข้อที่ (2) เมื่อทำการสร้างวัตถุขณะใช้งานแล้ววัตถุดังกล่าวจะถูกสร้างขึ้นภายในระบบแต่วัตถุดังกล่าวจะยังไม่ได้เชื่อมต่อตำแหน่ง องศา และขนาดซึ่งหากวัตถุดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง องศา หรือขนาด ผู้ใช้งานที่ไม่ใช่ผู้ที่สร้างวัตถุดังกล่าวจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น จึงต้องมีการสร้างชุดคำสั่งที่ช่วยในการเชื่อมต่อค่าของตำแหน่ง องศา และขนาด เช่น เมื่อค่าที่กำหนดมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าหรือเท่ากับที่กำหนดเอาไว้ ระบบก็จะส่งค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้ผู้ใช้งานที่อยู่ในระบบทุกคนทราบถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยชุดคำสั่งดังกล่าวผู้ใช้งานจะต้องสร้างตัวแปรสำหรับการเก็บค่าของตำแหน่ง องศา และขนาดเอาไว้ทั้งค่าก่อนการปรับเปลี่ยนและค่าหลังจากการปรับเปลี่ยนแล้ว โดยชนิดของค่าตัวแปรดังกล่าวถูกสร้างเป็น Vector3 รูปแบบ Private และมีคำว่า [SyncVar] อยู่ข้างหน้าโดยตั้งชื่อสมมติสำหรับตัวแปรในการเชื่อมต่อตำแหน่งว่า syncPos และชื่อสมมติสำหรับตัวแปรในการเชื่อมต่อขนาดว่า syncScale และสำหรับการเชื่อมต่อองศาจะใช้ตัวแปรชนิด Quaternion ซึ่งจะจัดการต่างจากตำแหน่งและขนาด และตั้งชื่อสมมติว่า syncRot และทำการสร้างตัวแปรสำหรับเก็บค่าตำแหน่ง องศา และขนาดล่าสุดเอาไว้ในรูปแบบเดียวกัน โดยตั้งชื่อสมมติว่า lastPos, lastScale และ lastRot โดยชนิดของตัวแปรเหมือนตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อมตอดังในภาพที่ 3.18

```
private Transform myTransform;
[SerializeField] float lerpRate = 5;
[SyncVar] private Vector3 syncPos;
[SyncVar] private Vector3 syncScale;
[SyncVar] private Quaternion syncRot;
private NetworkIdentity theNetID;

private Vector3 lastPos;
private Vector3 lastScale;
private Quaternion lastRot;
private float threshold = 0.5f;
```

ภาพที่ 3.18 ชุดคำสั่งสำหรับรูปแบบการประกาศตัวแปรในการเชื่อมต่อวัตถุ. โดย ผู้วิจัย , 2561

โดยชุดคำสั่งดังกล่าวจะต้องถูกใส่เข้าไปในวัตถุทุกชิ้นที่ทำการสร้างขึ้นภายในระบบขณะใช้งานเนื่องจากตัวแปรดังกล่าวจะต้องทำการดึงค่าตำแหน่ง องศา และขนาดของวัตถุดังกล่าวมาใส่โดยภายใน Void Start() ผู้ใช้งานจะต้องประกาศว่าตัวแปรที่จะทำการเชื่อมต่อตำแหน่ง

องศาและขนาดคือตัวแปรสำหรับอะไรดังในภาพที่ 3.19 ซึ่งภายในภาพที่ 3.19 ตัวแปรในการเชื่อมต่อค่าทั้ง 3 ทำการดึงตำแหน่งองศาและขนาดจากวัตถุที่ทำการใส่ชุดคำสั่งนี้ลงไป

```
void Start()
{
    myTransform = GetComponent<Transform>();
    syncPos = GetComponent<Transform>().position;
    syncScale = GetComponent<Transform>().localScale;
    syncRot = GetComponent<Transform>().rotation;
}
```

ภาพที่ 3.19 ชุดคำสั่งสำหรับการแทนค่าตัวแปรกับค่าของวัตถุดังกล่าว. โดย ผู้วิจัย, 2561

หลังจากนั้นทำเหมือนกับการเชื่อมต่อสัญลักษณ์ผู้ใช้งานในข้อที่ (1) หรือในภาพที่ 3.11 คือการใช้คำสั่ง Vector3.Lerp มาใช้เพื่อให้ระบบรู้ว่าตำแหน่งก่อนและหลังการเคลื่อนที่หรือการปรับเปลี่ยนคือตำแหน่งใดและเปลี่ยนมาที่ตำแหน่งใดในระยะเวลาเท่าไรดังในภาพที่ 3.19

```
void LerpPosition()
{
    if (!hasAuthority)
    {
        myTransform.position = Vector3.Lerp(myTransform.position, syncPos, Time.deltaTime * lerpRate);
        myTransform.localScale = Vector3.Lerp(myTransform.localScale, syncScale, Time.deltaTime * lerpRate);
        myTransform.rotation = Quaternion.Lerp(myTransform.rotation, syncRot, Time.deltaTime * lerpRate);
    }
}
```

ภาพที่ 3.20 ชุดคำสั่งสำหรับการแทนค่าตัวแปรสำหรับการปรับเปลี่ยนตำแหน่งองศาและขนาด. โดย ผู้วิจัย, 2561

หลังจากที่ตัวแปรทุกตัวได้ถูกกำหนดเรียบร้อยแล้วจึงมาในส่วนของการส่งค่าที่ได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์และผู้ใช้งานคนอื่น โดยเริ่มจากการตั้งเงื่อนไขว่าหากการเคลื่อนที่หรือการหมุนหรือการขยายสัดส่วนต่างจากเดิมเกินที่กำหนดไว้ ระบบจะทำการส่งค่าไปยังเซิร์ฟเวอร์และทำให้ผู้ใช้งานคนอื่นเห็นถึงการเปลี่ยนแปลง โดยตัวแปร Threshold คือตัวแปรของการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดเอาไว้ในภาพที่ 3.18 ซึ่งสามารถแก้ไขผ่านชุดคำสั่งได้ตามต้องการ และหากมีการปรับเปลี่ยน Threshold เกินค่าที่กำหนดไว้ คำสั่งก็จะทำงานโดยคำสั่งคือให้ส่งค่าล่าสุดหรือวัตถุที่กำหนดไป

ยังเซิร์ฟเวอร์และเมื่อส่งไปแล้วให้ทำการแทนค่าตัวแปรของตำแหน่งหรือองศาหรือขนาดล่าสุดเข้ากับตัวแปรที่กำหนดไว้ในตอนแรกดังในภาพที่ 3.21

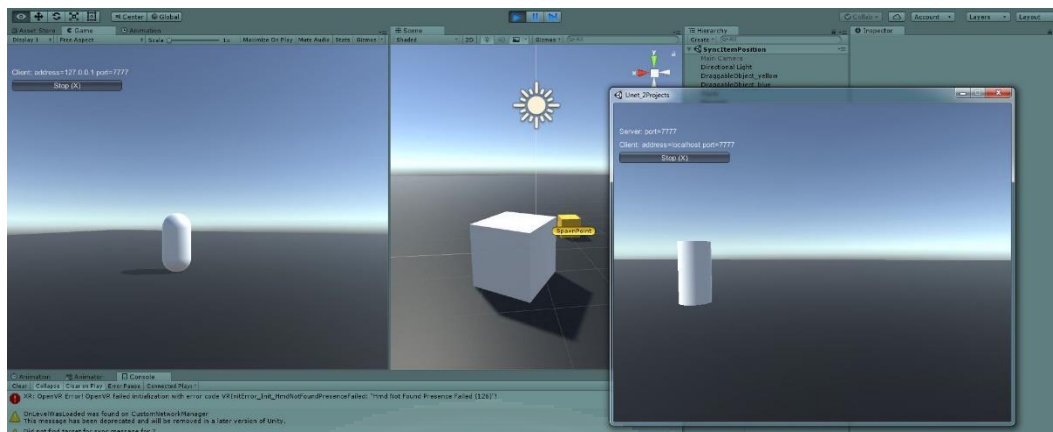
```
[ClientCallback]
void TransmitPosition()
{
    if (hasAuthority && Vector3.Distance(myTransform.position, lastPos) > threshold)
    {
        Cmd_ProvidePositionToServer(myTransform.position, myTransform.localScale, myTransform.rotation);
        lastPos = myTransform.position;
    }
    else if (hasAuthority && Vector3.Distance(myTransform.localScale, lastScale) > threshold)
    {
        Cmd_ProvidePositionToServer(myTransform.position, myTransform.localScale, myTransform.rotation);
        lastScale = myTransform.localScale;
    }
    else if (hasAuthority && Quaternion.Angle(myTransform.rotation, lastRot) > threshold)
    {
        Cmd_ProvidePositionToServer(myTransform.position, myTransform.localScale, myTransform.rotation);
        lastRot = myTransform.rotation;
    }
}
```

ภาพที่ 3.21 ชุดคำสั่งสำหรับการสร้างเงื่อนไขและการส่งค่าของตัวแปรต่าง ๆ ไปยังเซิร์ฟเวอร์. โดยผู้วิจัย, 2561

หลังจากนั้นให้สร้างคำสั่งสำหรับเทียบค่าตัวแปรที่ส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์กับตัวแปรสำหรับการเชื่อมต่อโดยการสร้างคำสั่งภายใน [Command] ดังในภาพที่ 3.22

```
[Command]
void Cmd_ProvidePositionToServer(Vector3 pos , Vector3 scale , Quaternion rot)
{
    syncPos = pos;
    syncScale = scale;
    syncRot = rot;
}
```

ภาพที่ 3.22 ชุดคำสั่งสำหรับการแทนค่าตัวแปรเชื่อมต่อ. โดย ผู้วิจัย, 2561



ภาพที่ 3.23 หน้าจอผู้ใช้งานระหว่างผู้ใช้งานทั้งสอง. โดย ผู้วิจัย, 2561

3.4.2.3 ระบบการสร้างแบบร่างสามมิติ

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยในบทที่ 2 เกี่ยวกับการออกแบบร่างในขั้นต้นกับการร่างภาพสามมิติในเบื้องต้นสามารถสรุปได้ว่าการออกแบบมีรูปแบบในการออกแบบอยู่สองประเภทคือการออกแบบสองมิติและการออกแบบสามมิติ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเป็นการออกแบบในพื้นที่สามมิติหรือพื้นที่โลกเสมือนจริงและจากการศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในข้อ 2.5 ทำให้พบว่าพื้นฐานของการร่างภาพทางสถาปัตยกรรมแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่การร่างภาพด้วยการวาดเส้นแบบเรขาคณิต และการร่างภาพด้วยการวาดเส้นแบบอิสระ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเป็นการสร้างระบบในการสร้างแบบร่างสามมิติโดยการวาดเส้นแบบอิสระพร้อมกับการสร้างรูปทรงเรขาคณิตเพื่อช่วยให้การออกแบบสะดวกและมองเห็นภาพรวมได้ง่ายขึ้น ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลสามารถทำให้สรุปคุณลักษณะของโปรแกรมได้ดังต่อไปนี้

(1) การเลือกวัตถุ (Select Object) เป็นคุณลักษณะสำหรับการเลือกวัตถุใดวัตถุหนึ่งและจัดการกับวัตถุนั้นหรือทำการลบวัตถุนั้นออกจากระบบ โดยวิธีการเลือกจัดการกับวัตถุทำได้โดยการสร้างชุดคำสั่งขึ้นมา ภายในชุดคำสั่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดวิธีการเลือกได้ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนควบคู่กับคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปุ่ม ทริกเกอร์ (Trigger) ในการกดเลือกวัตถุภายในโลกจริงเสมือน

วัตถุที่จะสามารถเลือกได้จะต้องมีคอลไลเดอร์ (Collider) ซึ่งเป็นตัวช่วยในการตรวจจับการชนกันของวัตถุทำให้การเลือกวัตถุสามารถป้องกันการเลือกผิดได้โดยการลบคอลไลเดอร์ออกจากวัตถุที่ไม่ต้องการเลือก หรือทำการใส่แท็ก (Tag) ไว้กับวัตถุที่ต้องการเลือกซึ่งในชุดคำสั่งก็จะตั้งการป้องกันไว้ว่าหากการเลือกวัตถุโดนวัตถุที่ทำการแท็กว่า Pickupable ให้ทำการเลือกวัตถุโดยภายในชุดคำสั่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เริ่มจากการสร้างตัวแปรเอาไว้เก็บวัตถุที่เลือกเป็นลักษณะ GameObject โดยในงานวิจัยนี้ตั้งชื่อตัวแปรเก็บวัตถุที่เลือกเอาไว้ว่า HitObject และกำหนดการเลือกวัตถุโดยใช้การกดปุ่มทริกเกอร์ เมื่อกดปุ่มทริกเกอร์ในขณะที่เล็งคอนโทรลเลอร์ไปที่วัตถุและวัตถุดังกล่าวมีการติดแท็กไว้ว่า Pickupable จะทำการนำวัตถุดังกล่าวมาใส่ตัวแปร HitObject ดังภาพที่ 3.22

แต่สำหรับคุณลักษณะในการเลือกวัตถุผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าต้องการเลือกวัตถุทีละชิ้นหรือต้องการเลือกวัตถุหลาย ๆ ชิ้นและจัดการกับวัตถุเหล่านั้นพร้อมกัน โดยวิธีการเลือกวัตถุหลายชิ้นคือการจัดเก็บวัตถุใส่ตัวแปรประเภท Array ซึ่งสามารถกำหนดขนาดของ Array ได้หรือไม่ต้องการกำหนดก็ได้ตามการใช้งาน ซึ่งวิธีการสร้างตัวแปร Array สามารถทำได้โดยภายในชุดคำสั่งให้ทำการประกาศตัวแปรว่า List<GameObject> และตามด้วยชื่อตัวแปรที่ต้องการซึ่งสามารถกำหนดเองได้ โดยในตัวอย่างในภาพที่ 3.24 ทำการประกาศตัวแปรชื่อว่า selectedUnits หลังจากนั้นให้ทำการบอกว่าตัวแปร Array นี้เมื่อมีวัตถุใด ๆ เข้ามาถือว่าเป็น GameObject ชิ้นหนึ่งภายในตัวแปร ซึ่งตัวแปรประเภท Array สามารถใช้กับส่วนประกอบของวัตถุได้ทุกอย่างเช่น สี หรือวัสดุของวัตถุดังกล่าวโดยใช้วิธีเขียนเหมือนกัน

```

if (device.GetTouchDown(SteamVR_Controller.ButtonMask.Trigger))
{
    if (Physics.Raycast(ray, out hit, Mathf.Infinity))
    {
        if (hit.collider.tag == "Pickupable")
        {
            hitObject = hit.collider.gameObject;
        }
    }
}

```

ภาพที่ 3.24 ชุดคำสั่งการเลือกวัตถุ. โดย ผู้วิจัย, 2561

```

public List<GameObject> selectedUnits = new List<GameObject>();
public List<Material> selectedColor = new List<Material>();
public List<Color> TouchColor = new List<Color>();

```

ภาพที่ 3.25 ชุดคำสั่งการสร้างตัวแปร Array. โดย ผู้วิจัย, 2561

และเมื่อต้องการใส่วัตถุที่เลือกเข้ามาเก็บไว้ใน Array โดยมีวิธีการเหมือนเลือกวัตถุทีละชิ้นแต่การเขียนคำสั่งไม่เหมือนกัน โดยใช้คำสั่ง `selectedUnits.Add` เพื่อเป็นการเพิ่มวัตถุเข้ามาเก็บไว้ใน Array ดังในภาพที่ 3.26

```

if (Physics.Raycast(ray, out hitInfo, Mathf.Infinity))
{
    if (hitInfo.collider.tag == "Pickupable")
    {
        hitObject = hitInfo.collider.gameObject;
        selectedUnits.Add(hitObject);
        selectedColor.Add(realSelectColor.realColor);

        for (int i = 0; i < selectedColor.Count; i++)
        {
            selectedUnits[i].GetComponent<Renderer>().material = SelectColor;
            selectedUnits[i].layer = 2;
        }
    }
    hitObject = null;
}

```

ภาพที่ 3.26 ชุดคำสั่งการสร้างตัวแปร Array 2. โดย ผู้วิจัย, 2561

(2) การลบวัตถุ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานได้แก้ไขวัตถุที่ไม่ได้ตั้งใจสร้างขึ้นมาหรือต้องการลบวัตถุที่ไม่ได้ใช้งานแล้วภายในระบบให้ออกไปจากระบบ เพื่อป้องกันการสื่อสารที่ผิดพลาดระหว่างทีมผู้ออกแบบ โดยการลบวัตถุมีลักษณะคล้ายกับคุณลักษณะในข้อที่ (1) คือการตรวจจับวัตถุที่มีคอลไลด์เดอร์เหมือนกันและแทคเหมือนกัน เมื่อคุณลักษณะที่ (1) ทำการเลือกวัตถุมาเก็บไว้ในตัวแปร `HitObject` แล้วเมื่อต้องการลบวัตถุดังกล่าวให้ใช้คำสั่ง `Destroy(HitObject)` ซึ่งจะต้องสร้างลักษณะของหน้าจอผู้ใช้งานขึ้นมาเพื่อทำการกดหลังจากเลือกหรือหากต้องการกดปุ่มแล้วลบโดยทันทีให้เขียนคำสั่ง `Destroy(HitObject)` ต่อจากคำสั่งที่สั่งให้จัดเก็บตัวแปรได้ทันที

```

if (Physics.Raycast(ray, out hitInfo, Mathf.Infinity))
{
    if (hitInfo.collider.tag == "Pickupable")
    {
        hitObject = hitInfo.collider.gameObject;
        Destroy(hitObject);
    }
}

```

ภาพที่ 3.27 ชุดคำสั่งการลบวัตถุ. โดย ผู้วิจัย, 2561

(3) ร่างเส้นสามมิติ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถแสดงแนวความคิดออกมาผ่านการร่างเส้นภายในโลกจริงเสมือนโดยอาศัยการใช้งานของส่วนรับข้อมูลชนิดตัวควบคุมหรือคอนโทรลเลอร์ โดยเส้นที่ถูกร่างออกมาจะมีลักษณะเป็น Mesh ซึ่งถูกสร้างจากการกำหนดจุดที่มีความถี่จากการเคลื่อนที่ของตัวควบคุมและเชื่อมต่อจุดเข้าด้วยกันโดย Mesh และ Mesh ที่ถูกสร้างขึ้นสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม เช่น แสงเงาและสามารถเคลื่อนย้ายหรือย่อขยายได้ เนื่องจาก Mesh ที่สร้างขึ้นมามีลักษณะเป็น GameObject และมีคอลไลด์เดอร์จึงสามารถตรวจจับผ่านชุดคำสั่งในข้อที่ (1) ได้และผู้ใช้งานสามารถใช้งานคุณลักษณะในการร่างเส้นสามมิตินี้เหมือนกับการเขียนเส้นลงบนกระดาษหรือการวาดเส้นเป็นรูปทัศนียภาพแต่เป็นการวาดเส้นลงบนพื้นที่สามมิติ และสามารถที่จะเดินสำรวจสิ่งที่ตัวเองวาดขึ้นมาได้ โดยชุดคำสั่งในคุณลักษณะนี้มี 2 ชุดคำสั่งได้แก่ชุดคำสั่งในการประมวลผลเส้นร่างสามมิติและชุดคำสั่งในการสร้างเส้นร่างสามมิติ

ชุดคำสั่งในการประมวลผลเส้นร่างสามมิติเป็นการคำนวณตำแหน่งที่ทำการประมวลผลจากชุดคำสั่งในการสร้างเส้นร่างสามมิติและนำมาสร้างจุดและเส้นของ Mesh ผ่านสมการคณิตศาสตร์เพื่อประมวลผลและแสดงผลออกมาภายในระบบ

ชุดคำสั่งในการสร้างเส้นร่างสามมิติเป็นชุดคำสั่งที่รับการนำเข้ามาจากคอนโทรลเลอร์เมื่อผู้ใช้งานส่งคำสั่งผ่านคอนโทรลเลอร์เช่นการกดปุ่มทริกเกอร์ ชุดคำสั่งดังกล่าวจะทำงานและจะสร้างเส้นร่างออกมาเป็น GameObject ใหม่ทุกครั้งที่ทำการสร้างและต้องทำการเพิ่มส่วนประกอบซอฟต์แวร์ที่ชื่อว่าเมชคอลไลด์เดอร์ (Mesh Collider) เข้าไปสำหรับการตรวจจับในชุดคำสั่งในข้อที่ (1) นอกจากนั้นต้องกำหนดแท็กให้แก่เส้นร่างสามมิติที่จะทำการสร้างสำหรับชุดคำสั่งในข้อที่ (1) ว่า Pickupable พร้อมกับการกำหนดขนาดและสีของเส้นร่างพร้อมกับตำแหน่งที่ต้องการสร้างหรือการแสดงผล ซึ่งในระบบจะกำหนดให้สร้างในตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งที่ผู้ใช้งานทำการกดปุ่มสร้างหรือปุ่มทริกเกอร์ดังในภาพที่ 3.28

```
SteamVR_Controller.Device device = SteamVR_Controller.Input((int)trackedObj.index);
if (device.GetTouchDown(SteamVR_Controller.ButtonMask.Trigger))
{
    go = new GameObject();
    go.AddComponent<MeshFilter>().mesh = plane;
    mc = go.AddComponent<MeshCollider>();
    mc.sharedMesh = go.GetComponent<MeshFilter>().mesh;
    go.AddComponent<MeshRenderer>();
    go.gameObject.tag = "Pickupable";
    go.transform.localPosition = trackedObj.transform.position;
    currLine = go.AddComponent<MeshLineRenderer>();
    currLine.lmat = new Material(lmat);
    currLine.SetWidth(LineWidth);
    go.transform.parent = parent.transform;
}
```

ภาพที่ 3.28 ชุดคำสั่งในการสร้างเส้นร่างสามมิติ. โดย ผู้วิจัย, 2561

(4) สร้างรูปทรงสามมิติ เป็นการสร้างรูปทรงจำลองในเบื้องต้นขึ้นมาเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานได้จำลองพื้นที่หรือรูปทรงที่มีลักษณะของมวลคือทั้งในด้านความยาว ความกว้าง และความลึก ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการ และสามารถเคลื่อนย้าย ย่อ ขยาย หรือหมุนได้เช่นกันซึ่งการสร้างรูปทรงสามมิติในระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างได้สองวิธีคือ แบบแรกเป็นการสร้างจากการกำหนดขนาดของรูปทรงและแบบที่สองคือสร้างจากรูปทรงที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ ซึ่งในแบบแรกเมื่อสร้างขึ้นมาจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงได้ แต่สามารถที่จะกำหนดขนาดขึ้นมาก่อนได้เลย แต่ในแบบที่สองจะไม่สามารถกำหนดขนาดในตอนสร้างได้ แต่สามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงในภายหลังได้ดังในภาพที่ 4.12

โดยชุดคำสั่งในการสร้างรูปทรงสามมิติเป็นการสร้างรูปทรงมาตรฐานเช่นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ซึ่งสามารถกำหนดขนาดของรูปทรงก่อนจะทำการสร้างได้ เริ่มต้นจากการสร้างตัวแปรสำหรับเก็บรูปทรงที่ต้องการสร้างเอาไว้ดังตัวอย่างในภาพที่ 3.29

```
GameObject myCube = GameObject.CreatePrimitive(PrimitiveType.Cube);
GameObject go = Instantiate(myCube, myCube.transform.position, Quaternion.identity);
```

ภาพที่ 3.29 ตัวอย่างการสร้างรูปทรงมาตรฐาน. โดย ผู้วิจัย, 2561

ซึ่งตัวอย่างในภาพที่ 3.27 ได้ทำการตั้งชื่อตัวแปรว่า myCube เป็นลักษณะ GameObject และคำสั่งในการสร้างรูปทรงมาตรฐานซึ่งในตัวอย่างจะทำการสร้างสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ โดยสั่งว่า CreatePrimitive(PrimitiveType.Cube) ทำให้ระบบรู้ว่าตัวแปร myCube มีวัตถุเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์อยู่และเมื่อต้องการสร้างวัตถุดังกล่าวลงไปในระบบ ณ ตำแหน่งที่กำหนดสามารถทำได้โดยเขียนชุดคำสั่งดังในภาพที่ 3.29 ซึ่งจะต้องสร้างตัวแปรอีกหนึ่งตัวสำหรับบอกระบบให้สร้างตัวแปรนี้ลงไปภายในสภาพแวดล้อมจริงเสมือนหรือภายในระบบขณะใช้งานซึ่งดังตัวอย่างทำการตั้งชื่อ ว่า go เป็นลักษณะ GameObject และสั่งคำสั่งว่า Instantiate โดยมีส่วนประกอบคำสั่งดังในภาพที่ 3.30

```
public static Object Instantiate(Object original);
public static Object Instantiate(Object original, Transform parent);
public static Object Instantiate(Object original, Transform parent, bool instantiateInWorldSpace);
public static Object Instantiate(Object original, Vector3 position, Quaternion rotation);
public static Object Instantiate(Object original, Vector3 position, Quaternion rotation, Transform parent);
```

ภาพที่ 3.30 ตัวอย่างส่วนประกอบคำสั่ง Instantiate. โดย ผู้วิจัย, 2561

ซึ่งตัวอย่างในภาพที่ 3.30 มีส่วนประกอบคำสั่งสามอย่างคือ วัตถุที่ต้องการสร้างซึ่งก็คือตัวแปร myCube และตำแหน่งที่ต้องการสร้างลงไปภายในสภาพแวดล้อมเสมือนและส่วนประกอบสุดท้ายคือองศาที่จะทำการสร้างลงไป

(5) เคลื่อนย้าย หมุน ขยาย ย่อ เป็นคุณลักษณะที่ใช้จัดการกับวัตถุที่ทำการสร้างขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนวัตถุหรือรูปร่างให้ตรงกับความต้องการและเพื่อตอบสนองต่อการออกแบบตามความเหมาะสม โดยการทำงานจะเป็นการเลือกวัตถุโดยใช้คุณลักษณะในข้อที่ (1) และทำการจัดการกับวัตถุที่เลือกโดยในระบบที่พัฒนาขึ้นจะใช้คอนโทรลเลอร์ในการจัดการ โดยคุณลักษณะย้าย หมุน ขยาย ย่อ จะเป็นการนำค่าที่ได้จากระยะที่เปลี่ยนไปของตัวควบคุมคอนโทรลเลอร์ทั้งสองข้างมาเทียบกับค่าตัวแปรภายในชุดคำสั่ง

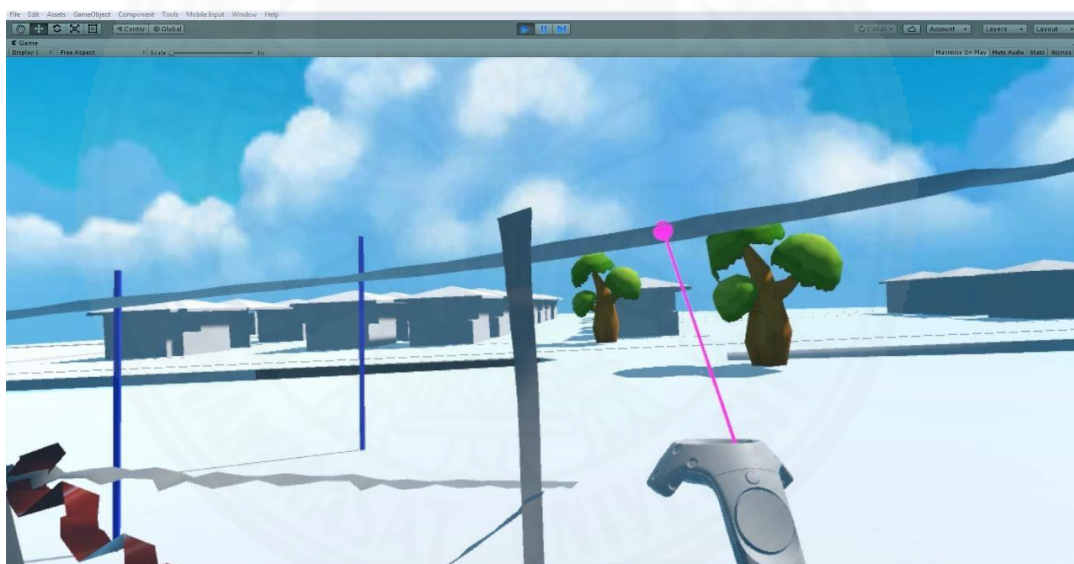
โดยการเคลื่อนย้ายวัตถุจะเป็นการเข้าถึงตำแหน่งของวัตถุโดยมีลักษณะเป็น Vector3 เช่น HitObject.transform.position ซึ่งอยู่ในหมวดหมู่ transform ของวัตถุดังกล่าวที่ทำการเลือกและทำการเทียบค่าตำแหน่งของคอนโทรลเลอร์ที่เปลี่ยนไปตามแนวแกนดังในภาพที่ 3.25 และสำหรับการหมุนจะเป็นการเข้าถึงองศาของวัตถุเช่น HitObject.transform.rotation ซึ่งองศาของวัตถุจะมีลักษณะเป็น Quaternion และหากเป็นการขยายหรือย่อจะเป็นการเข้าถึงสัดส่วน (Scale) ของวัตถุเช่น HitObject.transform.localScale ซึ่งมีลักษณะเป็น Vector3 แต่สำหรับการขยายและย่อจะเป็นการนำระยะห่างของคอนโทรลเลอร์ทั้งสองมาเทียบค่าเมื่อระยะห่างทั้งสองมากขึ้นจะเป็นการขยายและหากใกล้กันมากขึ้นจะทำให้เป็นการย่อขนาด

```
if (Physics.Raycast(ray, out hit, Mathf.Infinity))
{
    hitObject.parent = rController.transform;
}
```

ภาพที่ 3.31 ชุดคำสั่งการเทียบค่าตำแหน่งวัตถุกับคอนโทรลเลอร์. โดย ผู้วิจัย, 2561

(6) จำลองแสง เป็นคุณลักษณะที่ช่วยในการตัดสินใจเรื่องการออกแบบที่มีความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับพื้นที่โดยทิศทางของแสงภายในโลกเสมือนจริงสามารถปรับเปลี่ยนมุมได้ก่อนที่จะเริ่มใช้งานเพื่อให้ตรงกับทิศในพื้นที่จริง และในระบบการปรับเปลี่ยนทิศทางของแสงแต่เกิดจากการหมุนวัตถุที่เป็นแสงสภาพแวดล้อมหรือ Directional Light ซึ่งกำหนดจุดศูนย์กลางไปตรงกึ่งกลางของพื้นที่และสามารถปรับเปลี่ยนสีหรือค่าความสว่างได้ตามความต้องการ

(7) จำลองสภาพแวดล้อมจริง เป็นคุณลักษณะของซอฟต์แวร์ Unity3D ที่มีอยู่แล้วซึ่งช่วยให้พื้นที่ในโลกเสมือนจริงมีความคล้ายกับพื้นที่จริงในการออกแบบให้มากที่สุด เพื่อช่วยในเรื่องของประสบการณ์ในการออกแบบที่และช่วยในเรื่องของการตัดสินใจในการออกแบบที่มีความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ออกแบบกับบริบทโดยรอบ และวิธีการสร้างคุณลักษณะในข้อนี้ จะเป็นการนำเข้าแบบจำลองบริบทโดยรอบของพื้นที่ก่อสร้างซึ่งถูกสร้างขึ้นมาจากโปรแกรมสร้างแบบจำลองอื่น เช่น Rhino, Maya, 3Dmax และอื่น ๆ โดยเมื่อนำเข้ามาแล้วสามารถที่จะปรับเปลี่ยนพื้นผิวของระนาบบนแบบจำลองได้ตามความต้องการ และนอกจากนี้ยังมีการนำเอารูปภาพ 360 องศา เข้ามาช่วยในการสร้างความสมจริงให้แก่บริบทในโลกจริงเสมือนอีกด้วย โดยการนำเข้ารูปภาพ 360 องศา ถูกนำเข้ามาในรูปแบบของ Skybox ซึ่งจะทำให้แสงและมุมมองโดยรอบภายในโลกจริงเสมือนเป็นเหมือนในรูป 360 องศาทันที



ภาพที่ 3.32 หน้าจอผู้ใช้งานของผู้ใช้งานออกแบบขณะใช้งานระบบ. โดย ผู้วิจัย, 2561

3.5 การกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานระบบ

การกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 1 กลุ่ม ได้แก่

ผู้ออกแบบ หรือกลุ่มผู้มีความรู้ในด้านของการอ่านแบบสถาปัตยกรรม เช่น สถาปนิก วิศวกร นักออกแบบภายใน อาจารย์ นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ เป็นต้น

สามารถสรุปการทดสอบได้ว่า การทดสอบจะต้องทดสอบกับกลุ่มผู้มีความรู้ในด้านของการอ่านแบบสถาปัตยกรรมหรือกลุ่มของผู้ออกแบบ ในที่นี้คือผู้ที่เชี่ยวชาญในการออกแบบอยู่แล้ว แต่ระบบจะเข้ามาช่วยให้ทีมผู้ออกแบบสามารถร่วมกันสร้างสรรค์ตัวเลือกที่มีความหลากหลายและมีความน่าสนใจในด้านของรูปทรงหรือความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่พร้อมกับประสบการณ์ในการออกแบบที่ดีขึ้น โดยการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างนี้จะเป็นการนำข้อเสนอแนะและนำมาปรับปรุงหรือแก้ไขต่อยอดให้ระบบสามารถพัฒนาต่อไปได้และสามารถสื่อสารกับบุคคลทั่วไปให้สามารถเข้าใจในรายละเอียดของแบบสถาปัตยกรรมที่ทำการออกแบบมาได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.6 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบเพื่อให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของระบบ เพื่อแก้ไขและปรับปรุงในส่วนที่ผิดพลาด โดยระบบจะช่วยให้ทีมผู้ออกแบบร่วมกันสร้างสรรค์ตัวเลือกที่มีความหลากหลายและมีความน่าสนใจในด้านของรูปทรงหรือความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ โดยมีประเด็นที่ใช้ในการประเมินดังต่อไปนี้

3.6.1 ประเมินการใช้งานระบบกับกลุ่มทดลอง

เป็นการประเมินความหลากหลายของงานออกแบบและความน่าสนใจในด้านของรูปทรงและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการออกแบบร่างในขั้นต้นและรูปแบบการประเมินจะเป็นการทำงานระหว่างทีมผู้ออกแบบ ประกอบไปด้วยผู้ใช้งานออกแบบและผู้ใช้งานควบคุม

โดยปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานออกแบบร่างขั้นต้นในปัจจุบันคือเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างรูปทรงหรือพัฒนารูปทรงให้ตอบสนองต่อสถาปัตยกรรมยุคสมัยใหม่ยังไม่ถูกพัฒนาอย่างเต็มที่ ซึ่งการทำงานของผู้ออกแบบในปัจจุบันมีลักษณะเป็นการสร้างรูปทรง 3 มิติบนหน้าจอ 2 มิติทำให้เกิดข้อจำกัดในด้านของมุมมองในการพัฒนารูปทรงและประสบการณ์ในการออกแบบที่ผู้ออกแบบไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของงานออกแบบหรือสภาพแวดล้อมที่ทำการออกแบบจริง ๆ และเครื่องมือที่ใช้ก็ยังไม่ได้ถูกพัฒนาให้ตรงตามความต้องการของผู้ออกแบบจริง และยังส่งผลต่อการสื่อสารระหว่างทีมผู้ออกแบบด้วยกันเองเช่น

การสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานออกแบบกับผู้ใช้งานควบคุมในปัจจุบันคือ ผู้ใช้งานควบคุมจะต้องคอยคุมการทำงานของผู้ออกแบบและระบบการทำงานในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดในด้านของสถานที่และในด้านการสื่อสารที่ไม่ชัดเจนเช่น ในกรณีที่อยู่ใกล้กันผู้ใช้งานควบคุม

จะต้องคอยชี้แจงหน้าจอบทใช้งานที่ผู้ใช้งานออกแบบกำลังทำงานและคอยบอกให้หมุนไปยังมุมมองต่าง ๆ ของวัตถุที่กำลังสร้างอยู่ ทำให้เกิดความล่าช้าในการปรับเปลี่ยนมุมมอง และในกรณีที่ไม่ได้อยู่ในที่เดียวกัน ผู้ใช้งานออกแบบจะต้องคอยส่งความคืบหน้าหรือปัญหาต่าง ๆ ในลักษณะของรูปทัศนียภาพหรือเป็นการส่งภาพมุมมองที่ต้องการสื่อสารผ่านทางช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ ไปให้ผู้ใช้งานควบคุมดู ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการสื่อสารได้และระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นจะนำมาช่วยในการลดข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยวิธีการในประเมินจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.6.1.1 การประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของระบบที่พัฒนาขึ้น

ประเด็นการประเมินในส่วนนี้จะเป็นการประเมินประสิทธิภาพในการใช้งานระบบโดยรวม ซึ่งเป็นการใช้งานระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยการประเมินประสิทธิภาพในที่นี้ประกอบไปด้วย 4 หัวข้อได้แก่

- (1) ความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างภายในความจริงเสมือน
- (2) ด้านการใช้งานระบบ
- (3) ด้านการใช้งานจริงในวิชาชีพ
- (4) โอกาสในการนำไปใช้งานจริง

ผู้ทำการประเมินส่วนที่ 1 ได้แก่ ผู้ออกแบบหรือสถาปนิกที่มีประสบการณ์ในการทำงานออกแบบสถาปัตยกรรมไม่ต่ำกว่า 3 ปี 4 คน และ อาจารย์คณะสถาปัตยกรรม 2 คน และ นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองระดับปริญญาตรีรวมกัน 11 คน

วิธีการในการประเมินเริ่มจาก ผู้วิจัยนำเสนอตัวเครื่องมือพร้อมทำการอธิบายวิธีการใช้งานระบบโดยรวมและอธิบายคุณลักษณะการใช้งานต่าง ๆ ของระบบแก่ผู้ทำการประเมินหลังจากนั้นให้ผู้ทำการประเมินทำการทดลองใช้งานระบบด้วยการสร้างแบบร่างของรูปทรงพีริฟอร์มและประเมินประสิทธิภาพตามตาราง 3.4

ตารางที่ 3.4

ตารางสรุปเปรียบเทียบคุณสมบัติของ HMD เพื่อพิจารณาในการนำไปใช้งาน

ประสิทธิภาพของระบบ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง
	5	4	3	2	1
1. ความสามารถในการใช้งานนอกแบบร่างกายในความจริงเสมือน					
1.1 ความเข้าใจในแบบจำลองทางสถาปัตยกรรม					
1.2 ความสะดวกในการสำรวจแบบจำลอง					
1.3 ความสามารถในการคิดค้นรูปทรงฟรีฟอร์ม					
1.4 ความสะดวกในการจัดการกับวัตถุภายในระบบ					
2. ด้านการใช้งานระบบ					
2.1 ความเร็วในการเรียนรู้การใช้งานระบบ					
2.2 สามารถเลือกใช้คุณลักษณะ (Features) ได้ง่าย					
2.3 หน้าต่างการแสดงผลชัดเจน เข้าใจง่าย					
2.4 การใช้งานมีความลื่นไหล ตอบสนองต่อความต้องการ					
3. ด้านการใช้งานในวิชาชีพ (สำหรับสถาปนิก)					
3.1 ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างสรรค์รูปทรงได้หลากหลายมากขึ้น					
3.2 ลดระยะเวลาในการสร้างแบบร่างในขั้นต้น					
3.3 สามารถมองเห็นภาพรวมของแบบร่างขั้นต้นได้เร็วมากขึ้น					
3.4 ได้รับประสบการณ์ในการออกแบบที่ดีมากขึ้น					
3.5 ประหยัดทรัพยากร					
4. โอกาสในการนำไปใช้งานจริง					

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2560

3.6.1.2 การประเมินระบบที่พัฒนาขึ้นโดยการเปรียบเทียบกับระบบเดิม

การประเมินในส่วนนี้เป็นการให้ผู้ทำการประเมิน 2 คนสร้างแบบร่างรูปทรงฟรีฟอร์มทางสถาปัตยกรรมเพื่อวัดระยะเวลาในการสร้างรูปทรงฟรีฟอร์มด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น ด้วยวิธีการที่นิยมใช้ในปัจจุบันเปรียบเทียบกับระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ในเรื่องระยะเวลาในการคิดค้นรูปทรงและความสะดวกในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน

โจทย์การสร้างแบบร่างรูปทรงฟรีฟอร์มที่สร้างขึ้นคือการสร้างรูปทรงฟรีฟอร์มบนพื้นที่สภาพแวดล้อมเสมือนที่มีกลุ่มก้อนอาคารเป็นแบบจำลองสามมิติที่กำหนดเอาไว้แล้ววางอยู่ โดยกลุ่มก้อนอาคารดังกล่าวทำหน้าที่แทนการใช้งานของอาคารแต่ละส่วนรวมถึงขนาดโดยคร่าวของ อาคาร เริ่มจากผู้ใช้งานคนที่หนึ่ง คือผู้ใช้งานควบคุมทำหน้าที่บอกโจทย์ความต้องการของรูปทรงโดยคร่าวแก่ผู้ใช้งานคนที่สอง คือผู้ใช้งานออกแบบ และหลังจากนั้นให้ผู้ใช้งานคนที่สองทำ

หน้าที่ออกแบบรูปทรงหรือแบบร่างโดยคร่าวของรูปทรงภายนอกของกลุ่มก้อนอาคารดังกล่าวตามที่
ได้รับมาจากผู้ใช้งานคนหนึ่งที่ ผู้วิจัยทำการเริ่มจับเวลาตั้งแต่ผู้ใช้งานออกแบบเริ่มต้นสร้างรูปทรงและ
หยุดการจับเวลาเมื่อผู้ใช้งานทั้งสองพอใจในงานออกแบบร่างโดยคร่าว

ขั้นตอนในการทดลอง ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วงโดยมีรายละเอียด
ดังต่อไปนี้

(1) ช่วงที่ 1 การทดลองโดยใช้วิธีการในการคิดค้นรูปทรงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน
โดยผู้ใช้งานออกแบบจะใช้ระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันในการสร้างรูปทรงหรือคิดค้นรูปทรงตามโจทย์ที่ได้
รับมาและรายงานความคืบหน้าแก่ผู้ใช้งานควบคุมผ่านช่องทางการสื่อสารที่ใช้ในปัจจุบัน

(2) ช่วงที่ 2 การทดลองโดยใช้ โดยมีโจทย์คล้ายการทดลองในช่วงแรกแต่จะ
ใช้วิธีการในการคิดค้นรูปทรงผ่านระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ผู้ใช้งานออกแบบจะสวมใส่แว่นสวม
ศีรษะหรือเทคโนโลยีความจริงเสมือนและผู้ใช้งานควบคุมจะใช้หน้าจอกอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบ
ภาพรวมและผู้ใช้งานออกแบบจะทำการออกแบบรูปทรงฟรีฟอร์มบนกลุ่มก้อนอาคารที่วางอยู่ภายใน
บริบทในสภาพแวดล้อมจริงเสมือน และผู้ใช้งานควบคุมจะเข้ามาดูภายในบริบทเดียวกันเป็นระยะ ๆ

สำหรับการประเมินความสะดวกในการสื่อสารโดยเปรียบเทียบกับวิธีการ
หรือช่องทางที่ใช้ในการสื่อสารบนระบบที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันกับระบบที่พัฒนาขึ้น โดยการประเมิน
ในข้อนี้จะใช้วิธีการสัมภาษณ์กับกลุ่มทดลอง ซึ่งก็คือผู้ออกแบบ โดยมีประเด็นในการสัมภาษณ์
ดังต่อไปนี้

(1) การสื่อสารในระบบที่พัฒนาขึ้นมีข้อดีหรือข้อเสียต่างจากระบบที่นิยมใช้ใน
ปัจจุบันอย่างไรบ้าง ยกตัวอย่าง

- (2) จากที่ได้ใช้งาน มีความคิดเห็นที่ทั้งสองระบบมีการสื่อสารที่ต่างกันอย่างไร
- (3) มีความเห็นวาระบบที่พัฒนาขึ้นจะช่วยให้การออกแบบได้อย่างไรบ้าง
- (4) ข้อควรปรับปรุงของระบบการสื่อสารในระบบที่พัฒนาขึ้นมีอะไรบ้าง
- (5) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เทคโนโลยี และเครื่องมือต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงได้สร้างระบบช่วยเหลือการ ออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งประกอบไปด้วยคุณลักษณะที่ช่วยในการสร้างรูปทรงรูปแบบต่าง ๆ และจัดการกับวัตถุเหล่านั้น ซึ่งถูกใช้งานโดยทีมผู้ออกหรือผู้ที่มีความรู้ในการอ่าน แบบสถาปัตยกรรมและทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

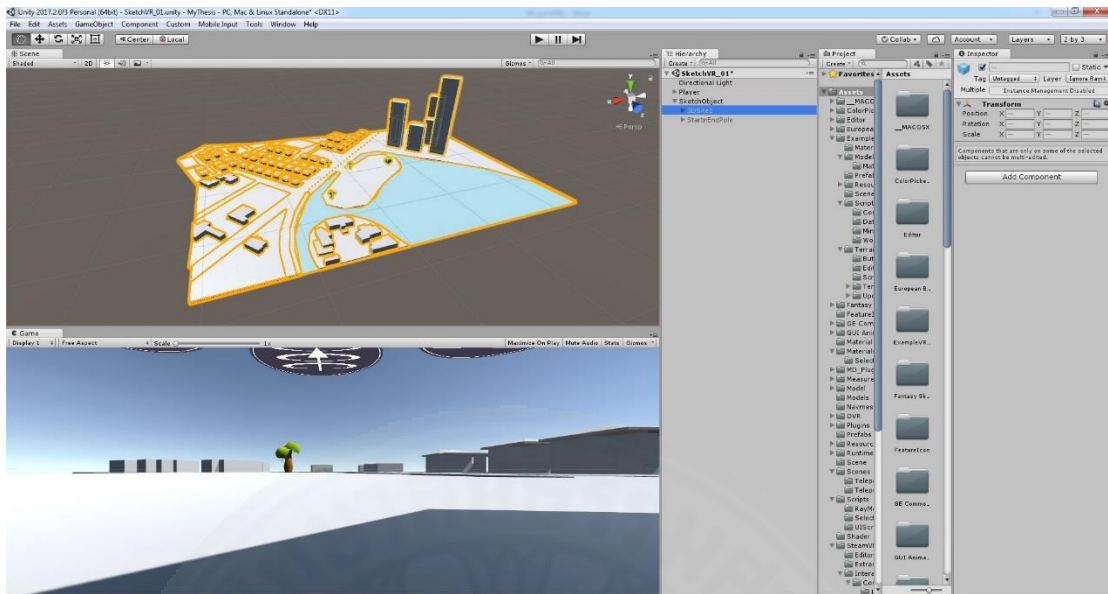
- 4.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ
- 4.2 การใช้งานระบบ
- 4.3 การนำไปใช้
- 4.4 ผลการประเมิน

4.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

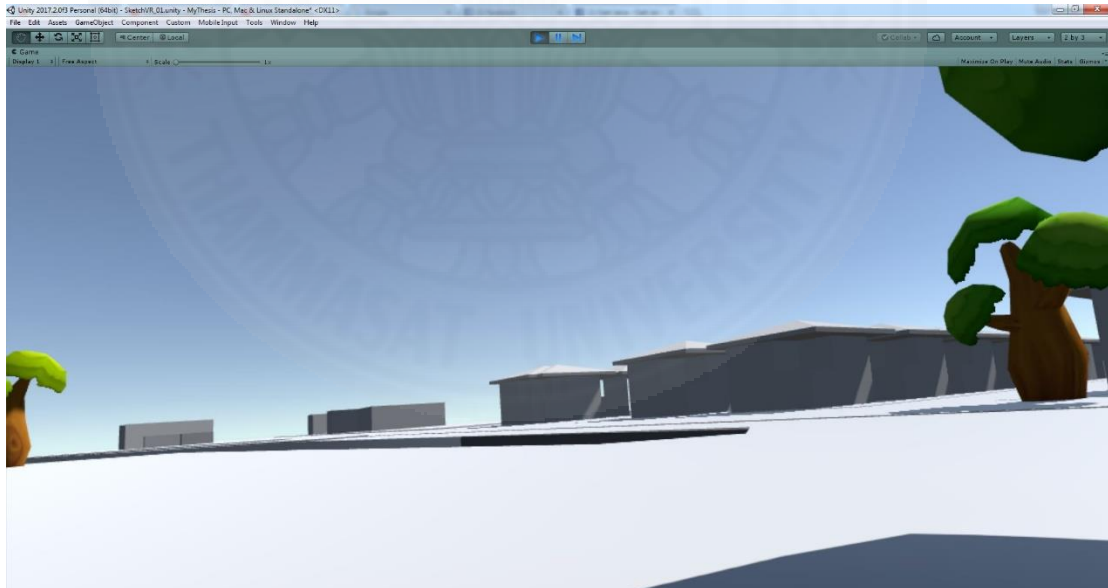
งานวิจัยนี้เป็นระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างในขั้นต้นโดยอาศัยเทคโนโลยีความจริงเสมือนกับระบบหลายผู้ใช้งานดังนั้นจึงต้องอาศัยการทำงานที่เชื่อมโยงทั้งเครื่องมือและระบบเข้าด้วยกัน โดยการทำงานของระบบถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

4.1.1 การแสดงผลภายในโลกความจริงเสมือน

การแสดงผลภายในโลกความจริงเสมือนเป็นการจำลองผู้ใช้งานเข้าไปอยู่ในพื้นที่ที่ทำการออกแบบโดยมีการสร้างแบบจำลองสามมิติของพื้นที่ที่ได้รับมอบหมายให้ทำการออกแบบเอาไว้เรียบร้อยแล้ว และทำการนำเข้ามายังซอฟต์แวร์ระบบก่อนเริ่มใช้งานระบบ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับประสบการณ์ออกแบบเหมือนอยู่ในสถานที่จริง ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.1 เป็นการนำแบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเข้ามาภายในซอฟต์แวร์ยูนิตี้เกมเอนจินก่อนเริ่มใช้งานระบบ ซึ่งเมื่อกดเริ่มใช้งานระบบจะทำการนำผู้ใช้งานเข้าสู่โลกจริงเสมือนดังตัวอย่างในรูปที่ 4.2 ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องสวมใส่จอภาพสวมศีรษะในการเข้าถึงโลกจริงเสมือนในกรณีที่ผู้ใช้งานอยู่ในกลุ่มผู้ใช้งานออกแบบ



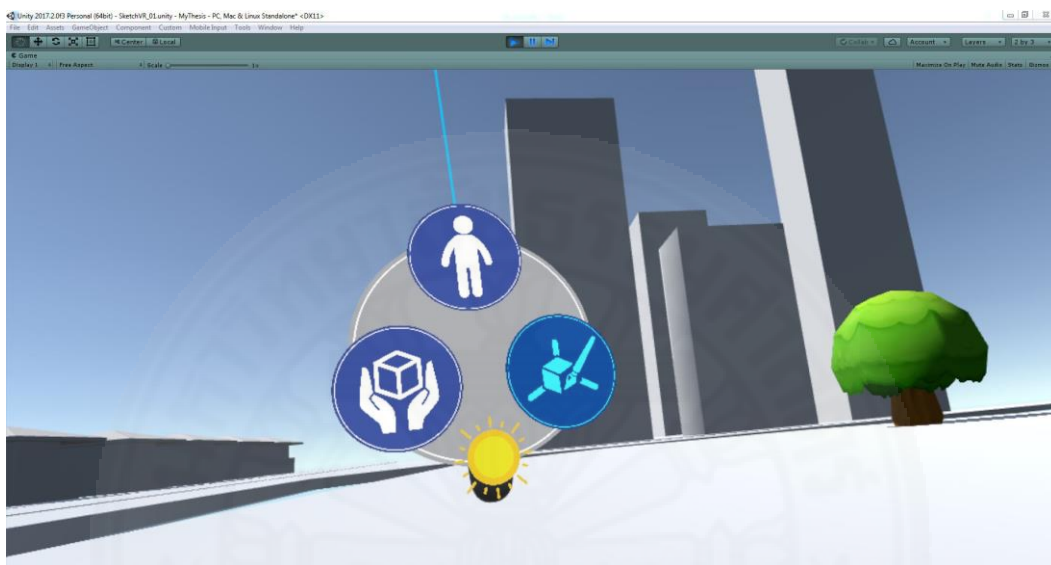
ภาพที่ 4.1 เริ่มต้นใช้งานซอฟต์แวร์เกมเอนจินยูนิตี้เพื่อนำเข้าแบบจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง.
โดย ผู้วิจัย, 2561



ภาพที่ 4.2 เริ่มต้นใช้งานระบบ. โดย ผู้วิจัย, 2561

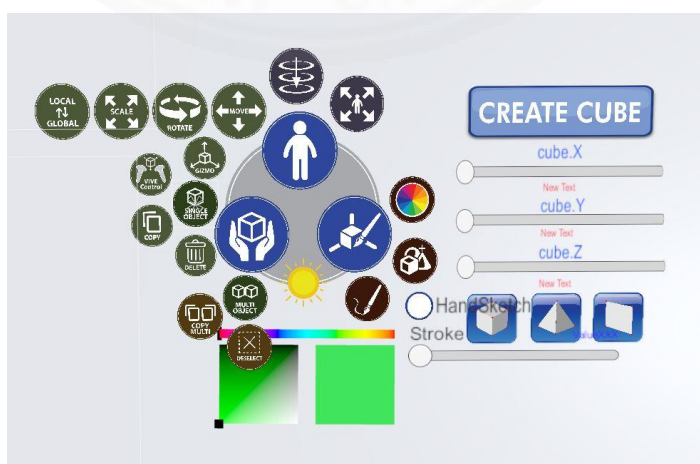
4.1.2 หน้าจอผู้ใช้งานภายในโลกความจริงเสมือน

การสร้างวัตถุต่าง ๆ เพื่อเริ่มการออกแบบผู้ใช้งานออกแบบสามารถคัดเลือกคุณลักษณะในการสร้างได้จากหน้าจอผู้ใช้งาน ซึ่งถูกติดกับคอนโทรลเลอร์ซ้ายมือโดยกดที่ปุ่มเมนู (Menu Button) ที่คอนโทรลเลอร์ก็จะแสดงหน้าจอผู้ใช้ในรูปแบบที่ 4.3 ขึ้นมา



ภาพที่ 4.3 สัญลักษณ์การใช้งานคุณลักษณะ. โดย ผู้วิจัย, 2561

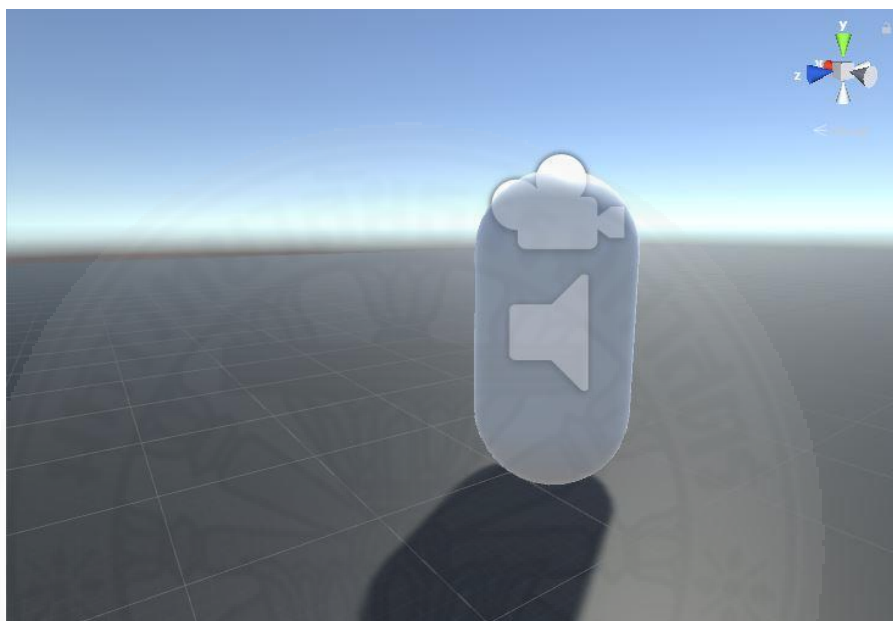
ซึ่งภาพรวมของคุณลักษณะภายในหน้าจอผู้ใช้งานจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.4 โดยภายในระบบจะป้องกันการกดบังทัศนวิสัยในการมองเห็นหน้าจอผู้ใช้งานคุณลักษณะต่าง ๆ จึงมีการเปิดปิดหน้าจอผู้ใช้งานด้วยวิธีการคลิกที่ปุ่มต่าง ๆ โดยรายละเอียดจะอยู่ในข้อที่ 4.2



ภาพที่ 4.4 เริ่มต้นใช้งานระบบ. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.1.3 การสื่อสารภายในโลกความจริงเสมือน

ผู้ใช้งานสามารถสื่อสารกับผู้ร่วมใช้งานได้ผ่านระบบสนทนาเสียงและสามารถมองเห็นสัญลักษณ์ผู้ใช้งานของบุคคลนั้น ซึ่งสามารถทราบว่าบุคคลนั้นอยู่ตำแหน่งไหนในสภาพแวดล้อมจริงเสมือนเดียวกัน เพื่อให้การสื่อสารที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4.5 สัญลักษณ์จำลองผู้ใช้งาน. โดย ผู้วิจัย, 2561

โดยผู้ใช้งานสามารถปรับแต่งสัญลักษณ์ได้ตามต้องการก่อนการเริ่มใช้งานระบบซึ่งในรูปแบบที่ 4.5 สัญลักษณ์ผู้ใช้งานในหน้าต่างปรับแต่ง จะมีสัญลักษณ์กล้องและเสียงติดอยู่ด้วย และมีรูปลักษณะเป็น Capsule ซึ่งกำหนดไว้ก่อนจะเริ่มทำงาน

4.2 การใช้งานระบบ

ในการใช้งานระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นตอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ จะมีการแบ่งการใช้งานออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่

4.2.1 ผู้ใช้งานออกแบบ

4.2.2 ผู้ใช้งานควบคุม

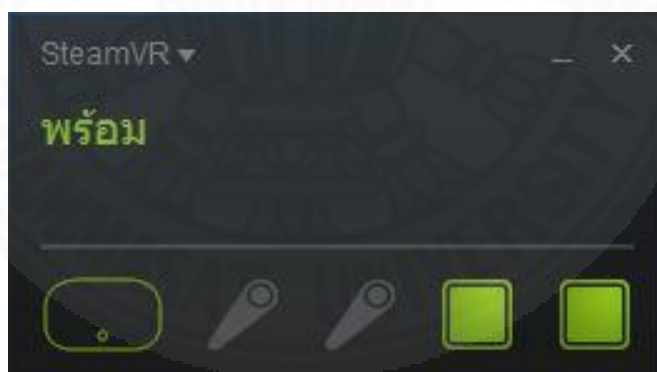
โดยการใช้งานของแต่ละกลุ่มมีลักษณะคล้ายกันโดยกลุ่มผู้ใช้งานออกแบบจะทำหน้าที่ในการสร้างวัตถุหรือรูปทรงจะใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนในการใช้งานระบบ แต่สำหรับกลุ่ม

ผู้ใช้งานควบคุม ทำหน้าที่ในการควบคุมภาพรวมและคอยแนะนำจะสามารถเลือกรูปแบบการใช้งานได้ว่าจะใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนหรือใช้งานรูปแบบมุมมองบุคคลที่หนึ่ง โดยการใช้งานแต่ละกลุ่มจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ผู้ใช้งานออกแบบ

เริ่มต้นผู้ใช้งานออกแบบจะต้องเริ่มติดตั้งอุปกรณ์เทคโนโลยีความจริงเสมือนก่อน ซึ่งผู้ใช้งานต้องติดตั้งในพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการทำงาน หากการทำงานเป็นการร่างเส้นในโลกจริงเสมือนที่ต้องขยับร่างกายหรือเคลื่อนที่ไปพร้อมกันควรที่จะเคลียร์พื้นที่รอบตัวเพื่อการเคลื่อนที่โดยมีขนาดพื้นที่ 4 x 3 เมตร หรือ 54.3 x 3.54 เมตร หรือ 58.4x 2 เมตร เพื่อความเสถียรต่อการใช้งานมากที่สุดโดยมีวิธีการติดตั้งดังกล่าวอยู่ในภาพที่ 2.16 แต่หากผู้ใช้งานไม่มีความจำเป็นจะต้องเคลื่อนที่หรือขยับร่างกายสามารถนั่งทำงานอยู่กับที่ได้เช่นกัน

ก่อนการเริ่มใช้งานระบบและหลังจากติดตั้งเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสร็จแล้ว จะต้องตรวจสอบว่าการทำงานของเทคโนโลยีความจริงเสมือนใช้งานได้ปกติโดยตรวจสอบได้จาก SteamVR ซึ่งจะแสดงขึ้นมาในขณะที่ผู้ใช้งานเข้าสู่โปรเจกภายในซอฟต์แวร์เกมเอนจินยูนิตี้ซึ่งแสดงอยู่ในภาพที่ 4.6

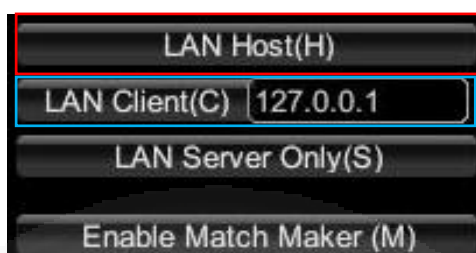


ภาพที่ 4.6 หน้าต่างผู้ใช้งาน SteamVR แสดงผลความพร้อมในการใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือน. โดย ผู้วิจัย, 2561

โดยในภาพที่ 4.6 แสดงถึง 3 ระดับในความพร้อมต่อการใช้งานของอุปกรณ์แต่ ละชั้นของเทคโนโลยีความจริงเสมือน โดย 3 ระดับถูกแบ่งออกเป็น เสถียรมาก เสถียรน้อย และไม่เสถียร เริ่มต้นจากแวนสวมศรีษะมีลักษณะเป็นเส้นขอบร่าง (Outline) ของรูปทรงดังในภาพที่ 4.6 แสดงถึงความเสถียรน้อยอาจเกิดจากตำแหน่งที่วางแวนสวมศรีษะอยู่ห่างออกจากระยะตรวจจับมากเกินไป ต่อมาเป็นคอนโทรลเลอร์ทั้งสองเป็นสีเทาแสดงถึงความไม่เสถียรหรือไม่พร้อมใช้งานซึ่งอาจ

เกิดจาก

ตำแหน่งที่วางอยู่ห่างจากตำแหน่งตรวจจับหรือคอนโทรลเลอร์ทั้งสองปิดอยู่ สอง
ชั้นสุดท้ายคือเซนเซอร์ตรวจจับแสดงผลเป็นสีเขียวค้างซึ่งแสดงถึงความพร้อมในการใช้งานหรือเสถียร



ภาพที่ 4.7 หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการเลือกใช้รูปแบบการเข้าถึงระบบหลายผู้ใช้งาน. โดย ผู้วิจัย,
2561

เมื่อเข้ามายังระบบผู้ใช้งานในระบบนี้จะต้องเลือกการเข้าถึงระบบรูปแบบ Host
ซึ่งหมายถึงผู้เป็นเจ้าของระบบดังในกล่องสี่เหลี่ยมสีแดงภายในภาพที่ 4.7 เนื่องจากเป็นกลุ่มผู้ใช้งาน
ที่อยู่ในระบบตลอด และสามารถเริ่มต้นการใช้งานได้ทันที

โดยสามารถเลือกคุณลักษณะที่ต้องการใช้ผ่านหน้าจอผู้ใช้งานโดยกดปุ่มเมนูและ
สามารถเลือกตามหมวดต่าง ๆ ได้ตามต้องการโดยคุณลักษณะถูกแบ่งออกเป็น 3 หมวดหลักได้แก่

4.2.2.1 การจัดการกับผู้ใช้งาน

4.2.2.2 การสร้างวัตถุ

4.2.2.3 การจัดการกับวัตถุ

โดยการใช้งานแต่ละหมวดสามารถเลือกใช้ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน
ว่าต้องการใช้งานคุณลักษณะใดโดยใช้วิธีการกดผ่านหน้าจอผู้ใช้งานตามสัญลักษณ์ (Symbol) ของ
แต่ละหมวดซึ่งสัญลักษณ์ดังกล่าวแสดงอยู่ในภาพที่ 4.8 และภายในภาพที่ 4.8 ประกอบไปด้วย
หน้าจอผู้ใช้งาน 3 สัญลักษณ์แทนคุณลักษณะ 3 หมวดโดยแต่ละหมวด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



1



2



3

ภาพที่ 4.8 สัญลักษณ์หมวดการใช้งานคุณลักษณะ. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.2.2.1 การจัดการกับผู้ใช้งาน

สัญลักษณ์ที่ 1 ภายในภาพที่ 4.8 แสดงถึงหมวดแรกคือการจัดการกับผู้ใช้งานโดยภายในหมวดการจัดการกับผู้ใช้งานถูกแบ่งคุณลักษณะภายในหมวดออกเป็น 3 คุณลักษณะประกอบไปด้วย



เดิน

เคลื่อนย้าย

ขยายตัว

ภาพที่ 4.9 สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในหมวดการจัดการกับผู้ใช้งาน. โดย ผู้วิจัย, 2561

(1) การเดิน (Move) คือคุณลักษณะสำหรับการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานที่ต้องการเดินสำรวจงานออก แบบภายในโลกจริงเสมือนซึ่งสามารถควบคุมผ่านคอนโทรลเลอร์โดยมีสัญลักษณ์หน้าจอบริษัทผู้ใช้งานดังรูปที่ 4.9

(2) การเคลื่อนย้าย (Teleport) คือคุณลักษณะสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการเคลื่อนที่แบบฉับพลันภายในโลกจริงเสมือนหรือต้องการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดซึ่งสามารถใช้งานได้โดยการชี้ตำแหน่งที่ต้องการเคลื่อนย้ายและกดปุ่มทริกเกอร์ (Trigger) ที่คอนโทรลเลอร์

(3) การขยายตัว (Player scale) คือคุณลักษณะสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องการมองแบบจำลองในมุมมองที่กว้างเหมือนกับการขยายร่างกายมนุษย์เพื่อมองสิ่งต่าง ๆ เล็กกล เนื่องจาก การขยับและย่อแบบจำลองจะทำให้แบบจำลองเปลี่ยนสัดส่วนจึงไม่แนะนำให้จัดการกับแบบจำลองโดยตรง

4.2.2.2 การสร้างวัตถุ

สัญลักษณ์ที่ 2 ภายในภาพที่ 4.8 แสดงถึงหมวดที่สองคือการสร้างวัตถุภายในโลกจริงเสมือนโดยภายในหมวดการสร้างวัตถุถูกแบ่งคุณลักษณะออกเป็น 3 คุณลักษณะประกอบไปด้วย



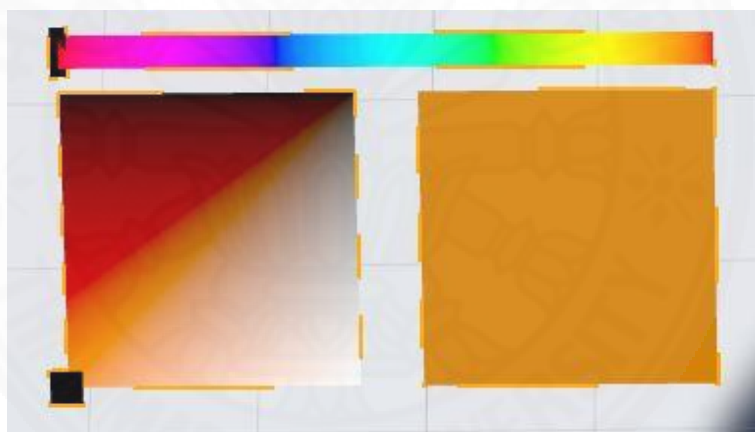
เลือกสี

สร้างรูปทรงมาตรฐาน

สร้างเส้นร่าง

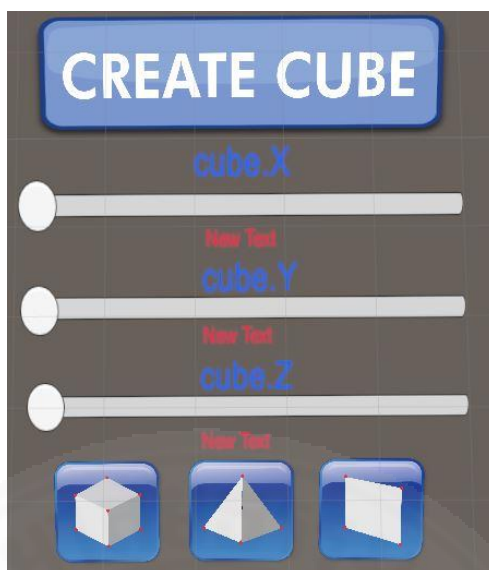
ภาพที่ 4.10 สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในหมวดการสร้างวัตถุ. โดย ผู้วิจัย, 2561

(1) เลือกสี คือคุณลักษณะสำหรับการเลือกสีก่อนการสร้างวัตถุเมื่อเลือกสีแล้ววัตถุต่อไปที่จะสร้างจะมีสีตามสีที่ได้เลือกเอาไว้ในคุณลักษณะนี้

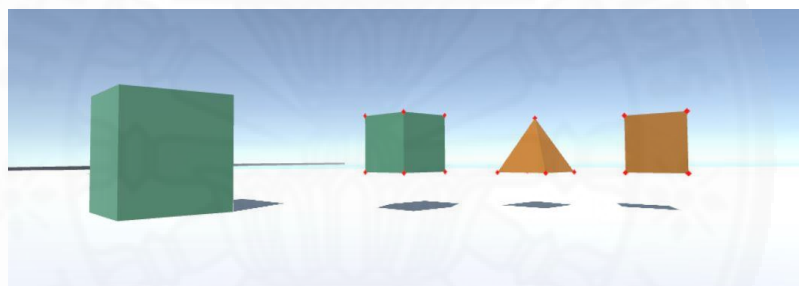


ภาพที่ 4.11 หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการเลือกสี. โดย ผู้วิจัย, 2561

(2) สร้างรูปทรงมาตรฐาน คือคุณลักษณะสำหรับการสร้างรูปทรงเรขาคณิตมาตรฐานโดยแบ่งออกเป็นสองรูปแบบการสร้าง แบบที่ 1 คือการสร้างกล่องสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (Cube) โดยกำหนดขนาด กว้าง x ยาว x สูง และทำการกดปุ่มสร้าง และแบบที่ 2 คือการสร้างรูปทรงที่สามารถขยับจุดตามมุมของรูปทรงดังกล่าวได้ซึ่งรูปทรงดังกล่าวประกอบไปด้วย กล่องสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ พีระมิด และระนาบสี่เหลี่ยม ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 หน้าจอผู้ใช้งานคุณลักษณะการสร้างรูปทรงมาตรฐาน. โดย ผู้วิจัย, 2561

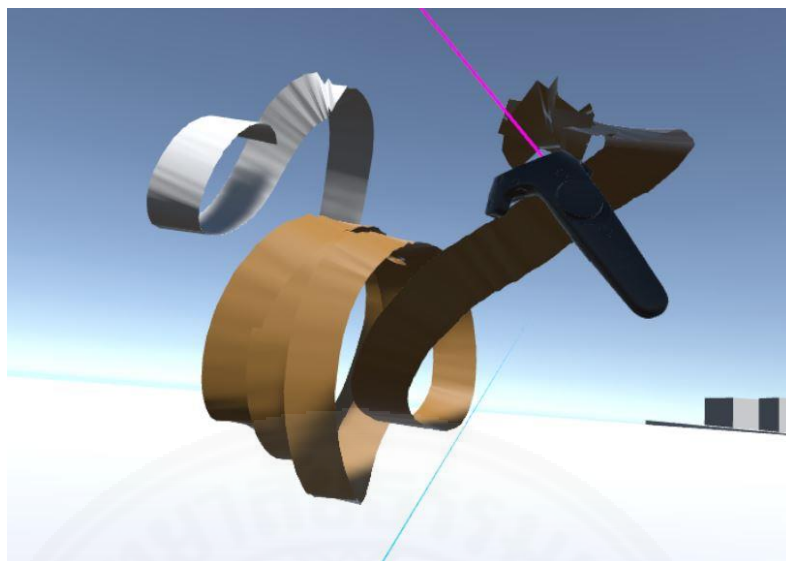


ภาพที่ 4.13 รูปทรงมาตรฐานที่ถูกสร้างขึ้นภายในระบบ. โดย ผู้วิจัย, 2561

(3) สร้างเส้นร่าง คือคุณลักษณะสำหรับการสร้างเส้นร่างเหมือนการเขียนเส้นลงไปบนกระดาษสามมิติซึ่งเส้นที่สร้างขึ้นมามีลักษณะเป็นวัตถุภายในระบบสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับเส้นร่างที่สร้างขึ้นมาได้โดยทำการเปิดการใช้งานคุณลักษณะและกดปุ่มปุ่มทริกเกอร์และปุ่มทัชแพด (TouchPad) พร้อมกันและก่อนสร้างเส้นสามารถกำหนดขนาดของเส้นที่ออกมาได้ตามต้องการ



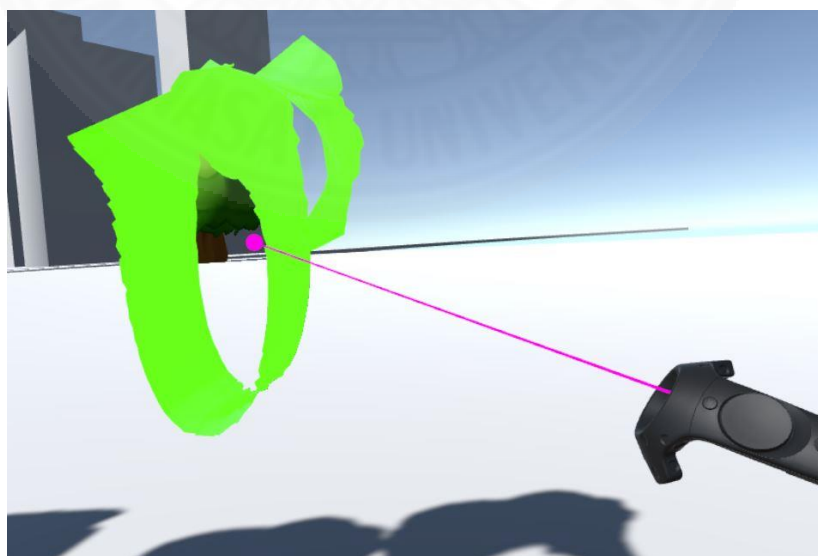
ภาพที่ 4.14 หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการสร้างเส้นร่าง. โดย ผู้วิจัย, 2561



ภาพที่ 4.15 เส้นร่างที่ถูกสร้างขึ้นจากคุณลักษณะการสร้างเส้นร่าง. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.2.2.3 การจัดการกับวัตถุ

สัญลักษณ์ที่ 3 ภายในภาพที่ 4.8 แสดงถึงหมวดที่สามคือการจัดการกับวัตถุโดยภายในระบบจะมีตัวช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถจัดการกับวัตถุได้ง่ายขึ้น โดยการแสดงผลสีของวัตถุที่เปลี่ยนไปในขณะที่ผู้ใช้งานทำการซึ่คอนโทรลเลอร์ไปที่วัตถุและมีเส้นแสง (Laser) เพื่อช่วยให้เล็งได้ง่ายยิ่งขึ้นซึ่งมีลักษณะดังในรูปที่ 4.15



ภาพที่ 4.16 คุณลักษณะช่วยเหลื่อการเล็งวัตถุ. โดย ผู้วิจัย, 2561

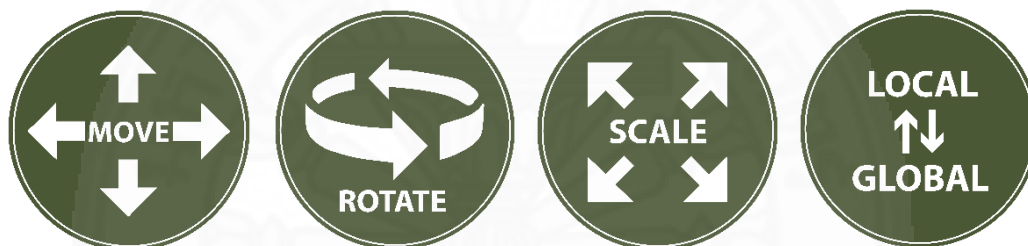
ซึ่งภายในหมวดคุณลักษณะการจัดการกับวัตถุถูกแบ่งคุณลักษณะ ออกเป็น 2 หมวดย่อยประกอบไปด้วย

(1) การจัดการกับวัตถุชิ้นเดียว (Single-Object)

เป็นการจัดการกับวัตถุแบบชิ้นต่อชิ้นโดยภายในหมวดย่อยจะมีการแบ่งคุณลักษณะออกเป็น 4 คุณลักษณะหลักได้แก่

(1.1) Gizmo

คือคุณลักษณะสำหรับการจัดการเกี่ยวกับตำแหน่งและขนาดของวัตถุโดยภายในคุณลักษณะนี้จะมีคุณลักษณะย่อยออกมาอีก 4 คุณลักษณะคือ ขยับ หมุน ขยาย และปรับเปลี่ยนระบบพิกัดซึ่งมีสัญลักษณ์คุณลักษณะดังในภาพที่ 4.16

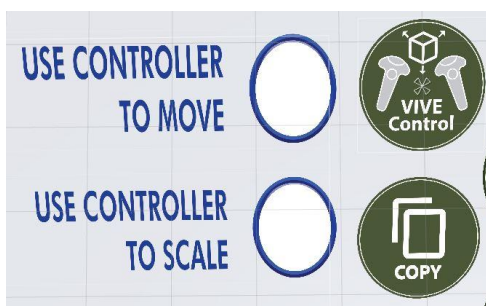


ภาพที่ 4.17 สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในคุณลักษณะ Gizmo. โดย ผู้วิจัย, 2561

ซึ่งในคุณลักษณะนี้เหมาะสำหรับการเคลื่อนที่หรือจัดการกับวัตถุในระนาบแกนต่าง ๆ ทั้ง x , y และ z และเหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำในเรื่องของระนาบอย่างเช่น การสร้างระนาบพื้นของอาคารสูงหรือการสร้างผนังอาคาร

(1.2) Vive Control

คือคุณลักษณะสำหรับการจัดการวัตถุโดยใช้คอนโทรลเลอร์ในการขยับและขยายซึ่งรูปแบบการใช้งานต้องทำการเปิดก่อนถึงจะใช้งานได้ดังในรูปที่ 4.17 และเมื่อต้องการขยับทำได้โดยเล็งคอนโทรลเลอร์ไปยังวัตถุที่ต้องการขยับและทำการกดปุ่มทริกเกอร์และขยับส่วนการขยายทำการเลือกวัตถุโดยใช้คอนโทรลเลอร์กดไปที่วัตถุหนึ่งครั้งและทำการกดปุ่ม Trigger ของคอนโทรลเลอร์ทั้งสองและทำการยี่ตออกจากการทำงานจะทำให้วัตถุขยายขึ้น



ภาพที่ 4.18 สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในคุณลักษณะ Vive Control. โดย ผู้วิจัย, 2561

ซึ่งคุณลักษณะนี้จะมีลักษณะคล้ายกับคุณลักษณะในข้อที่ (1.1) แต่สำหรับในข้อนี้จะเหมาะสำหรับการทำงานที่ต้องการความสิ้นเปลืองของร่างกายเหมาะกับหยิบจับสิ่งของหรือวัตถุบนโลกความจริงที่ไม่ต้องการระนาบแกนเป็นตัวช่วยในการจัดการหรือการสร้างความแม่นยำ แต่ต้องการความเร็วเพื่อตอบสนองต่อชิ้นงานที่มีความหลากหลายมากกว่า

(1.3) คัดลอก (Copy)

คือคุณลักษณะสำหรับการคัดลอกวัตถุที่ทำการเลือกโดยใช้คอนโทรลเลอร์ซ้ายกดเลือกวัตถุโดยใช้ปุ่ม Trigger หนึ่งครั้งและทำการกดปุ่มคัดลอกหนึ่งที จะเป็นการสร้างวัตถุใหม่ขึ้นมาในตำแหน่งเดียวกันกับวัตถุที่เลือก

(1.4) ลบ (Delete)

คือคุณลักษณะสำหรับการลบวัตถุที่เลือกออกจากกระบบโดยการกดเปิดการใช้งานและใช้คอนโทรลเลอร์ซ้ายเล็งไปที่วัตถุที่ต้องการลบและกดปุ่มทริกเกอร์จะเป็นการลบวัตถุดังกล่าวออกจากกระบบและควรจะกดปิดคุณลักษณะทุกครั้งหลังจากใช้งานเพื่อไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการลบวัตถุโดยไม่ได้ตั้งใจ



ภาพที่ 4.19 สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในคุณลักษณะ Delete. โดย ผู้วิจัย, 2561

(2) การจัดการกับวัตถุหลายชิ้น (Multi-Object)

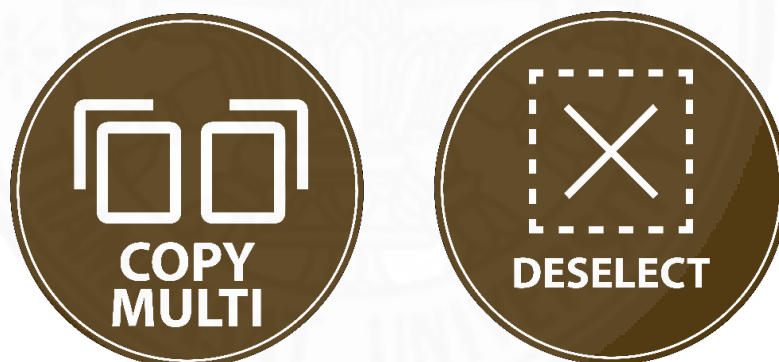
เป็นการจัดการกับวัตถุแบบหลายชิ้นพร้อมกันโดยก่อนการใช้งานคุณลักษณะในหมวดนี้จะต้องมีการเลือกวัตถุเอาไว้ก่อนโดยการกดปุ่มทริคเกอร์บนคอนโทรลเลอร์ซ้ายค้างและทำการใช้คอนโทรลเลอร์ขวาเล็งไปที่วัตถุและทำการกดปุ่มปุ่มทริคเกอร์เพื่อเลือกวัตถุเมื่อทำการวัตถุที่เลือกแล้ว วัตถุเหล่านั้นจะกลายเป็นสีแดงเพื่อแสดงให้เห็นว่าเป็นวัตถุที่อยู่ในตัวเลือกและภายในหมวดย่อยจะมีการแบ่งคุณลักษณะออกเป็น 2 คุณลักษณะได้แก่

(2.1) คัดลอกวัตถุทุกชิ้น

คือคุณลักษณะสำหรับการคัดลอกวัตถุที่ทำการเลือกเอาไว้ก่อนเมื่อกดปุ่มคัดลอกวัตถุทุกชิ้นจะเป็นการสร้างวัตถุที่เหมือนวัตถุที่เลือกขึ้นมาในตำแหน่งของวัตถุ นั้น ๆ โดยกดปุ่มบนหน้าจอผู้ใช้งานดังในภาพที่ 4.19

(2.2) ยกเลิกการเลือก

คือคุณลักษณะสำหรับการยกเลิกวัตถุทั้งหมดที่ทำการเลือกโดยการลบวัตถุออกจาก Array List และทำให้วัตถุที่ทำการยกเลิกกลับมาเป็นสีเดิมที่เคยเป็น



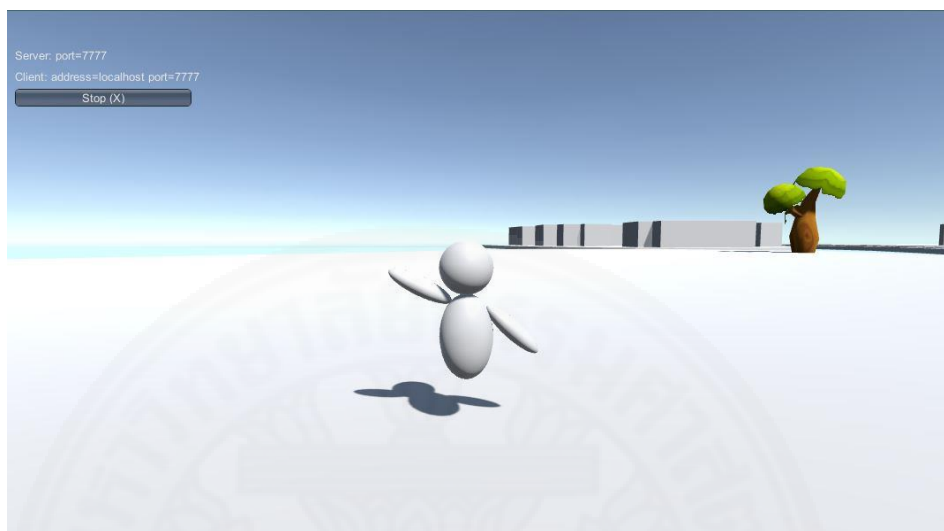
ภาพที่ 4.20 สัญลักษณ์คุณลักษณะภายในหมวดการจัดการกับวัตถุหลายชิ้น. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.2.2 ผู้ใช้งานควบคุม

เมื่อเข้ามาในระบบผู้ใช้งานในระบบนี้จะต้องเลือกการเข้าถึงระบบรูปแบบ Client ซึ่งหมายถึงผู้ได้รับบริการหรือผู้ติดตามเนื่องจากเป็นกลุ่มที่เข้ามาในระบบเป็นช่วง ๆ ไม่ได้อยู่ในระบบตลอดซึ่งมีลักษณะดังในสีเหลี่ยมสีน้ำเงินภายในภาพที่ 4.7

ซึ่งการใช้งานของผู้ใช้งานควบคุมจะมีลักษณะเหมือนผู้เข้ามารับชม โดยคุณลักษณะที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้คือการชี้บ่งบอกตำแหน่งแก่ผู้ใช้งานออกแบบให้ทราบถึงตำแหน่งที่ต้องการแก้ไขหรือแนะนำผ่านมุมมองบุคคลที่หนึ่ง โดยเมื่อผู้ใช้งานควบคุมเข้ามาในระบบ

จะสามารถมองเห็นผู้ใช้งานออกแบบว่าอยู่ตำแหน่งไหนและกำลังเคลื่อนไหวยู่หรือไม่ และสามารถเห็นสิ่งที่ผู้ใช้งานออกแบบสร้างขึ้นหรือขยับเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา



ภาพที่ 4.21 ภาพประกอบการใช้งานของผู้ใช้งานควบคุม. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.3 การนำไปใช้

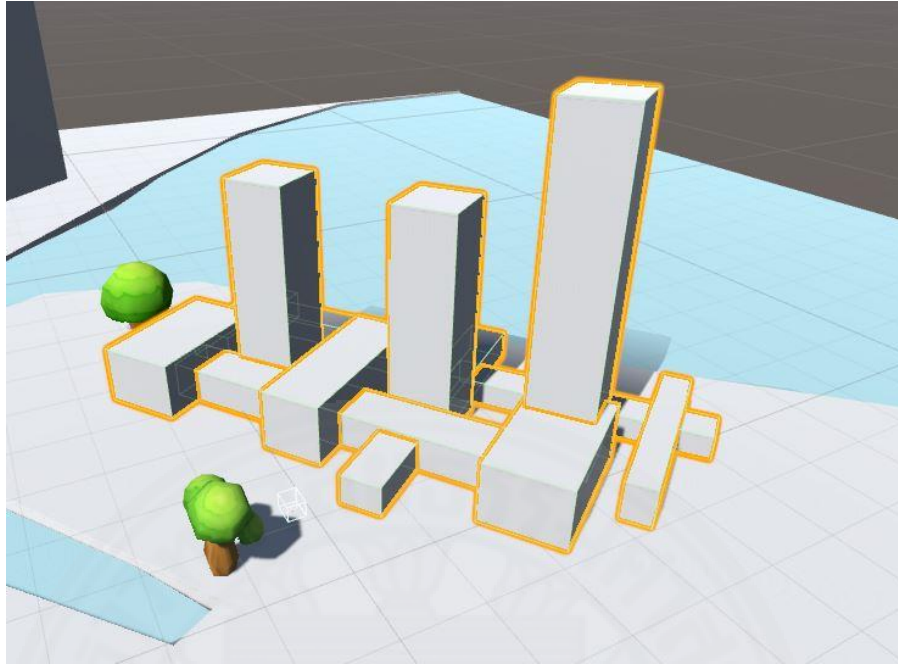
การทำงานของระบบสามารถสร้างรูปทรงออกมาในรูปแบบของการร่างภาพหรือรูปทรงโดยคร่าว ซึ่งจะต้องนำไปพัฒนาต่อในซอฟต์แวร์สร้างรูปทรงสามมิติอื่น ๆ ต่อไป โดยการนำไปใช้งานในการทำงานจริง จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 4.3.1 การเริ่มต้นวางผัง
- 4.3.2 การร่างเส้น
- 4.3.3 การสร้างรูปทรงมาตรฐาน
- 4.3.4 นำออกเพื่อพัฒนารูปทรง

โดยแต่ละขั้นตอนสามารถปรับเปลี่ยนตามความต้องการของผู้ออกแบบและโจทย์ที่ได้รับมา ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 การเริ่มต้นวางผัง

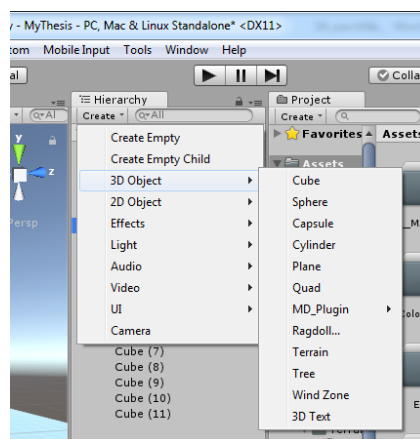
โดยในขั้นตอนนี้มีลักษณะเหมือนการวางผังก่อนตัดแบบจำลอง คือเป็นการกำหนดตำแหน่ง ของรูปแบบพื้นที่ในพื้นที่ออกแบบก่อน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและการสร้างรูปทรงต่อไป โดยการวางผังสามารถทำได้หลายวิธีประกอบไปด้วย



ภาพที่ 4.22 ผังแบบจำลองแสดงถึงกลุ่มก้อนอาคาร. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.3.1.1 วางผังแบบจำลองภายในซอฟต์แวร์เกมเอนจินยูนิตี้

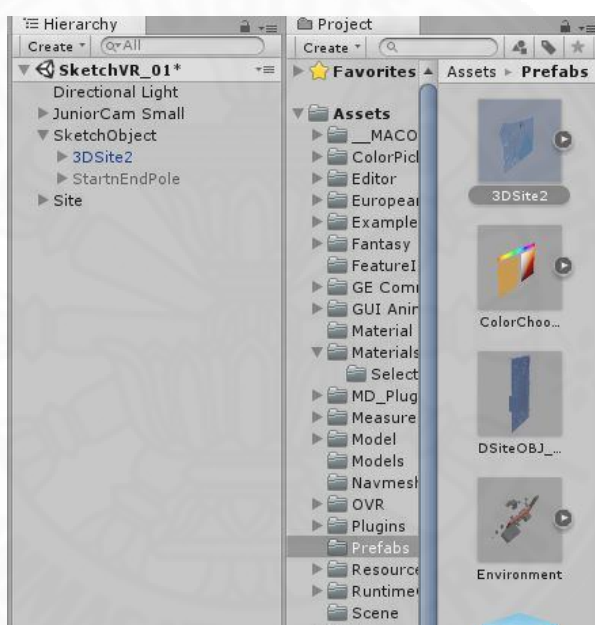
ทำได้โดยการสร้างวัตถุขึ้นมาภายในหน้าต่างปรับแต่งโดยการกดปุ่มสร้าง (Create) ภายในหน้าต่างลำดับชั้นและกดเลือกที่วัตถุสามมิติซึ่งจะแสดงตัวเลือกออกมาว่าต้องการสร้างรูปทรงแบบไหนดังในภาพที่ 4.21 ซึ่งรูปทรงประกอบไปด้วย สีเหลี่ยมลูกบาศก์ ทรงกลม แคปซูล ทรงกระบอก และระนาบพื้นผิว เมื่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำการเลือกวัตถุที่สร้างทั้งหมดและทำการรวมกลุ่มวัตถุทุกชิ้นเข้าด้วยกันโดยการสร้าง Empty GameObject ซึ่งเป็นวัตถุว่างเปล่าขึ้นมาและทำการลากวัตถุที่เลือกทั้งหมดเข้าไปอยู่ภายในวัตถุว่างเปล่านี้



ภาพที่ 4.23 ผังแบบจำลองแสดงถึงกลุ่มก้อนอาคาร 2. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.3.1.2 นำเข้าผังแบบจำลองจากซอฟต์แวร์อื่น ๆ

เป็นวิธีสำหรับการทำงานที่เริ่มจากการวางผังบนระนาบสองมิติก่อน อาจจะเป็นการทำงานที่ได้รับผังพื้นโดยคร่าวมาและนำมาสร้างรูปทรงมาตรฐานเป็นผังแบบจำลองบนซอฟต์แวร์สองมิติอื่น ๆ ก่อนโดยที่ไฟล์จะต้องมีรูปแบบเป็น .FBX หรือ .OBJ และหลังจากนั้นจึงนำเข้าซอฟต์แวร์เกมเอนจินยูนิตี้โดยวิธีการคือลากไฟล์จากโพลเดอร์ลงในโพลเดอร์ Prefabs ภายในโพลเดอร์โปรเจกต์ของระบบดังในภาพที่ 4.22 และทำการลากลงไว้ในหน้าต่างลำดับชั้น แบบจำลองดังกล่าวก็จะเกิดขึ้นในหน้าต่างปรับแต่งและสามารถที่จะเข้าไปแก้ไขได้ผ่านเทคโนโลยีความจริงเสมือนหรือในมุมมองบุคคลที่หนึ่งตามที่กำหนดเอาไว้



ภาพที่ 4.24 ผังแบบจำลองแสดงถึงกลุ่มก้อนอาคาร 3. โดย ผู้วิจัย, 2561

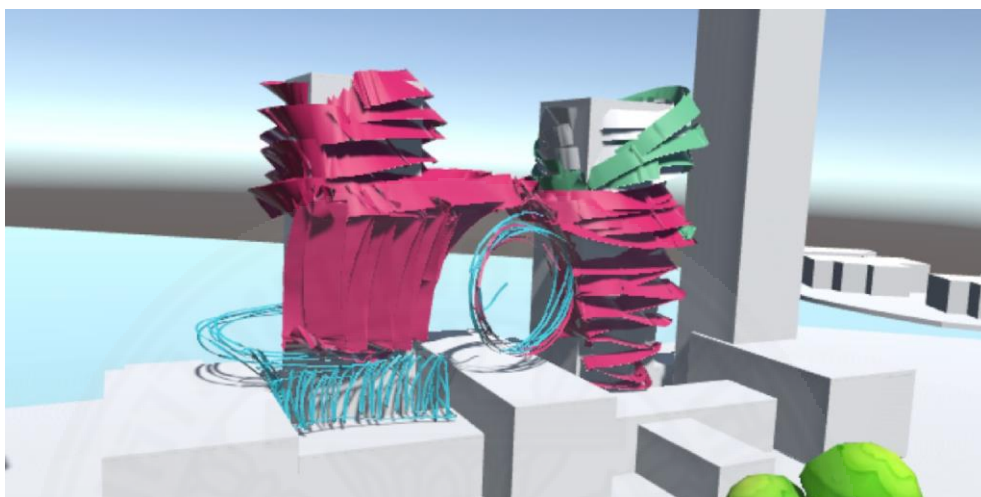
4.3.1.3 สร้างเส้นร่างแทนแบบจำลองภายในระบบ

เป็นวิธีสำหรับการพัฒนาผังแบบจำลองสามมิติที่เน้นรูปทรงของอาคาร โดยเฉพาะซึ่งอาจจะเป็นอาคารเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่แต่ไม่เหมาะกับงานออกแบบที่มีหลายอาคารหรือเป็นโปรเจกต์ขนาดใหญ่ ซึ่งคุณลักษณะที่ใช้งานคือคุณลักษณะการสร้างเส้นในข้อที่ 4.2.2.2 ที่ทำการสร้างเส้นขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาก่อนแล้วจึงสร้างเส้นหลักต่อในข้อที่ 4.3.2

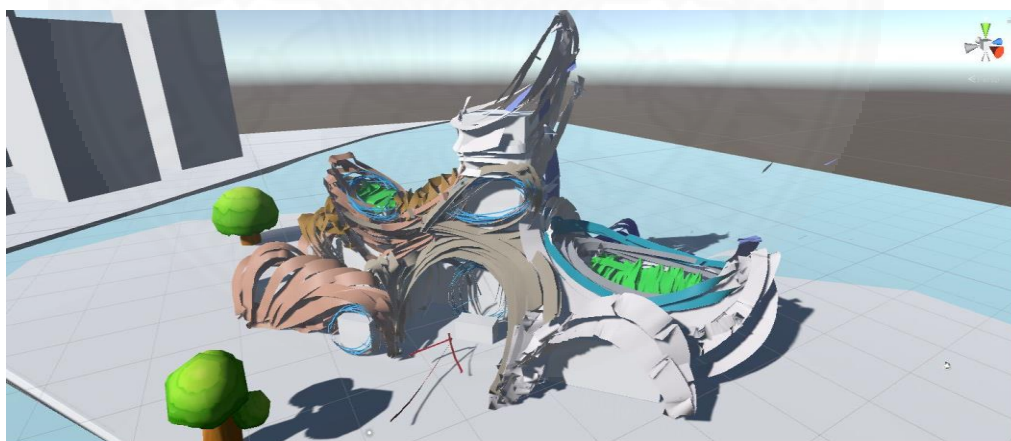
4.3.2 การเริ่มต้นร่างเส้น

โดยในขั้นตอนนี้จะมีรูปทรงมาตรฐานหรือผังแบบจำลองมาเป็นแนวทางไว้อยู่แล้วและจึงสร้างเส้นเพื่อพัฒนารูปทรงตามต้องการซึ่งเมื่อสร้างเส้นขึ้นมาเส้นเหล่านั้นสามารถขยับ

ขยายหรือเคลื่อนย้ายได้ตามต้องการเพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่หรืองานออกแบบในสภาพแวดล้อมเสมือนและสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของเส้นและปรับเปลี่ยนสีของเส้นก่อนการสร้างเส้นเพื่อการสร้างรูปทรงที่มีความหลากหลาย



ภาพที่ 4.25 เส้นร่างบนผังแบบจำลองสามมิติภายในระบบ. โดย ผู้วิจัย, 2561



ภาพที่ 4.26 เส้นร่างบนผังแบบจำลองสามมิติภายในระบบ. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.3.3 การสร้างรูปทรงโดยคร่าว

หลังจากทำการสร้างเส้นร่างเสร็จแล้วหากต้องการมองเห็นภาพรวมของรูปทรงมากขึ้น สามารถทำได้โดยการสร้างรูปทรงมาตรฐานเพื่อสร้างส่วนประกอบของงานออกแบบให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งรูปทรงมาตรฐานที่สร้างขึ้นมาสามารถปรับเปลี่ยขนาดได้ตามต้องการ เพื่อให้เหมาะสมกับเส้นร่างและความต้องการของผู้ออกแบบ

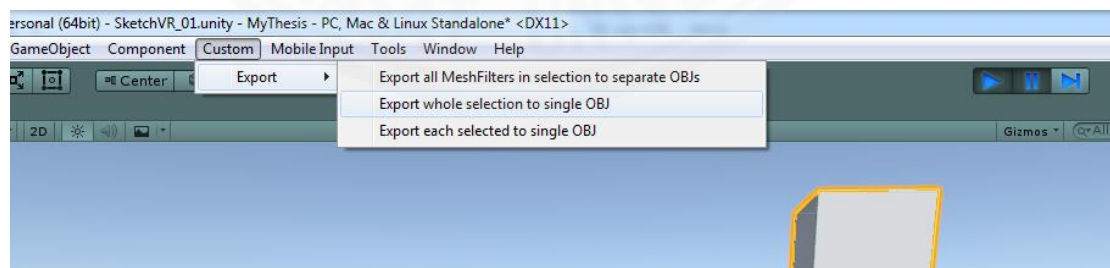
4.3.4 นำออกเพื่อพัฒนารูปทรง

หลังจากที่พอใจกับรูปทรงที่สร้างขึ้นในโลกจริงเสมือนแล้วผู้ใช้งานจะทำการกด Pause หรือหยุดการทำงานชั่วคราวดังในรูปที่ 4.27 เพื่อทำการเลือกวัตถุส่วนที่ต้องการภายในหน้าต่างลำดับชั้นสำหรับการนำออกไปพัฒนาต่อในซอฟต์แวร์สร้างรูปทรงสามมิติอื่น ๆ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.27 หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการกดทำงานและหยุดทำงานชั่วคราว. โดย ผู้วิจัย, 2561

- (1) กดเลือกวัตถุที่ต้องการนำออกในหน้าต่างลำดับชั้น
- (2) กดเลือกแถบ Export
- (3) กดเลือกว่าต้องการทำการนำออกแบบไหนซึ่งประกอบไปด้วย
 - (3.1) การนำออกโดยเลือกจาก MeshFilters หรือรูปแบบพื้นผิวของวัตถุ และส่งออกไปเป็นหนึ่งชิ้นต่อหนึ่งไฟล์
 - (3.2) การนำออกแบบวัตถุหนึ่งชิ้นต่อหนึ่งไฟล์
 - (3.3) การนำออกแบบวัตถุทั้งหมดที่ทำการเลือกต่อหนึ่งไฟล์



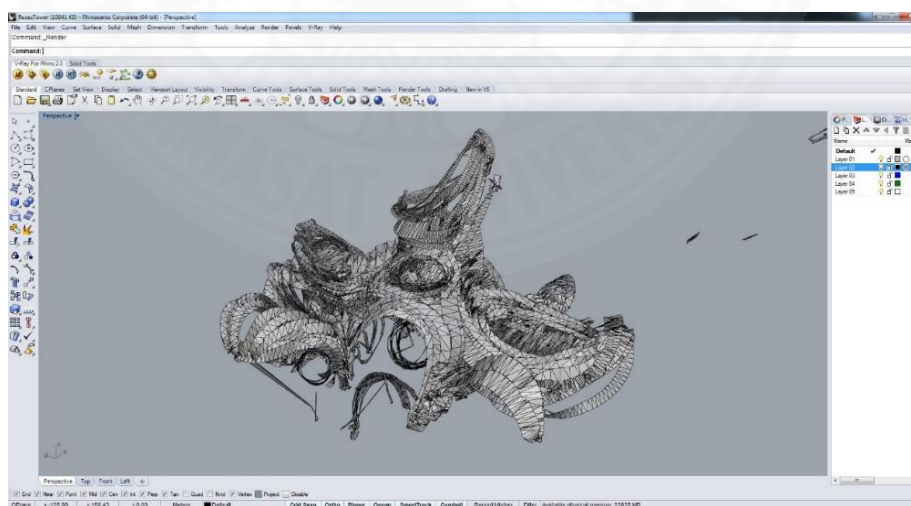
ภาพที่ 4.28 หน้าจอผู้ใช้งานสำหรับการนำออก. โดย ผู้วิจัย, 2561

(3.3) ไฟล์ที่ได้ออกมาจะเป็นไฟล์ .OBJ ซึ่งตำแหน่งไฟล์จะอยู่ภายในโพลเดอร์โปรเจกต์ที่สามารถนำเข้าซอฟต์แวร์สร้างรูปทรงสามมิติได้เกือบทุกซอฟต์แวร์และทำการพัฒนารูปทรงต่อโดยการสร้างรูปทรงที่คล้ายคลึงมาทับรูปทรงที่ได้มาจากระบบหรือทำการพัฒนาต่อจากรูปทรงที่ได้ออกมาเลย

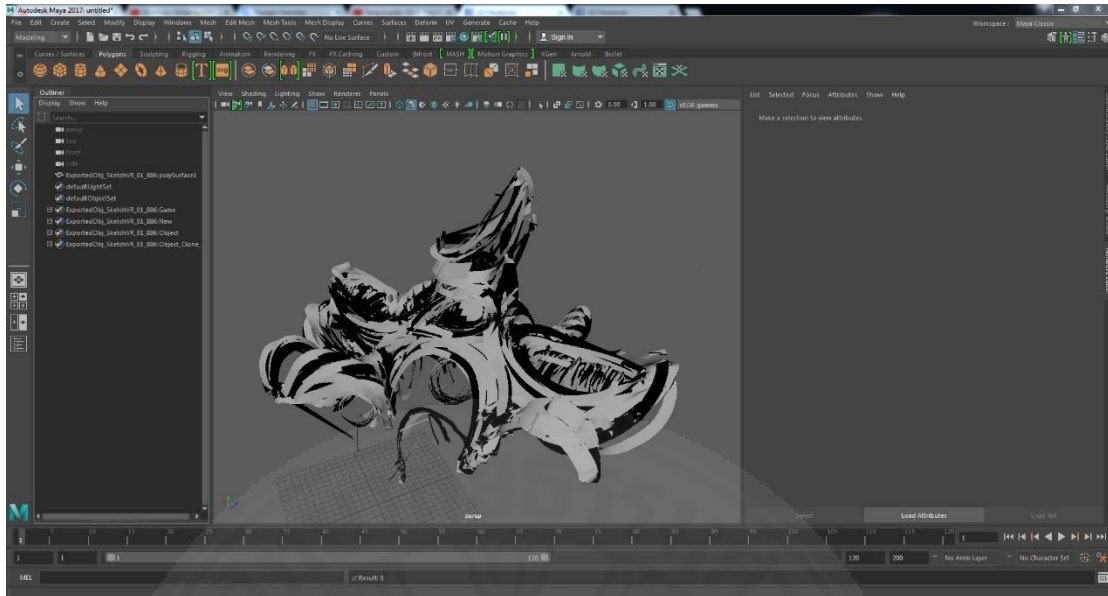
Name	Date modified	Type	Size
.vs	7/12/2560 22:42	File folder	
Assets	7/3/2561 20:36	File folder	
etc	9/11/2560 17:31	File folder	
ExportedObj	1/3/2561 22:42	File folder	
Feature Icon	6/3/2561 0:55	File folder	
Library	15/3/2561 19:44	File folder	
ProjectSettings	15/3/2561 1:31	File folder	
Temp	15/3/2561 20:30	File folder	
TestBuild01_Data	16/11/2560 21:36	File folder	
UnityPackageManager	9/11/2560 17:29	File folder	
ExportedObj;SketchVR_01_11	9/3/2561 0:51	MTL File	1 KB
ExportedObj;SketchVR_01_11.obj	9/3/2561 0:51	Object File	20 KB

ภาพที่ 4.29 ไฟล์ที่ได้การนำออกจากระบบเกมเอนจินยูนิตี้. โดย ผู้วิจัย, 2561

ส่วนของวัตถุเมื่อนำซอฟต์แวร์สร้างรูปทรงสามมิติจะมีรูปทรงดังในภาพที่ 2.28 ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงพื้นผิวไม่มีความหนาและซอฟต์แวร์สร้างรูปทรงสามมิติที่ได้นำมาทดลองในงานวิจัยนี้ได้แก่ซอฟต์แวร์โรโน (Rhino) และซอฟต์แวร์มายา (Maya) ซึ่งเป็นที่นิยมในการใช้งานสร้างรูปทรงสามมิติในวงการต่าง ๆ



ภาพที่ 4.30 ลักษณะรูปทรงเมื่อนำเข้าซอฟต์แวร์โรโน. โดย ผู้วิจัย, 2561

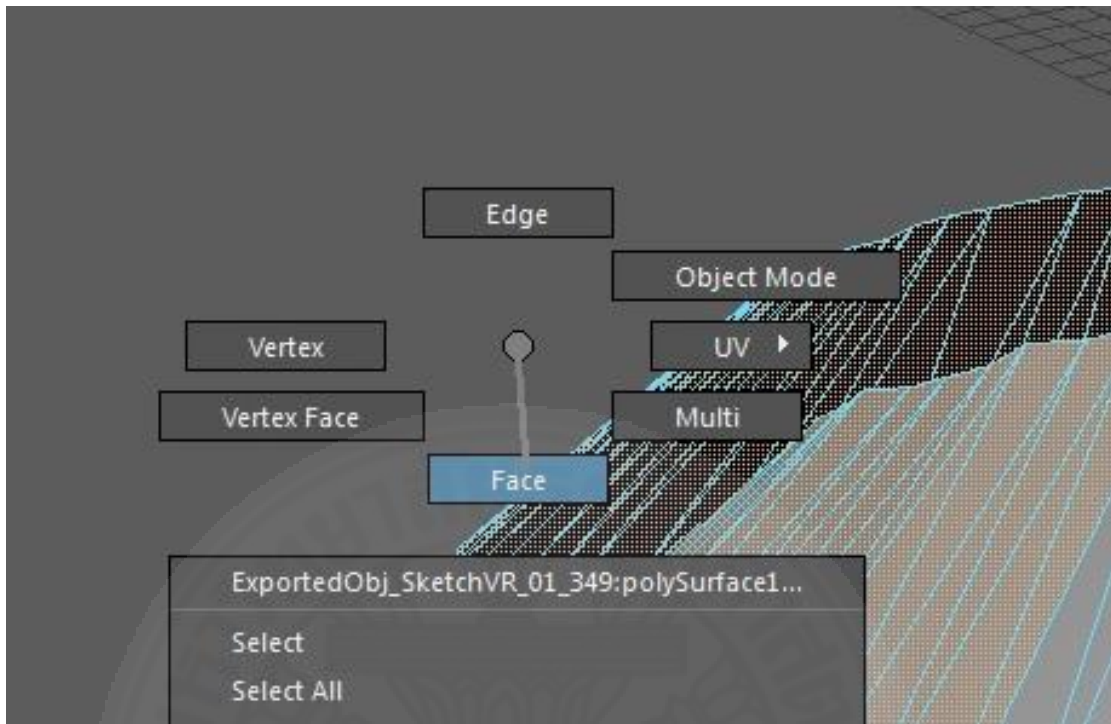


ภาพที่ 4.31 ลักษณะรูปทรงเมื่อนำเข้าซอฟต์แวร์มายา. โดย ผู้วิจัย, 2561

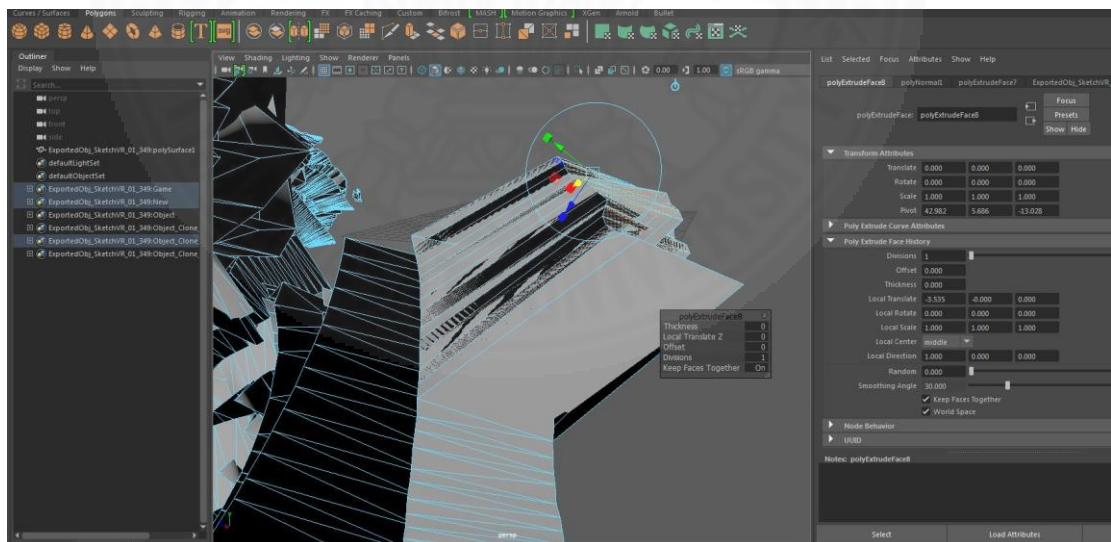
เมื่อนำวัตถุที่นำออกมาจากซอฟต์แวร์เกมเอนจินยูนิตี้เข้ามายังซอฟต์แวร์โรโนหรือมายาผู้ใช้งานสามารถจัดการกับวัตถุดังกล่าวได้หลายรูปแบบเพื่อเป็นการพัฒนารูปทรงและส่งต่อไปยังกระบวนการออกแบบในขั้นตอนต่อไป โดยวิธีการจัดการกับวัตถุเพื่อพัฒนารูปทรงสามารถทำได้หลายแบบโดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการทำงานบนซอฟต์แวร์สามมิติมายาในการพัฒนารูปทรงเนื่องจากมายาเป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถเลือกจัดการกับวัตถุได้หลายรูปแบบทั้งแบบเส้น จุด พื้นผิว หรือมุมต่าง ๆ ของวัตถุซึ่งเหมาะสำหรับการพัฒนารูปทรงที่มีความหลากหลายและซับซ้อนซึ่งผู้ออกแบบสามารถเลือกวิธีการในการพัฒนาได้ตามตัวอย่างดังต่อไปนี้

(1) การสร้างทับ เป็นการสร้างวัตถุขึ้นมาใหม่เพื่อให้ได้รูปทรงเดียวกันกับวัตถุที่นำเข้ามายังซอฟต์แวร์ที่ใช้ เนื่องจากวัตถุที่นำเข้ามามีลักษณะเป็นพื้นผิว หากผู้ออกแบบต้องการให้รูปทรงที่ออกมาหรือแบบร่างที่ออกมามีความเป็นมวลงมากขึ้นสามารถใช้วิธีการสร้างทับเพื่อช่วยให้แบบร่างมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

(2) พัฒนาต่อจากวัตถุเดิม เป็นการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ภายในซอฟต์แวร์สามมิติโดยการใช้คุณลักษณะในการเลือกพื้นผิว (face) ดังในภาพที่ 4.32 และทำการเลือกพื้นผิวที่ต้องการจัดการ ซึ่งสามารถจัดการก่าพื้นผิวได้เหมือนกับวัตถุทั่วไปเช่น การดึงขึ้นหรือลง การลบ การขยายหรือย่อ และอื่น ๆ ตามความต้องการของผู้ออกแบบ



ภาพที่ 4.32 ลักษณะรูปทรงเมื่อนำเข้าซอฟต์แวร์มายา. โดย ผู้วิจัย, 2561



ภาพที่ 4.33 คุณลักษณะการดึงพื้นผิววัตถุภายในซอฟต์แวร์สามมิติมายา. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.4 ผลการประเมิน

การประเมินถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือในส่วนแรกเป็นการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยทำแบบสอบถามและให้คะแนนความพึงพอใจและในส่วนที่ 2 เป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบระยะเวลาในการออกแบบร่างและความสะดวกในการสื่อสารกับกลุ่มทดลองโดยทั้ง 2 ส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น

การประเมินประสิทธิภาพในการใช้งานระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เริ่มต้นจากผู้วิจัยอธิบายขั้นตอนการใช้งานระบบและแนะนำการใช้งานคุณลักษณะต่าง ๆ ภายในระบบ และให้ผู้ทดลองทำการสร้างรูปทรงอิสระจากการร่างเส้น ต่อจากนั้นทำการประเมินโดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น จากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีให้กลุ่มทดลองทดลองใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น และทำแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น จากกลุ่มตัวอย่าง 17 คน โดยมีผู้ตอบกลับแบบประเมินทั้งสิ้น 17 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ทำแบบประเมินคือ ในผู้ประเมินทั้งหมด 17 คน มีสถาปนิกประสบการณ์ทำงาน 3-5 ปีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 24 อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 12 และนักศึกษาปริญญาตรีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์จำนวน 11 คนคิดเป็นร้อยละ 64

ตารางที่ 4.1

ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดลองการใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น

ข้อมูลกลุ่มทดลอง	จำนวน	ร้อยละ
สถาปนิก	4	23.53
อาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2	11.76
นักศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์	11	64.71
รวม	17	100

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2560

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ข้อมูลประสบการณ์ในการใช้งานความจริงเสมือน

ประสบการณ์ในการใช้งานความจริงเสมือน	จำนวน	ร้อยละ
มี	13	76.47
ไม่มี	4	23.53
รวม	17	100

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2560

แบบประเมินความสามารถในการใช้งานของระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นการให้ผู้ใช้งานประเมินใน 5 ระดับคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และควรปรับปรุง ซึ่งแต่ละระดับมีค่า 5,4,3,2 และ 1 ตามลำดับ ความหมายของการแปลผลค่าเฉลี่ยด้านความสามารถการใช้งานระบบถูกแบ่งออกตามระดับตัวเลขดังต่อไปนี้

- 1.00 – 1.49 หมายถึง ระบบที่พัฒนาขึ้นไม่มีประสิทธิภาพ ควรปรับปรุง
- 1.50 – 2.49 หมายถึง ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับน้อย
- 2.50 – 3.49 หมายถึง ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง
- 3.50 – 4.49 หมายถึง ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับมาก
- 4.50 – 5.00 หมายถึง ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด



ภาพที่ 4.34 ผู้ทดลองทำการสร้างแบบร่างในขั้นต้น. โดยผู้วิจัย, 2561

ตารางที่ 4.2

คะแนนแบบประเมินความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างในความจริงเสมือน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน							
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	ควร ปรับปรุง (1)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับการ ประเมิน
1. ความสามารถในการใช้งาน ออกแบบร่างในความจริงเสมือน								
1.1 ความเข้าใจในแบบจำลอง ทางสถาปัตยกรรม	6	10	1	-	-	4.29	0.59	มาก
1.2 ความสะดวกในการสำรวจ แบบจำลอง	2	12	3	-	-	3.94	0.56	มาก
1.3 ความสามารถในการคิดค้น รูปทรงฟรีฟอร์ม	11	5	1	-	-	4.59	0.62	มากที่สุด
1.4 ความสะดวกในการจัดการ กับวัตถุภายในระบบ	2	6	7	1	1	3.41	1.00	ปานกลาง

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2560

จากตารางที่ 4.2 พบว่าระดับการประเมินประสิทธิภาพในการใช้งานระบบในด้านความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างในความจริงเสมือน เรื่องความเข้าใจในแบบจำลองทางสถาปัตยกรรมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.29 ในเรื่องความสะดวกในการสำรวจแบบจำลองอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.94 ในด้านความสามารถในการคิดค้นรูปทรงอิสระอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ในด้านความสะดวกในการจัดการกับวัตถุภายในระบบ อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.41

สามารถสรุปได้ว่าผู้ทดลองใช้ระบบมีความเห็นว่า ความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างในความจริงเสมือนสามารถทำให้เข้าใจแบบจำลองทางสถาปัตยกรรมได้ดีมากขึ้นและสามารถสำรวจแบบจำลองในพื้นที่สภาพแวดล้อมเสมือนได้ดีและสามารถคิดค้นรูปทรงอิสระได้หลากหลายมากขึ้น เนื่องจากผู้ทดลองมีความรู้ในด้านการอ่านแบบสถาปัตยกรรมอยู่แล้วและได้รับแต่ประสบการณ์ในการทำงานบนหน้าจอหรือระนาบสองมิติมาโดยตลอดจึงทำให้การทำงานบนพื้นที่สามมิติภายในเทคโนโลยีความจริงเสมือนมีความแปลกใหม่และน่าสนใจ แต่ความสะดวกในการจัดการกับวัตถุภายในระบบยังคงต้องการความคุ้นเคยกับการใช้งานในระดับหนึ่ง เพราะผู้ทดลองใช้งานบนระบบเดิมมาโดยตลอดจะมีความคุ้นเคยกับการจัดการบนระนาบสองมิติอยู่หรือควรพัฒนาระบบให้จัดการกับวัตถุคล้ายกับการจัดการบนจอสองมิติมากขึ้น

ตารางที่ 4.3

ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดลองการใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน							
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	ควร ปรับปรุง (1)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับการ ประเมิน
2. ด้านการใช้งานระบบ								
2.1 ความเร็วในการเรียนรู้ การใช้งานระบบ	3	6	8	-	-	3.71	0.77	มาก
2.2 สามารถเลือกใช้คุณลักษณะ (Features) ได้ง่าย	3	6	7	-	1	3.53	1.00	มาก
2.3 หน้าตาการแสดงผลชัดเจน เข้าใจง่าย	6	9	2	-	-	4.24	0.66	มาก
2.4 การใช้งานมีความลื่นไหล ตอบสนองต่อความต้องการ	3	9	5	-	-	3.88	0.70	มาก
3. ด้านการใช้งานในวิชาชีพ								
3.1 ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างสรรค์ รูปทรงได้หลากหลายชนิดมากขึ้น	11	5	1	-	-	4.59	0.62	มากที่สุด
3.2 ลดระยะเวลาในการสร้าง แบบร่างในขั้นต้น	5	8	4	-	-	4.06	0.75	มาก
3.3 สามารถมองเห็นภาพรวมของ แบบร่างในขั้นต้นได้เร็วมากขึ้น	13	4	-	-	-	4.76	0.44	มากที่สุด
3.4 ได้รับประสบการณ์ในการ ออกแบบที่ดีมากขึ้น	13	4	-	-	-	4.76	0.44	มากที่สุด
3.5 ประหยัดทรัพยากร	6	11	-	-	-	4.35	0.49	มาก
โอกาสในการนำไปใช้จริง	5	12	-	-	-	4.29	0.47	มาก

หมายเหตุ. โดยผู้วิจัย, 2560

จากตารางที่ 4.3 พบว่าระดับการประเมินประสิทธิภาพในด้านการใช้งานระบบ เรื่องความเร็วในการเรียนรู้การใช้งานระบบ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.71 ในด้านการสามารถเลือกใช้คุณลักษณะหรือ Feature ได้ง่ายอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 โดยกลุ่มทดลองมีความเห็นว่าควรจัดการกับหน้าต่างผู้ใช้งานให้ง่ายต่อการเลือกมากกว่านี้และทำการเขียนชุดคำสั่งที่ป้องกันการงานซ้อนทับกันระหว่างคุณลักษณะ และในเรื่องหน้าต่างการแสดงผลชัดเจนเข้าใจง่ายอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 โดยกลุ่มทดลองบางคนมีปัญหาด้านสายตาที่ต้องใส่แว่นขณะทดลองรวมถึงอาการ Motion Sickness ที่เกิดกับบางคนขณะใช้งาน ในเรื่องการใช้งานมีความลื่นไหลตอบสนองต่อความต้องการอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88

สรุปการประเมินด้านการใช้งานระบบได้ว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับมากโดยการใช้งานมีความลื่นไหลและตอบสนองต่อความต้องการ แต่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้การใช้งานระบบในระดับหนึ่ง เพื่อสร้างความคุ้นเคยกับระบบในเรื่องของการเลือกใช้คุณลักษณะ ต่าง ๆ ผ่านหน้าจอผู้ใช้งานซึ่งจะมีปัญหาอยู่บ้าง สำหรับผู้ใช้งานที่เคยใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาก่อนจะเรียนรู้การใช้งานได้เร็วกว่า ส่วนผู้ที่ไม่เคยใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนจะเรียนรู้ได้ช้ากว่า

การประเมินประสิทธิภาพในด้านการใช้งานในวิชาชีพ เรื่องของการช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างสรรค์รูปร่างได้หลากหลายชนิดมากขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ในด้านลดระยะเวลาในการสร้างแบบร่างในขั้นต้นอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 ในด้านความสามารถในการมองเห็นภาพรวมของแบบร่างในขั้นต้นได้รวดเร็วมากขึ้นและได้รับประสบการณ์ในการออกแบบที่ดีมากขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 และในด้านการประหยัดทรัพยากรอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 และโอกาสในการนำไปใช้จริงอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.29

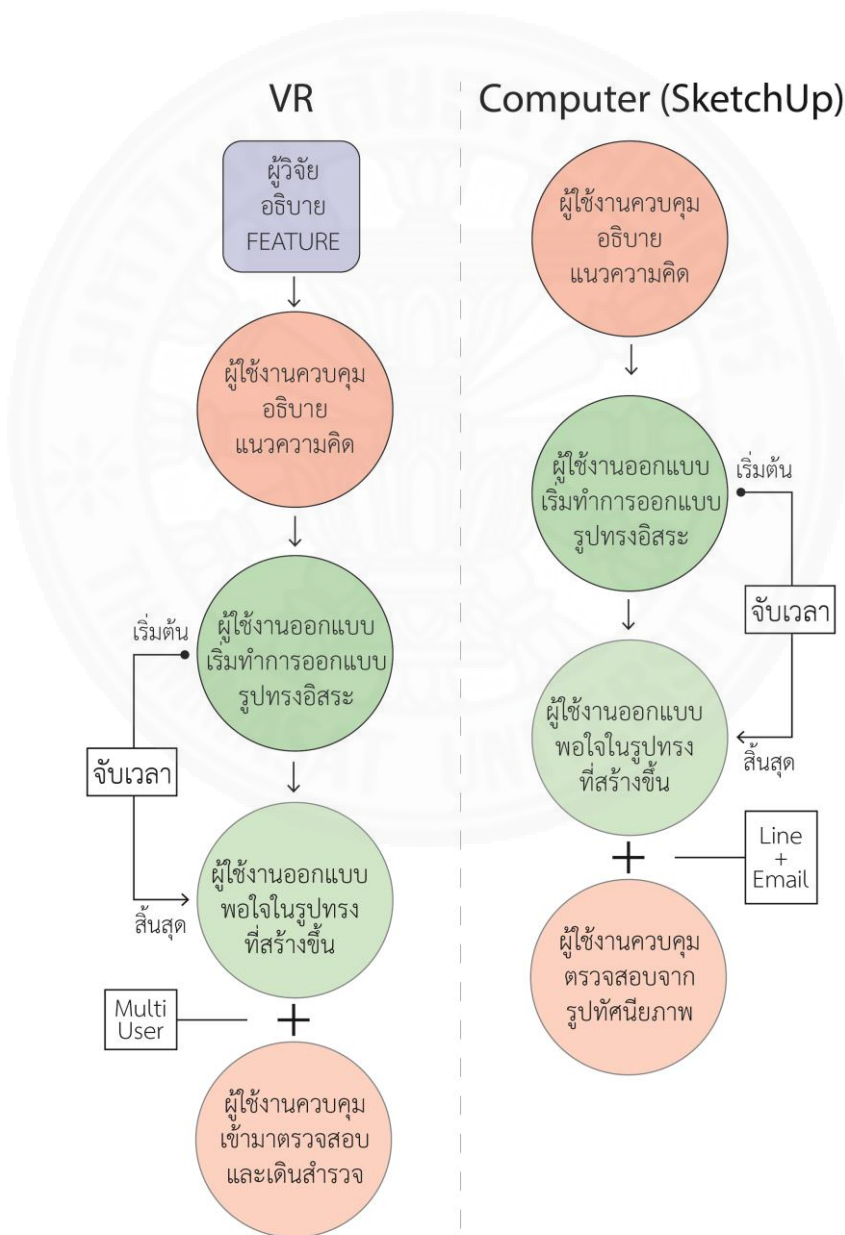
สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีโอกาสนี้จะพัฒนาต่อและนำไปใช้งานจริงในสายอาชีพสถาปัตยกรรมอยู่ในระดับมาก แต่ต้องใช้เวลาในการพัฒนาต่อให้มีความง่ายต่อที่เรียนรู้และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวกและตอบโจทย์ต่อการใช้งานมากกว่านี้

4.4.2 การประเมินโดยเปรียบเทียบระยะเวลาการสร้างแบบจำลองและความสะดวกในการสื่อสาร

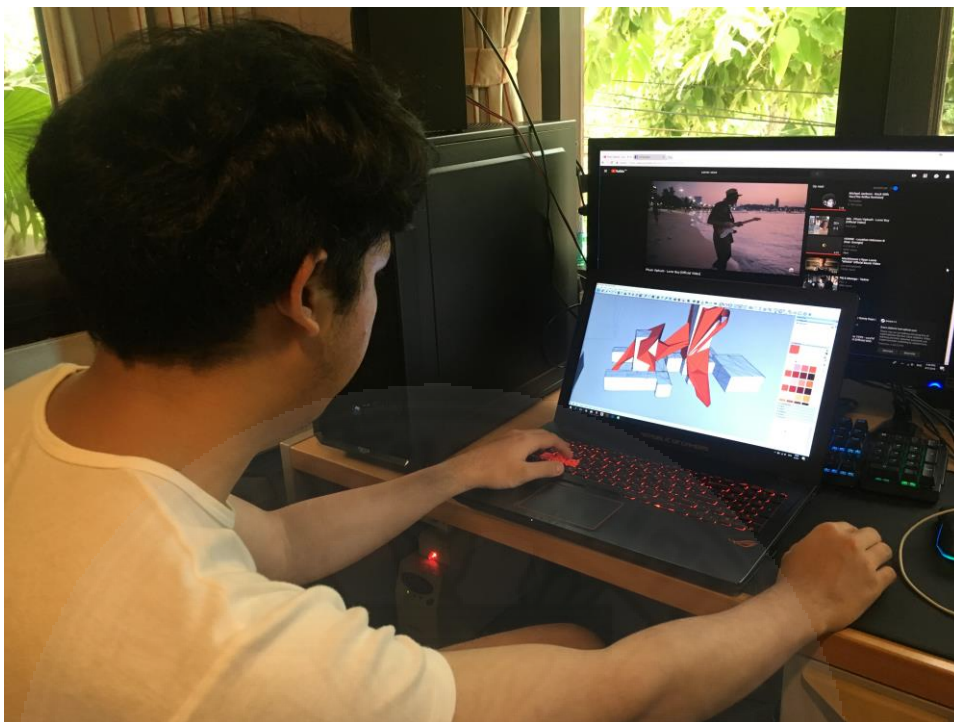
การประเมินในส่วนนี้มีรายละเอียดดังในข้อที่ 3.6.1.2 โดยเป็นการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ใช้ในปัจจุบันกับระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้โดยแบ่งการประเมินออกเป็นสองส่วนดังต่อไปนี้

4.4.2.1 การประเมินโดยเปรียบเทียบระยะเวลาการสร้างแบบจำลอง

เป็นการทำงานระหว่างผู้ทดลองสองคนโดยแบ่งหน้าที่ออกเป็นผู้ใช้งานควบคุมและผู้ใช้งานออกแบบ เริ่มจากผู้ใช้งานควบคุมอธิบายและนำเสนอรูปภาพแนวความคิดเบื้องต้นแก่ผู้ใช้งานออกแบบว่าความต้องการของตนเป็นเช่นไรและปล่อยให้ผู้ใช้งานออกแบบเริ่มทำงาน โดยวิธีการประเมินในช่วงแรกคือการจับเวลาโดยเริ่มต้นจับตั้งแต่ผู้ใช้งานออกแบบเริ่มทำการออกแบบร่างในขั้นต้น ช่วงแรกผู้ทดลองจะใช้ระบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันในการออกแบบร่างในขั้นต้นคือซอฟต์แวร์ในการสร้างรูปทรงสามมิติที่ชื่อว่า สเก็ชอัป



ภาพที่ 4.35 กระบวนการประเมินโดยการจับเวลา. โดย ผู้วิจัย, 2561



ภาพที่ 4.36 ผู้ทดลองทำการสร้างแบบร่างในขั้นต้น. โดย ผู้วิจัย, 2561

ผลจากการประเมินในช่วงแรก ผู้ทดลองใช้เวลาทั้งหมด 51 นาที ในการสร้างแบบร่างในขั้นต้นโดยใช้ซอฟต์แวร์สามมิติสเก็ชอัป และผู้ใช้งานทั้งสองพอใจในแบบร่างดังกล่าว โดยที่แบบร่างที่ออกมาสามารถที่จะทำให้ผู้ใช้งานทั้งสองสามารถสื่อสารและเห็นภาพแนวความคิดที่ตรงกัน

วิธีการสื่อสารภายในกลุ่มทดลองทั้งสองคนในขั้นตอนนี้จะใช้ 2 วิธีการได้แก่ การถ่ายรูปหน้าจอแสดงผลและส่งผ่านแอปพลิเคชันไลน์ในมือถือ และอีกหนึ่งวิธีคือส่งผ่านอีเมล และผู้ใช้งานควบคุมตรวจสอบและโทรศัพท์กลับมาเพื่อพูดคุยอธิบายแนวความคิดกัน

การประเมินในช่วงที่สอง ผู้ทดลองซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ใช้งานออกแบบจะใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนในการสร้างรูปทรงแบบร่างในขั้นต้น โดยมีขั้นตอนและวิธีการก่อนเริ่มทำงานคล้ายกับการทดลองในช่วงแรก ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเครื่องมือเทคโนโลยีความจริงเสมือนให้เหมาะสมแก่การใช้งานให้แก่ผู้ทดลอง และทำการอธิบายคุณลักษณะการใช้งานต่าง ๆ ภายในระบบ และให้ผู้ทดลองใช้งานระบบจนมีความคุ้นเคยกับระบบในระดับหนึ่ง เพื่อควบคุมตัวแปรในด้านความคุ้นเคยกับระบบที่ใช้งาน เนื่องจากผู้ทดลองมีความคุ้นเคยกับระบบที่ใช้ในช่วงแรกแล้ว ในช่วงที่สองซึ่งเป็นการทำงานบนระบบที่พัฒนาขึ้น ผู้ทดลองควรจะมีคุ้นเคยด้วยเช่นกัน เมื่อผู้ทดลองมีความคุ้นเคยแล้วจึงเริ่มการทดลอง



ภาพที่ 4.37 ผู้ทดลองทำการสร้างแบบร่างในขั้นต้นในช่วงที่สอง. โดย ผู้วิจัย, 2561



ภาพที่ 4.38 หน้าจอผู้ใช้งานขณะทำการทดลอง. โดย ผู้วิจัย, 2561



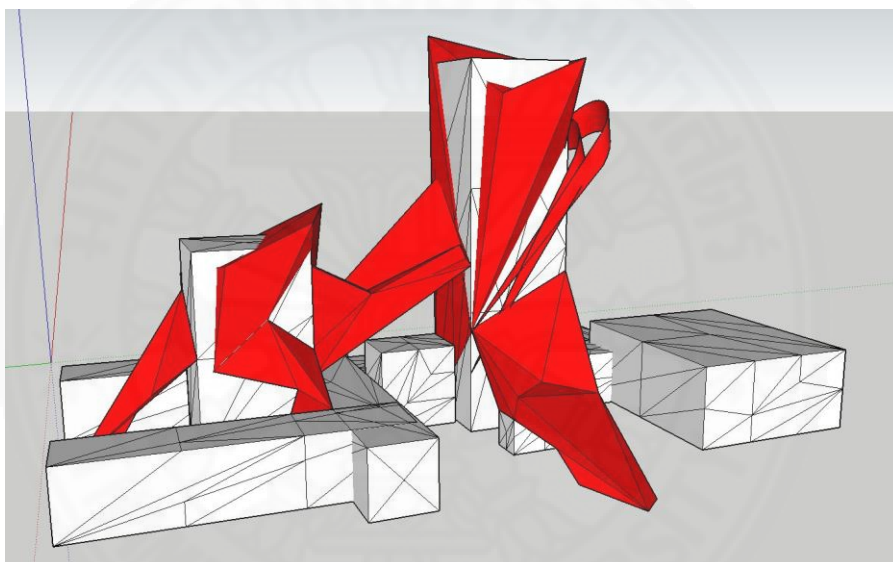
ภาพที่ 4.39 ผู้ทดลองทำหน้าที่เป็นผู้ใช้งานควบคุม. โดย ผู้วิจัย, 2561

ผลจากการประเมินในช่วงที่สอง ผู้ทดลองใช้เวลาทั้งหมด 24 นาที ในการสร้างรูปทรงแบบร่างในขั้นต้น โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือน ซึ่งทำให้พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบร่างในขั้นต้นมีระยะเวลาที่สั้นกว่าในช่วงแรก 27 นาที โดยสามารถทำให้ผู้ทดลองทั้งสองเห็นภาพคร่าว ๆ ได้ในระดับหนึ่งเช่นกัน

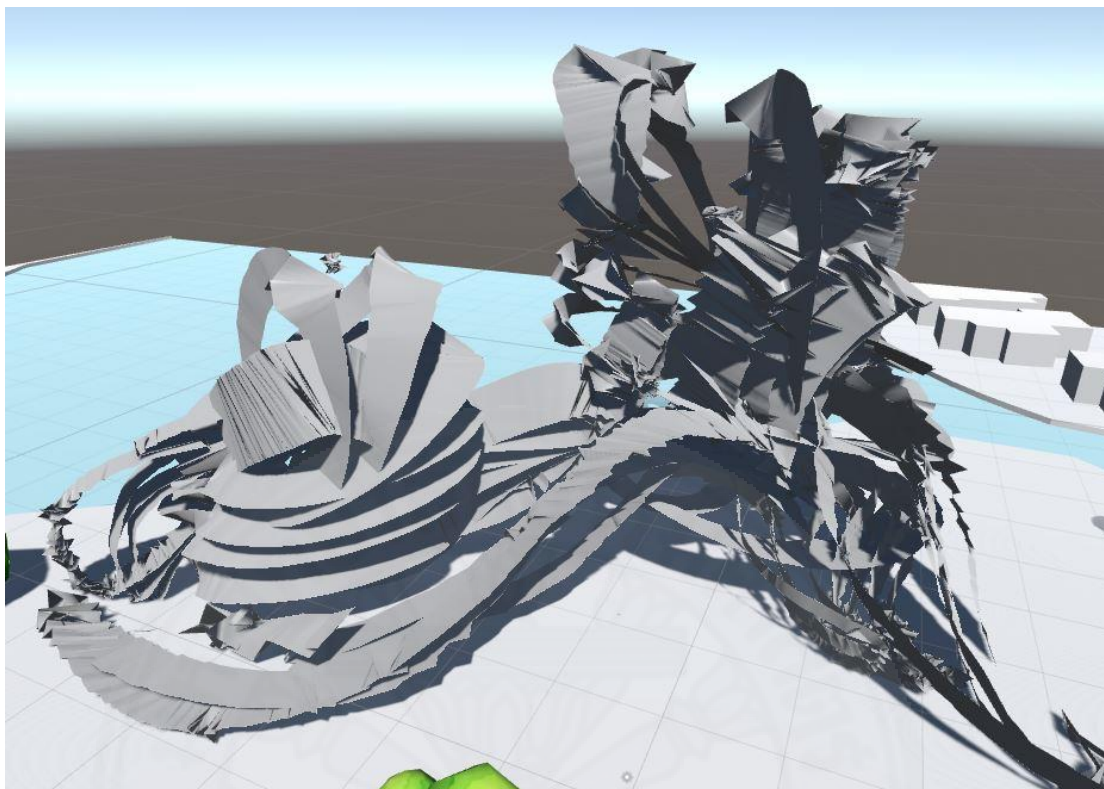
วิธีการสื่อสารในช่วงที่สอง จะใช้ระบบการสื่อสารที่อยู่ภายในระบบที่พัฒนาขึ้นโดยอาศัยการสื่อสารผ่านสัญญาณเสียงภายในระบบ ซึ่งสามารถสื่อสารกันได้ในเวลาจริงขณะผู้ใช้งานทั้งสองเดินสำรวจอยู่ภายในสภาพแวดล้อมความจริงเสมือนเดียวกัน

สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำให้ผู้ทดลองทำงานสร้างรูปทรงอิสระหรือแบบร่างในขั้นต้นได้รวดเร็วมากขึ้นโดยมีระยะเวลาต่างกันถึง 27 นาที โดยที่ผู้ทดลองได้รับความเข้าใจจากแบบร่างที่สร้างขึ้นในวิธีการทั้งสองเท่า ๆ กัน แต่ได้รับประสบการณ์ที่ดีกว่าในการทำงานเปลี่ยนแปลงแนวทางการออกแบบให้สามารถสร้างสรรค์และคิดค้นรูปทรงที่แปลกใหม่ เกินกว่าระนาบสองมิติจะคิดค้นได้ รวมถึงการรับรู้ถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่บนระนาบสามมิติ ซึ่งต้องเปลี่ยน

มุมมองแนวความคิดหรือวิธีการเก่า ๆ ในการรับรู้มุมมองหรือทัศนียภาพแบบเดิม ๆ ไปอย่างสิ้นเชิง และในด้านของความสามารถในการสร้างรูปทรงสามมิติ ต้องมีการทำความเข้าใจใหม่ทั้งหมด เนื่องจากการสร้างรูปทรงในระบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันจะเป็นการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์สอง มิติ ซึ่งระยะต่าง ๆ ที่รับรู้ได้มาจากการใช้คุณลักษณะการวัดระยะภายในระบบ หรือการทำรูป ทัศนียภาพให้มีความตื้นลึกไม่เท่ากัน แต่สำหรับระบบที่พัฒนาขึ้น ระยะทุก ๆ อย่างคือระยะจริง ซึ่ง ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานจริงทั้งสำหรับการสร้างวัตถุ หรือการเคลื่อนที่ภายในระบบ ซึ่ง ทำให้ความสามารถในการสร้างรูปทรงสอดคล้องกับพื้นที่ในการใช้งานและการเคลื่อนไหวของร่างกาย ผู้ใช้งานในการร่างเส้นไปบนพื้นที่ 3 มิติที่ไม่ได้มีเพียงระนาบกว้างยาวอีกต่อไป



ภาพที่ 4.40 แบบจำลองจากซอฟต์แวร์สเก็ชอัป. โดย ผู้วิจัย, 2561



ภาพที่ 4.41 แบบจำลองจากระบบที่พัฒนาขึ้น. โดย ผู้วิจัย, 2561

4.4.2.2 การประเมินความสะดวกในการสื่อสาร

ด้านการสื่อสารเป็นการเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ใช้ในปัจจุบันคือวิธีการส่งข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันไลน์และอีเมลกับระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้โดยมีประเด็นในการสัมภาษณ์ดังต่อไปนี้

(1) การสื่อสารในระบบที่พัฒนาขึ้นมีข้อดีและข้อเสียต่างจากระบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันอย่างไร ยกตัวอย่าง

ผู้ทดลองได้ให้สัมภาษณ์ว่า ระบบที่ใช้ในปัจจุบันเป็นการสื่อสารบนระนาบสองมิติ ซึ่งมองเห็นไม่ครอบคลุมความต้องการทั้งหมด แต่ระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถเข้าถึงพื้นที่ต่าง ๆ ภายในงานออกแบบได้อย่างครบถ้วน สามารถเดินสำรวจงานออกแบบของตนเองได้อย่างรวดเร็วและสามารถตอบสนองต่อผู้สนทนาด้วยอย่างง่ายดาย ทำให้มองเห็นจุดบกพร่องในงานออกแบบได้สะดวกมากขึ้น และการสำรวจงานออกแบบในระบบเก่าเป็นการส่งไฟล์แบบจำลองสามมิติซึ่งรูปแบบไฟล์ขึ้นอยู่กับระบบหรือซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ หมายความว่าผู้ใช้งานทั้งสองต้องมีซอฟต์แวร์ตัวเดียวกันจึงจะสามารถเข้าไปเดินสำรวจได้ในระดับหนึ่ง หรืออีกวิธีหนึ่งคือการสร้างรูปทัศนียภาพซึ่งจะทำให้ระยะเวลาในการทำงานและทำให้การสื่อสารล่าช้า

(2) จากที่ได้ทดลองใช้งาน มีความคิดเห็นว่าทั้งสองระบบมีการสื่อสารที่ต่างกันอย่างไรบ้าง

ผู้ทดลองได้ให้สัมภาษณ์ว่า ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนคือการมีปฏิสัมพันธ์ภายในระบบ โดยที่ระบบที่ใช้ในปัจจุบันจะเป็นการส่งภาพทัศนียภาพหรือไฟล์แบบจำลองสามมิติไปให้อีกฝ่ายดูก่อนและจึงทำการสนทนาถึงข้อผิดพลาดเพื่อความชัดเจนของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร แต่ระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ สามารถที่จะดูและสนทนาได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะช่วยให้ข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารชัดเจนมากยิ่งขึ้น และลดข้อผิดพลาดหรือข้อมูลที่ตกหล่นระหว่างการสื่อสารได้ดี

(3) มีความเห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นจะช่วยให้การออกแบบได้อย่างไรบ้าง

สามารถทำให้ผู้ออกแบบในแต่ละฝ่ายในทีมออกแบบสามารถประสานการทำงานร่วมกันได้ดียิ่งขึ้น ลดข้อผิดพลาดระหว่างการสนทนาหรือมุมมองที่มีต้องงานออกแบบที่ไม่ตรงกันได้ง่ายยิ่งขึ้น และไม่ต้องอาศัยแอปพลิเคชันหรือระบบอื่น ๆ เพื่อช่วยในการสนทนาอีก เนื่องจากสามารถจบการทำงานได้ภายในระบบเดียวเลย

4.4.3 ข้อเสนอแนะจากกลุ่มทดลอง

การประเมินโดยกลุ่มทดลองทั้งหมด 17 คนได้ให้ข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ไขพัฒนาระบบต่อไปได้ดังต่อไปนี้

4.4.3.1 ข้อดี คือสามารถเปิดพื้นที่ใหม่ให้นักออกแบบหรือสถาปนิกได้คิดค้นรูปทรงที่มีความหลากหลายพร้อมกับได้รับประสบการณ์ในการออกแบบใหม่ ๆ เปิดอิสระทางความคิดหรือการออกแบบ และสามารถทำให้ผู้ใช้งานรับรู้ถึงแบบจำลองสามมิติได้ดีกว่าระบบเดิมที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่งผลให้การมองภาพร่างในช่วงของการออกแบบร่างในขั้นต้นเป็นไปได้ชัดเจนมากขึ้น และช่วยส่งเสริมการคิดงานหรือนำเสนองานรูปใหม่ ๆ ต่อไป

ด้านการสื่อสารทำให้ระบบการทำงานเพิ่มความรวดเร็วในการสื่อสารระหว่างทีมผู้ออกแบบ ทำให้สมาชิกในทีมเห็นภาพเดียวกันในระยะเวลาอันสั้น และได้รับประสบการณ์ในการสื่อสารที่ดีขึ้น เหมือนได้สื่อสารในสถานที่เดียวกันและได้สำรวจดูงานไปพร้อมกัน สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นได้ทันทีไม่ต้องรอนาน

4.4.3.2 ข้อเสีย คือต้องใช้เวลาในการเรียนรู้การใช้งานระบบค่อนข้างนานและยังเกิดปัญหาในการจัดการกับวัตถุหรือการสร้างวัตถุอยู่ เนื่องจากหน้าตาของผู้ใช้งานค่อนข้างซับซ้อนและมีรายละเอียดเยอะ รวมถึงข้อจำกัดในการสร้างวัตถุในขณะออนไลน์ที่ควรจะทำให้ผู้ใช้งานทุกคนเห็นวัตถุที่กำลังสร้างพร้อมกัน เพื่อการสื่อสารข้อมูลที่ชัดเจนและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และพื้นที่ที่ใช้ในการทำงานระบบไม่สามารถใช้ในพื้นที่เล็กได้จึงค่อนข้างลำบากต่อการใช้งาน

ระบบการสื่อสารสนทนาเสียงยังมีข้อบกพร่องในด้านของเสียงที่ไม่ชัดเจน และยังมี ความล่าช้าในด้านของการส่งข้อมูลอยู่เล็กน้อย และลักษณะผู้ใช้งานเองก็เป็นส่วนช่วยในการสื่อสาร จึงควรพัฒนาลักษณะผู้ใช้งานให้เข้าใจง่ายขึ้น และเนื่องจากเป็นการทำงานบนคอมพิวเตอร์จึง ค่อนข้างลำบากในการพกพาหรือสนทนาออกสถานที่

4.4.3.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม คือควรปรับปรุงหน้าต่างผู้ใช้งานให้ใช้งานสะดวกและ เข้าใจง่ายมากกว่านี้หรือควรมีระบบการสอนการใช้งานก่อนเริ่มใช้งานหรือระบบไกด์ (Guide) ที่จะ ช่วยแนะนำผู้ใช้งานในขณะที่ใช้งานจริงอยู่ เช่นเดียวกับคุณลักษณะภายในระบบ ควรมีการปรับปรุง แล้วเพิ่มเติมคุณลักษณะในอีกหลาย ๆ ด้านเช่นการสร้างชุดคำสั่งป้องกันการใช้งานซ้อนทับระหว่าง คุณลักษณะต่าง ๆ ที่ใช้ส่วนนำเข้าหรือ Input เดียวกันและการสร้างเส้นร่างเองซึ่งเป็นจุดเด่นของ งานวิจัยนี้ควรที่จะทำให้เหมาะสมกับการใช้งานออกแบบสถาปัตยกรรมมากขึ้น และทำให้ระบบใช้ งานเรียบง่ายขึ้น บางคุณลักษณะอาจจะไม่จำเป็นต่อการใช้งานหรือควรลดทอนคุณลักษณะให้มีการ ใช้งานที่เฉพาะทางมากขึ้น เช่นสีที่ให้ผู้ใช้งานเลือกก่อนการสร้างเส้นร่าง อาจจะมีสีเฉพาะให้เลือกเลย ตั้งแต่แรก

ด้านการสื่อสารควรปรับให้มีความคมชัดและง่ายต่อการสื่อสารสนทนาเสียงมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นควรพัฒนาลักษณะผู้ใช้งานให้บ่งบอกถึงรูปแบบการใช้งานว่าใครใช้งานเทคโนโลยีความ จริงเสมือนหรือใช้งานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบและสำรวจความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ สามารถสรุปผลแยกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปการทำงานของระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์

5.2 สรุปผลการประเมินระบบที่พัฒนาขึ้น

5.3 การปรับปรุงระบบจากผลการประเมิน

5.4 สรุปข้อจำกัดในการพัฒนาระบบในงานวิจัย

5.5 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

5.1 สรุปการทำงานของระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์

จากการพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ สามารถสรุปการพัฒนาออกเป็น 3 หัวข้อได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 การเตรียมการก่อนการใช้งานระบบ

ก่อนเริ่มใช้งานภายในซอฟต์แวร์ Unity3D ผู้ใช้งานต้องเตรียมแบบจำลองสามมิติของสภาพแวดล้อมจริงของบริบทที่ใช้ในการออกแบบเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ในการออกแบบให้ดียิ่งขึ้น และนำเข้ามายังระบบก่อนเริ่มใช้งานโดยผู้ใช้งานจะถูกแบ่งออกเป็นผู้ใช้งานควบคุมและผู้ใช้งานออกแบบ โดยผู้ใช้งานควบคุมจะใช้คอมพิวเตอร์ในการเข้าสู่ระบบและทำงานบนมุมมองบุคคลที่หนึ่ง ส่วนของผู้ใช้งานออกแบบจะใช้งานผ่านแว่นสวมศีรษะของเทคโนโลยีความจริงเสมือนจึงต้องมีการติดตั้งพื้นที่ในการทำงานเพื่อความเหมาะสมต่อการใช้งาน

5.1.2 การแสดงผลและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบ

เมื่อเข้ามายังระบบผู้ใช้ควบคุมสามารถใช้งานผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ลักษณะมุมมองบุคคลที่หนึ่งและสามารถใช้คุณลักษณะในการบ่งชี้ตำแหน่งโดยคร่าวๆที่ต้องการแก้ไขต่อผู้ใช้งานออกแบบ ส่วนของผู้ใช้งานออกแบบที่ใช้การแสดงผลผ่านแว่นสวมศีรษะ สามารถใช้

คุณลักษณะได้สามส่วนหลักได้แก่ การจัดการกับลักษณะผู้ใช้งาน การสร้างวัตถุ และการจัดการกับวัตถุ

5.1.3 การสื่อสารรูปแบบหลายผู้ใช้งาน

ผู้ใช้งานทั้งสองต้องเลือกใช้งานตามรูปแบบการใช้งานคือ ผู้ใช้งานออกแบบเลือกใช้งานระบบรูปแบบ Host และผู้ใช้งานควบคุมเลือกใช้งานระบบรูปแบบ Client ซึ่งผู้ใช้งานทั้งสองสามารถสื่อสารกันภายในระบบโดยการสนทนาเสียงและการมองเห็นลักษณะผู้ใช้งานของอีกฝ่ายที่เคลื่อนไหวที่อยู่ภายในสภาพแวดล้อมเสมือนเดียวกันในเวลาเดียวกัน

5.1.4 การใช้งานระบบ

ระบบที่พัฒนาขึ้นเหมาะสำหรับการสร้างเส้นร่างเพื่อการคิดค้นรูปทรงอิสระหรือรูปทรงที่มีความหลากหลายและแปลกใหม่ และเปิดพื้นที่ในการทำงานแก่ผู้ออกแบบในยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไป เหมาะสำหรับทีมผู้ออกแบบที่นั่งทำงานภายในออฟฟิศและมีพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องมือเทคโนโลยีความจริงเสมือนตามระยะที่แนะนำในบทที่ 4 ข้อที่ 4.2.1 โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะเปลี่ยนแปลงมุมมองในการทำแบบจำลองจากวิธีเดิมไปหลายอย่างเช่น ระยะห่างของแบบจำลองภายในระบบเดิมที่นิยมใช้จะเป็นการทำงานบนหน้าจอกอมพิวเตอร์สองมิติ ซึ่งระยะที่ผู้ใช้งานมองเห็นจะอยู่ในกรอบและสามารถรับรู้ได้ถึงระยะผ่านระนาบสองมิติ แต่ระบบที่พัฒนาขึ้น ระยะต่าง ๆ คือระยะจริงที่เสมือนว่าอยู่รอบตัวเรา ทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงการรับรู้ทั้งหมด รวมถึงวิธีการในการสร้างแบบร่างที่ต้องอ้างอิงกับพื้นที่ที่ใช้ในการทำงานพร้อมกับการเคลื่อนไหวของร่างกายผู้ใช้งานที่จะส่งผลต่อการสร้างรูปทรงภายในระบบที่พัฒนาขึ้น

5.2 สรุปผลการประเมินระบบที่พัฒนาขึ้น

จากการทดลองระบบที่พัฒนาขึ้นกับผู้ทดลองทั้งหมด 17 คน โดยแบ่งการประเมินออกเป็นสองส่วนประกอบไปด้วย การประเมินประสิทธิภาพของระบบ และการทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งการประเมินทั้งสองส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

การประเมินหาประสิทธิภาพของระบบ ในหัวข้อนี้จะประกอบไปด้วยเนื้อหาซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างภายในความจริงเสมือน ด้านการใช้งานระบบ ด้านการใช้งานในวิชาชีพ และโอกาสในการนำไปใช้จริง โดยแต่ละส่วนสามารถสรุปผลการประเมินได้ดังต่อไปนี้

5.2.1.1 การประเมินความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างในความจริงเสมือน

ผลการประเมินด้านความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างในความจริงเสมือนสามารถสรุปได้ว่า ระบบสามารถคิดค้นรูปทรงอิสระได้อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานได้สร้างรูปทรงที่มีความแปลกใหม่และหลากหลายมากขึ้นกว่าระบบเดิมและสามารถช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสำรวจแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นอยู่ในระดับมาก แต่ความสะดวกในการใช้งานหรือการจัดการกับวัตถุภายในระบบอยู่ในระดับปานกลางเนื่องจากยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน รวมถึงความคุ้นเคยกับระบบซึ่งผู้ใช้งานจำเป็นจะต้องใช้งานจนคุ้นเคยในระดับหนึ่งถึงจะสามารถใช้งานได้คล่องแคล่ว

5.2.1.2 การประเมินด้านการใช้งานระบบ

ผลการประเมินด้านการใช้งานระบบสามารถสรุปได้ว่า การใช้งานมีความลื่นไหลและตอบสนองต่อความต้องการได้อยู่ในระดับมาก แต่ยังคงติดขัดอยู่บ้างเนื่องจากความคุ้นเคยและความเร็วในการเรียนรู้การใช้งานระบบอยู่ในระดับมาก ซึ่งผู้ใช้งานที่เคยมีประสบการณ์ในการใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาก่อนจะสามารถเรียนรู้การใช้งานได้รวดเร็วกว่าผู้ใช้งานที่ไม่เคยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนมาก่อน รวมถึงการเลือกใช้คุณลักษณะภายในระบบด้วยเช่นกัน

5.2.1.3 การประเมินด้านการใช้งานในวิชาชีพ

ผลการประเมินในด้านของการใช้งานในวิชาชีพสรุปได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างสรรค์รูปทรงได้หลากหลายชนิดมากขึ้น ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด และทำให้ผู้ออกแบบสามารถมองเห็นภาพรวมของแบบร่างได้เร็วมากยิ่งขึ้นและได้รับประสบการณ์ในการออกแบบที่ดีมากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยประเด็นดังกล่าวได้รับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด แต่ในเรื่องของการลดระยะเวลาในการสร้างแบบร่างในขั้นต้นได้ระดับการประเมินอยู่ที่มาก เนื่องจากข้อวิธีการทำงานยังติดขัด ซึ่งขึ้นอยู่กับความคุ้นเคยต่อระบบ

5.2.1.4 การประเมินโอกาสในการนำไปใช้จริง

ผลการประเมินโอกาสในการนำไปใช้จริงสรุปได้ว่า มีโอกาสในการนำไปใช้จริงในระดับมาก ซึ่งหมายความว่าระบบที่พัฒนาขึ้นหากได้รับการแก้ไขและปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้โดยมีประสิทธิภาพมากขึ้นก็เหมาะสมในการนำไปใช้จริง

5.2.2 สรุปผลการทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

เนื่องจากโจทย์ในการทดลองมีสองประเด็นคือในเรื่องของระยะเวลาในการสร้างรูปทรงและความสะดวกในการสื่อสาร หลังจากการประเมินสามารถสรุปผลการทดลองออกได้เป็น 2 ข้อได้แก่

5.2.2.1 การประเมินระยะเวลาในการสร้างรูปทรงอิสระ

จากผลการทดลองการออกแบบร่างระหว่างผู้ออกแบบสองคนและเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ใช้ในปัจจุบันกับระบบใหม่ที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปได้ว่าการสร้างรูปทรงอิสระบนระบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถสร้างได้รวดเร็วกว่า เพราะสามารถทำให้ผู้ออกแบบเห็นภาพคร่าว ๆ ของรูปทรงอิสระได้อย่างรวดเร็วเหมือนการวาดรูปบนกระดาษ แต่ผู้ออกแบบสามารถข้ามรอบในการสร้างรูปทัศนียภาพ จึงทำให้ระยะเวลาที่ผู้ออกแบบสามารถเห็นภาพคร่าวของรูปทรงได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และผู้ออกแบบสามารถสร้างรูปทรงขึ้นมาในพื้นที่จริง ซึ่งทำให้ได้รับประสบการณ์ในการออกแบบที่ดีกว่าการออกแบบร่างที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งทำงานบนหน้าจอสองมิติและทำให้ผู้ออกแบบสามารถคิดค้นรูปทรงที่มีความหลากหลายและแปลกใหม่ร่วมสมัย

5.2.2.2 การประเมินความสะดวกในการสื่อสาร

จากผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการสื่อสารที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือช่องทางโซเชียลมีเดียต่าง ๆ และแอปพลิเคชันไลน์กับการสื่อสารภายในระบบที่พัฒนาขึ้น ทำให้สรุปการประเมินได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานได้มากกว่าระบบเก่าเนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นการสื่อสารกันในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเดียวกันในเวลาจริงจึงเพิ่มความเร็วในการสื่อสารระหว่างทีมผู้ออกแบบและทำให้สมาชิกในทีมเห็นภาพเดียวกันในระยะเวลาอันสั้น และสามารถตัดปัญหาเรื่องซอฟต์แวร์ที่ไม่ตรงกันหมดไปสำหรับทีมผู้ออกแบบที่ต้องการสื่อสารโดยใช้ระบบในการเดินสำรวจภายในโลกเสมือนจริง (Walk-through)

5.3 การปรับปรุงระบบจากผลการประเมิน

หลังจากการประเมินประสิทธิภาพระบบที่พัฒนาขึ้นและการทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย ทำให้พบว่าข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นหลัก ๆ คือการเลือกใช้คุณลักษณะมีการซ้อนทับกันทำให้ผู้ใช้งานเกิดความสับสน รวมถึงคุณลักษณะที่ควรจะมีเพิ่มอย่างเช่น การสร้างเส้นตรง

ผู้วิจัยจึงแก้ไขการเลือกคุณลักษณะให้สามารถเลือกใช้ได้สะดวกมากขึ้น โดยแก้ไขชุดคำสั่งให้ป้องกันการซ้อนทับกันของคุณลักษณะต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้คุณลักษณะได้เสถียรมากยิ่งขึ้นและลดข้อบกพร่องขณะใช้งานได้ในระดับหนึ่ง

คุณลักษณะที่เพิ่มขึ้นมาคือคุณลักษณะในการสร้างวัตถุเป็นเส้นตรง โดยการยึดออกจากคอนโทรลเลอร์ทั้งสองแทนที่การสร้างเส้นตรง ซึ่งสามารถจัดการกับวัตถุได้เช่นเดียวกับการสร้างเส้นร่าง เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถจัดการกับวัตถุสามมิติได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

5.4 สรุปข้อจำกัดในการพัฒนาระบบในงานวิจัย

การพัฒนาระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ มีข้อจำกัดของระบบทั้งในด้านของการเตรียมการก่อนการใช้งานระบบและในส่วนของการใช้งานระบบ โดยสามารถสรุปข้อจำกัดต่าง ๆ ของงานวิจัยได้ดังนี้

5.4.1 การเตรียมการก่อนการใช้งานระบบ

เนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นมีการทำงานบนสภาพแวดล้อมเสมือนจริงจึงต้องมีการสร้างแบบจำลองสามมิติของพื้นที่ออกแบบขึ้นมาจากซอฟต์แวร์อื่นก่อนและนำเข้าแบบจำลองเข้ามาก่อนการใช้งานระบบ และแบบจำลองดังกล่าวควรมีลักษณะของ Polygon ที่น้อยเพื่อให้ระบบมีความลื่นไหลใช้งานสะดวก และต้องมีการกำหนดลักษณะผู้ใช้งานก่อนการใช้งานระบบเพื่อระบุตัวตนว่าใช้งานเป็นผู้ใช้งานควบคุมหรือผู้ใช้งานออกแบบ ซึ่งมีการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยผู้ใช้งานควบคุมจะใช้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์สองมิติ แต่ผู้ใช้งานออกแบบจะใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนที่ต้องมีการจัดตั้งพื้นที่และเครื่องมือให้มีความเหมาะสมแก่การใช้งาน และผู้ใช้งานทั้งสองต้องมีคอมพิวเตอร์ในการใช้งานระบบทั้งคู่เนื่องจากระบบไม่สามารถแสดงผลบนมือถือ สมาร์ทโฟน (Smart Phone) ได้ เนื่องจากการประมวลผลที่มีความละเอียดสูงจึงต้องใช้เครื่องมือที่สามารถประมวลผลได้รวดเร็วด้วยเช่นกัน

5.4.2 คุณลักษณะการใช้งานภายในระบบ

สำหรับการร่างเส้นภายในระบบ รูปแบบการแสดงผลของเส้นร่างภายในระบบจะหมุนไปตามทิศทางลักษณะ World coordinate หรือทิศทางตามทีค่าเริ่มต้นของสภาพแวดล้อมเสมือนซึ่งทำให้ผู้ใช้งานอาจจะได้รับประสบการณ์ในการร่างเส้นที่ติดขัดหรือไม่สมจริง และสำหรับคุณลักษณะ อื่น ๆ มีส่วนนำเข้าหรือ Input ที่ซ้ำกันอยู่ ซึ่งอาจทำให้ผู้ใช้งานใช้งานคุณลักษณะทับกัน ทำให้การจัดการกับวัตถุติดขัดอยู่บ้าง จึงต้องมีการสร้างวิธีการป้องกันการใช้งานทับกันของส่วนนำเข้าต่อไป

5.4.3 การแสดงผลบนระบบหลายผู้ใช้งาน

ผู้ใช้งานควบคุมไม่สามารถเห็นการร่างเส้นของผู้ใช้งานออกแบบได้ในเวลาจริง ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานออกแบบต้องนำเส้นร่างภายในระบบที่ร่างเสร็จแล้วนำออกหรือ Export มาเป็นสกุลไฟล์ Obj และจึงนำเข้าเส้นร่างเหล่านั้นเข้ามาใหม่เพื่อส่งให้ผู้ใช้งานควบคุมสามารถตรวจสอบได้ เนื่องจากเส้นร่างดังกล่าวไม่สามารถที่จะสร้างผ่านเซิร์ฟเวอร์ออนไลน์ได้

5.4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการแสดงผล

เนื่องจากใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนที่เป็นลักษณะแว่นสวมศีรษะประเภท HTC Vive ซึ่งหน้าจอที่แสดงผลจะอยู่ใกล้สายตามากจึงต้องปรับระยะของจอแสดงผลให้เหมาะสมกับสายตา แต่คนที่มีสายตาไม่เท่ากัน แต่การปรับระยะบางครั้งก็ยังไม่ตรงกับสายตาดังทำให้เกิดอาการ Motion Sickness หรือภาวะที่เกิดจากความไม่สอดคล้องกันของการเคลื่อนไหวที่ได้จากการมองเห็น และการรับรู้ผ่านการเคลื่อนไหวของร่างกาย

5.5 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างและประเมินประสิทธิภาพของระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ทำให้ได้ผลการสำรวจและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ใช้งาน เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของระบบที่พัฒนาขึ้น และแนวทางการพัฒนาซึ่งเกิดจากผู้วิจัยหลังจากการสร้างระบบโดยสามารถสรุปข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

5.5.1 ข้อเสนอแนะจากผู้ทดลอง

5.5.1.1 ปรับปรุงหน้าต่างผู้ใช้งาน

เนื่องจากระบบมีคุณลักษณะที่หลากหลายและมีความซับซ้อนอยู่มาก ต้องใช้ระยะเวลาในการเรียนรู้คุณลักษณะต่าง ๆ นานและยังมีการใช้งานที่ซ้อนทับกันของบางคุณลักษณะอยู่ ซึ่งอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการใช้งานได้ ควรมีการสร้างชุดคำสั่งป้องกันการซ้อนทับของคุณลักษณะต่าง ๆ เช่นเมื่อใช้งานคุณลักษณะหนึ่งจะทำให้คุณลักษณะที่เคยเลือกใช้ไว้ถูกปิด และควรมีระบบสอนใช้งานหรือ Tutorial ก่อนการใช้งานหรือระบบไกด์ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานรู้ว่าต้องกดปุ่มไหนเพื่อใช้งานคุณลักษณะนั้น

5.5.1.2 พัฒนาคูณลักษณะผู้ใช้งานออกแบบ

เนื่องจากจุดเด่นของระบบนี้คือการสร้างเส้นร่างจึงควรทำให้เหมาะสมกับการใช้งานออกแบบสถาปัตยกรรมให้มากขึ้น โดยการสร้างเส้นร่างในระบบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะที่แบนเรียบไม่มีความหนา จึงควรจะพัฒนาระบบให้สร้างความหนาให้แก่เส้นร่างดังกล่าวได้จะสามารถทำให้ผู้ใช้งานเห็นภาพที่ชัดเจน และรูปทรงที่สามารถพัฒนาต่อได้ง่ายขึ้น ควรเพิ่มคุณลักษณะในการสร้างรูปทรงสามมิติที่หลากหลายและง่ายต่อการสร้างมากยิ่งขึ้นพร้อมกับการสร้างการร่างแบบบนระนาบสองมิติหรือ Drawing on plane เพื่อช่วยในการพัฒนาแบบร่างในมีความหลากหลายมาก

ยิ่งขึ้น รวมถึงคำสั่งพื้นฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนารูปทรงภายในซอฟต์แวร์สามมิติทั่วไป เพื่อช่วยให้
 ผู้ใช้งานที่มีพื้นฐานในการสร้างรูปทรงอยู่แล้ว และเพิ่มคุณลักษณะในการย้อนกลับและการทำซ้ำเพื่อ
 ย้อนไปแก้ไขหากผู้ใช้งานทำผิดพลาดหรือไม่ได้ตั้งใจทำบางสิ่ง

5.5.1.3 พัฒนาคุณลักษณะผู้ใช้งานควบคุม

ควรสร้างคุณลักษณะที่ครอบคลุมการทำงานของผู้ออกแบบในการตรวจ
 แบบมากกว่านี้ เช่นการวัดระยะที่ตรงต่อระยะจริง และบ่งบอกถึงตำแหน่งที่ต้องการแก้ไขหรือการ
 ไฮไลต์วัตถุ (Highlight object) เพื่อการสื่อสารที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

5.5.1.4 สัดส่วนของผู้ใช้งานภายในสภาพแวดล้อมเสมือน

เมื่อผู้ใช้งานเข้าไปภายในระบบจะอยู่ภายในสภาพแวดล้อมเสมือน ซึ่งเมื่อ
 ใช้งานคุณลักษณะในการปรับเปลี่ยนสัดส่วนผู้ใช้งานเพื่อเปลี่ยนมุมมองให้ตัวเองดูใหญ่ขึ้นหรือเล็กลง
 จะทำให้ผู้ใช้งานสับสนจึงควรมีคุณลักษณะที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขสัดส่วนกลับไปสัดส่วนเริ่มต้น
 ใหม่ได้หรือ Default scale รวมถึงสัดส่วนของวัตถุที่สร้างขึ้นในระบบที่พัฒนาขึ้นไม่สอดคล้องกับ
 สัดส่วนผู้ใช้งานจึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการรับรู้ถึงสัดส่วนของวัตถุในขณะที่ใช้งานได้ ควรจะทำให้
 สัดส่วนวัตถุที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับสัดส่วนผู้ใช้งานมากกว่านี้

5.5.1.5 การสื่อสารในระบบหลายผู้ใช้งาน

ในการพัฒนาต่อควรทำให้วัตถุที่ผู้ใช้งานออกแบบสร้างสามารถแสดงผล
 ให้ผู้ใช้งานคนอื่นภายในระบบเห็นการสร้างในเวลาจริง เพื่อการสื่อสารที่รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และควร
 พัฒนาลักษณะผู้ใช้งานให้เหมาะสมแก่ตำแหน่งของผู้ใช้งานแต่ละคน รวมถึงการสนทนาเสียงที่มีความ
 คมชัดมากกว่านี้พร้อมกับการเพิ่มช่องทางการสื่อสารอย่างเช่น การสนทนาโดยเห็นหน้ากันผ่านกล้อง
 ในขณะที่ใช้งานระบบ

5.5.2 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย

5.5.2.1 เพิ่มช่องทางในการใช้งานระบบ เนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้
 สามารถทำงานได้บนคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีความจริงเสมือนเท่านั้น จึงทำให้การใช้งานค่อนข้าง
 ลำบาก และต้องใช้พื้นที่ในการทำงาน ควรพัฒนาระบบให้สามารถใช้งานได้บนสมาร์ทโฟนหรือ
 เครื่องมือที่สามารถพกพาได้สะดวกกว่านี้

5.5.2.2 พัฒนาให้ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเลือกใช้คุณลักษณะได้หลากหลายมากขึ้น
 โดยในระบบที่พัฒนาขึ้น ผู้ใช้งานที่ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนสามารถใช้งานคุณลักษณะการร่าง
 เส้นได้เพียงฝ่ายเดียว ควรพัฒนาต่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าจะใช้เครื่องมืออะไรในการใช้งาน ซึ่ง
 ตัวเลือกทุกตัวเลือกสามารถใช้งานคุณลักษณะได้เช่นเดียวกันหมด

5.5.2.3 พัฒนาเส้นร่าง ให้เหมาะสมแก่การออกแบบสถาปัตยกรรมมากขึ้น โดย

เส้นร่างที่สร้างออกมาสามารถนำออกหรือ Export ไปพัฒนารูปทรงต่อได้ง่ายขึ้น ไม่จำเป็นต้องสร้างรูปทรงใหม่ขึ้นมาทับ จะทำให้ระบบการทำงานทั้งกระบวนการเป็นไปได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

5.5.2.4 เทคโนโลยีใหม่ ๆ เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบบนเทคโนโลยีความจริงเสมือน หากนำการทำงานหรือคุณลักษณะต่าง ๆ ไปพัฒนาต่อบนเทคโนโลยีประเภทอื่น ๆ จะทำให้ได้รับความน่าสนใจในมุมมองที่หลากหลายมากขึ้น เช่น เทคโนโลยีภาพเสมือนหรือ Augmented Reality ซึ่งสามารถใช้งานบนมือถือสมาร์ทโฟนได้ ก็จะทำให้การใช้งานสะดวกมากขึ้น หรือพัฒนาไปบนเทคโนโลยี Mixed Reality ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีความจริงเสมือนและเทคโนโลยีภาพเสมือนที่สามารถแสดงผลซ้อนทับระหว่างสภาพแวดล้อมเสมือนกับสภาพแวดล้อมจริงเข้าด้วยกัน ซึ่งสามารถเสริมสร้างประสบการณ์ในการออกแบบที่น่าค้นหามากยิ่งขึ้น



รายการอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

- สกลพร ต้นตีสันติสม. (2557). ระบบสารสนเทศสำหรับการสื่อสารด้วยแบบจำลองสามมิติผ่านโซเชี่ยลมีเดียระหว่างสถาปนิกกับลูกค้าในกระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาสถาปัตยกรรม.
- ณัฐพล ศิระสิริกุล. (2559). ระบบการนำเสนอแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อช่วยในการสื่อสารด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาสถาปัตยกรรม.
- พระ จาญพจน์. (2546). ขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์เพื่อการรับรู้วัตถุจากภาพร่างด้วยมือ: การสร้างรูปทรง 3 มิติเบื้องต้น. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาสถาปัตยกรรม.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- Brouchoud, J. (2013). 11 Quick Oculus Rift Development Tips for Architectural Visualization. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2560, จาก <http://archvirtual.com/2013/10/07/11-quick-oculus-rift-development-tips-for-architectural-visualization/>
- Craven, J. (2018). Architecture Time – Western Influences on Building Design. สืบค้นเมื่อ 18 มกราคม 2561, จาก <https://www.thoughtco.com/architecture-timeline-historic-periods-styles-175996>
- Hansmann, D. (2015). THE PROCESS OF DESIGN: SCHEMATIC DESIGN. สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2560, จาก <http://moss-design.com/schematic-design/>
- Prasawang, P. (2017). “Game Engine” คืออะไรและมันทำหน้าที่อย่างไร มาทำความรู้จักกัน. สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2560, จาก <https://www.beartai.com/article/game-article/209630>

- รัฐแก้ว ศรีสด. (2543). การเรียนรู้ศึกษาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน Virtual Reality, สื่อการเรียนการสอนมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. สืบค้นเมื่อ 31 กันยายน 2560, จาก sites.google.com/site/taskeow/about-me.
- Bruhin, F. (2560). Most Popular 3D Modeling Software for 3D Printing. สืบค้นเมื่อ 28 กันยายน 2560, จาก <https://i.materialise.com/blog/en/top-25-most-popular-3d-modeling-design-software-for-3d-printing/>
- Hanegraaf, J. (2560). Speaking about virtual reality. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2560, จาก <https://www.johanhanegraaf.nl/speaking-virtual-reality/>
- Tekla User Assistance. (2561). How Multi-user works. สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2561, จาก https://teklastructures.support.tekla.com/2018/en/sys_multiuser_how_multiuser_works
- บุรินทร์ ปะฉิมะ. (2558). ประวัติเกมออนไลน์ในประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2561, จาก http://burinpachima.blogspot.com/2015/02/blog-post_14.html
- Mulmuang, P. (2557). ความหมายของอินเทอร์เน็ต. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2560, จาก <http://computer.bcnv.ac.th/hnwy-kar-reiyn-ru2>
- Sornara, A. (2016). มารู้จักอาการที่เรียกว่า VR Motion Sickness หรืออาการเมา VR กัน. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2561, จาก <https://blog.atothe4th.xyz/มารู้จักอาการที่เรียกว่า-vr-motion-sickness-กัน-b2f026240ae2>

Articles

- Smith, A. (2016). *Online interactive thematic mapping: Applications and techniques for socio-economic research*. Computers, Environment and Urban Systems 57.
- Campbell, D. (2003). *A Critique of Virtual Reality in the Architectural Design Process*. Human Interface Technology Laboratory FJ-15 University of Washington Seattle, WA 98195, Technical Report: R-94-3.
- Goldsmith, S. (2014). Shape Finding or Form Finding?. FTL Design Engineering Studio. Proceedings of the IASS-SLTE 2014 Symposium.
- Yilmaz, S. (1999). Evolution of the Architectural Form Based on the Geometrical Concepts. Izmir Institute of Technology.

- Kourkoutas, V. (2007). Parametric Form Finding in Contemporary Architecture. MSc Program "Building Science & Technology". A master's thesis submitted for the degree of "Master of Science".
- Mueller, V. (2007). Collaboration in Parametric Design: Analyzing User Interaction during information sharing. Simon Fraser University Bentleys System, Inc. Acadia 2010.
- Miltiadis, C. (2016). Project anywhere: An interface for virtual architecture. Institute of Architecture and Media, Graz University of Technology, Graz, Austria, International Journal of Architectural Computing 2016, Vol. 14(4) 386–397.
- Ibayashi, H. (2015). Dollhouse VR: a multi-view, multi-user collaborative design workspace with VR technology. SA'15 Siggraph Asia 2015 Emerging Technologies Article No.8, Kobe, Japan
- Shi, Y. (2016). A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management. International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction. Procedia Engineering 145 (2016) 120 – 127
- Oliveira, M. (2015). A Multi-player Approach in Serious Games: Testing Pedestrian Fire Evacuation Scenarios. Proceedings of the 10th Doctoral Symposium in Informatics Engineering - DSIE'15.
- Minocha, S. (2009). Interaction Design and Usability of Learning Spaces in 3D Multi-user Virtual Worlds. HWID 2009: Human Work Interaction Design: Usability in Social, Cultural and Organizational Contexts pp 157-167.
- ธารทิพย์ รัตนวิจารณ์. (2016). โลกเสมือนจริง” ที่กลายเป็น “โลกสมจริง” ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต “Merged Reality” become “Reality” in Manufacture industry, วารสารการสื่อสารและการจัดการ นิต้า ปีที่ 2 ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม 2559)



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบช่วยเหลือการออกแบบ
ร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่อง หรือเติมข้อความในช่องว่างตามความเป็นจริง

ส่วนที่ 1 ข้อมูล

1.1 ระยะเวลาประกอบอาชีพในสายอาชีพนี้หรือสถาปนิก.....ปี

1.2 ตำแหน่งในบริษัทสถาปนิก

สถาปนิกอาวุโส สถาปนิกรุ่นน้อง

1.1 เคยมีประสบการณ์ในการใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality-VR) หรือไม่

เคย ไม่เคย

ส่วนที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของระบบที่พัฒนาขึ้น

ประสิทธิภาพของระบบ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง
	5	4	3	2	1
1. ความสามารถในการใช้งานออกแบบร่างภายในความจริงเสมือน					
1.1 ความเข้าใจในแบบจำลองทางสถาปัตยกรรม					
1.2 ความสะดวกในการสำรวจแบบจำลอง					
1.3 ความสามารถในการคิดค้นรูปทรงฟรีฟอร์ม					
1.4 ความสะดวกในการจัดการกับวัตถุภายในระบบ					
2. ด้านการใช้งานระบบ					
2.1 ความเร็วในการเรียนรู้การใช้งานระบบ					
2.2 สามารถเลือกใช้คุณลักษณะ (Features) ได้ง่าย					
2.3 หน้าต่างการแสดงผลชัดเจน เข้าใจง่าย					
2.4 การใช้งานมีความลื่นไหล ตอบสนองต่อความต้องการ					

3. ด้านการใช้งานในวิชาชีพ (สำหรับสถาปนิก)					
3.1 ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างสรรค์รูปทรงได้หลากหลายมากขึ้น					
3.2 ลดระยะเวลาในการสร้างแบบร่างในขั้นตอน					
3.3 สามารถมองเห็นภาพรวมของแบบร่างขั้นตอนได้เร็วมากขึ้น					
3.4 ได้รับประสบการณ์ในการออกแบบที่ดีมากขึ้น					
3.5 ประหยัดทรัพยากร					
4. โอกาสในการนำไปใช้งานจริง					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ข้อดี.....

.....

.....

ข้อเสีย.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

แบบสัมภาษณ์เพื่อประเมินความสะดวกในการสื่อสาร

1. การสื่อสารภายในระบบที่พัฒนาขึ้นมีข้อดีหรือข้อเสียต่างจากระบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันอย่างไรบ้าง ยกตัวอย่าง

.....
.....
.....

2. จากที่ได้ใช้งาน มีความคิดเห็นว่าทั้งสองระบบมีการสื่อสารที่ต่างกันอย่างไร

.....
.....
.....

3. มีความเห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นจะช่วยการออกแบบได้อย่างไรบ้าง

.....
.....
.....

4. ข้อควรปรับปรุงของระบบการสื่อสารในระบบที่พัฒนาขึ้นมีอะไรบ้าง

.....
.....
.....

5. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....
.....
.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายณัฐภัทร ชัชวาลา
วันเดือนปีเกิด 8 พฤศจิกายน 2536
ตำแหน่ง ปีการศึกษา 2558 วิทยาศาสตร์บัณฑิต
(สถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

ณัฐภัทร ชัชวาลา, และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาวีบุษยรัตน์. (มิถุนายน 2561). ระบบช่วยเหลือการออกแบบร่างร่วมกันในขั้นต้นด้วยระบบความจริงเสมือนแบบมีปฏิสัมพันธ์. การประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates Conference ครั้งที่ 9 ประจำปี 2561 (BERAC 8, 2018), คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.