



การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิต

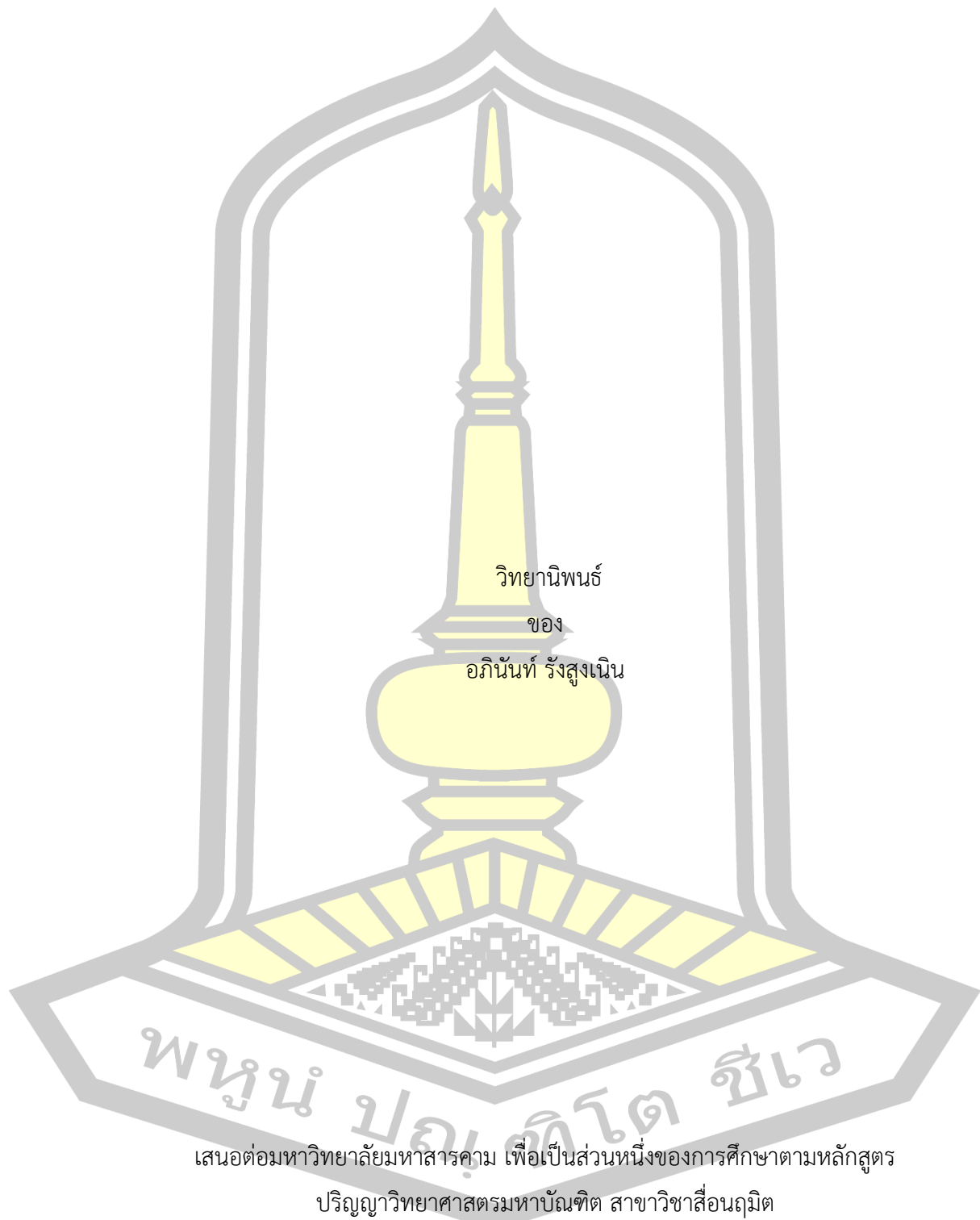
วิทยานิพนธ์
ของ
อภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่อสารนฤมิต

พฤษภาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิต

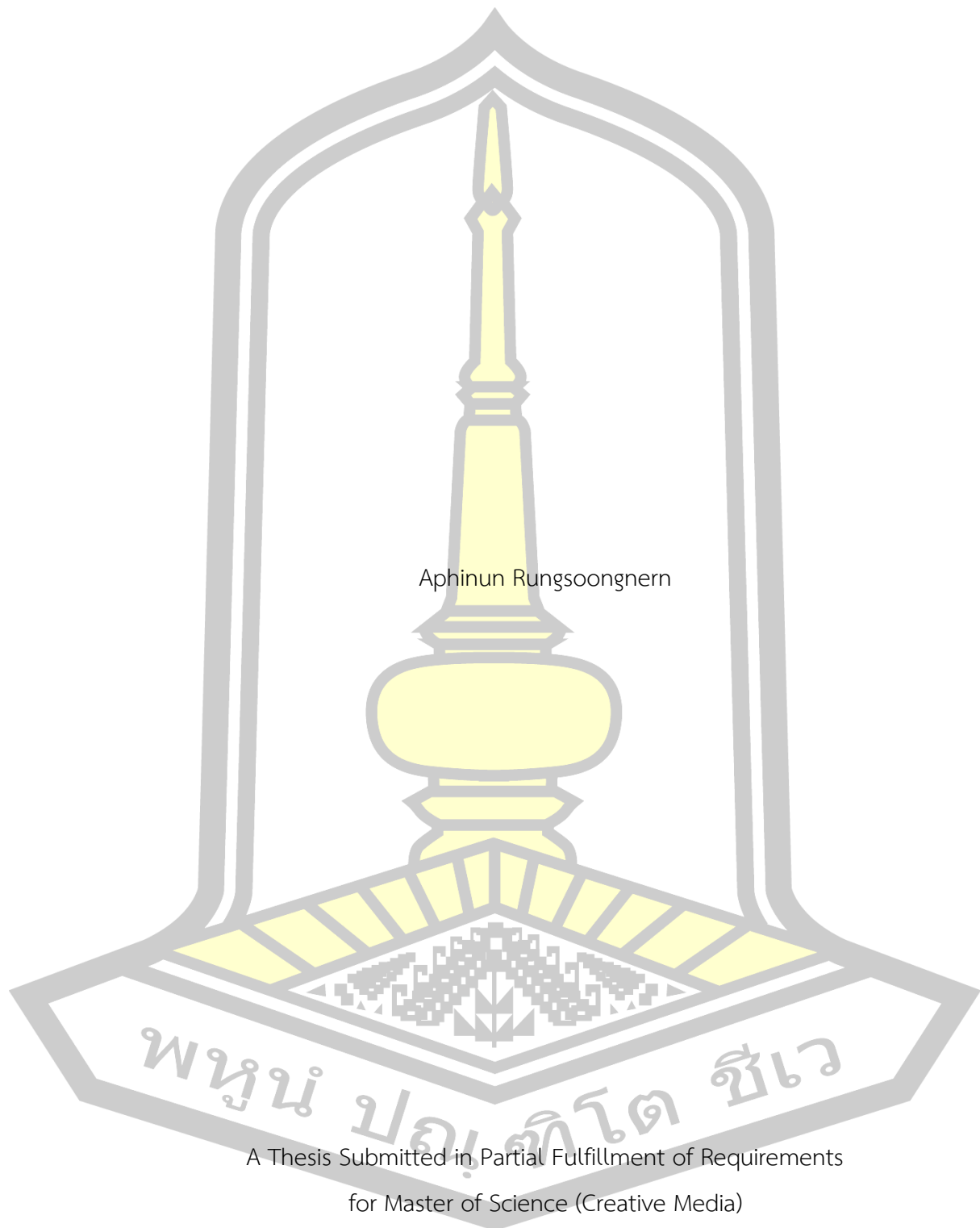


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่ออนฤมิต

พฤษภาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of a Blender Add-on for 3D Modeling of Metaverse



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Creative Media)

May 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสื่อสารมวลชน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. ไวยทย์ จันทรวินเลื่อง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. สุวิช ธีระโคตร)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. กชพรรณ ยังมี)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ศุภาภรณ์ เหลี่ยมไธสง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่อสารมวลชน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. จันทิมา พลพินิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิต		
ผู้วิจัย	อภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิทย์ ธีระโคตร		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	สื่อ นฤมิต
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติให้เหมาะสมกับการประมวลผลแบบเรียลไทม์ในเมตาเวิร์ส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ 2) พัฒนาส่วนเสริม Blender สำหรับการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส 3) สำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริม Blender ดังกล่าว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จำนวน 44 คน ข้อมูลถูกวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้เชี่ยวชาญเห็นพ้องต้องกันว่าการใช้เทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture Atlas การแทนค่าวัสดุด้วยสี RGBA ช่วยให้สร้างชิ้นงานได้รวดเร็ว 2) โมเดล 3 มิติที่ใช้ส่วนเสริมนี้ที่สามารถแสดงผลได้โดยกำหนดค่าการแสดงผลที่ 60 Frame per second (FPS) มีขนาด file size, mesh vertical, unique materials, batches, material count และ materials memory use มีค่าน้อยกว่าโมเดลที่ไม่ใช้ส่วนเสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 3) ผู้ใช้งานส่วนเสริม Blender มีความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ยสรุปโดยรวม 4.71 สรุปว่าส่วนเสริม Blender นี้มีแนวความคิดการออกแบบที่ดี กระบวนการออกแบบและพัฒนาถูกต้องตามวัตถุประสงค์ และสามารถนำไปใช้งานจริงใน Metaverse ได้

คำสำคัญ : เมตาเวิร์ส, โมเดล 3 มิติ, เบลนเดอร์, พื้นผิว, วัสดุ, การประมวลผลแบบเรียลไทม์

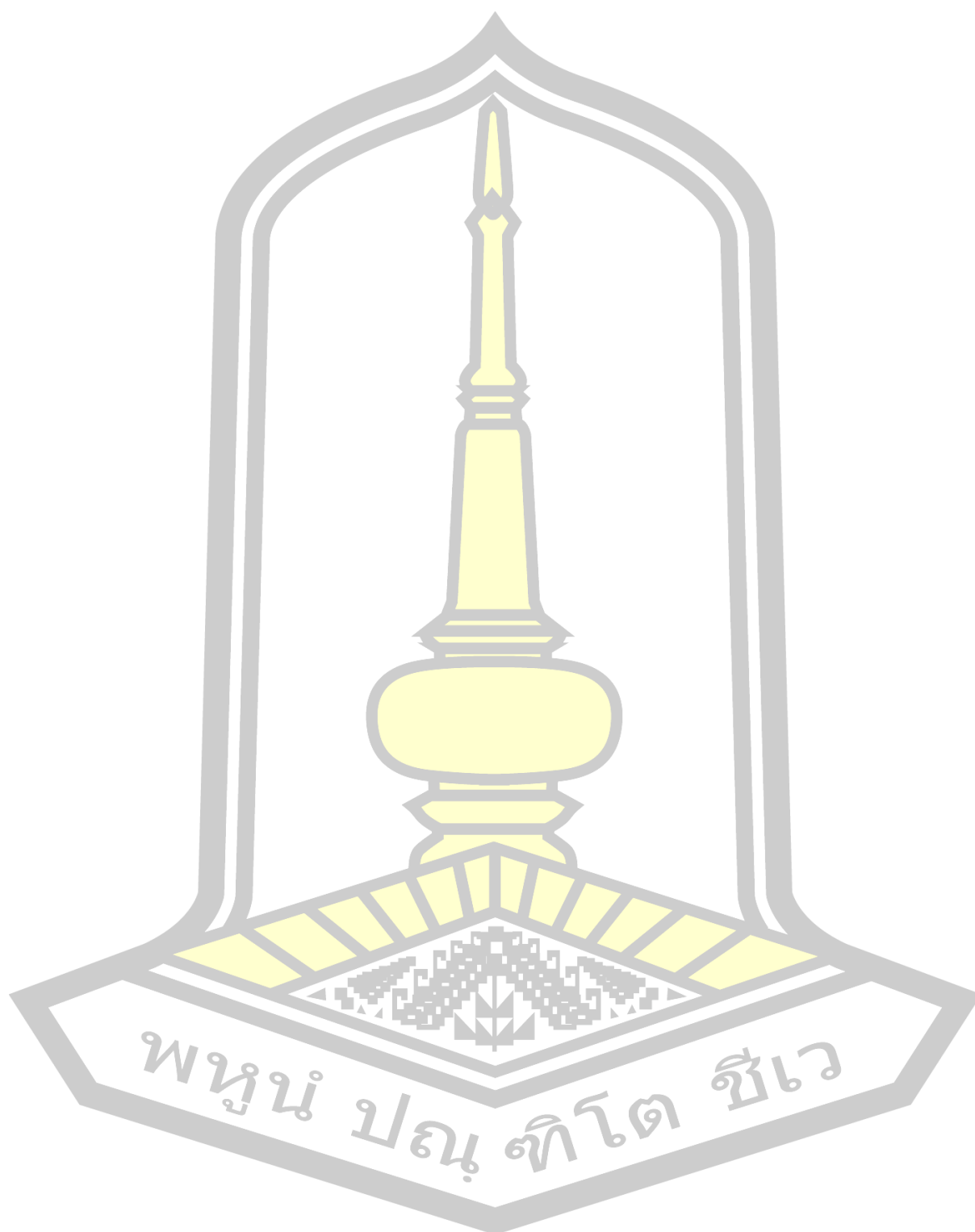
TITLE Development of a Blender Add-on for 3D Modeling of Metaverse
AUTHOR Aphinun Rungsoongnern
ADVISORS Assistant Professor Suwich Tirakoat , D.I.S.
DEGREE Master of Science **MAJOR** Creative Media
UNIVERSITY Mahasarakham **YEAR** 2024
University

ABSTRACT

This research aims to develop a Blender add-on for managing 3D model textures and materials to optimize them for real-time processing in the Metaverse. The objectives are to: 1) study and compare methods for optimizing 3D model texture and material management, 2) develop a Blender add-on for managing textures and materials of 3D models suitable for real-time rendering in Metaverse applications, and 3) investigate user satisfaction with the Blender add-on. The sample group consisted of 44 students from the Faculty of Architecture and Creative Arts, Rajamangala University of Technology Isan. Data were analyzed using mean, standard deviation, and t-test.

The results showed that: 1) Experts agree that using the Create UV map technique combined with Texture Atlas and representing material values with RGBA color allows for rapid creation of workpieces. 2) 3D models using this add-on that can be displayed with a frame rate of 60 frames per second (FPS) have significantly lower file size, mesh vertical, unique materials, batches, material count, and materials memory use than models without the add-on at the statistical significance level of .01. 3) User satisfaction with the add-on is high, with an average score of 4.71. In conclusion, the Blender add-on has a good design concept, the design and development process is in line with the objectives, and it can be applied in the Metaverse.

Keyword : Metaverse, 3D model, Blender, texture, material, real-time processing



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความเมตตาและคำแนะนำอันทรงคุณค่าจากประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไวยวิทย์ จันทน์วิเมลียง กรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กชพรรณ ยังมี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คชาภุษา เหลี่ยมไธสง ข้าพเจ้าขอ กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิช ธีระโคตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนัสวี แก่นอำพรพันธ์ สำหรับการสนับสนุนและคำแนะนำอย่างใกล้ชิด

ข้าพเจ้ายังรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่งสำหรับข้อเสนอแนะอันล้ำค่าจาก คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก และ คณาจารย์จากภาควิชาสื่อ นฤมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ รวมถึงนักศึกษาและอาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อมูลสำคัญ และผู้เชี่ยวชาญด้านเมตาเวิร์ส สำหรับความร่วมมือและการสนับสนุนในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนวิชาการคณะวิทยาการสารสนเทศ เพื่อนนิสิตสาขาวิชาสื่อ นฤมิตทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือสนับสนุนระหว่างการศึกษาต่อและการทำวิจัย ณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม แห่งนี้

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณย่า และ ทุกคนในครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจ สนับสนุนในเรื่องต่าง ๆ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะมีคุณค่าและสร้างประโยชน์แก่ผู้ที่มีความสนใจนำข้อมูลการวิจัยไปศึกษาต่อยอดให้มีการพัฒนาในด้านที่เกี่ยวข้องต่อไป

อภิรักษ์ รังสูงเนิน

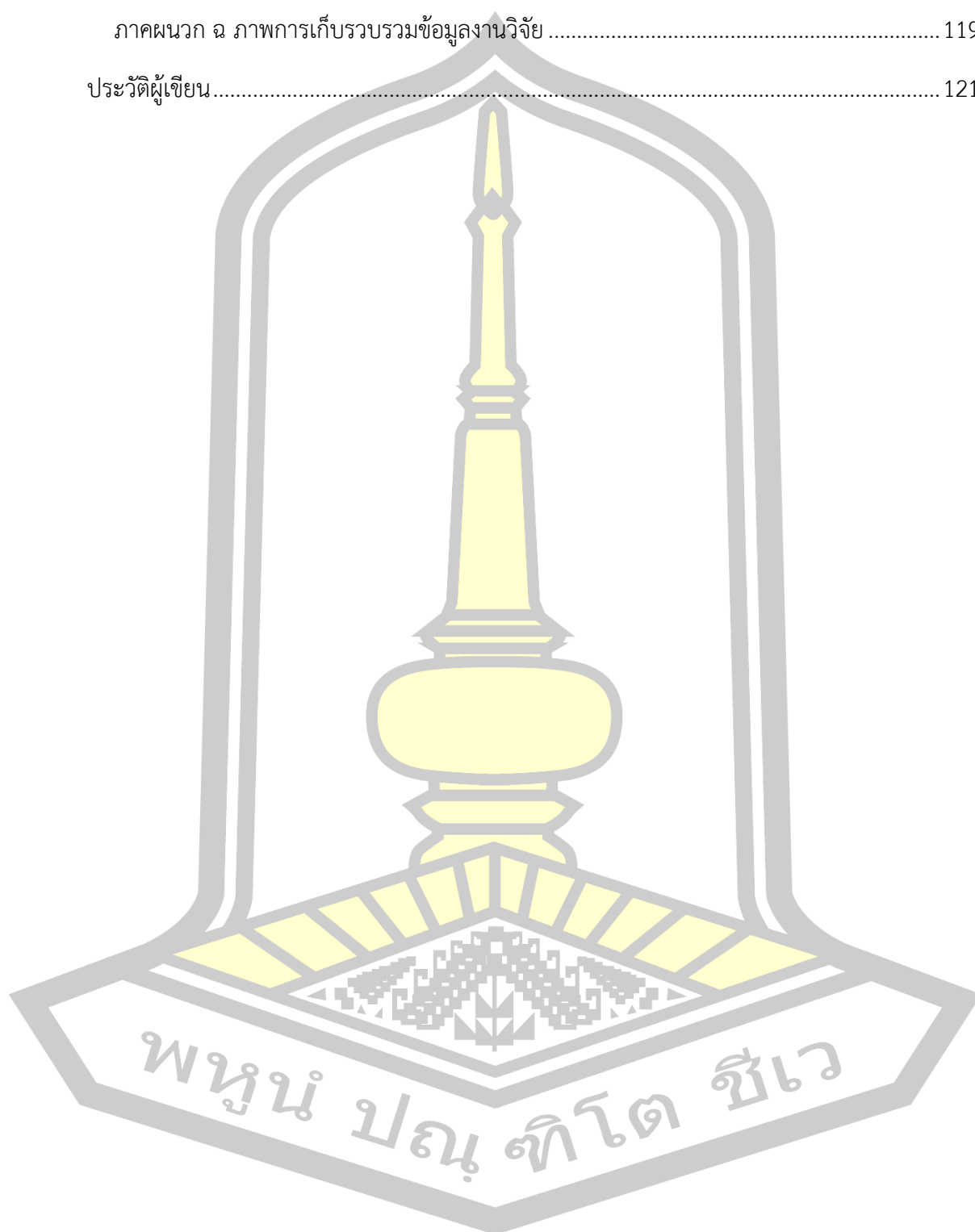
พูน ปณ จิตโต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 กรอบแนวคิด	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 เมตาเวิร์ส.....	7
2.2 โมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส.....	15
2.3 แพลตฟอร์ม Spatial.....	26
2.4 การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender.....	28
2.5 วงจรการพัฒนาระบบงาน (System development life cycle : SDLC)	32
2.6 ความพึงพอใจ	38
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	42
3.1 ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และสถานที่ทำการวิจัย.....	42
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	43
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	44
3.4 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	45
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	52
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
3.7 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย.....	54
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	56
4.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ.....	56
4.2 ผลการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส.....	61
4.3 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส.....	65
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	68
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	68
5.2 อภิปรายผล.....	70
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	72
บรรณานุกรม.....	74
ภาคผนวก.....	79
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	80
ภาคผนวก ข คุณภาพเครื่องมือวิจัย (IOC).....	87
ภาคผนวก ค ผลวิเคราะห์ข้อมูล.....	105
ภาคผนวก ง หนังสือขอความอนุเคราะห์.....	109

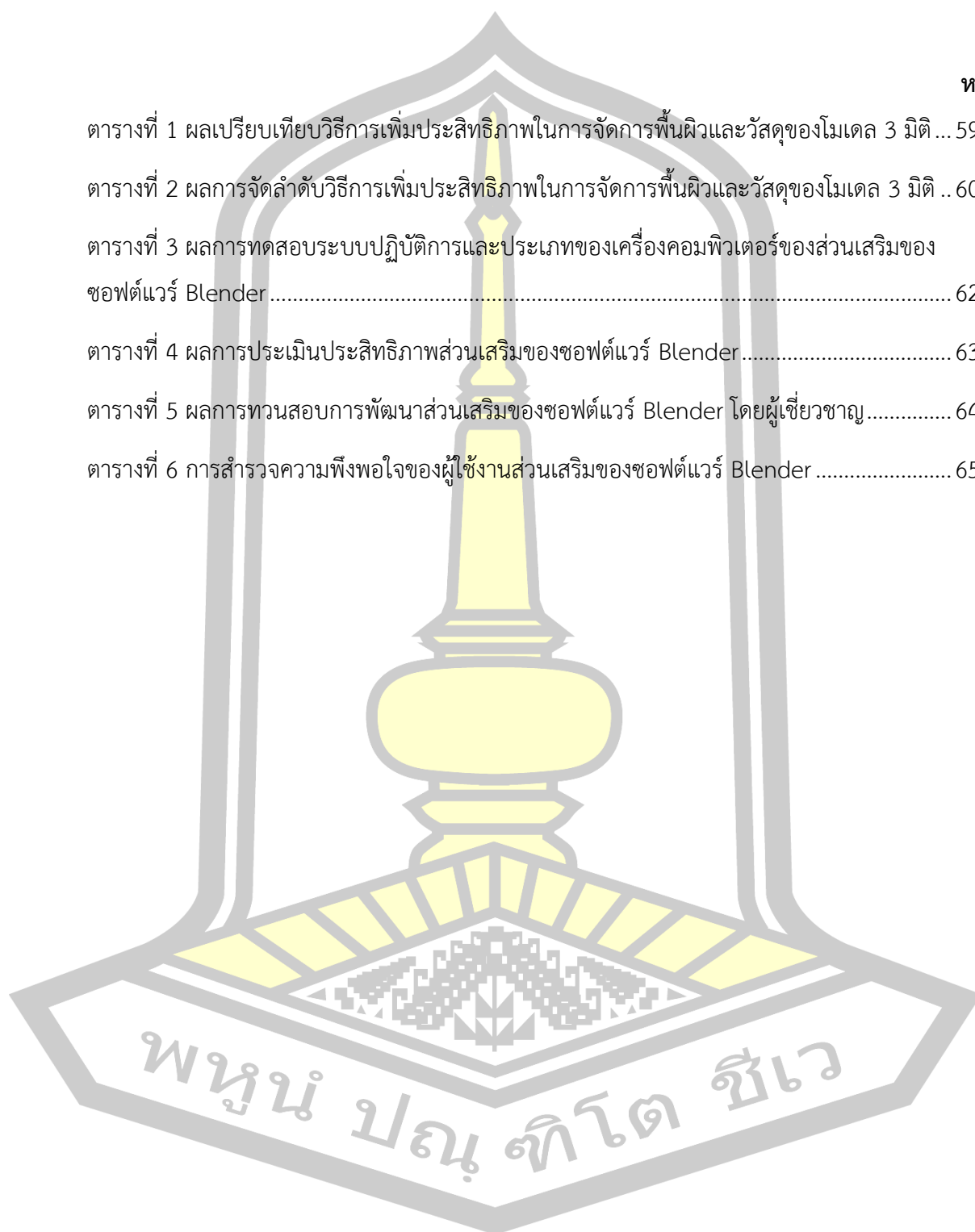
ภาคผนวก จ เอกสารรับรองโครงการวิจัย จริยธรรมการวิจัยในคน	117
ภาคผนวก ฉ ภาพการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัย	119
ประวัติผู้เขียน	121



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ...	59
ตารางที่ 2 ผลการจัดลำดับวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ..	60
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบปฏิบัติการและประเภทของเครื่องคอมพิวเตอร์ของส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender	62
ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender	63
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender โดยผู้เชี่ยวชาญ	64
ตารางที่ 6 การสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender	65



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	3
ภาพประกอบที่ 2 นีล สตีเฟนสัน ผู้เขียนนวนิยายเรื่อง “Snow Crash”	8
ภาพประกอบที่ 3 องค์ประกอบเมตาเวิร์สของ Wunderman Thompson	9
ภาพประกอบที่ 4 7 Layers of the Metaverse	11
ภาพประกอบที่ 5 องค์ประกอบเมตาเวิร์สของ Gartner	12
ภาพประกอบที่ 6 Vertex, Edge และ Face ของโมเดล 3 มิติ	16
ภาพประกอบที่ 7 โมเดล 3 มิติที่มีการใส่ Material และ Texture	16
ภาพประกอบที่ 8 รูปแบบวัตถุเสมือนจริง 3 มิติด้วยเทคนิคโปรแกรมเมทีฟ	17
ภาพประกอบที่ 9 โมเดล 3 มิติรูปแบบ Low polygon	18
ภาพประกอบที่ 10 Human face render	19
ภาพประกอบที่ 11 The ray-tracing algorithm	20
ภาพประกอบที่ 12 Render pass ที่ใช้ในขั้นตอน compositing	20
ภาพประกอบที่ 13 เปรียบเทียบระยะเวลาการประมวลผลระหว่าง Offline rendering engine กับ Unity real time engine	22
ภาพประกอบที่ 14 การประมวลผลแสดงผลตามเวลาจริง ด้วยซอฟต์แวร์ Unreal engine	23
ภาพประกอบที่ 15 หน้าต่างซอฟต์แวร์ Blender	29
ภาพประกอบที่ 16 หน้าต่างการทำงานของ Tab scripting ในซอฟต์แวร์ Blender	30
ภาพประกอบที่ 17 ตัวอย่าง Script การทำงานของส่วนเสริม	30
ภาพประกอบที่ 18 หน้าต่าง Blender Preference ส่วน Add-ons	31
ภาพประกอบที่ 19 การติดตั้งส่วนเสริม	31
ภาพประกอบที่ 20 วงจรการพัฒนากระบวนการ 6 ขั้นตอน	32

ภาพประกอบที่ 21 Waterfall SDLC model schema.....	34
ภาพประกอบที่ 22 V-shaped SDLC model schema.....	34
ภาพประกอบที่ 23 Iterative SDLC model schema.....	35
ภาพประกอบที่ 24 Agile SDLC model schema.....	35
ภาพประกอบที่ 25 Spiral SDLC model schema	36
ภาพประกอบที่ 26 วิธีดำเนินการวิจัย	43
ภาพประกอบที่ 27 ตารางสีสำหรับให้ผู้ใช้เลือกสีที่จะนำไปใช้ในชิ้นงาน 3 มิติ.....	46
ภาพประกอบที่ 28 การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ โดยการใช้ค่าตัวเลข RGBA.....	46
ภาพประกอบที่ 29 การผสมคุณสมบัติของวัสดุ โดยการใช้ค่าตัวเลข RGBA	47
ภาพประกอบที่ 30 แผนที่ภาพสำหรับนำไปใช้กับโมเดล 3 มิติ.....	47
ภาพประกอบที่ 31 ส่วนเสริมเข้ามาช่วยในการทำงานในส่วนการใส่ Material.....	48
ภาพประกอบที่ 32 แผนที่ภาพสำหรับนำไปใช้กับโมเดล 3 มิติ ประเภทวัสดุ 7 รูปแบบ	49
ภาพประกอบที่ 33 การพัฒนาส่วนเสริมโดยเขียน Script ด้วยภาษา Python	49
ภาพประกอบที่ 34 ตัวอย่างโมเดล 3 มิติที่ได้จากการเก็บข้อมูล	53
ภาพประกอบที่ 35 Modeling, UV unwrapping and texturing a mushroom	57
ภาพประกอบที่ 36 การ Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ	58
ภาพประกอบที่ 37 การ Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ.....	58
ภาพประกอบที่ 38 ฟังก์ชันของส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender	62

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เมตาเวิร์ส (Metaverse) หรือ จักรวาลนฤมิต เป็นการผสมผสานระหว่างสภาพแวดล้อมทางกายภาพในโลกของความเป็นจริงเข้ากับความจริงเสมือนแบบดิจิทัลหรือที่เรียกว่า “โลกเสมือนจริง” โดยให้ผู้ใช้เข้าถึงโลกเสมือนจริงนี้ผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ความจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) ความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) เป็นต้น ซึ่งการเกิดขึ้นของเทคโนโลยีใหม่ทำให้คนนำเมตาเวิร์สมาใช้ประโยชน์หลาย ๆ ด้าน จนเป็นส่วนหนึ่งของการใช้ชีวิตประจำวัน ทั้งด้านการติดต่อสื่อสาร การทำงาน การโฆษณา รวมถึงด้านความบันเทิง ซึ่งส่งผลต่อวิถีชีวิตของคนในด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม (ภาวิณี อุปถานา, 2565) เนื่องจากเมตาเวิร์สเป็นอินเทอร์เน็ตแอปพลิเคชันแบบใหม่ ที่มีการประสานกันของเทคโนโลยีใหม่ ๆ มากมาย โดยเปิดให้ผู้ใช้สามารถได้รับประสบการณ์ที่สมจริงจากเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่สร้างภาพสะท้อนแบบจำลองเสมือนของวัตถุทางกายภาพจากการบูรณาการเทคโนโลยี (Digital twin technology) ก่อให้เกิดระบบเศรษฐกิจ ระบบสังคม และระบบอัตลักษณ์ จากเทคโนโลยีที่เชื่อมต่อโลกเสมือนกับโลกแห่งความเป็นจริง โดยอนุญาตให้ผู้ใช้แต่ละคนสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกทั้งยังมีวิจัยศึกษาเกี่ยวกับนวัตกรรมปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และเทคโนโลยีผสมผสานโลกเสมือนอื่น ๆ เข้ามา ซึ่งมีประโยชน์ในการนำมาปรับใช้กับธุรกิจต่าง ๆ (ชวลิต ดวงอุทา, 2565) ส่งผลให้เมตาเวิร์สเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่ทำให้มนุษย์เข้ามาทำกิจกรรมร่วมกัน

การพัฒนาเมตาเวิร์สเริ่มมีการขยายตัวและถือเป็นพื้นที่ดิจิทัลขนาดใหญ่ มีความต้องการโมเดล 3 มิติจำนวนมากที่สร้างด้วยซอฟต์แวร์สำหรับสร้างงาน 3 มิติ แต่ส่วนใหญ่แล้วซอฟต์แวร์เหล่านี้มีค่าใช้จ่ายสำหรับสัญญาอนุญาตใช้งาน ซอฟต์แวร์รุ่นทดลองใช้หรือรุ่นสำหรับการศึกษาในการสร้างโมเดลยังมีข้อจำกัดในการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ จึงเกิดทางเลือกสำหรับสร้างงาน 3 มิติ คือการใช้ซอฟต์แวร์ Blender ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่มีข้อจำกัดในเชิงพาณิชย์ สถานประกอบการหลายแห่งเลือกใช้ซอฟต์แวร์ Blender ในการสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับงานเมตาเวิร์ส อีกทั้งยังขยายผลไปสู่วงการการศึกษา บางสถานประกอบการที่ต้องการโมเดล 3 มิติสำหรับงานเมตาเวิร์สปริมาณมากได้ทำหนังสือบันทึกข้อตกลงระหว่างองค์กรและสถานศึกษา (Memorandum of Understanding: MOU) เพื่อให้สถานศึกษามีการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบบูรณาการให้นักศึกษาเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส และเป็นช่องทางการหารายได้เสริมให้แก่นักศึกษา ตัวอย่างเช่น คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา เป็นหนึ่งสถาบันที่ทำ MOU ร่วมกับสถานประกอบการที่พัฒนาเมตาเวิร์ส โดยมีการปรับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนในวิชาที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปทรง 3 มิติ ด้วยซอฟต์แวร์ Blender

การขึ้นรูปทรงโมเดล 3 มิติสำหรับงานเมตาเวิร์สด้วยซอฟต์แวร์ Blender โดยนักศึกษา มักไม่ได้รับการปรับให้เหมาะสมสำหรับการประมวลผลตามเวลาจริง (Real-time rendering) บนเมตาเวิร์ส เมื่อสถานประกอบการนำโมเดล 3 มิติไปใช้งาน ส่งผลให้ผู้ใช้งานเมตาเวิร์สมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพการแสดงผลจาก 3 มิติขนาดใหญ่ ที่ประกอบด้วยวัตถุในฉากจำนวนมาก เนื่องจากรูปแบบการทำโมเดล 3 มิติสำหรับงานเมตาเวิร์สมีพื้นฐานมาจากการสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับงานเกม ประกอบไปด้วยขั้นตอน การขึ้นรูปทรง, การเลือกใช้วัสดุ (Material), การตั้งค่าแสงเงา (Shader) และการใส่พื้นผิว ลวดลาย (Texture) (Hristov & Kinaneva, 2021) ขั้นตอนดังกล่าวในส่วนของพื้นผิวและวัสดุหากมีการใช้งานซ้ำซ้อนกันจะทำให้ขนาดไฟล์โมเดล 3 มิติสำหรับงานเมตาเวิร์สมีขนาดใหญ่ ส่งผลให้ใช้ทรัพยากรหน่วยความจำและการประมวลผลมากขึ้น (Rantakangas, 2020) หากมีเทคนิคสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส จะช่วยให้อุตสาหกรรมเมตาเวิร์สพัฒนาไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยการเรียนแบบทำงานจริงและมีรายได้เสริมระหว่างเรียน เพื่อพัฒนาบัณฑิตสู่อุตสาหกรรมดิจิทัลในอนาคต

จากความเป็นมาดังกล่าว ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาส่วนเสริมสำหรับซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดขั้นตอนการผลิต และควบคุมรูปแบบกราฟิกของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส โดยศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติด้วยการปรับปรุงการเรียกใช้งานพื้นผิวและวัสดุให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับเมตาเวิร์ส และลดขนาดไฟล์ข้อมูลเพื่อเพิ่มความเร็วในการแสดงผลจากในเมตาเวิร์สด้วยการประมวลผลตามเวลาจริง นำไปสู่การค้นหาเทคนิคใหม่ ๆ ในการทำโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สระหว่างนักพัฒนากับนักออกแบบ เมื่อโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สมีประสิทธิภาพมากขึ้น จะทำให้มีผู้ใช้งานเมตาเวิร์สมากขึ้น ด้วยการเข้าถึงหรือใช้งานผ่านฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทรัพยากรไม่สูงมากเหมือนในปัจจุบัน

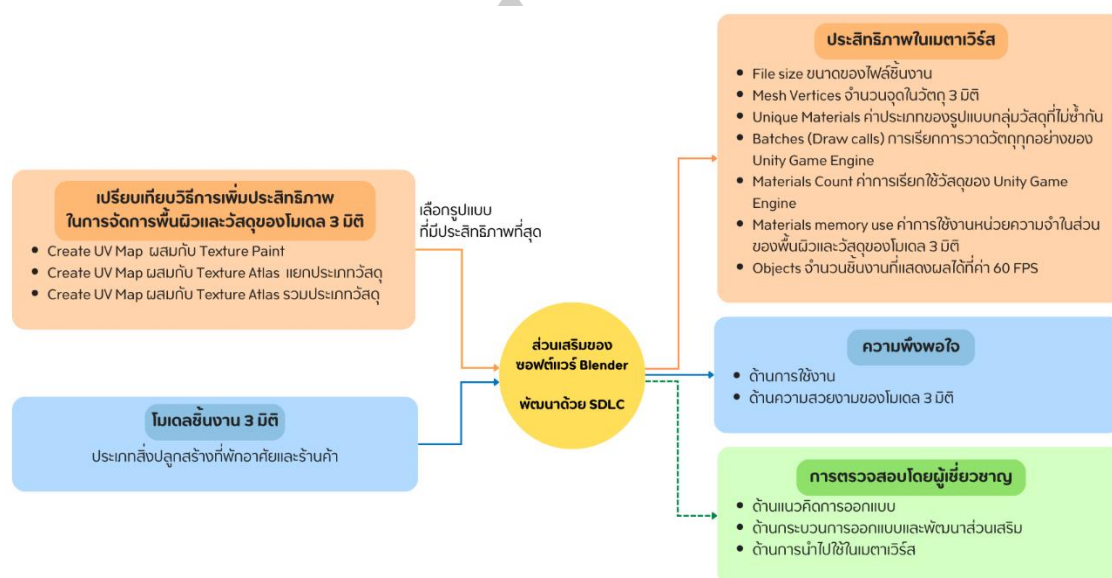
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

1.2.2 เพื่อพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส

1.2.3 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

1.3 กรอบแนวคิด



ภาพประกอบที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากภาพประกอบที่ 1 ผู้วิจัยมีแนวคิดในการวิจัยโดยเริ่มจากศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ เก็บค่าข้อมูล File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches (Draw calls), Materials count, Materials memory use และจำนวน Object ที่สามารถแสดงผลได้ด้วย Unity game engine โดยกำหนดค่า FPS ไว้ที่ 60 เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุด นำมาพัฒนาเป็นส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ซึ่งเป็นตัวแปรต้น โดยใช้วงจรการพัฒนาระบบงาน (Software Development Lifecycle: SDLC) จากนั้นศึกษาตัวแปรตามโดยนำส่วนเสริมที่พัฒนาให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานและประเมินความพึงพอใจในด้านการใช้งานและความสวยงามของโมเดล 3 มิติ สุดท้ายตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้วยการนำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สบนแพลตฟอร์ม Spatail ด้วยโมเดล 3 มิติที่สร้างด้วยส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender จากนั้นสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในด้านแนวคิดการออกแบบ, ความถูกต้อง และการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร คือ นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1,109 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 24 กันยายน 2566)

2) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 44 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย

1.4.2 ขอบเขตด้านการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) ส่วนเสริมที่พัฒนาขึ้น ใช้งานด้วยซอฟต์แวร์ Blender เวอร์ชัน 3.16 มีความสามารถช่วยปรับปรุงการเรียกใช้งานพื้นผิวและวัสดุให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับเมตาเวิร์ส และลดขนาดไฟล์ข้อมูลเพื่อเพิ่มความเร็วในการแสดงผลภายในเมตาเวิร์สด้วยการประมวลผลตามเวลาจริง โดยอำนวยความสะดวกในการทาง UV และกำหนดคุณสมบัติของพื้นผิวและวัสดุให้โมเดล 3 มิติ

2) การพัฒนาส่วนเสริมใช้ภาษา Python

3) รูปแบบโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมเป็นรูปแบบ 3D Stylized ที่เป็นการลงสีที่ Polygon โดยตรง ไม่สามารถไล่เฉดสีได้

4) คุณสมบัติของพื้นผิวและวัสดุที่ผู้วิจัยพัฒนา มีประเภทวัสดุ 7 รูปแบบคือ Matte (ด้าน), Metal (โลหะ), Gloss (เงา), Chrome (โครเมียม), Semi-gloss (กึ่งเงากึ่งด้าน), Plastic (พลาสติก) และ Glow (เรืองแสง) ผู้ใช้สามารถออกแบบคุณสมบัติพื้นผิวและวัสดุนอกเหนือจากที่ผู้วิจัยพัฒนาได้ โดยการปรับปรุงรูปแบบและค่าสีของ Texture atlas

1.4.3 ขอบเขตด้านสถานที่ทำการวิจัย คือ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.5.1.1 ส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

1.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.5.2.1 แบบบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

1.5.2.2 แบบสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

1.5.2.3 แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 โมเดล 3 มิติ หมายถึง แบบจำลองในรูปแบบ 3 มิติที่สร้างด้วยซอฟต์แวร์ Blender สำหรับการประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง

1.6.2 เมตาเวิร์ส หรือ จักรวาลนฤมิต หมายถึง โลกเสมือนจริงบนอินเทอร์เน็ตที่ผู้คนสามารถโต้ตอบ แลกเปลี่ยนข้อมูล และสื่อสารกัน ผ่านตัวตนดิจิทัลที่เรียกว่า อวตาร (Avatar) ในโลกคู่ขนานเสมือนจริงแบบ 3 มิติ ซึ่งจำลองโลกทางกายภาพมาไว้บนแพลตฟอร์ม Spatail ผู้ใช้งานสามารถทำกิจกรรมต่างๆ ได้และประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง เอกสารชุดนี้จะใช้คำว่า "เมตาเวิร์ส" แทน "จักรวาลนฤมิต"

1.6.3 การประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง (Real-time rendering) หมายถึง การประมวลผลภาพเพื่อให้โมเดล 3 มิติจำนวนมากปรากฏขึ้นในเมตาเวิร์ส บนแพลตฟอร์ม Spatail เมื่อผู้ใช้งานโต้ตอบกับสื่อและดำเนินการหรือการแสดงผลข้อมูล ณ ขณะที่เกิดขึ้น โดยไม่มีการหน่วงเวลาหรือล่าช้า

1.6.4 ส่วนเสริม (Add-on) หมายถึง ชุดคำสั่งสคริปต์ภาษา Python ที่เขียนขึ้นเพื่อปรับแต่งและขยายฟังก์ชันการทำงานของซอฟต์แวร์ Blender ให้ผู้ใช้สามารถทำงานได้หลากหลายมากขึ้น

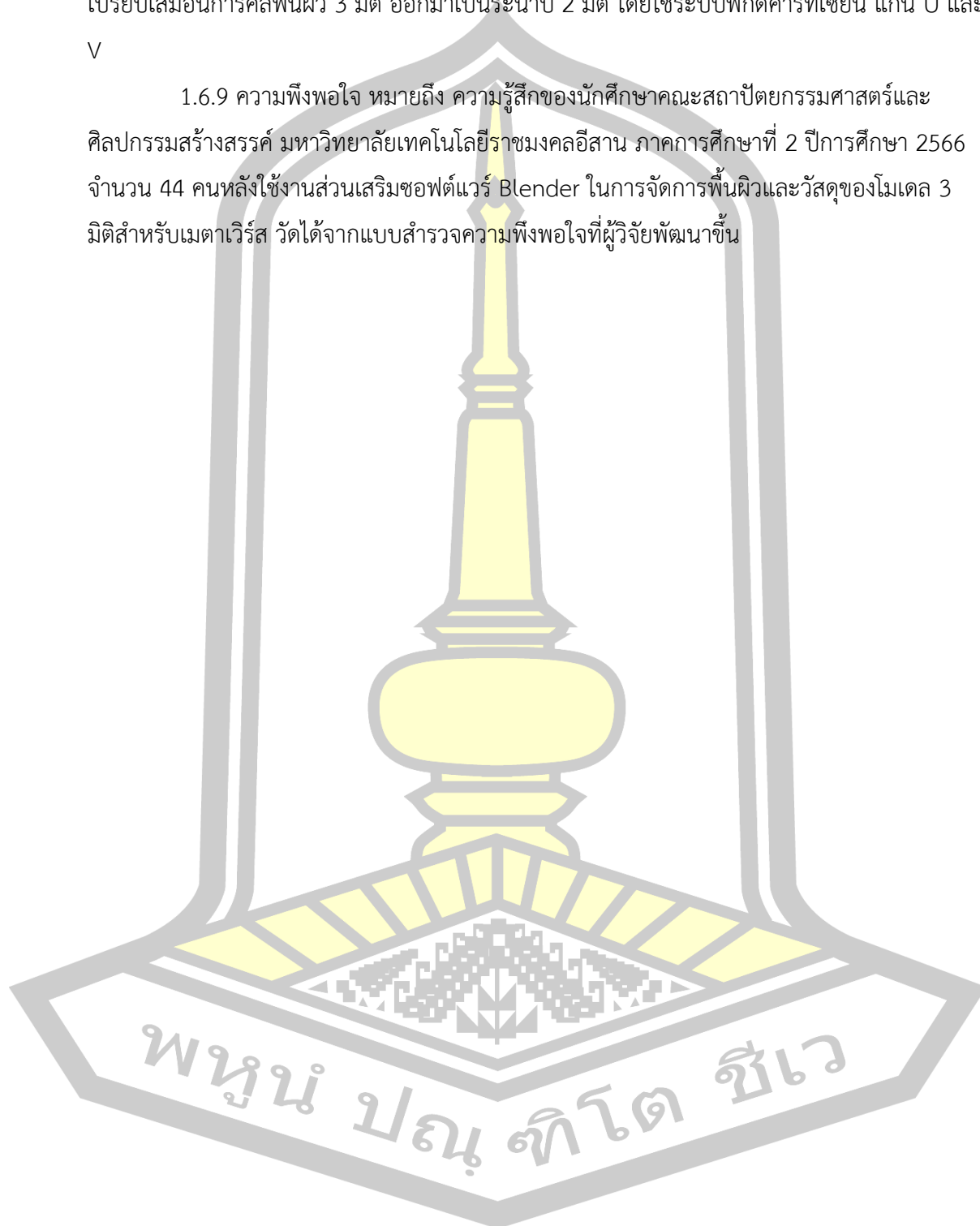
1.6.5 การเพิ่มประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติ หมายถึง การปรับปรุงการเรียกใช้งานพื้นที่ผิว วัสดุ และลดขนาดไฟล์ข้อมูลเพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง ให้เหมาะสำหรับเมตาเวิร์ส โดยวัดได้จากค่าข้อมูล File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches (Draw calls), Materials count, Materials memory use และจำนวน Object ที่สามารถแสดงผลได้โดยกำหนดค่าการแสดงผลที่ 60 Frame per second (FPS)

1.6.6 พื้นผิว (Texture) หมายถึง ลักษณะทางกายภาพของวัตถุที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในโมเดล 3 มิติ พื้นผิวถูกจำลองโดยใช้สี ลวดลาย หรือภาพ ที่กำหนดลงไปบนโมเดล ซึ่งช่วยให้โมเดลดูสมจริงและมีรายละเอียดมากขึ้น ตัวอย่างของพื้นผิวที่พบบ่อย ได้แก่ ทราย ไม้ หิน ลวดลายพื้นกระเบื้อง พื้นผิวเหล่านี้ช่วยให้โมเดลดูเหมือนวัตถุจริงในโลกแห่งความเป็นจริง

1.6.7 วัสดุ (Material) หมายถึง การควบคุมวิธีการแสดงผลวัตถุ 3 มิติ ก่อนที่จะทำการประมวลผลภาพ วัสดุเปรียบเสมือนคุณสมบัติของวัตถุที่กำหนดว่าแสงจะปฏิกริยากับพื้นผิวอย่างไร ส่งผลต่อลักษณะของวัตถุ เช่น สี พื้นผิว ความโปร่งใส และการสะท้อนแสง

1.6.8 UV map หมายถึง กระบวนการแปลงพื้นผิวของโมเดล 3 มิติ ไปยังพื้นที่ 2 มิติ เปรียบเสมือนการคลี่พื้นผิว 3 มิติ ออกมาเป็นระนาบ 2 มิติ โดยใช้ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน แกน U และ V

1.6.9 ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาควิชาการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 44 คนหลังใช้งานส่วนเสริมซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส วัดได้จากแบบสำรวจความพึงพอใจที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 เมตาเวิร์ส
- 2.2 โมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส
- 2.3 แพลตฟอร์ม Spatial
- 2.4 การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender
- 2.5 วงจรการพัฒนาระบบ (System development life cycle: SDLC)
- 2.6 ความพึงพอใจ
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เมตาเวิร์ส

2.1.1 ที่มาและความหมายของเมตาเวิร์ส

นิล สตีเฟนสัน นักข่าวและนักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ ได้บัญญัติศัพท์ว่า "เมตาเวิร์ส" ขึ้นในปี 1992 ผ่านนวนิยายไซไฟแฟนตาซีเรื่อง Snow Crash ภาพประกอบที่ 2 โดยรวมคำอุปสรรค "Meta" แปลว่า เกินจริง เข้ากับ "Universe" แปลว่า จักรวาล นิยาย Snow Crash ไม่ได้ให้คำจำกัดความตายตัว แต่สื่อถึงเมตาเวิร์สว่าเป็นโลกเสมือนที่มีลักษณะทางกายภาพถาวร ผู้ใช้งานจำนวนมากสามารถเข้าร่วมและเชื่อมต่อกับโลกจริงได้มากกว่าจะจำกัดอยู่แค่โลกไซเบอร์ ผู้ใช้สามารถมีปฏิสัมพันธ์และส่งผลกระทบต่อการทำงานของมนุษย์ในแทบทุกแง่มุม ปัจจุบันยังไม่มีคำจำกัดความของเมตาเวิร์สที่ชัดเจนและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป เนื่องจากเมตาเวิร์สเป็นวิสัยทัศน์แห่งอนาคต ไม่ได้เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน แต่สตีเฟนสันบรรยายเมตาเวิร์สใน Snow Crash ว่าเป็นสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่กระตุ้นประสาทสัมผัสทั้งด้านภาพ เสียง และกลิ่น ฮิโระ ตัวเอกของนิยาย ได้กล่าวถึงเมตาเวิร์สว่า "โลกเมตาเวิร์สกว้างใหญ่และขยายตัวอยู่เสมอ เหมือนจักรวาลที่ขยายออกเรื่อย ๆ ในทางทฤษฎีแล้ว เมตาเวิร์สสามารถขยายตัวได้อย่างไร้ขีดจำกัด" ลักษณะเฉพาะของเมตาเวิร์สใน Snow Crash มีสภาพแวดล้อมแบบเมืองจำลองขนานกับถนนสายเดี่ยวชื่อ "สตรีต" ถนนสตรีตมีความกว้าง 100 เมตร ยาว 65,536 กิโลเมตร ล้อมรอบดาวเคราะห์ทรงกลม ผู้ใช้ต้องมีฮาร์ดแวร์ เช่น แว่นตาเสมือนจริงและอุปกรณ์เสียงเพื่อสัมผัสประสบการณ์เสมือนจริง สามารถเข้าสู่เมตาเวิร์สผ่านคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือเครื่องคอมพิวเตอร์สาธารณะ ผู้ใช้จะมีร่างอวตารที่เลียนแบบรูปลักษณ์

ของตัวเอง แต่มีรูปแบบกราฟิกและส่วนสูงไม่เท่าตัวจริง ผู้ใช้ที่ลงทะเบียนผ่านคอมพิวเตอร์สาธารณะ จะมีร่างอวตารเป็นสีชาวดำ (แพร์รี วินเทอร์ส, 2564)



ภาพประกอบที่ 2 นีล สตีเฟนสัน ผู้เขียนนวนิยายเรื่อง “Snow Crash”
(ธนกฤต ศรีวิลาศ, 2564)

เมตาเวิร์สถูกนิยามโดย Matthew Ball (2022) ว่าเป็นพื้นที่เสมือนจริงที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างโลกทางกายภาพและโลกเสมือน เป็นการรวมโลกแห่งความเป็นจริง Augmented reality (AR) Virtual reality (VR) อินเทอร์เน็ต และเทคโนโลยีอื่น ๆ เข้าด้วยกัน ก่อกำเนิดเป็นพื้นที่ออนไลน์ที่ผู้ใช้สามารถเข้ามาใช้งานร่วมกัน ได้ต่อกันผ่านวัตถุดิจิทัลแบบเรียลไทม์ เมตาเวิร์สมีความแตกต่างจากอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันหลายประการ ประการแรก เมตาเวิร์สมอบประสบการณ์ที่ดื่มด่ำ ผู้ใช้จะรู้สึกเหมือนอยู่ในโลกดิจิทัลจริง ๆ มากกว่าการโต้ตอบผ่านหน้าจอ ประการที่สอง เมตาเวิร์สให้ประสบการณ์แบบต่อเนื่องและคงอยู่ ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกันและวัตถุดิจิทัลแบบเรียลไทม์ ผลลัพธ์ของการกระทำมีผลต่อโลกเสมือนอย่างถาวร ประการที่สาม เมตาเวิร์สมีความเชื่อมโยงกัน ผู้ใช้สามารถเคลื่อนย้ายระหว่างโลกเสมือนต่าง ๆ ได้อย่างอิสระ และสุดท้าย เมตาเวิร์สมีข้อมูลที่ต่อเนื่องกัน ข้อมูลประจำตัว ประวัติ สิทธิ วัตถุ การสื่อสาร และการชำระเงินในโลกเสมือนต่าง ๆ จะเชื่อมโยงกัน ผู้ใช้สามารถรักษาข้อมูลเหล่านี้ไว้เมื่อย้ายไปมาระหว่างโลกเสมือน โดยสรุป เมตาเวิร์สมีศักยภาพที่จะปฏิวัติวิธีการทำงาน เล่น เข้าสังคม และแม้แต่การใช้ชีวิตในแบบที่ไม่สามารถทำได้บนอินเทอร์เน็ตในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีคำจำกัดความที่ชัดเจนสำหรับเมตาเวิร์ส เพราะมันเป็นเพียงแนวคิดในอุดมคติ รอการพัฒนาให้เป็นรูปธรรม

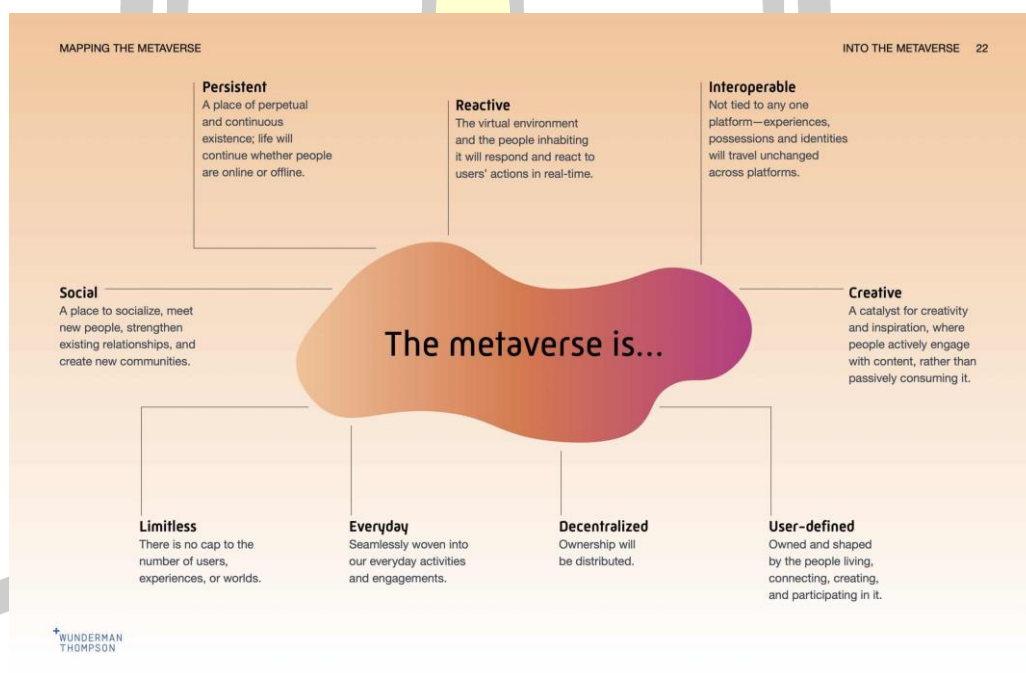
สำหรับประเทศไทยในการประชุมวันที่ 2 ธันวาคม 2564 คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมศัพท์นิเทศศาสตร์ร่วมสมัย ราชบัณฑิตยสภา มีมติบัญญัติคำว่า เมตาเวิร์ส ว่า “จักรวาลถกมิต” หรือ

เขียนทับศัพท์ว่า “เมตาเวิร์ส” ซึ่งมีความหมายตรงตัวคือ จักรวาลที่ถูกเปลี่ยนแปลงหรือสร้างขึ้นใหม่ (ประชาชาติธุรกิจ, 2564)

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยสรุปได้ว่า เมตาเวิร์ส หมายถึง เครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีการโต้ตอบแลกเปลี่ยนข้อมูล สื่อสารกันผ่านโลกเสมือนที่จำลองโลกทางกายภาพให้อยู่ในโลกคู่ขนานรูปแบบดิจิทัลกราฟิก 3 มิติ ใช้ตัวตนที่เรียกว่า อวตาร (Avatar) เป็นตัวแทนผู้ใช้งานสำหรับทำกิจกรรมต่าง ๆ ในโลกเสมือนจริงแบบเรียลไทม์

2.1.2 องค์ประกอบของเมตาเวิร์ส

Wunderman Thompson (2021) เสนอองค์ประกอบสำคัญ 9 ประการที่บ่งบอกถึงลักษณะของเมตาเวิร์ส องค์ประกอบเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการทำความเข้าใจศักยภาพและผลกระทบของเมตาเวิร์สต่อสังคม การศึกษา และเศรษฐกิจ โดยแบ่งองค์ประกอบสำคัญที่เป็นการบ่งบอกลักษณะของเมตาเวิร์สเอาไว้ 9 องค์ประกอบหลักดังภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบที่ 3 องค์ประกอบเมตาเวิร์สของ Wunderman Thompson (Thompson, 2021)

1) **ความต่อเนื่อง (Persistent):** เมตาเวิร์สดำเนินไปอย่างต่อเนื่องโดยไม่คำนึงถึงสถานะออนไลน์หรือออฟไลน์ของผู้ใช้ สิ่งนี้สร้างโลกเสมือนจริงที่คงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งผู้ใช้สามารถมีส่วนร่วมและสร้างการเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืน

2) การตอบสนอง (Reactive): สภาพแวดล้อมของเมตาเวิร์สตอบสนองต่อการกระทำของผู้ใช้แบบเรียลไทม์ ส่งผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมและสร้างประสบการณ์ที่สมจริงยิ่งขึ้น

3) การทำงานร่วมกัน (Interoperable): เมตาเวิร์สทำงานบนระบบที่ไร้รอยต่อ ข้อมูลสามารถแชร์ข้ามแพลตฟอร์มได้อย่างอิสระ ลบข้อจำกัดของแพลตฟอร์มแบบดั้งเดิม

4) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative): เมตาเวิร์สส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ผู้ใช้สามารถสร้างเนื้อหา ปรับแต่งประสบการณ์ และมีส่วนร่วมในกระบวนการสร้างสรรค์ร่วมกัน

5) ผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-defined): ผู้ใช้มีอำนาจควบคุมในเมตาเวิร์ส พวกเขาสามารถเลือกแพลตฟอร์ม กำหนดตัวตน และสร้างประสบการณ์ที่ตรงกับความต้องการของตน

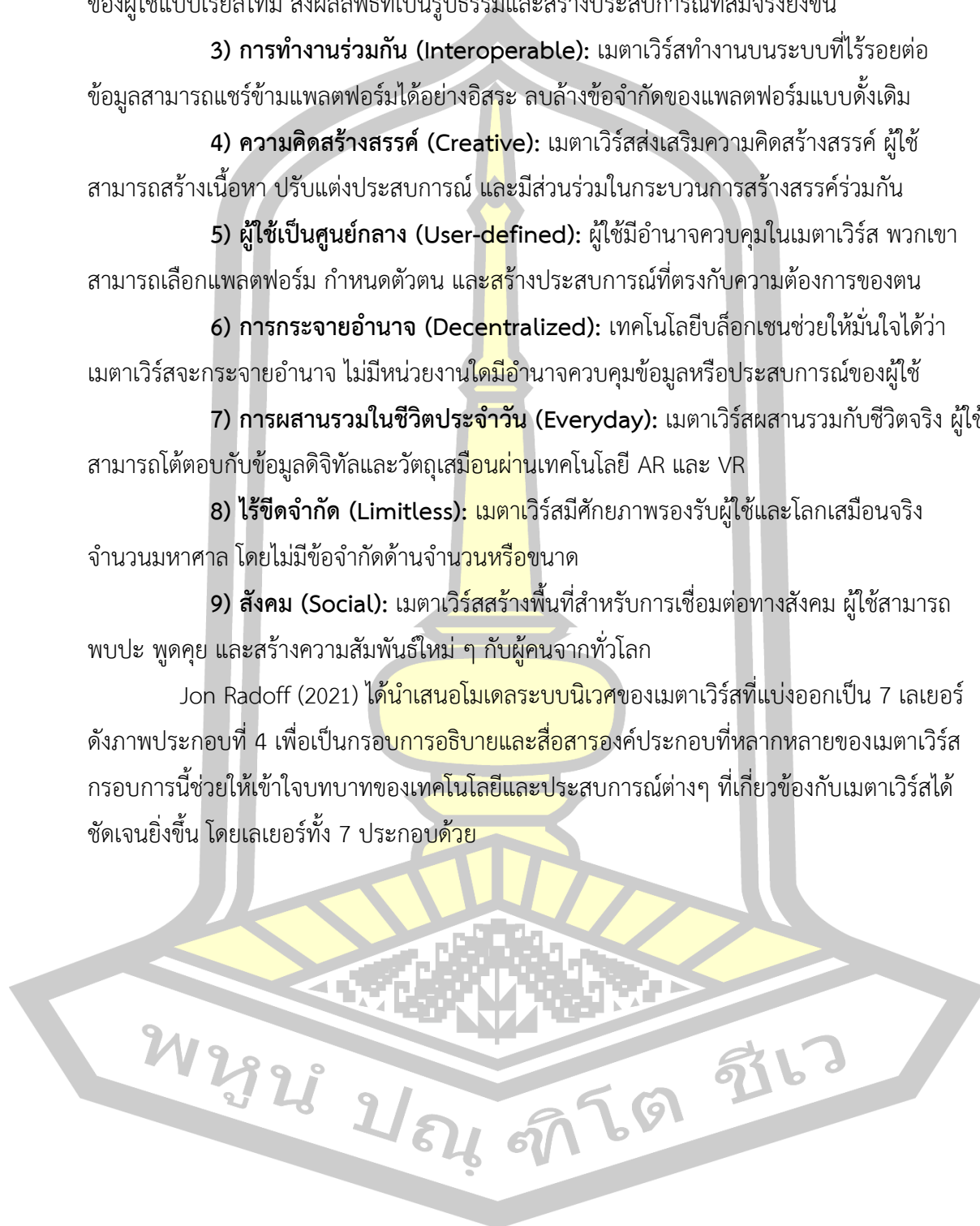
6) การกระจายอำนาจ (Decentralized): เทคโนโลยีบล็อกเชนช่วยให้มั่นใจได้ว่าเมตาเวิร์สจะกระจายอำนาจ ไม่มีหน่วยงานใดมีอำนาจควบคุมข้อมูลหรือประสบการณ์ของผู้ใช้

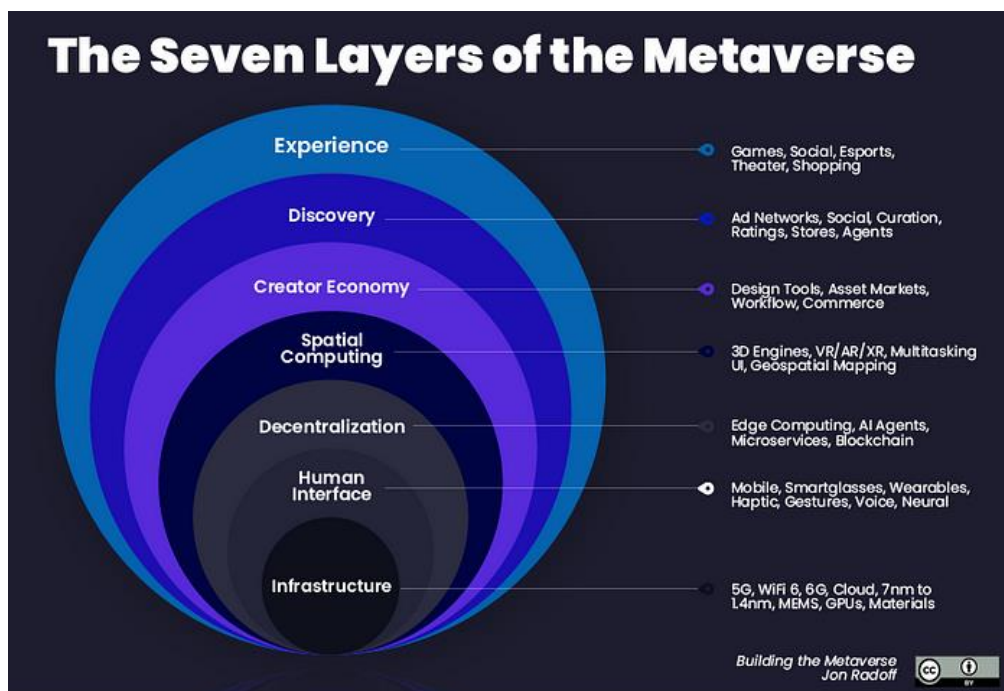
7) การผสมรวมในชีวิตประจำวัน (Everyday): เมตาเวิร์สผสมรวมกับชีวิตจริง ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับข้อมูลดิจิทัลและวัตถุเสมือนผ่านเทคโนโลยี AR และ VR

8) ไร้ขีดจำกัด (Limitless): เมตาเวิร์สมีศักยภาพรองรับผู้ใช้และโลกเสมือนจริงจำนวนมหาศาล โดยไม่มีข้อจำกัดด้านจำนวนหรือขนาด

9) สังคม (Social): เมตาเวิร์สสร้างพื้นที่สำหรับการเชื่อมต่อทางสังคม ผู้ใช้สามารถพบปะ พูดคุย และสร้างความสัมพันธ์ใหม่ ๆ กับผู้คนจากทั่วโลก

Jon Radoff (2021) ได้นำเสนอโมเดลระบบนิเวศของเมตาเวิร์สที่แบ่งออกเป็น 7 เลเยอร์ดังภาพประกอบที่ 4 เพื่อเป็นกรอบการอธิบายและสื่อสารองค์ประกอบที่หลากหลายของเมตาเวิร์ส กรอบการนี้ช่วยให้เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีและประสบการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเมตาเวิร์สได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเลเยอร์ทั้ง 7 ประกอบด้วย





ภาพประกอบที่ 4 7 Layers of the Metaverse
(Radoff, 2021)

1) **เลเยอร์ประสบการณ์ (Experience):** เลเยอร์นี้มุ่งเน้นไปที่ประสบการณ์ของผู้ใช้ในเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย กิจกรรม เกม การเรียนรู้ การทำงาน การสื่อสาร การช้อปปิ้ง และอื่น ๆ

2) **เลเยอร์การค้นพบ (Discovery):** เลเยอร์นี้ช่วยให้ผู้ใช้ค้นหาสิ่งต่าง ๆ ในเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย เครื่องมือค้นหา ระบบแนะนำเนื้อหา และระบบคัดกรอง

3) **เลเยอร์เศรษฐกิจผู้สร้าง (Creator economy):** เลเยอร์นี้สนับสนุนผู้สร้างเนื้อหาในเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย เครื่องมือสร้างเนื้อหา แพลตฟอร์มการเผยแพร่ กลไกการสร้างรายได้ และระบบทรัพย์สินทางปัญญา

4) **เลเยอร์การประมวลผลเชิงพื้นที่ (Spatial computing):** เลเยอร์นี้สร้างโลกเสมือนจริง 3 มิติในเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย เทคโนโลยี AR VR เทคโนโลยี 3 มิติและฟิสิกส์จำลอง

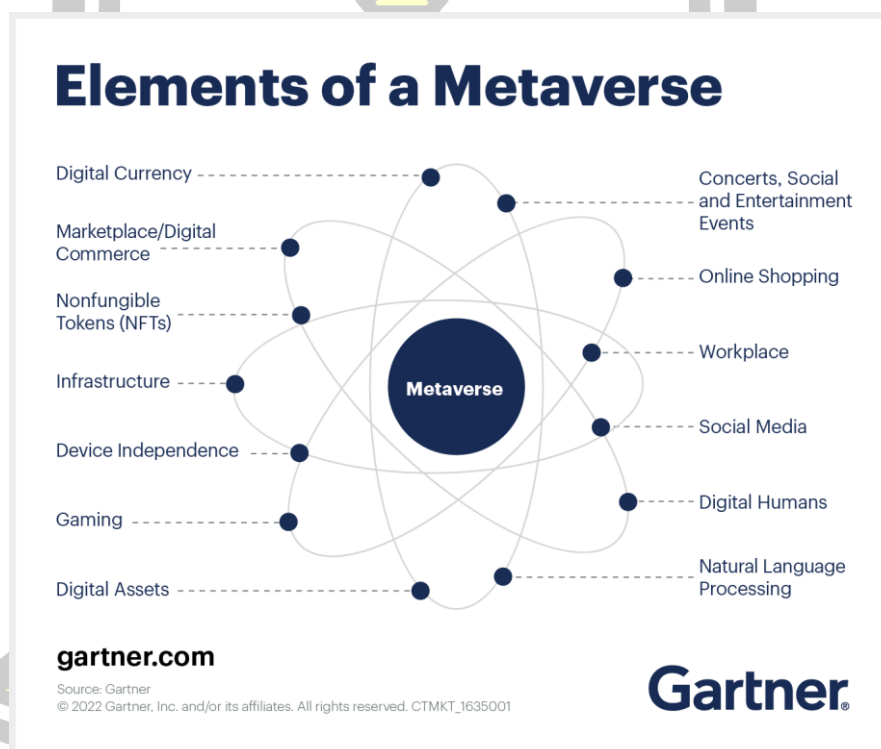
5) **เลเยอร์การกระจายอำนาจ (Decentralization):** เลเยอร์นี้มุ่งเน้นไปที่การกระจายอำนาจในเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย เทคโนโลยีบล็อกเชน เทคโนโลยี P2P และระบบการปกครองแบบ DAO

6) **เลเยอร์อินเทอร์เฟซผู้ใช้ (Human interface):** เลเยอร์นี้มุ่งเน้นไปที่วิธีที่ผู้ใช้โต้ตอบกับเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย อุปกรณ์สวมใส่ เทคโนโลยี AR VR เทคโนโลยีอินเทอร์เฟซแบบสัมผัส

7) เลเยอร์โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure): เลเยอร์นี้เป็นรากฐานของเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย เครือข่ายความเร็วสูง คลาวด์คอมพิวติ้ง ศูนย์ข้อมูล และเทคโนโลยี 5G

โมเดล 7 ชั้นนี้เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์และทำความเข้าใจเมตาเวิร์ส โมเดลนี้ช่วยให้นักวิจัย นักพัฒนา นักออกแบบ และผู้ใช้งานทั่วไปเข้าใจองค์ประกอบที่หลากหลายของเมตาเวิร์สและวิธีการทำงานร่วมกัน

Gartner (2022) บริษัทวิจัยและให้คำปรึกษาระดับโลก คาดการณ์ว่าในปี 2026 ผู้คน 26% จะใช้เวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อวันบนเมตาเวิร์สเพื่อทำงาน ช็อปปิ้ง เรียนรู้ พักผ่อนหย่อนใจ หรือสื่อสารเหมือนกับโซเชียลมีเดีย โดยเมตาเวิร์สประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญ 13 องค์ประกอบดังภาพประกอบที่ 5 คือ



ภาพประกอบที่ 5 องค์ประกอบเมตาเวิร์สของ Gartner

(Gartner, 2022)

1) สกุลเงินดิจิทัล (Digital currency) ผู้ใช้สามารถใช้สกุลเงินดิจิทัล เช่น Cryptocurrency หรือ Virtual currency เพื่อซื้อสินค้าและบริการบนเมตาเวิร์ส

2) **โทเคนดิจิทัลที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Non-fungible token: NFT) NFT** เป็น Cryptocurrency ประเภทพิเศษที่แสดงความเป็นเจ้าของสินทรัพย์ดิจิทัล แต่ละ NFT มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ไม่สามารถทดแทนกันได้

3) **ทรัพย์สินดิจิทัล (Digital assets)** ทรัพย์สินดิจิทัลบนเมตาเวิร์ส เช่น ที่ดินดิจิทัล บ้านดิจิทัล และผลงานศิลปะดิจิทัล ผู้ใช้สามารถซื้อ ขาย และครอบครองทรัพย์สินเหล่านี้ได้

4) **ตลาด/พาณิชย์ดิจิทัล (Marketplace/ Digital commerce)** เมตาเวิร์สมีพื้นที่สำหรับร้านค้าออนไลน์ ผู้ใช้สามารถซื้อสินค้าและบริการต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก

5) **โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure)** เมตาเวิร์สจำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานที่รองรับผู้ใช้จำนวนมาก เช่น ระบบเครือข่าย เซิร์ฟเวอร์ และศูนย์ข้อมูล

6) **อิสระไร้ขอบเขต (Device independence)** ผู้ใช้สามารถเข้าถึงเมตาเวิร์สผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์สวมใส่

7) **เกม (Gaming)** เกมเป็นส่วนหนึ่งของเมตาเวิร์ส ผู้ใช้สามารถเล่นเกมที่สนุกสนานและได้ประสบการณ์ที่ไม่เหมือนใคร

8) **คอนเสิร์ต กิจกรรมทางสังคม และงานบันเทิง (Concert, Social และ Entertainment events)** เมตาเวิร์สมีกิจกรรมบันเทิงต่าง ๆ มากมาย เช่น คอนเสิร์ต การแสดง และงานสังสรรค์

9) **การช้อปปิ้งออนไลน์ (Online shopping)** ผู้ใช้สามารถซื้อสินค้าออนไลน์บนเมตาเวิร์ส เช่น เสื้อผ้า อุปกรณ์ และของตกแต่งสำหรับอวตาร

10) **สถานที่ทำงาน (Workplace)** เมตาเวิร์สมีพื้นที่สำหรับทำงาน ผู้ใช้สามารถเข้าร่วมประชุม ทำงาน และติดต่อสื่อสารกับเพื่อนร่วมงาน

11) **โซเชียลมีเดีย (Social media)** ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับผู้อื่นบนโซเชียลมีเดียผ่านอวตาร ทำให้ประสบการณ์การใช้งานสนุกสนานและสมจริงยิ่งขึ้น

12) **มนุษย์ดิจิทัล (Digital humans)** คือ AI ที่ถูกสร้างขึ้นมาให้เหมือนมนุษย์จริง พวกเขาสามารถทำงานต่าง ๆ แทนมนุษย์ เช่น พนักงานต้อนรับ พนักงานขาย และเจ้าหน้าที่บริการลูกค้า

13) **การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural language processing: NLP)** เทคโนโลยีนี้ช่วยให้ AI เข้าใจภาษาของมนุษย์ ทำให้สามารถสื่อสารกับผู้ใช้ได้อย่างเป็นธรรมชาติ เมตาเวิร์สเป็นโลกเสมือนจริงที่มีศักยภาพเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน การช้อปปิ้ง การเรียนรู้ การพักผ่อนหย่อนใจ และการติดต่อสื่อสารของเรา องค์ประกอบต่าง ๆ ของเมตาเวิร์สจะทำงานร่วมกันเพื่อสร้างประสบการณ์ที่สมจริงและน่าดึงดูดสำหรับผู้ใช้

2.2.3 แพลตฟอร์มเมตาเวิร์ส

Listing.Help (2023) กล่าวว่า แม้เมตาเวิร์สยังไม่มีคำจำกัดความอย่างแท้จริง ไม่มีการกำหนดมาตรฐานกลาง เพราะยังเป็นแนวคิดในอุดมคติที่อยู่ระหว่างการพัฒนา แต่ในปัจจุบันก็มีกลุ่มนักพัฒนาที่กำลังพัฒนาและผลักดันเมตาเวิร์สด้วยองค์ประกอบแนวคิดเบื้องต้น โดยสร้างและนำเสนอเป็นจักรวาลออนไลน์ 3 มิติบนอินเทอร์เน็ต โดยผสมผสานพื้นที่เสมือนจริงต่าง ๆ ที่ผู้คนสามารถทำงาน เล่น และเข้าสังคมได้ แม้จะยังไม่บรรลุผลสำเร็จสมบูรณ์ แต่ก็มียอดประกอบของแนวคิดต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตได้บนแพลตฟอร์มปัจจุบัน โดยเฉพาะในด้านวิดีโอเกม ที่นักพัฒนาเกมกำลังพัฒนานวัตกรรมใหม่และระบบเศรษฐกิจเสมือนจริงสำหรับเมตาเวิร์ส และได้จัดอันดับแพลตฟอร์มเมตาเวิร์สที่ช่วยผลักดันอุตสาหกรรมเมตาเวิร์สไว้ดังนี้

1) Decentraland

Decentraland เป็นแพลตฟอร์มเมตาเวิร์สที่ได้รับความนิยม ใช้บล็อกเชน Ethereum ก่อตั้งโดย Ari Meilich และ Esteban Ordano ในปี 2558 โดยมุ่งเน้นที่แนวคิดเรื่องการเป็นเจ้าของ และการพัฒนาที่ดินเสมือนจริงเป็นหลัก ใน Decentraland ผู้ใช้สามารถซื้อ แลกเปลี่ยน และขายที่ดินเสมือนจริงด้วย MANA ที่เป็นเหรียญโทเคน ERC-20 ของแพลตฟอร์ม แพลตฟอร์มนี้มีอบิสระแก่ผู้ใช้ในการให้ผู้ประกอบการทรัพย์สินเสมือนของพวกเขาและสร้างประสบการณ์ภายในจักรวาลเสมือนจริง

2) Sandbox

ก่อตั้งขึ้นในปี 2555 โดย Sebastien Borget, Arthur Madrid และ Nicolas Pouard ในตอนแรกนั้น Sandbox เป็นเกมบนสมาร์ตโฟน ต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนและพัฒนาเป็นเมตาเวิร์สแพลตฟอร์ม Sandbox เป็นแพลตฟอร์มเมตาเวิร์สของเกมที่ใช้พื้นที่ในการออกแบบ แจกจ่าย และสร้างรายได้จากสินทรัพย์เสมือน ด้วยสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่ผู้ใช้สร้างขึ้น มีเครื่องมือมากมายเพื่อช่วยในการพัฒนาเกมและการสร้างพื้นที่ทางสังคม

3) Roblox

ก่อตั้งขึ้นในปี 2547 โดย David Baszucki และ Erik Cassel ในชื่อ Dynablocks ซึ่งเป็นเครื่องมือทางการศึกษาด้านฟิสิกส์ ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อและเปลี่ยนเป็นแพลตฟอร์มสำหรับชุมชนเกมบนเมตาเวิร์ส Roblox เป็นแพลตฟอร์มเกมที่มีผู้ใช้งานหลายล้านคนทั่วโลก มีจุดเด่นในด้านการให้ผู้ใช้งานตั้งค่าแบบไดนามิกและมีตัวเลือกเกมที่หลากหลาย ทำให้ผู้ใช้พื้นที่ในการสร้างประสบการณ์เสมือนจริงที่ดื่มด่ำและมีส่วนร่วมในเกมต่าง ๆ นอกจากการเล่นเกมแล้ว Roblox ยังมีพื้นที่การประชุมเสมือนจริงที่ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อและมีส่วนร่วมในกิจกรรมเสมือนจริงได้ ผู้ใช้สามารถเขียนโค้ดเพิ่มฟังก์ชันการทำงานได้ผ่านทาง Roblox studio

4) Voxels Metaverse

Voxels Metaverse ชื่อเดิมคือ Cryptovoxels ก่อตั้งโดย Ben Nolan ในปี 2561 แพลตฟอร์มพัฒนาบน Ethereum นี้มีความคล้ายคลึงกับ Decentraland ผู้ใช้ Voxels Metaverse จะได้พบกับพื้นที่ขนาดใหญ่ พร้อมโอกาสในการสร้าง ตรวจสอบ และแลกเปลี่ยนผลงานสร้างสรรค์ เหมือนจริงที่ใช้ Voxel และ Voxels Metaverse ให้ผู้ใช้ควบคุมที่ดินและทรัพย์สินเหมือนของตนได้อย่างสมบูรณ์

5) Spatial

Spatial ก่อตั้งโดย Anand Agarawala และ Jinha Lee ในปี 2559 เป็นแพลตฟอร์มการทำงานร่วมกันที่สมจริง ได้รับการออกแบบมาสำหรับการจัดการประชุมและกิจกรรมระยะไกลในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงโดยเฉพาะ รองรับการประชุมเสมือนที่ให้ผู้ใช้งานเชื่อมต่อโต้ตอบ และทำงานร่วมกันโดยไม่ต้องอยู่ต่อหน้า สามารถใช้ร่วมกับเทคโนโลยี AR และ VR ทำให้ Spatial มอบประสบการณ์การทำงานร่วมกันระยะไกลที่พบการใช้งานในภาคส่วนต่าง ๆ หนึ่งในคุณสมบัติที่โดดเด่นของ Spatial คือการใช้ AI เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติที่แม่นยำจากรูปภาพของผู้ใช้และสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และ Spatial ยังสามารถเชื่อมต่อ API เข้ากับ Unity game engine เพื่อขยายความสามารถในการสร้างโลกเสมือน

จากแพลตฟอร์มเมตาเวิร์สที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน ผู้วิจัยสนใจพัฒนาสภาพแวดล้อมด้วยโมเดล 3 มิติบนแพลตฟอร์ม Spatial เนื่องจาก Spatial รองรับการเชื่อมต่อ API เข้ากับ Unity game engine ทำให้การทดสอบประสิทธิภาพทำได้ง่าย เพราะนอกจากการใช้ค่าประสิทธิภาพที่ได้จาก Spatial แล้วผู้วิจัยยังสามารถตรวจสอบค่าประสิทธิภาพอื่นจากการใช้งานเครื่องมือของ Game engine โดยเน้นไปที่การทำงานและแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

2.2 โมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

เมตาเวิร์สมีส่วนผสมของเทคโนโลยีหลายชนิด โลกเสมือนที่สร้างขึ้นประกอบด้วยเทคโนโลยีหลาย ๆ อย่าง เพื่อนำไปทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ประชุม คอนเสิร์ต เล่นกีฬา ออกกำลังกาย ให้เหมือนจริงมากที่สุด ซึ่งในความเป็นจริงผู้ใช้งานอยู่ในบ้านของตัวเอง คือการนำโลกดิจิทัลมาทำให้เป็นโลกจริงมากที่สุดนั่นเอง และหนึ่งในเทคโนโลยีที่สำคัญสำหรับเมตาเวิร์สก็คือโมเดล 3 มิติ

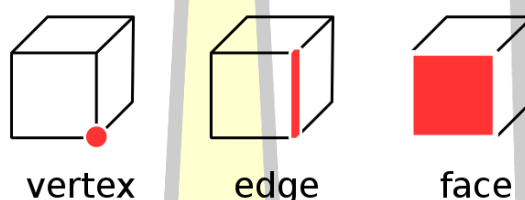
โมเดล 3 มิติ (3D Model) หมายถึง การใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสร้างแบบจำลอง (Model) ในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อให้สามารถแสดงแบบจำลองได้จากทุกมุมมอง ทั้งแนวตั้ง แนวนอน และแนวลึกของแบบจำลอง ซึ่งแตกต่างจากภาพสองมิติที่ไม่มีแนวลึก นอกจากนี้ยังช่วยให้นักออกแบบสามารถลงรายละเอียดกับสี สัน พื้นผิว รวมไปถึงทิศทางของแสงให้กับตัวโมเดลนั้น ๆ ได้อย่างสมจริงขึ้นอีกด้วย เป็นระบบที่สร้างวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ ให้มีความสมจริงเพื่อให้ผู้ที่เข้าใช้งานมี

ความรู้สึกและมีอารมณ์ร่วมมากที่สุด เช่น เกม Sandbox ที่สร้างโมเดล 3 มิติให้ผู้เล่นรู้สึกว่ายู่ในโลกนั้นจริง ๆ ได้ ซึ่งเมตาเวิร์สต้องทำให้คนที่เข้าใช้งานสัมผัสความรู้สึกได้แบบนั้น

(McKinsey & Company, 2022)

2.2.1 องค์ประกอบของโมเดล 3 มิติ

โมเดล 3 มิติ หรือ รูปทรง 3 มิติจะมีส่วนประกอบของ จุด (Vertex) เส้น (Edge) และ ระนาบ (Face) ดังภาพประกอบที่ 6 หากต้องประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง จะต้องสร้างโมเดลที่มีส่วนประกอบดังกล่าวให้น้อยที่สุด แต่ยังคงตีความได้ว่ารูปทรงนั้นคือรูปทรงอะไร โดยใช้เทคนิคการใส่ลวดลายพื้นผิวแทนการปรับแต่งหรือเพิ่มส่วนประกอบของ Vertex Edge และ Face ภาพประกอบที่ 7 ซึ่งรูปทรง 3 มิติที่มีการใส่พื้นผิวและวัสดุจะต้องมีสีที่สวยงาม สะดุดตา และ ภาพกราฟิกของลวดลายพื้นผิวต้องมีคุณภาพ (บุญญรัตน์ รังสูงเนิน และ สิริกานต์ ไชยสิทธิ์, 2565)



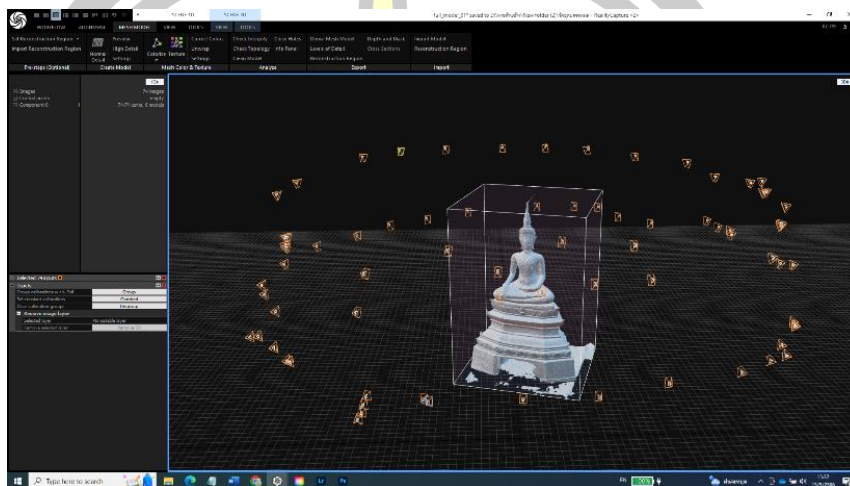
ภาพประกอบที่ 6 Vertex, Edge และ Face ของโมเดล 3 มิติ
(Lawson-Perfect, 2022)



ภาพประกอบที่ 7 โมเดล 3 มิติที่มีการใส่ Material และ Texture
(บุญญรัตน์ รังสูงเนิน และ สิริกานต์ ไชยสิทธิ์, 2565)

ปัจจุบันมีการสร้างโมเดล 3 มิติด้วยเทคโนโลยีกล้องด้วยภาพถ่าย เรียกว่า การรังวัดภาพระยะใกล้ (Photogrammetry) ซึ่งเป็นเทคนิคทางวิศวกรรมศาสตร์ที่ใช้กับการสร้างแบบจำลองและวัดอาคารโครงสร้างทางวิศวกรรม ภาคนิติวิทยาศาสตร์และอุบัติเหตุ เมืองระเบิด ดินโบราณ รวมถึง

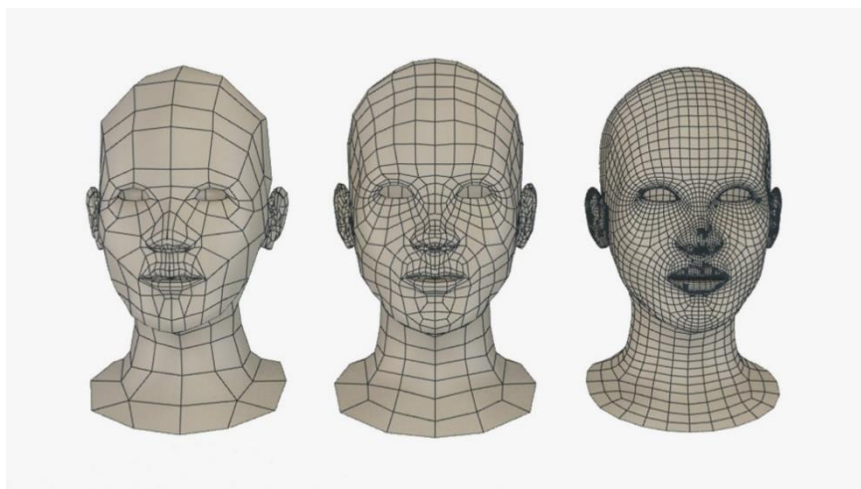
วัตถุทางโบราณคดี โดยภาพถ่ายที่ได้จะมีการทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ประมวลผลออกมาเป็นกลุ่มของจุด 3 มิติ (Point cloud) จากนั้นจึงนำ Point cloud มาจัดเรียงจุด เส้น และระนาบของโมเดล 3 มิติ เพื่อให้ได้โมเดล 3 มิติในรูปแบบรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) (ชวลิต ดวงอุทา, 2565)



ภาพประกอบที่ 8 รูปแบบวัตถุเสมือนจริง 3 มิติด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี (ยุทธศักดิ์ ทองแสน และ รัตน์โชติ เทียนมงคล, 2566)

ในด้านการนำโมเดล 3 มิติมาใช้ในการจำลองสถานการณ์จะคำนึงถึงการคำนวณจำนวน Mesh หรือ Face ของชิ้นงานนั้น ๆ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการสิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ในการประมวลผล ซึ่งการจำลองสถานการณ์มักจะนำโมเดล 3 มิติเข้าไปทำงานต่อใน Game engine ซึ่งต้องมีกระบวนการเพื่อปรับโมเดล 3 มิติให้อยู่ในรูปแบบของโมเดล 3 มิติที่มีรูปหลายเหลี่ยมจำนวนน้อย (Low polygon) ซึ่งจำนวนน้อยหรือมากนั้นเกิดจากการคำนวณจำนวน Mesh หรือ Face ดังแสดงในภาพประกอบที่ 9 (จรรยาพร ทองทิพย์รัตน์, 2563)

พูน ปณ ทัโต ชีเว



ภาพประกอบที่ 9 โมเดล 3 มิติรูปแบบ Low polygon
(Anonymous, 2012)

โมเดล 3 มิติในรูปแบบรูปหลายเหลี่ยม (Polygons) มักนิยมนำไปใช้งานต่อ ไม่ว่าจะเป็นงานจำลองสถานการณ์ เว็บไซต์ แอนิเมชัน เกม ความจริงเสริม ความจริงเสมือน หรือแม้แต่งานเมตาเวิร์ส เนื่องจากโมเดล 3 มิติประเภทนี้สามารถปรับแต่งแก้ไขได้ง่าย มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ 3 มิติที่หลากหลาย โดยขณะที่ผู้พัฒนากำลังขึ้นรูปทรงโมเดล 3 มิติ จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทั้ง 3 ได้แก่ Vertex Edge และ Face ให้เหมาะสมกับซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่กำลังใช้งาน ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 3 ไม่เพียงส่งผลต่อการสิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ขณะสร้างผลงาน แต่ยังส่งผลถึงการนำโมเดล 3 มิติไปใช้งานต่อ รวมถึงการประมวลผลแสดงผลไว้วางหน้า หรือการประมวลผลแสดงผลตามเวลาจริง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อผู้ใช้งานโดยตรง

2.2.2 การประมวลผล 3 มิติ

การประมวลผล 3 มิติ คือการเปลี่ยนถ่ายโมเดล 3 มิติ ฉาก และสภาพแวดล้อม 3 มิติให้ออกมาเป็นสื่อที่สมบูรณ์ เช่น ออกมาเป็นรูปภาพ วิดีโอ ซึ่งการประมวลผล 3 มิติ ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเพื่อสร้างสื่อและเนื้อหาที่หลากหลาย ได้แก่ การแสดงตัวละคร 3 มิติ สินค้า จุลนศาสตร์ สภาพแวดล้อมของเกม ภาพหรือคลิปอื่น ๆ โดยอาศัยชุดฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการประมวลผล หากเป็นการสร้างและประมวลผลที่มีความซับซ้อนเป็นพิเศษ เช่น ภาพยนตร์ Computer generated imagery (CGI) จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่ทรงพลังหรืออุปกรณ์เฉพาะตามข้อกำหนดทางเทคนิคพิเศษ แต่สำหรับซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันการสร้างแบบจำลอง 3 มิติส่วนใหญ่ มักมีฟังก์ชันในตัวเพื่อใช้สำหรับประมวลผลภาพ 3 มิติ (3D-Ace, 2022b) ซึ่งการประมวลผลจะได้ภาพ จะทำให้ได้ภาพ 2 มิติจากข้อมูล 3 มิติ โดยกระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการแก้สมการทางคณิตศาสตร์จำนวนมาก ดังนั้นการประมวลผล 3 มิติ จำเป็นต้องอาศัยทรัพยากรคอมพิวเตอร์

ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตกราฟิก 3 มิติ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถรับใช้หรือใช้งานได้
ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น อาทิเช่น ประมวลผลเพื่อให้สามารถดูหรือใช้งานผ่านแล็ปท็อป, โทรศัพท์มือถือ,
ทีวีหรือหน้าจอภาพยนตร์ (GarageFarm.NET, n.d.)

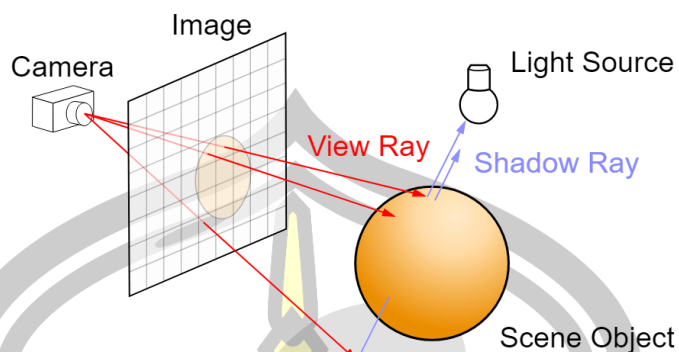


ภาพประกอบที่ 10 Human face render
(Jones, 2014)

การประมวลผล 3 มิตินั้นจะต้องคำนึงถึงการชมหรือใช้งานสื่อ ซึ่งจะแบ่งการประมวลผล
ออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) การประมวลผลการแสดงผลไว้วางหน้า และ 2) การประมวลผลการแสดงผล
ตามเวลาจริง โดยผู้พัฒนาสามารถเลือกใช้การประมวลผล 3 มิติให้เหมาะสมกับสื่อได้ เช่น หาก
ต้องการผลลัพธ์ออกมาเป็นภาพยนตร์แอนิเมชัน 3 มิติผู้พัฒนาควรเลือกการประมวลผลการแสดงผลไว้วางหน้า
หรือหากต้องการผลลัพธ์ออกมาเป็นเกมหรืองานเมตาเวิร์สผู้พัฒนาควรเลือกการประมวล
การแสดงผลตามเวลาจริง

2.2.2.1 การประมวลผลการแสดงผลไว้วางหน้า

การประมวลผลการแสดงผลไว้วางหน้า หรือ Pre-rendering มีกระบวนการสำหรับการจัดการ
กับแสงโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Ray tracing ซึ่งเป็นเทคนิคเดียวกับที่ดวงตาของมนุษย์ใช้ในการรับรู้
วัตถุรอบตัว โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นลำแสงที่เกิดมาจากแหล่งกำเนิดแสงพุ่งมากระทบกับวัตถุ
และสะท้อนออกจากวัตถุ จากนั้นจึงมากระทบกับดวงตามนุษย์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมือน
จริงที่สุด ซึ่งการประมวลผลการแสดงผลไว้วางหน้า จะได้ภาพที่ได้จากการประมวลผลในภายหลัง โดย
ผู้ผลิตกราฟิก 3 มิติ จะต้องทำให้โมเดล 3 มิติมีรายละเอียด พื้นผิว และจัดแสงให้เหมือนจริงตามที่
ต้องการ เมื่อเสร็จแล้ว ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์จะสั่งให้ CPU หรือ GPU หรือทั้งสองอย่าง ประมวลผล
ภาพ 3 มิติออกมาเป็นภาพ 2 มิติ (Visengine Digital Solutions, n.d.)



ภาพประกอบที่ 11 The ray-tracing algorithm
(Wikipedia, 2023)

ข้อดีของการประมวลผลแสดงผลไว้วางหน้าคือการเพิ่มประสิทธิภาพของภาพ หรือ แอนิเมชันที่มีความซับซ้อนให้มีความสวยงาม สมจริงได้ตามที่ต้องการ (3D-Ace, 2022b) นิยมนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในกระบวนการซ้อนภาพ (Compositing) ดังภาพประกอบที่ 12 เพื่อปรับแต่งและเพิ่มมิติของภาพให้มากยิ่งขึ้น กล่าวคือ การประมวลผลแสดงผลไว้วางหน้าสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาแก้ไขและปรับแต่งเพิ่มเติมได้ ก่อนจะนำเสนอภาพ วิดีโอ หรือสื่อนั้น ๆ ออกสู่ผู้ชมหรือผู้ใช้งาน ซึ่งต้องมีการวางแผนเพื่อกำหนดระยะเวลาในการเพิ่มขึ้นตอนการซ้อนภาพนี้ด้วย ซึ่งข้อดีในส่วนนี้เป็นวิธีการหนึ่งสำหรับใช้แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลภาพ 3 มิติ



ภาพประกอบที่ 12 Render pass ที่ใช้ในขั้นตอน compositing
(@5LiD3, 2020)

การประมวลผล 3 มิติ แบบการประมวลผลการแสดงผลไว้วงหน้า เป็นการประมวลผล ภาพทีละภาพหรือเรียกว่าเฟรม ซึ่งแต่ละเฟรมอาจใช้เวลาหลายชั่วโมงหรือหลายวันจึงจะประมวลผล เสร็จสมบูรณ์ การประมวลผล 3 มิติแบบประมวลผลการแสดงผลไว้วงหน้า เริ่มต้นด้วยการสร้างโมเดล การใช้จุด เส้น พื้นผิว ลวดลาย วัสดุ แสงและเงา เอฟเฟกต์ภาพ และองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อสร้าง วัตถุและฉากที่เหมือนจริง จากนั้นทรัพยากรฮาร์ดแวร์จะถูกใช้เพื่อคำนวณภาพที่มองเห็นได้ โดยการ จำลองการประมาณเวลาที่ใช้ในการประมวลผลจากปัจจัยต่าง ๆ อาทิเช่น มุมมอง, จำนวนวัตถุ 3 มิติ, รายละเอียดของโมเดล 3 มิติ, แสง และการเคลื่อนไหวในงานแอนิเมชัน กระบวนการนี้เรียกว่าการ ประมวลผลการแสดงผลไว้วงหน้า หลังจากประมวลผลเสร็จสิ้น เฟรมจะถูกเล่นอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ ได้ผลลัพธ์สุดท้าย

การประมวลผลแบบนี้นิยมใช้กับงานทางสถาปัตยกรรม ภาพยนตร์และโทรทัศน์ แอนิเมชัน โฆษณา ฯลฯ โดยเน้นที่งานศิลปะและวิช่วลเอฟเฟกต์ เพื่อให้ได้เอฟเฟกต์ภาพที่สมบูรณ์ แบบ ซอฟต์แวร์การประมวลผลการแสดงผลไว้วงหน้า ที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ 3ds Max, Maya, Blender, Cinema 4D เป็นต้น ซึ่งมีลักษณะเฉพาะคือต้องจัดฉากล่วงหน้า ตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการ ประมวลผล เช่น เงา อนุภาค การลบรอยหยัก จากนั้นใช้คอมพิวเตอร์หรือบริการเรนเดอร์ฟาร์ม (Renderfarm) เพื่อคำนวณการประมวลผลแบบไม่ต้องมีผู้ดูแลควบคุมการประมวลผลนั้น (Fox Renderfarm, 2020)

2.2.2.2 การประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง

การประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง หรือ Real-time rendering พบมากที่สุดในสื่อ วิดีโอเกม หรือกราฟิก 3 มิติที่มีรูปแบบโต้ตอบกับผู้ใช้ งาน 3 มิติจะถูกคำนวณด้วยความเร็วที่ สูงมากเพื่อให้โมเดล 3 มิติจำนวนมากปรากฏขึ้นในรูปแบบเรียลไทม์เมื่อผู้ใช้งานหรือผู้เล่นเกมโต้ตอบ กับสื่อ จุดประสงค์หลักในการประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง คือการแสดงผลที่สมจริงให้ได้มากที่สุดที่อยู่ในการเร็วขั้นต่ำที่เป็นที่ยอมรับได้คือ 24 เฟรมต่อวินาที ซึ่งเป็นความต้องการขั้นต่ำที่ สายตามนุษย์สามารถสร้างภาพติดตาทำให้เห็นเป็นภาพเคลื่อนไหว กล่าวคือ ในเวลา 1 วินาที ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จะต้องประมวลผลภาพ 3 มิติออกมาให้ได้อย่างน้อยที่สุดคือ 24 ภาพ (Unity, n.d.)



ภาพประกอบที่ 13 เปรียบเทียบระยะเวลาการประมวลผลระหว่าง

Offline rendering engine กับ Unity real time engine

(Mirko, 2020)

การประมวลผลตามเวลาจริงนับว่าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนมาก แต่ด้วยการพัฒนาและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้ซอฟต์แวร์สมัยใหม่สามารถใช้งานการประมวลผลตามเวลาจริง ได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของ Game engine ปัจจุบันจึงมีการประยุกต์ใช้ Game engine พัฒนาสื่อใหม่ เช่น สื่อความจริงเสริม สื่อเสมือนจริง รวมถึงงานด้านเมตาเวิร์ส เนื่องจากการประมวลผลตามเวลาจริงประโยชน์ในด้านการแสดงผลที่รวดเร็ว ไม่ต้องรอการประมวลผลเป็นเวลานาน ผู้พัฒนาสื่อสามารถสร้างผลงานและนำเสนอผลงานได้อย่างรวดเร็ว สามารถมองและเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ ได้อย่างลื่นไหล และได้ตอบกลับฉาก 3 มิติได้ทันที (Software, n.d.) อย่างไรก็ตาม การประมวลผลตามเวลาจริง ก็ยังคงอาศัยเทคนิคที่เรียกว่า Ray tracing เช่นเดียวกับการประมวลผลตามเวลาจริง เนื่องจาก Ray tracing เป็นการจำลองคุณสมบัติทางกายภาพของแสง จึงต้องจำลองเอฟเฟกต์มากมาย รวมถึงการสะท้อนและการหักเหของแสง การกระจายแสง เงาที่นุ่มนวล ความชัดลึก ภาพเบลอกจากการเคลื่อนไหว การบดบังโดยรอบ และแสงทางอ้อม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อประสิทธิภาพของการประมวลผลตามเวลาจริง ทั้งสิ้น จึงก่อให้เกิดเทคนิคใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้งาน 3 มิติ เช่น การลดจำนวน Polygon การลดทอนรายละเอียดจากการแก้ไขโมเดล 3 มิติ การใส่ลวดลายพื้นผิวประเภทต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติสะท้อนแสงเพื่อหลอกตาให้โมเดล 3 มิติมีความสมจริงมากขึ้น เป็นต้น



ภาพประกอบที่ 14 การประมวลผลแสดงผลตามเวลาจริง ด้วยซอฟต์แวร์ Unreal engine (Epic Games, 2018)

2.2.3 Game development workflow

กระบวนการพัฒนาเกม (Game development workflow) หมายถึงชุดขั้นตอน ระเบียบวิธีการที่นำมาปฏิบัติเพื่อลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างพัฒนาเกมซึ่งเป็นขั้นตอนเกี่ยวกับเบื้องหลังการพัฒนาเกม (KinematicSoup, 2016) เนื่องจากการพัฒนาเกมมักจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่มีความซับซ้อนเพื่อสร้างประสบการณ์ที่น่าประทับใจแก่ผู้เล่น โดยนักพัฒนาเกมพยายามสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้และประสบการณ์ผู้ใช้ที่มีความซับซ้อนน้อยลง ในขณะที่พัฒนาเกมที่มีฟังก์ชันที่ซับซ้อนไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้น กระบวนการพัฒนาเกมจึงเป็นการผลิตเกมที่ละขั้นตอนซึ่งจะเกี่ยวกับวิธีการจัดการส่วนต่าง ๆ ในการพัฒนาเกม เช่น การวางแผนเกม, กราฟิก, ดนตรี, Game engine, กรอบเวลา, ตัวละคร, กลุ่มเป้าหมาย, คุณสมบัติ และการวางจำหน่าย เป็นต้น (Neeraj Mishra, n.d.) ซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนาเกมตั้งแต่เริ่มแนวคิดจนกระทั่งพัฒนาเกมจนเสร็จสมบูรณ์ เปรียบเสมือนสายการผลิต ที่ช่วยจัดระเบียบลำดับงาน เพื่อให้ทุกคนในทีมพัฒนาเกมรู้ว่าต้องส่งมอบอะไรและเมื่อใดให้ฝ่ายไหนดำเนินการต่อ แม้ว่ากระบวนการพัฒนาเกมจะแตกต่างกันไปตามโครงการและสตูดิโอ แต่กระบวนการก็ค่อนข้างคล้ายกัน จะเป็นเกมอินดี้ขนาดเล็ก เกมมือถือ หรือเกมระดับโลก โดยกระบวนการดังกล่าวไม่จำเป็นต้องเป็นกระบวนการเชิงเส้นตรง แต่ต้องได้รับการอนุมัติในการส่งมอบงานให้แผนงานอื่นดำเนินการต่อ และสามารถส่งกลับมาแก้ไขได้ (Stefyn, 2022) โดยมี Traditional workflow เป็นกระบวนการทำงานแบบดั้งเดิมที่มีมาอย่างยาวนาน และมีการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าวเพื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับงานสื่อใหม่ด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากงานเกม

2.2.4 เทคนิคสำหรับการปรับโมเดลให้เหมาะกับเมตาเวิร์ส

3D-Ace (2022a) ได้อธิบายว่าอุตสาหกรรมการผลิตโมเดล 3 มิติ มีเทคนิคในการเพิ่มประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติหลากหลายรูปแบบ แต่รูปแบบที่เป็นที่นิยมมีดังนี้

- 1) **Retopology** เป็นการนำโมเดลมาสร้าง Polygon ใหม่โดยอิงโครงสร้างจากโมเดล 3 มิติเดิม ใช้การรวม Vertex, Edge และ Face ทำให้ไฟล์โมเดล 3 มิติมีขนาดเล็กลง
- 2) **LOD application** ย่อมาจาก Level of detail เป็นการแสดงโมเดล 3 มิติแบบแบ่งระดับความละเอียด เช่น เมื่อโมเดล 3 มิติต้องแสดงผลในระยะใกล้จะใช้โมเดลที่มีความละเอียดสูง แต่เมื่อแสดงผลในระยะไกลจะสลับไปใช้โมเดล 3 มิติที่มีความละเอียดต่ำ เพื่อลดการใช้ทรัพยากรของคอมพิวเตอร์ในการประมวลผล
- 3) **Manual brush-up** เทคนิคนี้เป็นการแก้ไขหรือการลบ Polygon ที่บิดเบี้ยว ลบชิ้นส่วนและรายการที่ซ้ำกันหรือไม่จำเป็น ในโมเดลที่มีความสมมาตร
- 4) **Occlusion meshes** คือการสร้างโมเดลเฉพาะส่วนที่มีการแสดงผลเท่านั้น เช่น โมเดลคนใส่เสื้อแขนยาว ก็ทำโมเดลเฉพาะส่วนเสื้อกับมือเท่านั้น ไม่ต้องทำโมเดลในส่วนที่เป็นร่างกายภายในเสื้อ
- 5) **Proxy objects** เป็นการรวมวัตถุ 3 มิติหลาย ๆ ชิ้นเป็นชิ้นเดียว เพื่อลดความจำเป็นในการแสดงผลแยกกันและใช้ทรัพยากร
- 6) **Texture resize/Compression** เป็นเทคนิคในการปรับเปลี่ยนและรวมพื้นผิวหลายชิ้นเข้าด้วยกัน และทำการบีบอัดเพื่อลดขนาดของไฟล์พื้นผิว

2.2.5 การวัดประสิทธิภาพของโมเดลในเมตาเวิร์ส

Laura Lohikoski-Håkansson and Elin Rudén (2013) ได้ทำการวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดลเกม 3 มิติ โดยการสร้างโมเดล 3 มิติ 2 แบบคือโมเดลความละเอียดสูง และโมเดลความละเอียดต่ำ จากนั้นทำการวัดค่าโดยใช้เครื่องมือ Profiling tools ที่มีอยู่ใน Unreal development kit ซึ่งประกอบด้วย

- 1) **The amount of draw calls** โดย Draw calls เกิดจากการวาด Objects ที่แสดงผลในหน้าจอ ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของ CPU และ GPU ดังนั้นผู้พัฒนาควรที่จะลดจำนวน Draw calls ให้มากที่สุด
- 2) **Frame rate** เฟรมเรต หมายถึง จำนวนภาพที่คอมพิวเตอร์ส่งภาพไปยังจอแสดงผล ทุกหนึ่งวินาที มีหน่วยเป็น ภาพต่อวินาที (per second) เรียกกันว่า FPS (Frame per second) เช่น 30 FPS คือ ใน 1 วินาทีจะมีภาพหนึ่งต่อเนื่องกัน 30 ภาพ หากค่านี้มีค่ามากเท่าไร หมายความว่าประสิทธิภาพในการแสดงผลภาพมากขึ้น

3) **Milliseconds per frame** เป็นค่าเวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที ที่คอมพิวเตอร์จะประมวลผลภาพ 3 มิติให้ได้ 1 frame ค่านี้ยิ่งน้อยหมายถึงประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพดีขึ้น

4) **Visible static mesh elements** คือจำนวน Polygon ของโมเดล 3 มิติที่มีการทำการประมวลผลและแสดงผลบนหน้าจอ หากมีจำนวน Polygon น้อยจะช่วยลดการทำงานของ CPU และ GPU

5) **Memory usage** คือการใช้หน่วยความจำ RAM, ROM หรือ Cache ของคอมพิวเตอร์ ยิ่งมีค่า Memory usage น้อยก็จะประหยัดทรัพยากรของคอมพิวเตอร์

Georgios Kouloxidis and Stelios Xinogalos (2022) ได้วิจัยการปรับปรุงประสิทธิภาพของเกมมือถือด้วยเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพขั้นพื้นฐานใน Unity game engine โมเดล 3 มิติ สร้างด้วยซอฟต์แวร์ Blender แบ่งเป็น 2 แบบคือแบบปกติ และแบบที่มีการเพิ่มประสิทธิภาพ จากนั้นนำโมเดลที่ได้มาสร้างเป็นเกม 2 รูปแบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ วัดประสิทธิภาพโดยใช้เครื่องมือใน Unity game engine ดังนี้

1) **Frames per second (FPS)** หรือ เฟรมต่อวินาที หมายถึงจำนวนภาพที่อัปเดตทุกวินาทีบนหน้าจอ การฉายภาพที่รวดเร็วช่วยให้เกิดภาพเคลื่อนไหวต่อสายตามนุษย์ ยิ่งจำนวนเฟรมต่อวินาที หรือรูปภาพมากเท่าไร การเคลื่อนไหวจะราบรื่นยิ่งขึ้น

(1) **FPS 24** เฟรมเรทมาตรฐานที่ใช้กับวงการภาพยนตร์ และเป็น ความเร็วที่มนุษย์สามารถมองภาพได้อย่างชัดเจน และลื่นไหลเป็นธรรมชาติ เป็นค่าที่น้อยที่สุดที่ยอมรับได้โดยไม่ทำให้วิดีโอกระตุก

(2) **FPS 25** เฟรมเรทมาตรฐานที่ใช้กับโทรทัศน์ระบบ PAL

(3) **FPS 30** เฟรมเรทมาตรฐานที่ใช้กับโทรทัศน์ระบบ NTSC และเป็นระดับมาตรฐานสำหรับเกมคอนโซลพกพา, สมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

(4) **FPS 60** ระดับมาตรฐานสำหรับเกมคอนโซล, สมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หน้าจอคอมพิวเตอร์ทั่วไปแสดงผลที่ระดับนี้

(5) **FPS 120 ขึ้นไป** เฟรมเรทที่สามารถแสดงได้บนจอภาพที่มีอัตรารีเฟรชสูงเท่านั้น ต้องใช้อุปกรณ์ในการประมวลผลประสิทธิภาพสูง

2) **Batches** วัตถุใด ๆ ที่ผู้ใช้มองเห็นได้ในฉากของเกมจะถูกส่งจาก Unity game engine ไปยัง GPU เพื่อประมวลผลกราฟิก การดำเนินการนี้เรียกว่า Draw call เป็นการเรียกการวาดวัตถุทุกอย่างของเกม ในกรณีที่โมเดล 3 มิติจำนวนมากจะทำให้ GPU ทำงานหนัก โดยเฉพาะบนอุปกรณ์พกพาเช่นโทรศัพท์มือถือ การแก้ปัญหานี้ทำได้โดยการลด Batches ลง โมเดล 3 มิติที่มีพื้นผิวหรือวัสดุเหมือนกันสามารถรวมชุดกันเพื่อแสดงผลร่วมกันได้ ส่งผลให้ลดการใช้หน่วยความจำขณะใช้งานซอฟต์แวร์และลดการใช้ CPU และ GPU

3) Triangles/Polygons โมเดล 3 มิติที่ใช้ในการพัฒนาเกมจะประกอบไปด้วย Polygon ยิ่งมีจำนวน Polygon ในวัตถุมากเท่าไร วัตถุนั้นก็จะแสดงผลได้สมจริงมากยิ่งขึ้น แต่ต้องการพลังการประมวลผลที่มากขึ้นจาก GPU และ CPU ดังนั้นวิธีหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพโมเดลวิดีโอเกมคือการใช้ Polygon ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในการแสดงผลโมเดล 3 มิติ ซึ่งจะทำให้ใช้ทรัพยากรของเครื่องในการคำนวณการแสดงผลน้อยลง

4) Profiling tools เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ผู้พัฒนาเห็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของเกมในเชิงลึก เช่น เฟอร์เซ็นต์การใช้หน่วยความจำ, การใช้งาน CPU หรือ GPU ในแต่ละขั้นตอน ช่วยให้นักพัฒนาระบุว่ามีปัญหาการใช้ทรัพยากรที่ส่วนใด ซึ่ง Profiling tools มีอยู่ใน Unity game engine อยู่แล้ว ใช้ในการตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของเกม

จากข้อมูลการวัดประสิทธิภาพของโมเดลในเมตาเวิร์ส ผู้วิจัยเลือกเก็บค่าข้อมูล Frames per second (FPS), Batches, Triangles/Polygons, Texture memory และ Unique materials ด้วย Unity game engine โดยกำหนดค่า FPS ไว้ที่ 60 ซึ่งเป็นระดับมาตรฐานสำหรับหน้าจอคอมพิวเตอร์ทั่วไป

2.3 แพลตฟอร์ม Spatial

Spatial คือแพลตฟอร์มเกม 3 มิติที่สามารถสร้างสรรค์และแบ่งปันประสบการณ์โซเซียลที่สมจริง รองรับการทำงานสำหรับเว็บไซต์, อุปกรณ์เคลื่อนที่และ VR ก่อตั้งขึ้นในปี 2560 โดย Anand Agarawala และ Jinha Lee โดยมีจุดมุ่งหมายคือการสร้างสังคมบนอินเทอร์เน็ตที่ผู้ใช้สามารถเข้ามาใช้งานได้อย่างสนุกสนานมากขึ้น โดยช่วงเปิดตัวนั้น Spatial เป็นแอปพลิเคชันสำหรับประชุมและทำงานการร่วมกันแบบ AR VR บนแพลตฟอร์มกิจกรรมเสมือนจริง ต่อมาก็พัฒนาให้รองรับเมตาเวิร์ส และในปัจจุบันที่เมตาเวิร์สนั้นมุ่งไปทางสื่อแบบเกม Spatial ก็ได้พัฒนาเครื่องมือที่สนับสนุนผู้สร้างเกมและเมตาเวิร์สด้วย และ Spatial ก็เป็นแพลตฟอร์มหนึ่งที่ได้รับคามนิยมในการพัฒนาเมตาเวิร์ส

2.3.1 Spatial creator toolkit

Spatial creator toolkit เป็นชุดเครื่องมือสำหรับนักพัฒนา ที่ช่วยให้ทุกคนสามารถสร้างเกมที่สวยงามและประสบการณ์ที่ยอดเยี่ยมด้วยการทำงานร่วมกับโปรแกรม Unity โดยสามารถพอร์ตตัวเกมที่สร้างไปที่แพลตฟอร์มของ Spatial ได้อย่างง่ายและสามารถสร้างรายได้ด้วยส่วนแบ่งการขายสินทรัพย์ดิจิทัล (Spatial.io, 2023)

การพัฒนาด้วย Spatial creator toolkit จะใช้งานร่วมกับโปรแกรม Unity โดยผู้พัฒนาที่ใช้งาน Unity game engine อยู่แล้วไม่ต้องเรียนรู้สิ่งใหม่เพิ่ม ผู้พัฒนาจัดการเกมที่สร้างด้วย Unity อยู่แล้วสามารถเชื่อมเกมของตนเองเข้ากับ Spatial ได้เลย โดย Spatial creator toolkit จะมีเครื่องมือช่วยในการพัฒนา เช่น การแชทด้วยเสียง, วิดีโอ, ข้อความ, ระบบผู้เล่นหลายคน, การค้นหา

ห้อง, การสร้างตัวละคร, โปรไฟล์ผู้ใช้งาน และอื่นๆอีกมากมาย เมื่อสร้างและส่งไปที่แพลตฟอร์ม Spatial แล้วระบบจะเผยแพร่ไปยังเว็บไซต์, iOS, Android และ Meta quest โดยที่สามารถเข้าถึงและใช้งานได้ที่ทันที ผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องออกแบบหรือสร้างเกมสำหรับแพลตฟอร์มและมาตรฐานหรือกังวลเกี่ยวกับข้อกำหนดของ App store ที่แตกต่างกัน ระบบจะจัดการทั้งหมดโดยอัตโนมัติ

2.3.2 Unity game engine

ยูนิตี (Unity) เป็นเกมเอนจิน (Game engine) แบบข้ามแพลตฟอร์มที่ใช้สร้างวิดีโอเกม, ซอฟต์แวร์เชิงโต้ตอบ, อาร์ตทิฟท์เสมือนจริง, ภาพยนตร์, แอนิเมชัน และอื่น ๆ อีกมากมาย โดยมีจุดเด่นคือ รองรับการสร้างเกมทั้งแบบ 2 มิติและ 3 มิติใช้งานง่ายเหมาะสำหรับทั้งมือใหม่และมืออาชีพ รองรับการทำงานบนหลายแพลตฟอร์ม เช่น PC, Mac, Mobile (iOS, Android), Console (PlayStation, Xbox, Nintendo Switch) และ AR VR มี Asset store ขนาดใหญ่ที่รวบรวมโมเดล, เท็กซ์เจอร์, เสียง, สคริปต์ และมีชุมชนผู้ใช้งานขนาดใหญ่ที่พร้อมให้ความช่วยเหลือ Unity พัฒนาโดย Unity technologies ก่อตั้งโดย Joachim Ante และ David Helgason ในปี 2004 เปิดตัวครั้งแรกในปี 2005

Unity เป็น Game engine ยอดนิยมที่ใช้สร้างเกม 2 มิติและ 3 มิติบนแพลตฟอร์มต่าง ๆ มากมาย ด้วยความยืดหยุ่นและเครื่องมือที่หลากหลาย Unity จึงกลายเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับการสร้างเมตาเวิร์สเช่นกัน โดยสรุปข้อดีของการใช้ Unity ในการสร้างเมตาเวิร์สมิดังนี้

- 1) ใช้งานง่าย: Unity มีอินเทอร์เฟซผู้ใช้ที่ใช้งานง่าย เหมาะสำหรับทั้งผู้เริ่มต้นและนักพัฒนาที่มีประสบการณ์
- 2) ความยืดหยุ่น: Unity รองรับการสร้างประสบการณ์ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นเกม แอปพลิเคชัน AR VR หรือโลกเสมือนจริง
- 3) เครื่องมือที่ครบครัน: Unity มาพร้อมเครื่องมือมากมายที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้างโลกเสมือนจริงที่สมจริงและมีชีวิตชีวา
- 4) การรองรับแพลตฟอร์ม: Unity รองรับการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับแพลตฟอร์มต่าง ๆ มากมาย เช่น PC, Mac, Mobile, AR VR และ Console
- 5) ชุมชนที่ใหญ่: Unity มีชุมชนผู้ใช้ที่ใหญ่และช่วยให้นักพัฒนาสามารถหาคำตอบและความช่วยเหลือได้ง่าย

ตัวอย่างการใช้ Unity ในการสร้างเมตาเวิร์ส เช่น Decentraland: แพลตฟอร์มเมตาเวิร์สที่ผู้ใช้สามารถซื้อที่ดิน สร้างอาคาร และเล่นเกม Sandbox: แพลตฟอร์มเมตาเวิร์สที่ผู้ใช้สามารถสร้างเกมและประสบการณ์เสมือนจริง Somnium Space: แพลตฟอร์มเมตาเวิร์สที่ผู้ใช้สามารถซื้อที่ดิน สร้างอาคาร และโต้ตอบกับผู้อื่น

Unity มีเครื่องมือ built-in หลายตัวสำหรับวัดประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติ เครื่องมือเหล่านี้ช่วยให้ นักพัฒนาสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโมเดล 3 มิติและหาจุดที่ต้องปรับปรุง โดยมีเครื่องมือวัดประสิทธิภาพใน Unity ดังนี้

- 1) **Profiler:** แสดงข้อมูลการใช้งาน CPU, GPU, หน่วยความจำ และอื่น ๆ
- 2) **Stat Profiler:** แสดงสถิติเกี่ยวกับจำนวนวัตถุ, Shaders, Draw calls และอื่น ๆ
- 3) **Frame Debugger:** ช่วยให้นักพัฒนาสามารถวิเคราะห์เฟรมของเกมและหาสาเหตุของ

ปัญหา

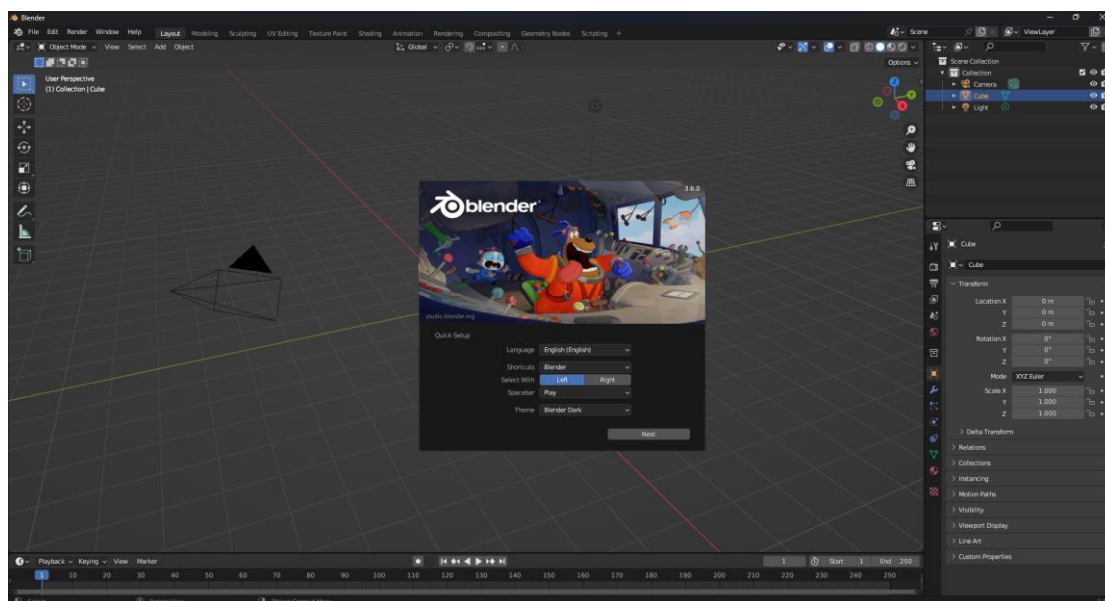
- 4) **Memory Profiler:** แสดงข้อมูลการใช้งานหน่วยความจำของโมเดล 3 มิติ

ตัวอย่างการวัดประสิทธิภาพ เช่น เฟรมเรตคือจำนวนเฟรมที่แสดงบนหน้าจอต่อวินาที เฟรมเรตที่สูงขึ้นหมายถึงภาพที่ลื่นไหล เวลาในการโหลดคือระยะเวลาที่ใช้ในการโหลดโมเดล 3 มิติ การใช้หน่วยความจำคือจำนวนหน่วยความจำที่โมเดล 3 มิติใช้ Draw calls คือจำนวนครั้งที่ GPU เรียกใช้ shaders

2.4 การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender

Blender เป็นซอฟต์แวร์สำหรับสร้างงาน 3 มิติแบบ Opensource ที่เปิดให้ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดมาใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่ายทั้งในรูปแบบการใช้งานในเชิงพาณิชย์และในการใช้งานส่วนตัว รองรับกระบวนการ 3 มิติทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการสร้างโมเดล, การริกกิ้ง, แอนิเมชัน, การจำลอง, การเรนเดอร์, การรวมองค์ประกอบและการติดตามการเคลื่อนไหว แม้กระทั่งการตัดต่อวิดีโอและการสร้างเกม สามารถทำงานแบบข้ามแพลตฟอร์ม ทำงานได้บนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux, Windows และ Macintosh ผู้ใช้สามารถใช้ API ของ Blender สำหรับการเขียนสคริปต์ ด้วยภาษา Python เพื่อปรับแต่งแอปพลิเคชันและเขียนเครื่องมือพิเศษโดยใช้ความสามารถต่าง ๆ ของ Blender เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานสำหรับสร้างสรรค์ผลงานต่าง ๆ (Blender, 2023a)

การใช้งานต้องทำการดาวน์โหลดซอฟต์แวร์ผ่านทางเว็บไซต์ <https://www.blender.org/> และติดตั้ง Blender ลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อทำการเปิดซอฟต์แวร์จะได้หน้าต่างดังภาพประกอบที่ 15



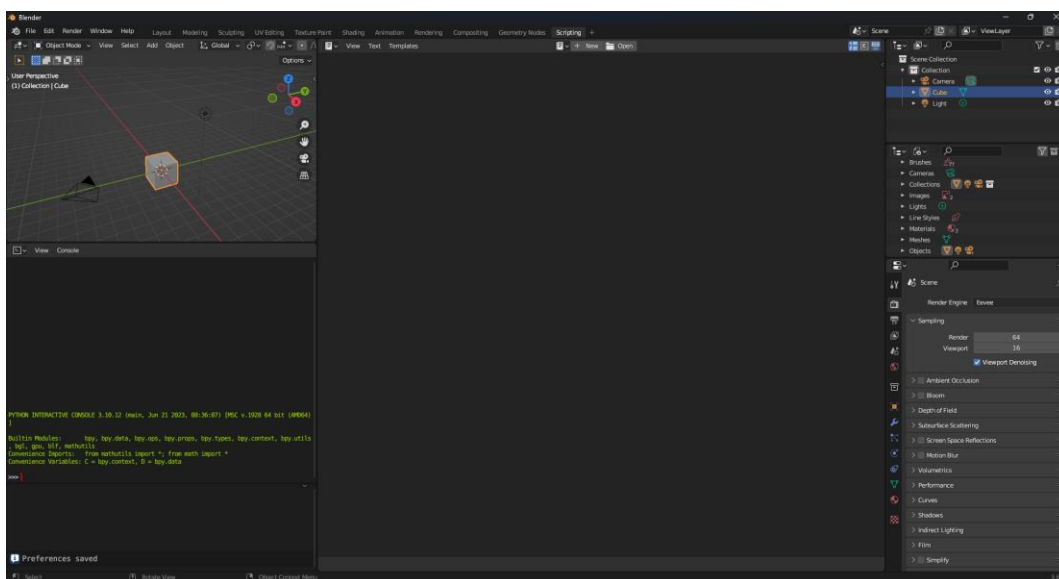
ภาพประกอบที่ 15 หน้าต่างซอฟต์แวร์ Blender

2.4.1 การพัฒนาส่วนเสริมของ Blender

ส่วนเสริม (Add-on) ในซอฟต์แวร์ Blender เป็นเครื่องมือสำหรับอำนวยความสะดวกในการทำงาน เช่น การสร้าง Node สำหรับใส่ Normal map และ UV map ของโมเดล 3 มิติ, การแสดงปุ่มกดหรือคีย์ที่เรากดในระหว่างการใช้งานเพื่อใช้สำหรับการทำคู่มือหรือสื่อการสอนต่าง ๆ หรือแม้แต่การใช้ ส่วนเสริมในการช่วยสร้างโมเดล 3 มิติหรือระบบฟิสิกส์ภายในซอฟต์แวร์ เป็นต้น

ส่วนเสริมในซอฟต์แวร์ Blender เป็น Python module สามารถเขียน Script สำหรับทำงานบน Blender ได้โดยการใช้งาน Text editor ที่มีอยู่ในซอฟต์แวร์อยู่แล้ว โดยหากต้องการทำงานเกี่ยวกับการพัฒนาส่วนเสริมหลังจากเปิดซอฟต์แวร์ Blender ให้เปิดใช้งานแถบที่ชื่อว่า Scripting จะได้พื้นที่การทำงานที่มีลักษณะดังภาพประกอบที่ 16 และภาพประกอบที่ 17

พหุณ ปณ จิต ชเว



ภาพประกอบที่ 16 หน้าต่างการทำงานของ Tab scripting ในซอฟต์แวร์ Blender

```
bl_info = {
    "name": "My Test Add-on",
    "blender": (2, 80, 0),
    "category": "Object",
}

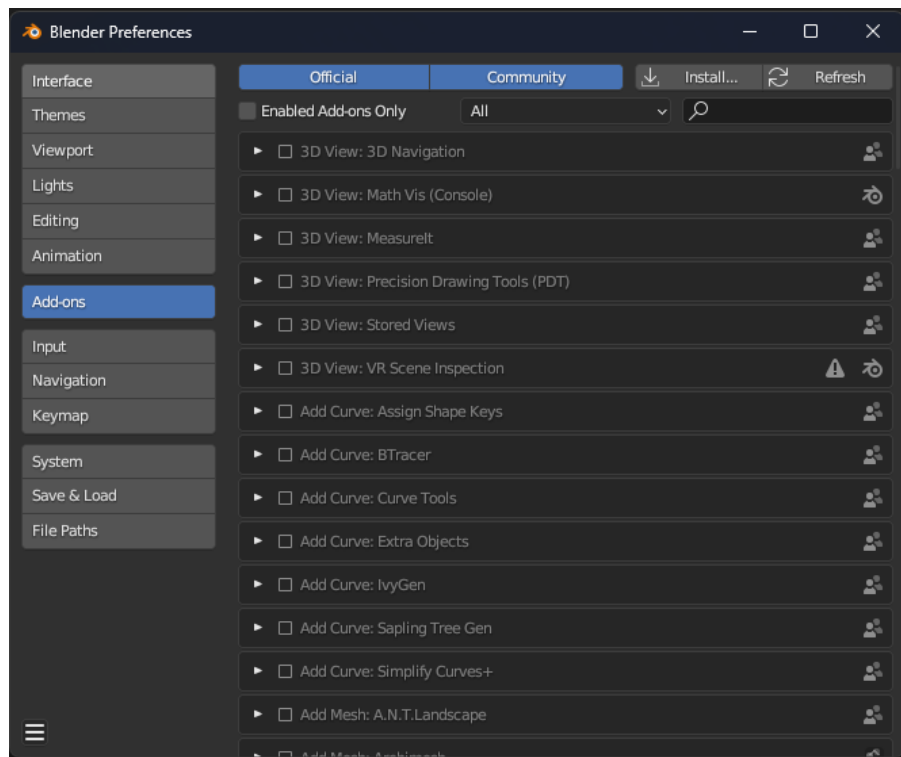
def register():
    print("Hello World")

def unregister():
    print("Goodbye World")
```

ภาพประกอบที่ 17 ตัวอย่าง Script การทำงานของส่วนเสริม
(Blender, 2023b)

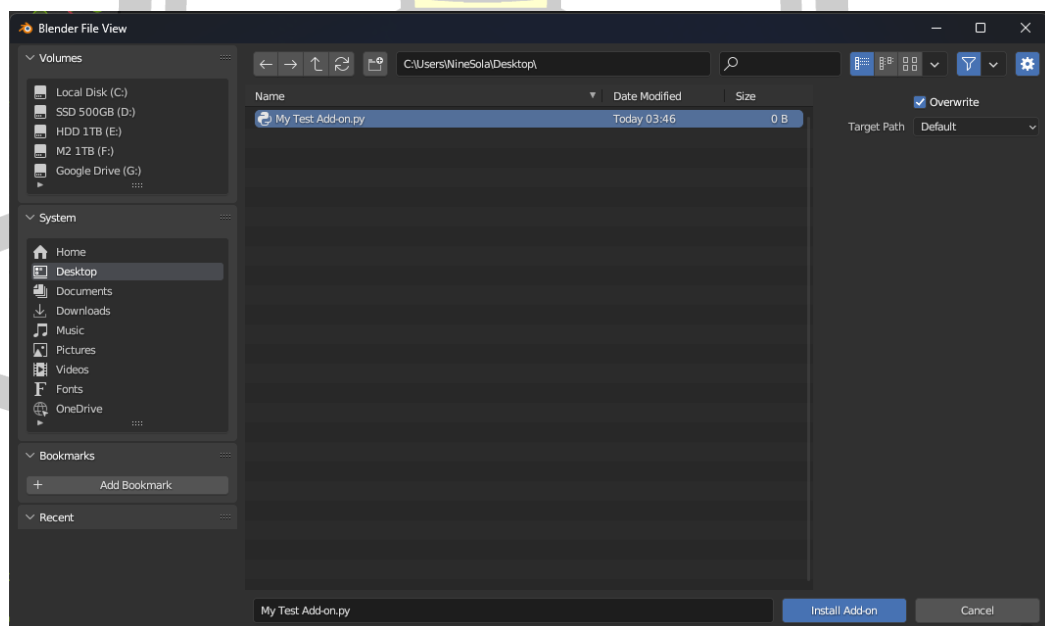
2.4.2 การติดตั้งส่วนเสริมลงบน Blender

การติดตั้งส่วนเสริมลงบน Blender ทำได้โดยการคลิกที่เมนู Edit > Preference จะมีหน้าต่าง pop up ขึ้นมา จากนั้นคลิกไปที่ Add-ons หน้าต่างจะทำการแสดงรายชื่อของส่วนเสริมที่เราได้ติดตั้งไว้หรือส่วนเสริมที่ Blender ได้ทำการเพิ่มไว้ให้ตั้งแต่ตอนติดตั้งซอฟต์แวร์



ภาพประกอบที่ 18 หน้าต่าง Blender Preference ส่วน Add-ons

สามารถทำการเพิ่มส่วนเสริมจากที่สร้างขึ้นเองหรือจากแหล่งอื่นเพื่อใช้งานได้จากปุ่ม install แล้วให้เลือกไปที่ Script .py (Python) ทำการกด Install Add-on



ภาพประกอบที่ 19 การติดตั้งส่วนเสริม

2.5 วงจรการพัฒนากระบวนการ (System development life cycle : SDLC)

วงจรการพัฒนากระบวนการ (System development life cycle : SDLC) เป็นแนวคิดของกระบวนการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมต่าง ๆ เป็นกระบวนการต่อเนื่องหลายขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มคิดพัฒนาถึงสิ้นสุดกระบวนการพัฒนา จนกระทั่งซอฟต์แวร์ที่พัฒนาใช้งานได้ มีการกำหนดขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อสามารถพัฒนาและส่งมอบซอฟต์แวร์ ได้อย่างมีคุณภาพและสมบูรณ์ (bluerotor, ม.ป.ป.) โดยทั่วไปแล้ว SDLC จะประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนได้แก่



ภาพประกอบที่ 20 วงจรการพัฒนากระบวนการ 6 ขั้นตอน
(panda, 2011)

1) การวิเคราะห์ (Analysis) เริ่มต้นเก็บข้อมูลความต้องการ วิเคราะห์ความต้องการของระบบที่จะเริ่มพัฒนา ซึ่งเป้าหมายของขั้นตอนนี้ คือ กำหนดค่าจำกัดความโดยละเอียดของข้อกำหนดของระบบ กำลังทำอะไร และต้องการอะไร ซึ่งผู้ที่อยู่ในกระบวนการนี้ทุกคน ควรจะเข้าใจงานอย่างชัดเจนและนำข้อกำหนดทั้งหมดไปปฏิบัติอย่างไรกำหนดระยะเวลา งบประมาณ และเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์

2) การออกแบบ (Design) ขั้นตอนนี้ Developer จะนำ Requirement ที่ได้มาออกแบบ เช่น Design สถาปัตยกรรมที่จะใช้ (Architects) ส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน (User Interface) ภาษาที่จะใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ Design ฐานข้อมูล Security และ Network เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะได้ System design specification ซึ่งสามารถให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหรือผู้เชี่ยวชาญได้ Review และสามารถให้คำแนะนำได้

3) การพัฒนา (Development) ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์โดยทีม Developer โดยจะเริ่มนำ Design และ Requirement ต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบในขั้นตอนที่ 2) และ 3) มาเริ่มเขียนโปรแกรม การพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นสามารถนำเครื่องมือต่าง ๆ มาช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ เครื่องมือที่จะนำมาใช้นั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของซอฟต์แวร์ เมื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์เริ่มขึ้นจะเริ่มแต่

ละ Feature ย่อยจากนั้นค่อย ๆ รวมแต่ละ Feature ย่อยเข้าด้วยกันให้เป็นระบบ ในการพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นจะพัฒนาได้อย่างรวดเร็วหาก Phase ช่วงการ Design นั้นละเอียดและมีเอกสารที่เข้าใจได้ง่าย

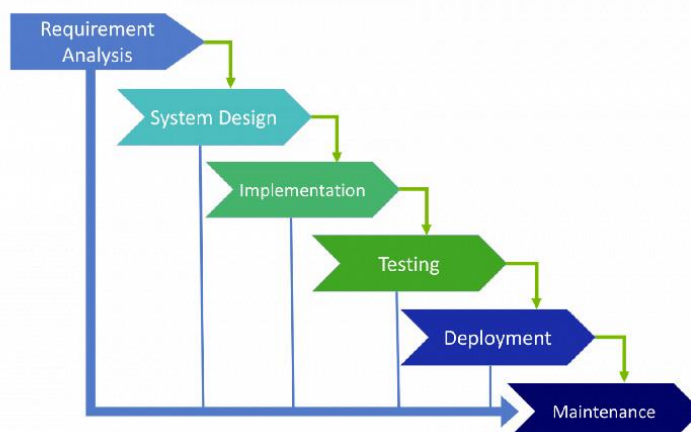
4) การทดสอบ (Testing) เมื่อพัฒนาระบบจนเสร็จก็ต้องทำการทดสอบหาข้อผิดพลาด (Testing) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งกระบวนการนี้เป็นกระบวนการหาข้อบกพร่องของระบบทั้งหมดเพื่อให้นักพัฒนาได้แก้ไข กระบวนการทดสอบจะทำซ้ำจนกว่าปัญหาจะหมดและซอฟต์แวร์เสถียรที่สุด หากพบว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากการทำงานของระบบต้องปรับแก้ไขให้เรียบร้อยพร้อมใช้งานก่อนนำไปติดตั้งใช้จริง

5) การติดตั้งใช้งาน (Deployment) เป็นขั้นตอนการนำระบบที่พัฒนาจนสมบูรณ์มาติดตั้ง (Installation) และเริ่มใช้งานจริง ในส่วนนี้นอกจากติดตั้งระบบใช้งานแล้ว ยังต้องมีการจัดเตรียมขั้นตอนการสนับสนุนส่งเสริมการใช้งานให้สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ โดยจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมผู้ใช้งาน (Training) เอกสารประกอบระบบ (Documentation) และแผนการบริการให้ความช่วยเหลือ (Support) เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง

6) การซ่อมบำรุงระบบ (Maintenance) เป็นขั้นตอนการบำรุงรักษาระบบต่อเนื่องหลังจากเริ่มใช้งาน ผู้ใช้ระบบอาจพบปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลัง ควรกำหนดแผนค้นหาปัญหาอย่างต่อเนื่อง ติดตามประเมินผล เก็บรวบรวมคำร้องขอให้ปรับปรุงระบบ วิเคราะห์ข้อมูลร้องขอให้ปรับปรุงระบบ บำรุงรักษาซอฟต์แวร์เพื่อให้ผู้ใช้งานพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งในการแก้ไขก็อาจจะกลับไปเริ่มในขั้นตอนที่ 1 ถึง 6 ใหม่ (New development cycle)

ปัจจุบันนี้มีการนำ Model มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือเรียกว่า Process model เพื่อเป็นวิธีการหรือแนวทางในการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้ประสบผลสำเร็จ มีการพัฒนาอยู่หลายโมเดล แต่ละโมเดลก็มีข้อดี-ข้อด้อย แต่ทุกโมเดลล้วนเป็นกระบวนการในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จทั้งสิ้น

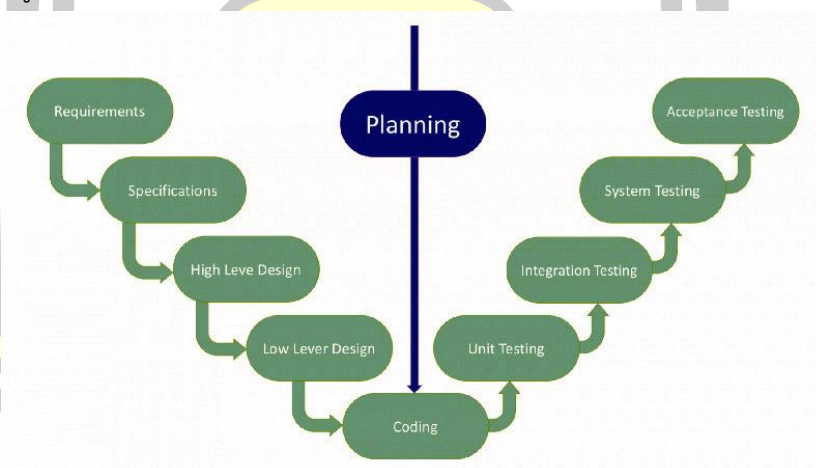
1) Waterfall model เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามลำดับขั้นตอนโดยต้องพัฒนาแต่ละขั้นตอนให้สำเร็จถึงจะพัฒนาขั้นตอนถัดไปได้ การใช้ Waterfall model นั้นมีข้อจำกัดว่าหากมีการแก้ไขระหว่างที่กำลังพัฒนาซอฟต์แวร์อยู่จะทำได้ช้าเพราะหากต้องการแก้ไขจะต้องกลับไปเริ่มในขั้นตอนแรกใหม่



ภาพประกอบที่ 21 Waterfall SDLC model schema

(อาร์เอ็ม ออนไลน์ เซอร์วิสเชส, 2564)

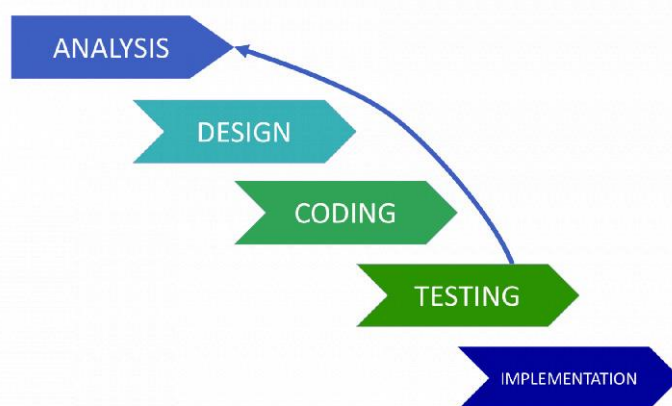
2) V-Model เป็น Model ที่พัฒนาต่อยอดจาก Waterfall model โดยในแต่ละ Phase ของการพัฒนาซอฟต์แวร์สามารถตรวจสอบ (Verification) คุณภาพควบคู่ไปกับการพัฒนาของแต่ละ Phase ได้ ในการตรวจสอบนั้นจะตรวจสอบตั้งแต่ Requirement, Design, Code, Unit Test และ Integration test ดังนั้นเมื่อซอฟต์แวร์มีการตรวจสอบมากขึ้นก็จะสามารถลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความถูกต้องในการทำงานของซอฟต์แวร์ได้มากยิ่งขึ้น



ภาพประกอบที่ 22 V-shaped SDLC model schema

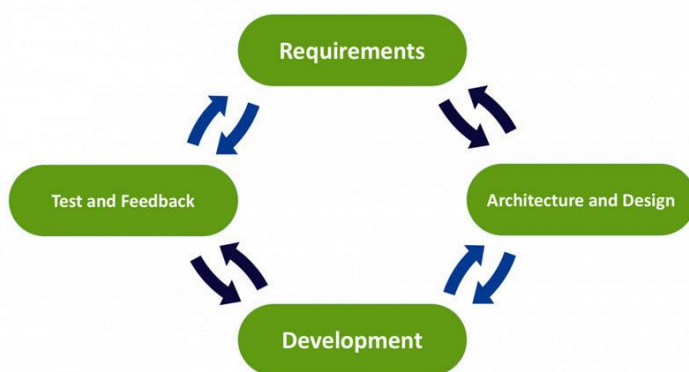
(อาร์เอ็ม ออนไลน์ เซอร์วิสเชส, 2564)

3) Iterative model เป็นการส่งมอบซอฟต์แวร์ในเวอร์ชันแรก ๆ อย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้ใช้งานประเมินว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ หลังจากนั้นจะซอฟต์แวร์ในเวอร์ชันต่อ ๆ ไปอย่างรวดเร็ว (Iterative)



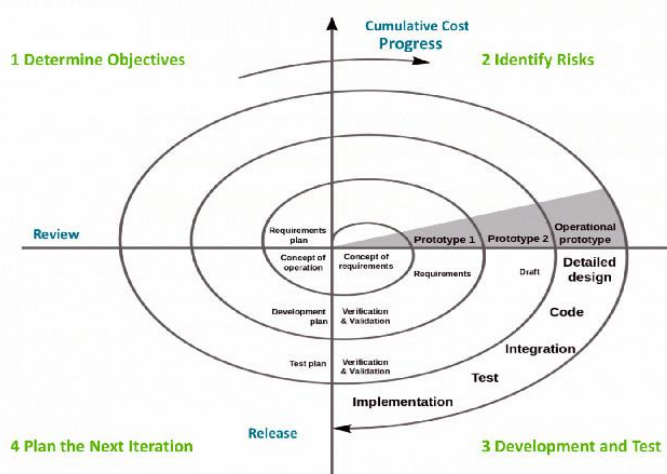
ภาพประกอบที่ 23 Iterative SDLC model schema
(อาร์เอ็ม ออนไลน์ เซอร์วิสเชส, 2564)

4) **Agile model** เป็น Model ที่เน้นปฏิสัมพันธ์และตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างรวดเร็ว กรอบการพัฒนาซอฟต์แวร์ในระยะเวลาสั้น ๆ (Sprint) เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว สามารถรับข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานได้อย่างรวดเร็ว



ภาพประกอบที่ 24 Agile SDLC model schema
(อาร์เอ็ม ออนไลน์ เซอร์วิสเชส, 2564)

5) **Spiral model** เป็นการนำ Waterfall model มาพัฒนาต่อยอดโดยจะมีการประเมินในแต่ละ Phase เพื่อลดความเสี่ยงในการพัฒนาซอฟต์แวร์



ภาพประกอบที่ 25 Spiral SDLC model schema

(อาร์เอ็ม ออนไลน์ เซอร์วิสเชส, 2564)

อาติลัน ยูโซะ, อตินันท์ เปาะมะ และ อัจฉราพร ยกขุน (2565) ได้พัฒนาระบบเช็คชื่อผู้เข้าเรียนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยดำเนินการตามขั้นตอนวัฏจักรการพัฒนากระบบ (SDLC) มี 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) **การวิเคราะห์ระบบ** เป็นขั้นตอนการศึกษาและรวบรวมข้อมูล โดยพิจารณาจากระบบเดิมที่มีอยู่ แต่ผู้ใช้งานต้องการประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้น เพื่อให้ติดต่อสื่อสารกันได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการข้อมูล

2) **การออกแบบระบบ** มีการออกแบบหลายส่วน ได้แก่

- (1) การออกแบบระบบโดยใช้ภาพรวมการทำงานของระบบ
- (2) การออกแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลการพัฒนากระบบ
- (3) การออกแบบฐานข้อมูล

(4) การออกแบบหน้าจอ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การออกแบบข้อมูลนำเข้า และการออกแบบผลลัพธ์

3) **การพัฒนากระบบ** เป็นการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ หรือการเขียนโค้ด เพื่อพัฒนากระบบให้แล้วเสร็จตามที่ตั้งไว้

4) **ขั้นตอนการทดสอบใช้งาน** เป็นการทดลองใช้งานจากผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบ

5) **การประเมินคุณภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน** โดยใช้แบบสอบถามประกอบ ซึ่งประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้งานระบบ

ศศิพัชร บุญขวัญ, นิภารัตน์ นักตรีพงศ์, นุชนารถ กฤษณมรย์ และ กาญจนพรรณ จรพงศ์ (2565) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลอาหารพื้นถิ่น อำเภอพรหมคีรี จังหวัด นครศรีธรรมราช โดยใช้วัฏจักรของการพัฒนาระบบแบบ SDLC แบ่งกระบวนการพัฒนาออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนาระบบ และการบำรุงรักษา ระบบเมื่อผู้ใช้เพิ่มเติมความต้องการหรือแก้ไขข้อมูลบางส่วน โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งจากข้อมูลที่ได้ ผู้วิจัยจึงแบ่งสิทธิ์การใช้งานระบบออกเป็น 2 สิทธิ์ คือ ผู้ดูแลระบบและ ผู้ใช้ทั่วไป และมีการกำหนดฟังก์ชัน คือ การจัดการข้อมูลผู้ดูแลระบบ และการจัดการข้อมูลอาหาร จากการการออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้วย SDLC ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายขึ้น มีความเร็วในการเชื่อมต่อข้อมูล และจากการประเมินโดยรวมของระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดีและสามารถนำระบบไปใช้งานจริงได้

Novi Dian Nathasia and Winarsih (2020) ได้พัฒนาระบบคลังวิดีโอที่เพิ่มขึ้นและครอบคลุมโดยใช้วิธี SDLC ซึ่งเป็นรูปแบบกระบวนการการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างต่อเนื่องอย่างค่อยเป็นค่อยไปตามกลไกที่มีอยู่ 5 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) **การวางแผน** โดยการทำแอปพลิเคชันนี้มีไว้สำหรับช่วยให้ผู้ตรวจสอบสามารถประเมินและคำนวณการปฏิบัติงานของพนักงานได้ง่ายขึ้น
- 2) **การวิเคราะห์** โดยการศึกษาเอกสารและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์ภาพรวมของแอปพลิเคชัน ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลนี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเอกสารที่ศึกษาเพิ่มเติม
- 3) **การออกแบบ** ซึ่งการออกแบบนี้จะช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปได้อย่างราบรื่น โดยการทำให้ผังไดอะแกรมการใช้งาน และแผนภาพกิจกรรมการใช้งานแอปพลิเคชัน รวมถึงการออกแบบกราฟิกแอปพลิเคชัน
- 4) **การนำไปใช้งาน** หลังจากออกแบบเสร็จแล้วได้มีการทดสอบระบบในส่วนของการใช้งาน
- 5) **การบำรุงรักษา** เป็นกิจกรรมที่มุ่งรักษาประสิทธิภาพของระบบเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามแผนอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรของการพัฒนาระบบแบบ SDLC ผู้วิจัยสรุปได้ว่า SDLC เป็นขั้นตอนการพัฒนาระบบมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนาและทดสอบ การนำไปใช้ และการซ่อมบำรุงระบบ โดยผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบ Waterfall model เนื่องจากเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก สามารถนำขั้นตอนดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เป็นขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาส่วนเสริมให้กับซอฟต์แวร์ได้ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานให้มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น

2.6 ความพึงพอใจ

2.6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

จักรกฤษณ์ หาญชัย (2566) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่สามารถเพิ่มหรือลดประสิทธิภาพในการทำงานได้ เป็นความรู้สึกภายในตัวของบุคคลของผู้ปฏิบัติงานที่มีต่องานซึ่งมีผลโดยตรงกับผลที่เกิดกับงาน

ทรงภพ ขุนมธูรส และ กาญจนา วิชญาปกรณ (2564) กล่าวว่า ความพึงพอใจคือ ระดับความรู้สึกที่พอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นจากบุคคลและกิจกรรมต่าง ๆ เป็นความรู้สึกเชิงบวกหรือเชิงลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับการได้รับการตอบสนองตามความต้องการของบุคคลนั้นว่าจะเกิดความรู้สึกพึงพอใจมากน้อยเพียงใด และการศึกษาความพึงพอใจมีประโยชน์ 2 ลักษณะ คือ 1) เพื่อรับรู้ความคิดเห็นและความต้องการของบุคคล 2) เพื่อให้ได้ข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงให้สอดคล้องกับความต้องการของบุคคล

มุกิตา สร้อยเพชร และ พรพรรณ บัวทอง (2564) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงทัศนคติที่เป็นนามธรรม เกี่ยวกับจิตใจ อารมณ์ ความรู้สึกที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ไม่สามารถมองเห็นรูปร่างได้ นอกจากนี้ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกด้านบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อาจเกิดขึ้นจากความคาดหวัง หรือเกิดขึ้นเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลได้ ซึ่งความพึงพอใจ ที่เกิดขึ้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามค่านิยมและประสบการณ์ของตัวบุคคล

ทิพย์วิมล ณัฐศรี (2566) กล่าวว่า ความพึงพอใจคือความเต็มใจที่จะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งส่งผลให้กระทำสิ่งนั้นอย่างมีความสุขและทำให้งานประสบผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาความหมายของความพึงพอใจผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความพึงพอใจคือความรู้สึกส่วนบุคคลที่รู้สึกชอบหรือไม่ชอบ ก่อให้เกิดทัศนคติที่เป็นนามธรรมจากการได้รับการตอบสนองความต้องการ หากบุคคลได้รับการตอบสนองตามความต้องการที่ไม่มากไม่น้อยเกินไปจะส่งผลให้บุคคลนั้นมีความพึงพอใจ และแสดงออกมาเป็นพฤติกรรมโดยการทำสิ่งนั้นอย่างมีความสุข นำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้

2.6.2 การวัดความพึงพอใจ

พัฒนา พรหมณี, ยูพิน พิทยาวัฒนชัย และ จิระศักดิ์ ทัทพา (2563) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ เป็นสภาวะทางอารมณ์ของบุคคลเมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการตามความคาดหวัง โดยจะแสดงออกมาเป็นความชอบหรือไม่ชอบ โดยประเมินจากความรู้สึก ความคิด และพฤติกรรม สามารถประเมินด้วยวิธีการสังเกต การสัมภาษณ์ และการสอบถาม ซึ่งที่นิยมคือการใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นอย่างรอบคอบ ถูกต้อง เหมาะสมตามทฤษฎีของการวัดผล ประเมินผล และแปลผล

บุรินทร์ รุจจนพันธุ์ (2553) กล่าวว่า เกณฑ์การให้คะแนนและเกณฑ์ประเมินความพึงพอใจ โดยใช้ Scale 5 ระดับ หรือที่เรียกว่าวัดเจตคติตามเทคนิคของของลิเคิร์ท (Likert technique) หรือแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ทสเกล โดยสถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ปรารธนา มินเสน (2561) กล่าวว่า หลักการออกแบบแบบสอบถาม/แบบสำรวจความพึงพอใจ มักประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ คำชี้แจง ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบ และคำถามที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม คือ 1) ศึกษาคุณลักษณะที่จะวัดหรือปัจจัยที่จะศึกษา 2) กำหนดลักษณะของคำถาม เป็นคำถามปลายเปิดหรือปลายปิด 3) ร่างแบบสอบถาม 4) ปรับปรุงและวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบถาม

จากการศึกษาการวัดความพึงพอใจ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจสามารถทำได้หลายวิธีการ ได้แก่ วิธีการสังเกต การสัมภาษณ์ และการสอบถาม โดยส่วนใหญ่มักนิยมใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้น ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ คำชี้แจง ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบ และคำถามที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ โดยคำถามที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจนิยมใช้เป็นคำถามปลายปิด โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนและเกณฑ์ประเมินความพึงพอใจรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการที่กล่าวข้างต้นสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมซอฟต์แวร์ Blender เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

ชวลิต ดวงอุทา (2565) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสแกน 3 มิติต้นทุนต่ำสำหรับสร้างฉากเกมเสมือนจริงกรณีศึกษาพัฒนาฉากอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร โดยใช้กระบวนการสร้างโมเดล 3 มิติผ่านภาพถ่ายที่เรียกว่า การรังวัดภาพระยะใกล้ (Photogrammetry) จากนั้นทำการลดขนาดไฟล์ด้วยวิธีการ Retopology เพื่อให้โมเดลมีจำนวน Polygon น้อยลง และเพิ่มความเหมือนจริงด้วยพื้นผิว (Texture) เพื่อให้ไฟล์มีขนาดเล็ก สามารถนำไปใช้กับงานเกมได้ และมีข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปว่าควรมีการวิจัยหรือศึกษาเทคนิคใหม่เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยนำแนวทางการพัฒนาสแกน 3 มิติต้นทุนต่ำไปศึกษาและพัฒนาต่อยอด จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจต่อยอดงาน โดยการเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติด้วยการลดขนาดและจำนวนไฟล์พื้นผิว

อภิวัฒน์ ปันทะธง และ จิรวัฒน์ สุขแก้ว (2565) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างสื่อดิจิทัลแบบจำลอง 3 มิติพระพุทธรูปหินทรายสกุลช่างพะเยา ภายในหอวัฒนธรรมนิทัศน์ วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา โดยสร้างแบบจำลอง 3 มิติพระพุทธรูป จากการเก็บข้อมูลรูปทรง สัดส่วน และพื้นผิวของพระพุทธรูป ด้วยเทคนิค Photogrammetry และลดทอนขนาดของความละเอียดโมเดล 3 มิติ

ด้วยเทคนิค Retopology ผลการประเมินด้านการนำเสนอพบว่าสื่อมีความเร็วในการใช้งานระดับปานกลาง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเสนอวัตถุ 3 มิติเหมาะสมในการใช้งานระดับปานกลาง ในส่วนรายการอื่น ๆ ได้แก่ ด้านรูปทรง พื้นผิว และข้อมูลของแบบจำลอง 3 มิติมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ดังนั้นผู้วิจัยสนใจต่อยอดงานวิจัยนี้โดยศึกษาการปรับปรุงการแสดงผลของพื้นผิว ซึ่งจะทำให้การแสดงผลวัตถุ 3 มิติแบบการประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริงมีค่า Frame per second และความเร็วในการใช้งานสูงขึ้น ส่งผลให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น

บุญรัตน์ รุ่งสูงเนิน และ สิริกานต์ ไชยสิทธิ์ (2565) ได้วิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนา รูปทรง 3 มิติ แนวจินตนิมิต สำหรับศึกษาองค์ประกอบเมืองเก่านครราชสีมา โดยการพัฒนารูปทรง 3 มิติใช้วิธีการขึ้นรูปทรงแบบจำลองใหม่ ลดทอนรายละเอียด และยังคงสัญลักษณ์หรือจุดเด่นของสถาปัตยกรรมไว้ สร้างภาพพื้นผิว โดยการตัดรูปทรง 3 มิติออกมาเป็นภาพ 2 มิติ (Create UV map) จากนั้นจึงนำภาพ 2 มิตินี้ไปสร้างลวดลาย ทำให้ได้ไฟล์พื้นผิวที่มีลวดลายจำนวนมาก แต่มีข้อดีคือสามารถควบคุมรูปแบบงานโดยรวมให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันได้ มีการจัดแสดงผลงานแบบจำลอง 3 มิติบนเว็บไซต์ผ่าน Browser แบบการประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริง จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจประยุกต์ใช้วิธีการสร้างพื้นผิวโดยใช้เทคนิค Create UV map ร่วมกับเทคนิคอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการจัดการพื้นผิวและวัสดุสำหรับโมเดล 3 มิติ

2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Penuel Rantakangas (2020) ได้วิจัยการเปรียบเทียบวิธีการสร้างโมเดล 3 มิติแบบความละเอียดปานกลาง (Medium Poly) กับวิธีทั่วไป โดยเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการลดจำนวน Polygon และปรับปรุงพื้นผิวของโมเดล โดยส่วนหนึ่งของงานวิจัยใช้เทคนิค Texture atlas ที่เป็นการรวมพื้นผิวหลาย ๆ รูปแบบมาไว้ในภาพเดียว แม้ว่าการใช้เทคนิค Texture atlas จะใช้เวลาในการทำงานมากกว่าวิธีปกติ แต่ผลจากการเปรียบเทียบโดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างพบว่าขนาดไฟล์พื้นผิวลดลงจาก 17 เมกะไบต์เหลือ 1.5 เมกะไบต์ และสามารถนำพื้นผิวดังกล่าวกลับมาใช้ซ้ำได้ ทำให้ลดการใช้ทรัพยากรหน่วยความจำ การประมวลผล และสามารถนำทรัพยากรที่เหลือไปเพิ่มรายละเอียดในด้านการออกแบบรูปทรงให้กับโมเดล 3 มิติได้ จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจประยุกต์ใช้เทคนิค Texture atlas เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สโดยพัฒนาส่วนเสริมสำหรับซอฟต์แวร์ Blender เพื่อลดขั้นตอนการสร้างพื้นผิว

Kyung-Kyu Kang and Chang-Joon Park (2022) ได้พัฒนาระบบการลดขนาดไฟล์โมเดล 3 มิติที่เป็นสิ่งก่อสร้างมีความหนาแน่นสูง ซึ่งโมเดลสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้ได้มาจากการถ่ายภาพสถานที่จริงซึ่งมีหลายอาคารกระจุกตัวอยู่กันอย่างหนาแน่น จากนั้นจึงทำการลดขนาดไฟล์ด้วยวิธีการ

Retopology แต่ยังคงรายละเอียดโครงสร้างโมเดล 3 มิติที่ใกล้เคียงกับของจริงด้วยวิธีการแทนที่ลักษณะพื้นของผิวโมเดลด้วยภาพพื้นผิวและ Normal map ซึ่งการลดขนาดไฟล์นี้จะส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการประมวลผลแสดงผลตามเวลาจริงที่จะถูกนำไปใช้ในงานเมตาเวิร์ส จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจกระบวนการใช้ภาพพื้นผิวมาใช้ในการลดขนาดไฟล์ โดยผู้วิจัยจะต่อยอดไปถึงการลดจำนวนและควบคุมการใช้พื้นผิวทั้งหมดในฉากของเมตาเวิร์ส

Georgios Koulaxidis and Stelios Xinogalos (2022) ได้วิจัยการปรับปรุงประสิทธิภาพของเกมมือถือด้วยเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพขั้นพื้นฐานใน Unity game engine โดยพัฒนาเกมยิงปืนสำหรับอุปกรณ์มือถือ Android ซึ่งโมเดล 3 มิติได้ออกแบบด้วยซอฟต์แวร์ Blender และพัฒนาด้วย Unity game engine โดยพัฒนาเกมมา 2 รูปแบบ รูปแบบแรกใช้เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพโมเดลขั้นพื้นฐานด้วยการลดจำนวน Polygon ลดขนาดไฟล์พื้นผิวและการรวมวัตถุ ส่วนรูปแบบที่สองไม่ได้ใช้เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพข้างต้น จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากค่า Frames per second (FPS), Batches, Triangles/Polygons และ Profiling tools พบว่าแบบที่ใช้เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพโมเดลขั้นพื้นฐานได้รับประสบการณ์การใช้งานที่ดีขึ้นและใช้ทรัพยากรน้อยลงเพื่อให้เกมทำงานได้อย่างราบรื่น โดยมีข้อสังเกตว่าหากการพัฒนาเกมมีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพนี้จะส่งผลกระทบต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมตาเวิร์สมีการสร้างโลกจำลองขนาดใหญ่ จำเป็นต้องใช้โมเดล 3 มิติจำนวนมาก จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำวิธีการวัดและเปรียบเทียบค่า Frames per second (FPS), Batches, Triangles/Polygons และ Profiling tools มาประยุกต์เพื่อหาประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติด้วย Unity game engine



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์สผู้วิจัยได้กำหนดเป็นขั้นตอน และมีวิธีการดำเนินการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

- 3.1 ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และสถานที่ทำการวิจัย
- 3.2 วิธีดำเนินการวิจัย
- 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.7 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และสถานที่ทำการวิจัย

1) ประชากร คือ นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1,109 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 24 กันยายน 2566)

2) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 44 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการออกแบบรูปทรง 3 มิติ

3) สถานที่ทำการวิจัย คือ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

พูน ปณ จิโต ชีเว

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 5 ระยะดังภาพประกอบที่ 26



ภาพประกอบที่ 26 วิธีดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

- 1) ศึกษา รวบรวมข้อมูล เอกสาร หนังสือ วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติ เพื่อหาแบบการจัดการพื้นผิวและวัสดุสำหรับเมตาเวิร์ส
- 2) นำวิธีการที่ได้ศึกษา รายงานผลต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และให้ผู้เชี่ยวชาญจัดลำดับวิธีการที่เห็นควรว่าเป็นวิธีการที่ได้ประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุดในการจัดการโมเดล 3 มิติ เพื่อนำไปพัฒนาส่วนเสริม
- 3) รวบรวมข้อมูลและข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อคัดเลือกวิธีการที่ค่าว่ามีประสิทธิภาพกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์สมากที่สุดมาพัฒนาเป็นส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender

ระยะที่ 2 พัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส

นำรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดที่ได้จากระยะที่ 1 มาออกแบบและพัฒนาเป็นส่วนเสริมซอฟต์แวร์ Blender โดยใช้วงจรการพัฒนาระบบงาน (SDLC)

ระยะที่ 3 ตรวจสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ให้กลุ่มตัวอย่างทำการใส่พื้นผิวและวัสดุกับโมเดล 3 มิติที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ โดยใช้วิธีการคือ 1) ไม่ใช้ส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender 2) ใช้ส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender
- 2) ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสำรวจความพึงพอใจหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส
- 3) รวบรวมข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ

ระยะที่ 4 ทวนสอบส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender โดยผู้เชี่ยวชาญ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส
- 2) สาธิตวิธีการใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ที่พัฒนาขึ้น
- 3) นำเสนอชิ้นงาน ด้วยโมเดล 3 มิติที่สร้างด้วยส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender แก่ผู้เชี่ยวชาญ และรายงานผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้และไม่ใช้ส่วนเสริม
- 3) สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) เพื่อวิเคราะห์ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

ระยะที่ 5 วิเคราะห์ผล สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ ส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลการแสดงผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส
- 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
 - (1) แบบบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ
 - (2) แบบสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส
 - (3) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

3.4 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งการสร้างเครื่องมือออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

1) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้คือส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ โดยมีขั้นตอนดังนี้

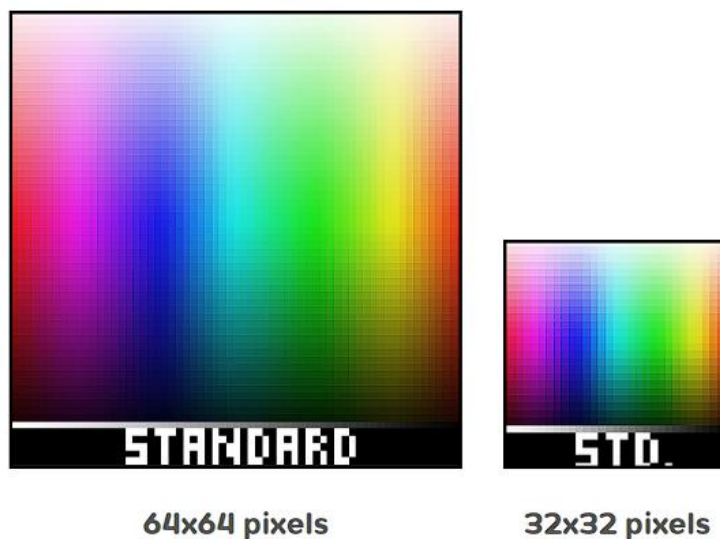
(1) ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส จากการศึกษา ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส พบว่าการใช้เทคนิค Create UV map ร่วมกับเทคนิคที่ช่วยในการจัดการพื้นผิว โดยรวมการใช้สีและลวดลายของโมเดล 3 มิติไว้ในภาพเดียว ได้แก่ Texture atlas และ Texture paint (วิธีการระบายสีพื้นผิว) ช่วยในเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติได้ ผู้วิจัยได้นำข้อดีของแต่ละเทคนิคและแยกวิธีในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

- 1) การใช้เทคนิค Create UV map ร่วมกับ Texture atlas โดยการแยกประเภทวัสดุ
- 2) การใช้เทคนิค Create UV map ร่วมกับ Texture atlas โดยการรวมประเภทวัสดุเข้าเป็นชิ้นเดียว
- 3) การใช้เทคนิค Create UV map ร่วมกับการสร้างลวดลายด้วยวิธีการระบายสีพื้นผิว

(2) นำวิธีการที่ได้ศึกษา รายงานผลต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ที่เป็นตัวแทนจากอุตสาหกรรมเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย 1) ภาครัฐกิจ 2) นักพัฒนา 3) ภาคการศึกษา เพื่อหาข้อคิดเห็นในการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ให้ผู้เชี่ยวชาญจัดลำดับวิธีการที่เห็นว่าเป็นวิธีการที่ได้ประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุดในการจัดการโมเดล 3 มิติเพื่อนำไปพัฒนาส่วนเสริมในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

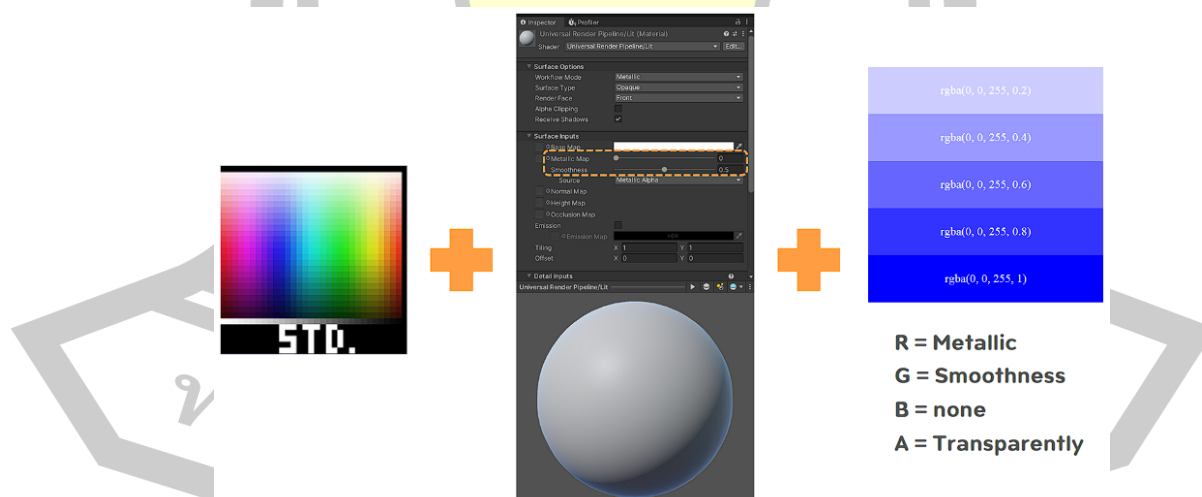
(3) รวบรวมข้อมูลและข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อคัดเลือกวิธีการที่คาดว่าจะมีประสิทธิภาพกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์สมากที่สุดมาพัฒนาเป็นส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender โดยรูปแบบดังกล่าวคือการใช้เทคนิค Create UV map ร่วมกับ Texture atlas โดยการรวมประเภทวัสดุเข้าเป็นชิ้นเดียว ผู้วิจัยได้ใช้ Texture atlas มาทำเป็น Palette color สำหรับให้ผู้เลือกสีที่จะนำไปใช้ในชิ้นงาน 3 มิติ โดยสร้างมา 2 ขนาดคือ 64x64 pixels สำหรับวัสดุที่ต้องการค่าสีหลายแบบ และขนาด 32x32 pixels สำหรับวัสดุ

ที่ต้องการค่าสีไม่มาก โดยทำเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส เพื่อที่ในขั้นตอนการรวมวัสดุ จะได้ประกอบกันได้และไม่สิ้นเปลืองพื้นที่ของรูป Texture



ภาพประกอบที่ 27 ตารางสีสำหรับให้ผู้ใช้เลือกสีที่จะนำไปใช้ในชิ้นงาน 3 มิติ

ในส่วนของการกำหนดค่าวัสดุนั้น ผู้วิจัยใช้วิธีการสร้างรูปภาพเพื่อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุใน Unity game engine โดยใช้ค่าตัวเลข RGBA (Red, Green, Blue และ Alpha) ดังภาพ



ภาพประกอบที่ 28 การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ โดยการใช้ค่าตัวเลข RGBA

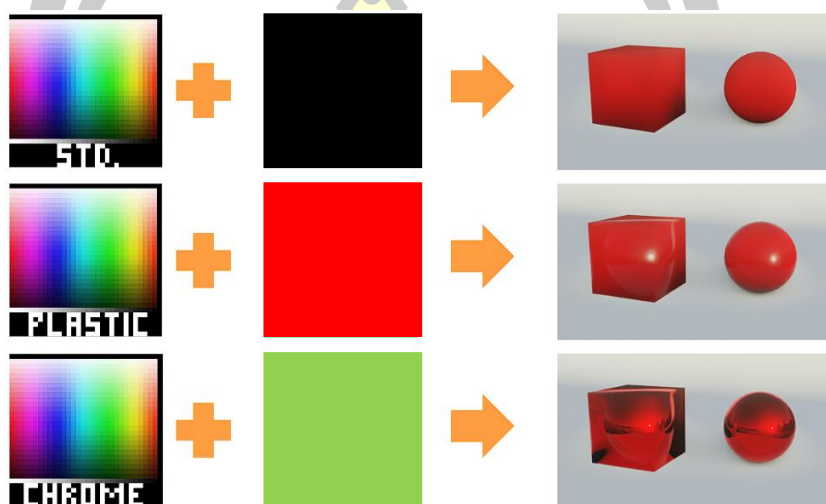
สีแดง (Red) แทนค่า Metallic map (ความเป็นโลหะ)

สีเขียว (Green) แทนค่า Smoothness (ความเรียบเนียน)

สีน้ำเงิน (Blue) ไม่มีการแทนค่า

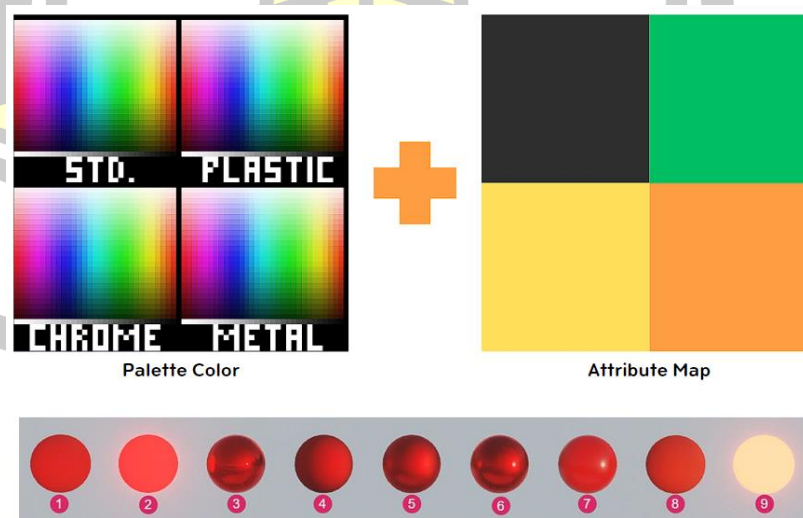
ค่า Alpha แทนค่า Transparency (ความโปร่งใส)

เมื่อนำค่า RGBA มาผสมกันจะได้รูปแบบวัสดุหลากหลายรูปแบบ จากการกำหนดค่ารูปภาพที่มีสีแดงเข้ม หมายถึง วัสดุมีความเป็นโลหะสูง หากเป็นรูปภาพที่มีสีเขียวย่อมน หมายถึง วัสดุมีความเรียบเนียนสูง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 29



ภาพประกอบที่ 29 การผสมคุณสมบัติของวัสดุ โดยใช้ค่าตัวเลข RGBA

จากนั้นนำ Palette color และค่าสี RGBA มาสร้างเป็นแผนที่ภาพสำหรับนำไปใช้กับโมเดล 3 มิติ ดังภาพประกอบที่ 30



ภาพประกอบที่ 30 แผนที่ภาพสำหรับนำไปใช้กับโมเดล 3 มิติ

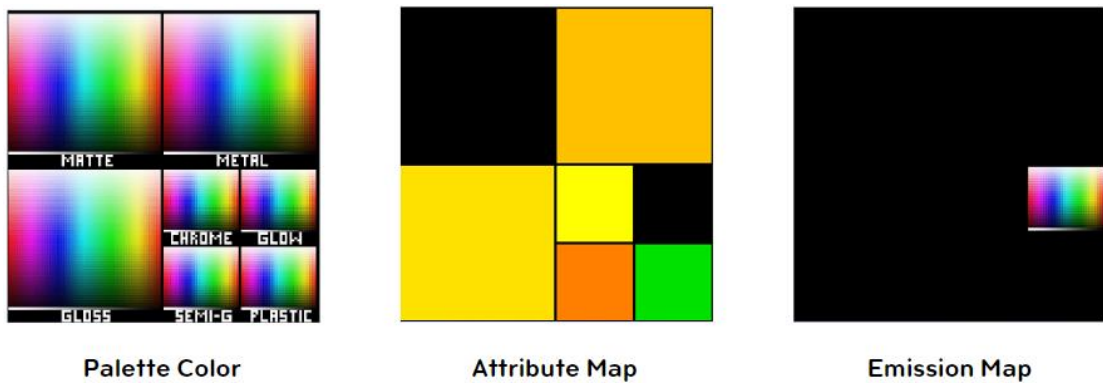
(4) นำรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 มาออกแบบและพัฒนาเป็นส่วนเสริมซอฟต์แวร์ Blender โดยใช้วงจรการพัฒนาระบบงาน (SDLC) รูปแบบ Waterfall model เนื่องจากเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก สามารถนำขั้นตอนดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เป็นขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาส่วนเสริมให้กับซอฟต์แวร์ได้ แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

(1) **การวิเคราะห์** ส่วนเสริมที่จะพัฒนาจะอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ในการนำขั้นตอนเพิ่มประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติ โดยจัดการพื้นผิวและวัสดุที่ได้ออกแบบไว้ในระยะที่ 1 ซึ่งส่วนเสริมจะทำหน้าที่หลักคือ 1) ช่วย Create UV map 2) ช่วยผู้ใช้เลือกสีหรือพื้นผิวโดยนำค่ามาจาก Texture atlas ที่ได้ออกแบบไว้ใส่ลงในชิ้นงาน 3 มิติ โดยการทำงานของส่วนเสริมจะอยู่ในขั้นตอนการใส่ Material สำหรับการทำงานในโมเดล 3 มิติ ดังภาพประกอบที่ 31



ภาพประกอบที่ 31 ส่วนเสริมเข้ามาช่วยในการทำงานในส่วนการใส่ Material

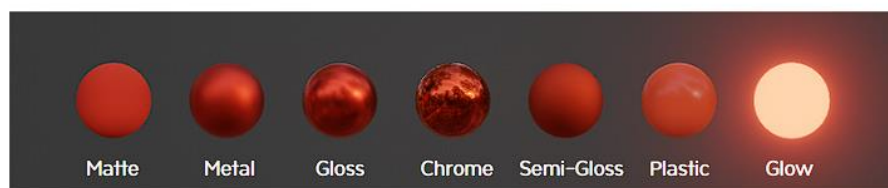
(2) **การออกแบบ** ผู้วิจัยเลือกใช้การออกแบบเน้นความเรียบง่าย มีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งานเป็นหลัก โดยเน้นไปที่ 2 ส่วนคือ การเลือกสีพื้นผิว โดยเป็นรูปแบบ Color picker แบบตารางที่ได้ออกแบบเป็น Texture atlas และปุ่มตัวเลือกสำหรับเลือกประเภทวัสดุ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างเป็นแผนที่ภาพสำหรับนำไปใช้กับโมเดล 3 มิติ โดยมีประเภทวัสดุ 7 รูปแบบคือ Matte (ด้าน), Metal (โลหะ), Gloss (เงา), Chrome (โครเมียม), Semi-gloss (กึ่งเงากึ่งด้าน), Plastic (พลาสติก) และ Glow (เรืองแสง) ดังภาพประกอบที่ 32



Palette Color

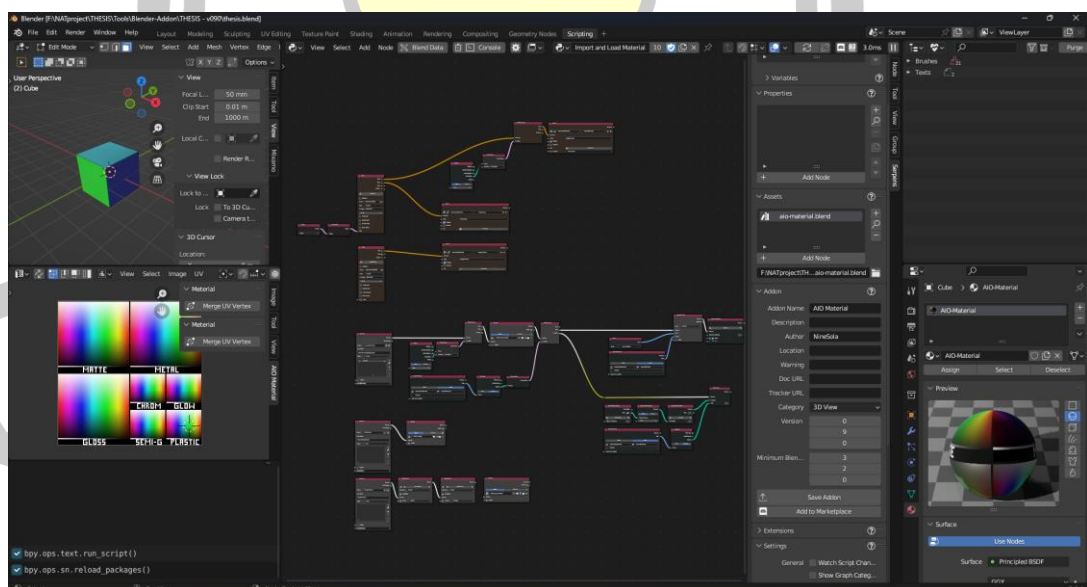
Attribute Map

Emission Map



ภาพประกอบที่ 32 แผนที่ภาพสำหรับนำไปใช้กับโมเดล 3 มิติ ประเภทวัสดุ 7 รูปแบบ

(3) การพัฒนาและทดสอบ พัฒนาส่วนเสริมโดยเขียน Script ด้วยภาษา Python สำหรับทำงานบน Blender โดยการใช้งาน Text editor ที่มีอยู่ในซอฟต์แวร์อยู่แล้ว สามารถพัฒนาส่วนเสริมและทดสอบการใช้งานได้ในซอฟต์แวร์ได้โดยตรง



ภาพประกอบที่ 33 การพัฒนาส่วนเสริมโดยเขียน Script ด้วยภาษา Python

หลังจากพัฒนาเสร็จแล้วผู้วิจัยทำการทดสอบการใช้งานด้วยตนเอง โดยมีแบบฟอร์มรายการตรวจสอบการใช้งานส่วนเสริมว่าฟังก์ชันการทำงานของส่วนเสริมที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ Apply AIO Material, Preview Setup, Merge UV Vertex สามารถใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ Blender ได้และฟังก์ชันทั้ง 3 ทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่ โดยทดสอบกับคอมพิวเตอร์แบบ Desktop และ Laptop ในระบบปฏิบัติการ Windows และ Mac OS โดยทดสอบการใช้งานส่วนเสริมซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นในแต่ละอุปกรณ์ อุปกรณ์ละ 3 รอบ โดยการทดสอบแต่ละรอบจะทำการปิดอุปกรณ์และทำการเปิดใหม่ทุกรอบ

(4) การนำไปใช้ ส่วนเสริมที่พัฒนาแล้วสามารถส่งออกเป็นไฟล์สำหรับติดตั้งในซอฟต์แวร์ Blender ได้ โดยผู้วิจัยจะเผยแพร่ด้วยการอัปโหลดไฟล์ติดตั้งลงบนเว็บไซต์ <https://bit.ly/aio-material> กลุ่มตัวอย่างสามารถดาวน์โหลดส่วนเสริมและคู่มือการใช้งาน เพื่อติดตั้งและเริ่มใช้งาน

(5) การซ่อมบำรุงระบบ หลังจากเริ่มใช้งาน ผู้ใช้อาจพบปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลัง ผู้วิจัยจึงมีช่องทางเพื่อรับแจ้งปัญหาดังกล่าวและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อปรับปรุงส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อให้ผู้ใช้งานพึงพอใจมากที่สุด และผู้วิจัยจะทำการเปิดเผยโค้ดของ Script ทั้งหมดของส่วนเสริมที่พัฒนาขึ้น และเผยแพร่ลงบนเว็บไซต์สำหรับให้ผู้ที่สนใจนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อ

2) การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและตำราต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคและวิธีการสร้างแบบประเมิน ซึ่งประกอบไปด้วย

(1) แบบบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ
แบบบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ เก็บค่าข้อมูล File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches (Draw calls), Materials count, Materials memory use และจำนวน Object ที่สามารถแสดงผลได้ด้วย Unity game engine โดยกำหนดค่า FPS ไว้ที่ 60 และมีเกณฑ์ ดังนี้

- File size ขนาดของไฟล์ชิ้นงาน มีค่าน้อยกว่า หมายถึง ดีกว่า
- Mesh vertices จำนวนจุดในวัตถุ 3 มิติ มีค่าน้อยกว่า หมายถึง ดีกว่า
- Unique materials ค่าประเภทของรูปแบบกลุ่มวัสดุที่ไม่ซ้ำกัน มีค่าน้อยกว่า หมายถึง ดีกว่า
- Batches (Draw calls) การเรียกการวาดวัตถุทุกอย่างของ Unity game engine มีค่าน้อยกว่า หมายถึง ดีกว่า

- Materials count ค่าการเรียกใช้วัสดุของ Unity game engine มีค่าน้อยกว่า หมายถึง ดีกว่า

- Materials memory use ค่าการใช้งานหน่วยความจำในส่วนของพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีค่าน้อยกว่า หมายถึง ดีกว่า

- Objects จำนวนชิ้นงานที่แสดงผลได้ทีละค่า 60 FPS มีค่ามากกว่า หมายถึง ดีกว่า

(2) แบบสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

(2.1) กำหนดหัวข้อแบบสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ โดยศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้งานและด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ

(2.2) กำหนดรูปแบบข้อคำถามใช้มาตราประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ตซึ่งใช้เกณฑ์ 5 ระดับ แทน 5 ความหมาย ดังนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4 หมายถึง เห็นด้วย

3 หมายถึง ไม่แน่ใจ

2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

(3) แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญผู้วิจัยเลือกใช้แบบกึ่งโครงสร้าง สำหรับสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านที่เป็นตัวแทนในอุตสาหกรรมเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย 1) ตัวแทนจากภาครัฐกิจ 2) ตัวแทนจากนักพัฒนา 3) ตัวแทนจากภาคการศึกษา เพื่อหาข้อคิดเห็นในการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ แนวคิดการออกแบบ, ด้านความถูกต้อง และด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส

เมื่อพัฒนาแบบสำรวจความพึงพอใจและแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเสร็จแล้ว จึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านแบบสอบถามทำการประเมินแบบประเมินข้อคำถามกับด้านที่ต้องประเมิน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

0 คือ ไม่แน่ว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

-1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหา

$\sum R$ แทน คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

จากการหาค่า IOC พบว่าข้อคำถามมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 สามารถนำไปใช้ได้

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) บันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ในการวิจัยระยะที่ 1 และระยะที่ 3 ทำการเก็บค่าข้อมูล File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches (Draw calls), Materials count, Materials memory use และจำนวน Object ที่สามารถแสดงผลได้ด้วย Unity game engine โดยกำหนดค่า FPS ไว้ที่ 60

2) สสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) ติดต่อประสานงานอาจารย์ประจำวิชาและทำหนังสือของความอนุเคราะห์เข้าพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

(2) ผู้วิจัยเตรียมโมเดลชิ้นงาน 3 มิติไว้ 2 รูปแบบ ดังภาพประกอบที่ 34 (A) จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม แยกตามจำนวนห้องเรียน โดยห้องที่ 1 มีนักศึกษา 23 คน ห้องที่ 2 มีนักศึกษา 21 คน

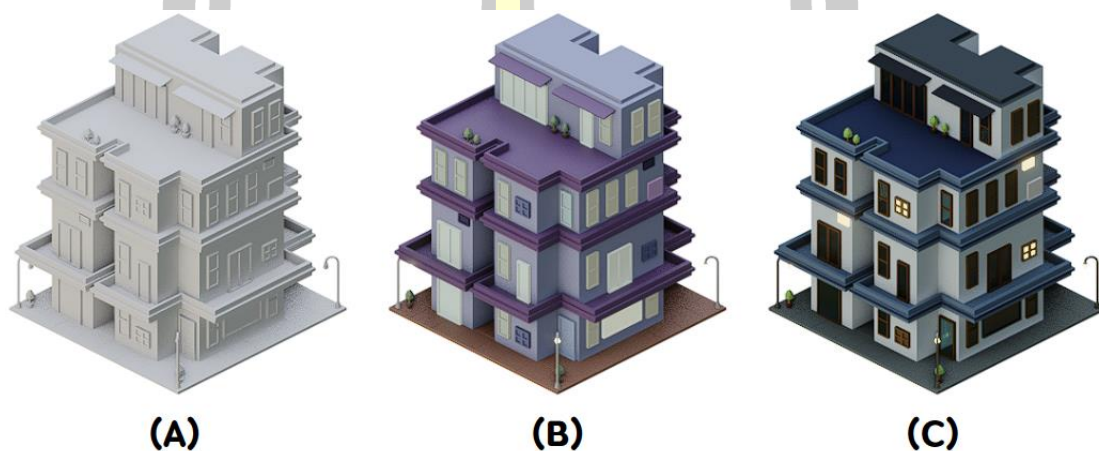
(3) ผู้วิจัยชี้แจงขั้นตอนการทดลอง และการทำแบบสำรวจความพึงพอใจแก่กลุ่มตัวอย่าง ใช้เวลา 15 นาที หลังจากอธิบายจบ ผู้วิจัยแจกโมเดลชิ้นงานให้กลุ่มตัวอย่างแยกตามห้องเรียน

(4) ให้กลุ่มตัวอย่างทำการใส่พื้นผิวและวัสดุกับโมเดลโดยไม่ใช้ส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ดังภาพประกอบที่ 34 (B) โดยกำหนดเวลา 30 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำการรวบรวมชิ้นงาน โดยให้กลุ่มตัวอย่างอัปโหลดไฟล์ชิ้นงานเข้าระบบ Cloud

(5) ผู้วิจัยแจ้งเวลาพักแก่กลุ่มตัวอย่าง 10 นาที

(6) อบรมวิธีการใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์สให้กลุ่มตัวอย่าง 15 นาที

(7) ให้กลุ่มตัวอย่างใส่พื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ด้วยส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สที่พัฒนาขึ้น ดังภาพประกอบที่ 34 (C) โดยกำหนดเวลา 30 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำการรวบรวมชิ้นงาน โดยให้กลุ่มตัวอย่างอัปโหลดไฟล์ชิ้นงานเข้าระบบ Cloud



ภาพประกอบที่ 34 ตัวอย่างโมเดล 3 มิติที่ได้จากการเก็บข้อมูล

(8) ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสำรวจความพึงพอใจหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

(9) รวบรวมแบบสำรวจความพึงพอใจและนำไปวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ

(10) รวบรวมชิ้นงาน 3 มิติ บันทึกผลด้วยแบบบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ และนำไปวิเคราะห์ผล

3) สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

(1) ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ให้การสัมภาษณ์แก่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านที่เป็นตัวแทนในอุตสาหกรรมเมตาเวิร์ส ประกอบด้วย 1) ภาคธุรกิจ 2) นักพัฒนา 3) ภาคการศึกษา

(2) นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

(3) สาธิตวิธีการใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ที่พัฒนาขึ้น

(4) นำเสนอชิ้นงาน ด้วยโมเดล 3 มิติที่สร้างด้วยส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender แก่ผู้เชี่ยวชาญ และรายงานผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้และไม่ใช้ส่วนเสริม

(5) สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เพื่อวิเคราะห์ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) ผู้วิจัยเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ โดยการสรุปข้อมูลจากการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ
- 2) ผู้วิจัยใช้ t-test ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติ ที่มีการใส่พื้นผิวและวัสดุ ด้วยวิธีสร้างแบบใช้ส่วนเสริมและไม่ใช้ส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender
- 3) ตรวจสอบความพึงพอใจหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สโดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 4) สรุปผลแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านที่มีต่อการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

3.7 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

- 1) สถิติพรรณนา (Descriptive statistics)

- (1) คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนจากสูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนน

n แทน จำนวนผู้ตอบ

- (2) คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนจากสูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

Σx^2 แทน ผลรวมของคะแนนที่ยกกำลังสอง

Σx แทน ผลรวมคะแนน

n แทน จำนวนผู้ตอบ

2) สถิติอ้างอิง (Inferential statistics) คำนวณการทดสอบค่าที (t - test) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกับประชากรหรือค่าคงที่ในทฤษฎี

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}; df = n - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าการแจกแจงของที

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

μ แทน คะแนนที่ตั้งไว้

s แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

พูน ปณ จิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อสร้างโมเดลสำหรับเมตาเวิร์ส ผู้วิจัยนำเสนอผลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

4.2 ผลการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส

4.3 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

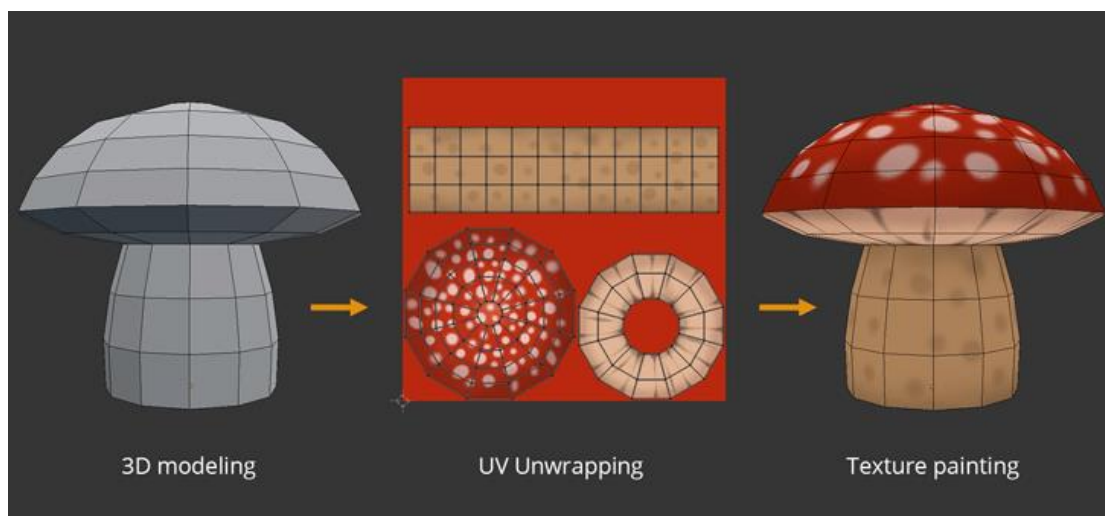
4.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

4.1.1 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการ Create UV map ร่วมกับเทคนิคที่ช่วยในการจัดการพื้นผิว ซึ่งรวมถึง Texture atlas และ Texture paint วิเคราะห์ข้อดีของแต่ละเทคนิคโดยแยกวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติออกเป็น 3 รูปแบบ

1) การใช้เทคนิคการ Create UV map ผสมกับ Texture paint: เป็นการสร้าง UV map ให้กับโมเดล 3 มิติ จากนั้นเตรียม Texture โดยใช้วิธีการวาดภาพ วาดรายละเอียดลงบนรูปภาพเพื่อนำไปแสดงผลที่โมเดล 3 มิติ จากนั้นค่อยส่งออกโมเดล 3 มิติไปใช้งานในเมตาเวิร์ส ตามขั้นตอนในภาพประกอบที่ 35

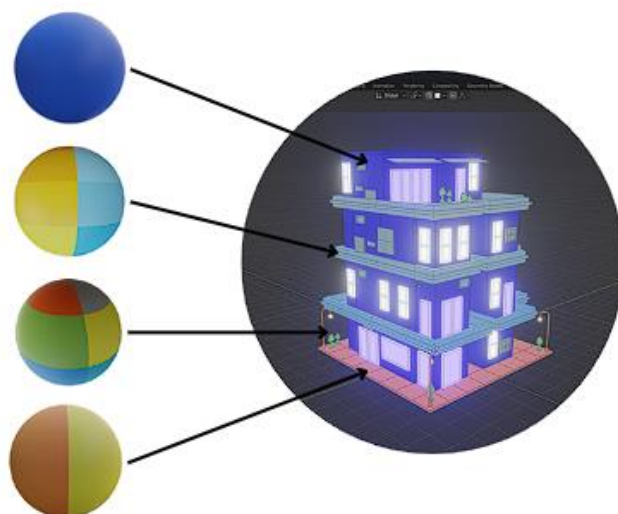
พูน ปณ จิต ชีเว



ภาพประกอบที่ 35 Modeling, UV unwrapping and texturing a mushroom
(Muttaqien, 2017)

การใช้ Texture paint ช่วยให้สามารถรายละเอียดลงบนโมเดล 3 มิติได้โดยตรง ทำให้ควบคุมรายละเอียดงานได้ดี เหมาะสำหรับโมเดลที่มีรูปทรงซับซ้อน ช่วยให้สามารถวาดพื้นผิวที่แตกต่างกันบนโมเดล 3 มิติ ทำให้โมเดล Low polygon ที่มีความละเอียดต่ำดูเหมือนมีรายละเอียดสูง แต่มีข้อเสียคือการใช้ Texture paint นั้นใช้เวลานานกว่าการใช้ Texture maps ทั่วไป เนื่องจากต้องใช้ทักษะการวาดภาพและการใช้โปรแกรม 3 มิติและการใช้ Texture paint หากต้องการรายละเอียดขณะแสดงผลในระยะใกล้ ก็ต้องใช้ขนาดไฟล์รูป Texture paint ที่ละเอียดขึ้น ทำให้ไฟล์โมเดล 3 มิติของมีขนาดใหญ่ตามขนาดไฟล์ Texture

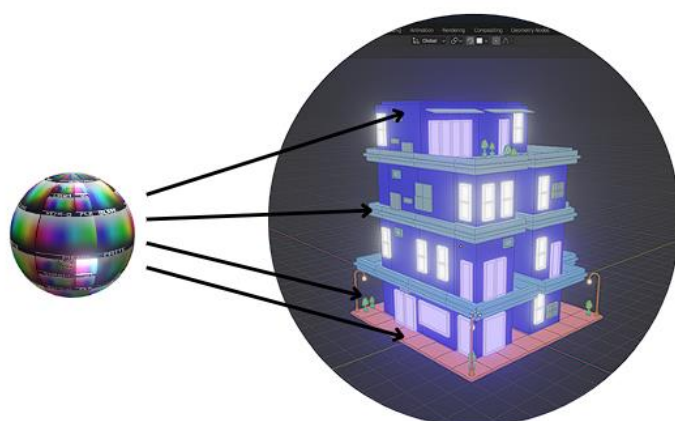
2) การใช้เทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ: เป็นการสร้าง UV map ให้กับโมเดล 3 มิติ และสร้าง Texture atlas โดยการจัดเรียง Texture เป็นช่องตารางและรวม Texture หลายภาพเข้าเป็นภาพเดียว โดยผู้วิจัยใช้รูปแบบลวดลายแบบสีเดียวไม่มีลวดลาย เพื่อง่ายในการจัดการรูปแบบงาน ผู้วิจัยได้ใช้ Texture atlas มาทำเป็น Palette color สำหรับให้ผู้ใช้เลือกสีที่จะนำไปใช้ในชิ้นงาน 3 มิติ โดยการกำหนดค่าของพื้นผิว จะใช้การเลือกส่วน Face ของชิ้นงาน 3 มิติโดยตรง ทำการ Create UV และใส่สีในส่วน Face โดยตรง โดยวิธีการนี้มีข้อดีคือเมื่อแสดงผลในระยะใกล้ตัวชิ้นงาน 3 มิติจะยังมีลวดลายที่คมชัด ภาพไม่แตกเหมือนวิธีที่ 1 ขณะที่ยังใช้ขนาดไฟล์ของ Texture เท่าเดิม ในส่วนของการกำหนดรูปแบบวัสดุจะแยกกันตามวัสดุแต่ละประเภทเพื่อให้่ายในการจัดการ



ภาพประกอบที่ 36 การ Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ

การใช้ Texture atlas ช่วยให้ประหยัดพื้นที่ ลดขนาดไฟล์โดยรวมของโมเดล 3 มิติ ช่วยลดจำนวน Draw calls ที่จำเป็นในการเรนเดอร์โมเดล 3 มิติ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น Texture atlas ช่วยให้จัดการ Texture ของโมเดล 3 มิติได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องจัดการ Texture หลายๆ ไฟล์ ช่วยให้ปรับขนาด Texture ได้ง่าย โดยไม่ต้องแก้ไข UV map ของโมเดล 3 มิติ แต่มีข้อเสียในความซับซ้อน การสร้าง Texture atlas นั้นซับซ้อนกว่าการใช้ UV map แบบดั้งเดิม การแก้ไขทำได้ยาก ขนาดของ Texture atlas ส่งผลต่อคุณภาพของ Texture

3) การใช้เทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ: วิธีการคล้ายกับวิธีการที่ 2 แต่จะแตกต่างกันในส่วนของการกำหนดรูปแบบวัสดุ โดยวิธีนี้จะรวมวัสดุแต่ละประเภทรวมกันเป็นไฟล์เดียว ทำให้รูปแบบวัสดุเดียว สามารถใช้กับชิ้นงานได้ทั้งหมด



ภาพประกอบที่ 37 การ Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ

วิธีการนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีที่ 2 เพราะเมื่อรวมประเภทวัสดุหลายรูปแบบเป็นแบบเดียว ทำให้ขนาดไฟล์เล็กลง ลดจำนวน Draw calls ลงไปอีก แต่เนื่องจากความซับซ้อนในการสร้าง Texture atlas ทำให้ใช้เวลาในการสร้างนานและแก้ไขได้ยาก แต่ใช้งานง่ายเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น

ผู้วิจัยได้สรุปเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีการดังแสดงในตารางที่ 1 ผลเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

ตารางที่ 1 ผลเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
1) Create UV map ผสมกับ Texture paint	- ควบคุมลวดลายได้ละเอียด - เหมาะกับโมเดลที่มีลวดลายซับซ้อน - ประสิทธิภาพดี เพราะโมเดล 3 มิติ ไม่ต้องมีรายละเอียดสูง	- ใช้นานในการสร้างชิ้นงาน - จำเป็นต้องมีทักษะการวาดภาพ - แก้ไขยาก - ไฟล์มีขนาดใหญ่และนำ Texture มาใช้ซ้ำได้ยาก - หากแสดงผลในระยะใกล้จะมี อาการภาพแตก - หากมีแสดงผลโมเดลปริมาณมาก จะทำให้ค่า Draw call สูง
2) Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ	- สร้างชิ้นงานได้รวดเร็ว - จัดการรูปแบบวัสดุได้ง่ายและ หลากหลาย - การแสดงผลจะยังคมชัดเมื่อ แสดงผลในระยะใกล้ - เหมาะกับโมเดลที่มีหลายวัสดุ - ประสิทธิภาพดี ค่า Draw call ต่ำ แม้มีการแสดงผลโมเดลในปริมาณ มาก	- ความหลากหลายของรูปแบบ พื้นผิวน้อย - ใช้เวลาในการสร้าง Texture นาน - รายละเอียดของชิ้นงานน้อย

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
3) Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ	- สร้างชิ้นงานได้รวดเร็ว - ภาพไม่แตก เมื่อแสดงผลในระยะใกล้ - เหมาะกับโมเดลที่มีหลายวัสดุ - ประสิทธิภาพดีมาก ค่า Draw call ต่ำ แม้มีการแสดงผลโมเดลในปริมาณมาก	- ความหลากหลายของรูปแบบ Texture น้อย - ใช้เวลาในการสร้าง Texture นาน - จัดการรูปแบบวัสดุได้ยาก และมีข้อจำกัด - รายละเอียดของชิ้นงานน้อย

4.1.2 ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

มิติ

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญจัดลำดับวิธีการที่เห็นควรว่าเป็นวิธีการที่ได้ประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปพัฒนาส่วนเสริม โดยการสรุปข้อมูลจากการจัดลำดับของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการจัดลำดับวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

ผู้ให้ข้อมูล	ลำดับวิธีการที่เห็นควรว่าเป็นวิธีการที่ได้ประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด		
	Create UV map ผสมกับ Texture paint	Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ	Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ
ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1	3	2	1
ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2	3	2	1
ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3	3	2	1

จากการศึกษาพบว่าผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นด้วยกับวิธีการโดยเรียงลำดับคือ 1)

Create UV ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ รองลงมาคือ 2) Create UV ผสมกับ

Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ และ 3) Create UV ผสมกับ Texture paint โดยแต่ละแบบ

ประกอบด้วย 1) Create UV map ผสมกับ Texture paint: เทคนิคนี้ใช้การวาดลงลายลงบน UV map โดยตรง เหมาะสำหรับผู้ที่มีความรู้ด้านศิลปะ แต่ใช้เวลานานและไม่เหมาะกับผู้เริ่มต้น 2)

Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ: เทคนิคนี้รวมพื้นผิวที่มีวัสดุประเภท

เดียวกันไว้ด้วยกัน ช่วยลดการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ได้ดี และ 3) Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ: เทคนิคนี้รวมพื้นผิวและวัสดุทั้งหมดไว้ด้วยกัน ช่วยลดการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์อย่างมาก ใช้เวลาสร้างลดถอยนาน แต่นำไปใช้งานได้ง่าย เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น แม้วิธีที่ 3 จะมีขั้นตอนการทำงานมากกว่า แต่หากพัฒนาเป็นส่วนเสริมจะช่วยลดขั้นตอนการทำงานและใช้เวลาในการทำงานลดลง จากผลการจัดลำดับและข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีที่ 3 สำหรับพัฒนาส่วนเสริม

4.2 ผลการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ที่พัฒนาขึ้นออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ฟังก์ชันของส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ผลการทดสอบการทำงานทำงานของส่วนเสริมที่พัฒนาขึ้น ผลการประเมินประสิทธิภาพของส่วนเสริม และผลการประเมินส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender โดยผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

4.2.1 ฟังก์ชันของส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

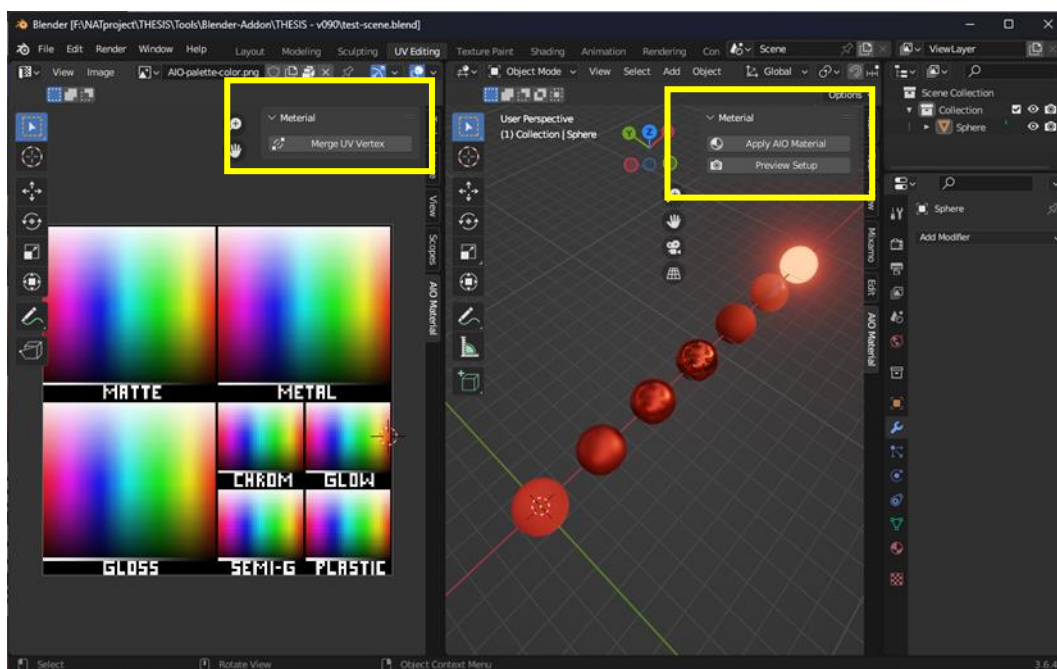
ส่วนเสริมจะมีการทำงานอยู่ 3 ฟังก์ชันคือ

1) Apply AIO Material : เป็นการนำรูปแบบวัสดุที่ได้จัดทำมาใช้งานกับโมเดล 3 มิติที่ผู้ใช้งานเลือก โดยผู้ใช้งานต้องทำการเลือกวัตถุและกดปุ่ม จะเป็นการกำหนดค่าวัสดุและพื้นผิวเข้าไปที่วัตถุโดยอัตโนมัติ

2) Merge UV Vertex: หลักจากที่นำรูปแบบวัสดุที่กำหนดใส่ให้โมเดล 3 มิติแล้ว ตัวโมเดลจะยังไม่ทำการ Create UV map ผู้ใช้งานจำเป็นต้องเลือก Face ของโมเดล และเลือกสีและรูปแบบวัสดุ แล้วกดปุ่มเพื่อให้ส่วนเสริมทำการสร้าง UV map และกำหนดค่าวัสดุลงไป Face ของโมเดล 3 มิติ

3) Preview Setup: สำหรับตั้งค่าการแสดงผล ให้แสดงผลแบบเดียวกับที่แสดงใน Unity game engine

การใช้งานผู้วิจัยได้กำหนดปุ่มสำหรับการใช้งานไว้ 3 ปุ่มสำหรับแต่ละฟังก์ชัน ตำแหน่งและรูปแบบ UI ของส่วนเสริมแสดงดังภาพประกอบที่ 38



ภาพประกอบที่ 38 ฟังก์ชันของส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender

4.2.2 ผลการทดสอบการทำงานของส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender

ผลการทดสอบการทำงานของส่วนเสริมที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยทำการทดสอบด้วยตัวเอง เพื่อทดสอบการใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ Blender ส่วนเสริมสามารถใช้งานได้ถูกต้องหรือไม่ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบระบบปฏิบัติการและประเภทของเครื่องคอมพิวเตอร์ของส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender

รายการฟังก์ชันของส่วนเสริม	การทำงาน			
	Windows		Mac OS	
	Desktop	Laptop	iMac	Macbook
Apply AIO Material	✓	✓	✓	✓
Merge UV Vertex	✓	✓	✓	✓
Preview Setup	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 3 อธิบายได้ว่าฟังก์ชันการทำงานของส่วนเสริมที่พัฒนาขึ้น โดยทดสอบกับคอมพิวเตอร์แบบ Desktop และ Laptop ในระบบปฏิบัติการ Windows และ Mac OS โดยทดสอบการใช้งานส่วนเสริมซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นในแต่ละอุปกรณ์ อุปกรณ์ละ 3 รอบ โดยการทดสอบแต่ละ

รอบจะทำการปิดอุปกรณ์และทำการเปิดใหม่ทุกครั้ง ประกอบด้วยฟังก์ชัน Apply AIO Material, Merge UV Vertex และ Preview Setup สามารถใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ Blender ได้และฟังก์ชันทั้ง 3 ทำงานได้อย่างถูกต้องในทุกอุปกรณ์

4.2.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender

ผลการประเมินประสิทธิภาพส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender

ประเด็นการเปรียบเทียบ	ไม่ใช้ส่วนเสริม		ใช้ส่วนเสริม		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
File size	142.45	14.69	122.50	9.67	14.47**	.000
Mesh vertices	16,424.95	443.60	14,165.32	319	25.85**	.000
Unique materials	18.82	7.91	1.05	.21	14.90**	.000
Batches	41.64	15.83	6.50	2.73	14.34**	.000
Materials count	164.23	7.53	146.00	.22	15.92**	.000
Materials memory use	425.99	53.30	288.52	1.19	17.01**	.000

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

จากตารางที่ 4 อธิบายได้ว่า File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches, Materials count และ Materials memory use ที่ใช้และไม่ใช้ส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กล่าวคือ File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches, Materials count และ Materials memory use หลังใช้ส่วนเสริมน้อยกว่าไม่ใช้ส่วนเสริม

4.2.4 ผลการประเมินส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender โดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยทำการทวนสอบโดยสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) เกี่ยวกับการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ได้ข้อมูลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทวนสอบการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender โดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็น	รายละเอียด
1. ด้านแนวคิดการออกแบบ	● แนวคิดการออกแบบส่วนเสริมสำหรับ Blender นี้เป็นประโยชน์สำหรับกลุ่ม Modeler ทั้งมือใหม่ และที่มีประสบการณ์ ● การแทนค่าวัสดุด้วยสี RGBA เป็นแนวทางที่น่าสนใจและสามารถนำไปต่อยอดได้ ● ควรมีการเพิ่มตัวเลือก Pattern ลวดลาย และรูปแบบวัสดุเพิ่มเติม ● อาจจะเพิ่มในส่วนตัวช่วยในการเลือก Pattern หรือการช่วยแนะนำโทนสีที่เข้าชุดกันการติดตั้งส่วนเสริมง่าย และใช้งานง่าย
2. ด้านกระบวนการออกแบบและพัฒนาส่วนเสริม	● ควรมีการออกแบบการทดสอบในแง่ของปริมาณต่อเวลา ● ควรพัฒนาต่อยอดกับ AI เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน
3. ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส	● การทำงานถูกต้อง และตรงตามวัตถุประสงค์ ● ช่วยลดการใช้ทรัพยากร ● ช่วยลดเวลาในการสร้างชิ้นงาน ● ช่วยให้โหลดฉากได้ไวขึ้น ● ช่วยให้แสดงผลชิ้นงานได้มากขึ้น ● ช่วยให้เพิ่มรายละเอียดโมเดลได้มากขึ้น ● โมเดลสามารถแก้ไขได้ง่ายระหว่าง Game engine และ Blender ● ช่วยให้แสดงผลชิ้นงานได้มากขึ้น ● ช่วยให้เพิ่มรายละเอียดโมเดลได้มากขึ้น
4. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	● เพิ่มตัวเลือกสีให้มากขึ้น ● เพิ่มตัวเลือกการจับคู่ชุดสี ● นำไปทดลองใช้งานในบริษัทผู้ผลิต ● พัฒนาต่อเพื่อรองรับงานเมตาเวิร์สรูปแบบอื่นๆ ● พัฒนาต่อเพื่อรองรับเครื่องมือสำหรับการพัฒนาที่หลากหลาย ● พัฒนาต่อยอดกับ AI ● เพิ่มในส่วนของ Pattern หรือการช่วยแนะนำโทนสีที่เข้าชุดกัน

4.3 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 คน จากการใช้งานส่วนเสริมและความพึงพอใจจากโมเดล 3 มิติที่ได้หลังใช้งานส่วนเสริม ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender

(N=44)

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการใช้งาน			
1.1 ส่วนเสริมง่ายต่อการติดตั้ง	4.72	0.55	มากที่สุด
1.2 ส่วนเสริมง่ายต่อการถอนการติดตั้ง	4.70	0.56	มากที่สุด
1.3 ส่วนเสริมใช้งานง่าย	4.65	0.61	มากที่สุด
1.4 ส่วนเสริมช่วยย่นเวลาในการทำงานเกี่ยวกับโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส	4.72	0.50	มากที่สุด
1.5 ขั้นตอนการใช้งานส่วนเสริมเหมาะสมกับการสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส	4.60	0.62	มากที่สุด
1.6 ขณะใช้งานส่วนเสริม ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ (เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สะดุด)	4.79	0.47	มากที่สุด
1.7 การแสดงผลหน้าจอและการตอบสนองการใช้งานส่วนเสริมมีความรวดเร็ว	4.70	0.51	มากที่สุด
1.8 การออกแบบหน้าจอส่วนเสริม สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ไม่ต้องเรียนรู้ใหม่	4.74	0.49	มากที่สุด
1.9 การแสดงผลขณะใช้งานส่วนเสริมมีความถูกต้อง	4.72	0.50	มากที่สุด
1.10 ส่วนเสริมมีประโยชน์	4.77	0.48	มากที่สุด
สรุปรวมด้านการใช้งาน	4.71	0.53	มากที่สุด
2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ			
2.1 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมมีพื้นผิวและวัสดุสวยงาม	4.72	0.45	มากที่สุด

(N=44)

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
2.2 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมมีการแสดงพื้นผิวและวัสดุได้ถูกต้อง	4.70	0.51	มากที่สุด
2.3 รูปแบบ (Style) ของโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมมีความเป็นธีม (Theme) เดียวกัน	4.70	0.46	มากที่สุด
2.4 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมเหมาะสมกับรูปแบบกราฟิก 3D Stylized	4.65	0.61	มากที่สุด
2.5 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมน่าดึงดูดใจต่อการมองเห็น	4.70	0.46	มากที่สุด
2.6 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริม มีการแสดงผลพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ละเอียดยิ่งและชัดเจน	4.70	0.51	มากที่สุด
2.7 ท่านมีความพึงพอใจต่อความสวยงามของโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริม	4.74	0.44	มากที่สุด
สรุปรวมด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ	4.70	0.49	มากที่สุด
สรุปโดยรวม	4.71	0.51	มากที่สุด

จากตารางที่ 6 อธิบายได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.71 หากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านการใช้งานมากกว่าด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ ค่าเฉลี่ย 4.71 และ 4.70 ตามลำดับ หากพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจต่อรายการคำถามทุกข้ออยู่ในระดับมากที่สุด โดยรายการคำถามที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ใช้งานส่วนเสริมไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ (เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สะดุด) มีค่าเฉลี่ย 4.79 รองลงมา คือ ส่วนเสริมมีประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 4.77 รองลงมา คือ การออกแบบหน้าจอส่วนเสริมสอดคล้องกับประสบการณ์เดิมไม่ต้องเรียนรู้ใหม่ และ มีความพึงพอใจต่อความสวยงามของโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริม ทั้ง 2 รายการมีค่าเฉลี่ย 4.74 รองลงมา คือ ส่วนเสริมง่ายต่อการติดตั้ง ส่วนเสริมช่วยย่นเวลาในการทำงานเกี่ยวกับโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส การแสดงผลขณะใช้งานส่วนเสริมมีความถูกต้อง และโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมมีพื้นผิวและวัสดุสวยงาม ทั้ง 4 รายการมีค่าเฉลี่ย 4.72 รองลงมาคือ ส่วนเสริมง่ายต่อการถอนการติดตั้ง การแสดงผลหน้าจอและการตอบสนองการใช้งานส่วนเสริมมีความรวดเร็ว โมเดล 3 มิติ ที่

ได้จากการใช้งานส่วนเสริมมีการแสดงพื้นผิวและวัสดุได้ถูกต้อง รูปแบบ (Style) ของโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมมีความเป็นธีม (Theme) เดียวกัน โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมน่าดึงดูดใจต่อการมองเห็น และโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริม มีการแสดงผลพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ละเอียดยิ่งและชัดเจน ทั้ง 6 รายการมีค่าเฉลี่ย 4.70 รองลงมาคือ ส่วนเสริมใช้งานง่าย และโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมเหมาะสมกับรูปแบบกราฟิก 3D Stylized ทั้ง 2 รายการมีค่าเฉลี่ย 4.65 และอันดับสุดท้ายคือ ขั้นตอนการใช้งานส่วนเสริมเหมาะสมกับการสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส มีค่าเฉลี่ย 4.60



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติให้เหมาะสมกับการประมวลผลแบบเรียลไทม์ในเมตาเวิร์ส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ 2) พัฒนาส่วนเสริม Blender สำหรับการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ 3) สสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริม Blender ดังกล่าว ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงภาพรวมของผลการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปต่อยอดหรือพัฒนาทางการศึกษางานวิจัย โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส ผู้วิจัยสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการจัดการพื้นผิวและวัสดุ 3 เทคนิคสำหรับโมเดล 3 มิติที่ใช้ในเมตาเวิร์ส เทคนิคเหล่านี้ประกอบด้วย 1) Create UV map ผสมกับ Texture paint: เทคนิคนี้ใช้การวาดลวดลายลงบน UV map โดยตรง เหมาะสำหรับผู้ที่มีความรู้ด้านศิลปะ แต่ใช้เวลานานและไม่เหมาะกับมือใหม่ 2) Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ: เทคนิคนี้รวมพื้นผิวที่มีวัสดุประเภทเดียวกันไว้ด้วยกัน ช่วยลดการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ แต่ไม่สะดวกสำหรับการใช้งานบางประเภท 3) Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ: เทคนิคนี้รวมพื้นผิวทั้งหมดไว้ด้วยกัน ช่วยลดการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์และใช้งานง่าย เหมาะสำหรับมือใหม่ จากการศึกษาวิจัยและนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านธุรกิจเมตาเวิร์ส นักพัฒนาเมตาเวิร์ส และผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับเมตาเวิร์ส พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นตรงกันว่า เทคนิคที่ Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ นั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด เหมาะสำหรับการใช้

งานในเมตาเวิร์ส ข้อดีของเทคนิคนี้คือลดการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์, เพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลแบบเรียลไทม์ และใช้งานง่าย เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น แต่มีข้อเสียคือไม่เหมาะกับโมเดลที่มีความซับซ้อนสูง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุเข้าไว้เป็นชิ้นเดียวไปพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เนื่องจากเทคนิคการ Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ นั้นเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติในเมตาเวิร์ส เหมาะสำหรับผู้ใช้งานทุกระดับ เหมาะกับการใช้งานทั้งโมเดลที่มีความซับซ้อนต่ำและปานกลาง และงานวิจัยนี้ยังได้พัฒนาส่วนเสริมสำหรับซอฟต์แวร์ Blender เพื่อช่วยให้นักสร้างโมเดล 3 มิติสามารถใช้งานเทคนิคนี้ได้อย่างสะดวกและง่ายดายยิ่งขึ้น

5.1.2 ผลการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลตามเวลาจริงในงานเมตาเวิร์ส จากการทดสอบด้วยซอฟต์แวร์ Blender เวอร์ชัน 3.16 พบว่าส่วนเสริมนี้ทำงานได้อย่างถูกต้องกับฟังก์ชันหลัก 3 ประการ ได้แก่ Apply AIO Material, Preview Setup และ Merge UV Vertex โดยผลลัพธ์โมเดล 3 มิติที่ใช้ส่วนเสริมนี้ที่สามารถแสดงผลได้โดยกำหนดค่าการแสดงผลที่ 60 Frame per second (FPS) มีขนาด File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches, Materials count และ Materials memory use มีค่าน้อยกว่าโมเดลที่ไม่ใช้ส่วนเสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 ส่วนเสริม Blender นี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติ เหมาะสำหรับการใช้งานในเมตาเวิร์ส ช่วยลดการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ และทำให้การประมวลผลแบบเรียลไทม์ราบรื่นยิ่งขึ้น ส่วนมุมมองของผู้เชี่ยวชาญต่อการพัฒนาส่วนเสริมนี้ ต่างเห็นพ้องต้องกันว่าแนวคิดการออกแบบส่วนเสริม Blender นี้ น่าสนใจและเป็นประโยชน์สำหรับ Modeler ทั้งมือใหม่และมืออาชีพ การใช้ระบบสี RGBA แทนค่าวัสดุช่วยให้สร้างชิ้นงานได้รวดเร็วและสามารถต่อยอดกับ AI ในอนาคต กระบวนการออกแบบและพัฒนาส่วนเสริมนี้ ทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ มีการทดสอบการใช้ทรัพยากรและประสิทธิภาพของงาน พบว่าช่วยลดการใช้ทรัพยากร และเพิ่มประสิทธิภาพ ส่วนเสริมนี้สามารถนำไปใช้งานจริงในเมตาเวิร์สได้ ช่วยลดเวลาในการสร้างชิ้นงาน และเพิ่มประสิทธิภาพ เหมาะสำหรับการใช้งานในภาคธุรกิจ ที่ต้องการสร้างเมตาเวิร์ส อย่างไรก็ตาม ยังมีจุดที่ควรพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และรองรับการใช้งานที่หลากหลาย

5.1.3 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส การศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อส่วนเสริมนี้ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะด้านการใช้งานที่สะดวกและรวดเร็ว ผลการสำรวจพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อส่วนเสริมนี้ในระดับมากที่สุด โดยหากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้านการใช้งานมากกว่าด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์รายข้อคำถาม พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อรายการคำถามทุกข้ออยู่ใน

ระดับมากที่สุด โดยรายการคำถามที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 5 อันดับแรกได้แก่ 1) ขณะใช้งานส่วนเสริมไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ (เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สะดุด) 2) ส่วนเสริมมีประโยชน์ 3) การออกแบบหน้าจอส่วนเสริมสอดคล้องกับประสบการณ์เดิมไม่ต้องเรียนรู้ใหม่ 4) มีความพึงพอใจต่อความสวยงามของโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริม และ 5) ส่วนเสริมง่ายต่อการติดตั้ง ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อส่วนเสริมน้อยในระดับมากที่สุด

5.2 อภิปรายผล

จากการพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำมาอภิปรายได้ดังนี้

5.2.1 ผู้วิจัยได้ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ โดยค้นหาเทคนิคดั้งเดิมและประยุกต์ใช้เทคนิคใหม่ ๆ ทำให้ได้ 3 เทคนิคใหม่ ได้แก่ 1) เทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture paint 2) เทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยแยกประเภทวัสดุ และ 3) เทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture atlas โดยรวมประเภทวัสดุ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture atlas ซึ่งเป็นวิธีการที่มาจากกระบวนการที่ผู้วิจัยรายงานผลข้อดีข้อเสียของแต่ละเทคนิคต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยเทคนิคดังกล่าวเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดสำหรับจัดการพื้นผิวโมเดล 3 มิติ เพื่อสนับสนุนให้ผู้พัฒนาโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สหน้าใหม่สามารถสร้างสรรค์ผลงานเข้าสู่ธุรกิจเมตาเวิร์ส สอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวลิต ดวงอุทา (2565) และ Kyung-Kyu Kang and Chang-Joon Park (2022) ที่เสนอให้ค้นหาเทคนิคใหม่ที่ไม่ต้องทำการลดขนาดไฟล์โมเดล 3 มิติ ด้วยวิธีการ Retopology เนื่องจากวิธีการ Retopology เป็นการสร้างองค์ประกอบของโมเดล 3 มิติขึ้นมาใหม่ โดยคงไว้ซึ่งเค้าโครงเดิมแต่เป็นการลดจำนวน Vertice Edge และ Face เพื่อให้โมเดล 3 มิติมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งานเมตาเวิร์สและสอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิวัฒน์ ปันทะธง และ จิรวัฒน์ สุขแก้ว (2565) ที่กล่าวว่าวิธีการ Retopology ส่งผลให้สื่อมีความเร็วในการใช้งานระดับปานกลาง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเสนอวัตถุ 3 มิติเหมาะสมในการใช้งานระดับปานกลาง อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ต้องใช้เวลาและต้องมีความรู้ในการจัดเรียงองค์ประกอบของโมเดล 3 มิติ แต่ผู้วิจัยใช้เทคนิค UV map ผสมกับ Texture atlas เป็นวิธีการที่ไม่ได้ไปยุ่งเกี่ยวกับการแก้ไของค์ประกอบของโมเดล 3 มิติ โดยเทคนิค Create UV map ผสมกับ Texture atlas เป็นการสร้างแผนที่โครงสร้างของโมเดล 3 มิติให้แสดงผลออกมาในรูปแบบ 2 มิติ แล้วนำมาแผนที่ดังกล่าวมาสร้างสรรค์ลวดลาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปญญรัตน์ รังสูงเนิน และ สิริกานต์ ไชยสิทธิ์ (2565) เกี่ยวกับวิธีการ Create UV map ผสมกับการสร้างลวดลายต่าง ๆ เพื่อให้ได้ไฟล์ภาพลวดลายจำนวนมาก ซึ่งต้องอาศัยทักษะทางด้านศิลปะในการสร้างสรรค์ลวดลายต่าง ๆ อันจะส่งผล

ให้เกิดความยุ่งยากในระหว่างขั้นตอนการทำโมเดล 3 มิติมากขึ้น ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้เทคนิค Texture atlas เข้าไปร่วมด้วย โดยกำหนดชุดสีมาตรฐานที่มีการใช้ในงานกราฟิกผสมผสานกับการกำหนดค่าความมันวาวและความด้านของวัสดุด้วยค่าสีแดง (Red: R) และเขียว (Green: G) เพื่อกำหนดประเภทวัสดุที่หลากหลายเข้าไว้ในชิ้นเดียว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Penuel Rantakangas (2020) การรวมพื้นผิวหลาย ๆ รูปแบบมาไว้ในชิ้นเดียวเป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากเกมเอนจินในการสร้างเมตาเวิร์สจะลดจำนวนการเรียกใช้งานวัสดุที่หลากหลายเป็นการเรียกใช้งานเพียงครั้งเดียว



5.2.2 ผู้วิจัยพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender โดยเน้นไปที่การจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ โดยส่วนเสริมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ Blender เวอร์ชัน 3.16 ด้วยการเขียน Script ภาษา Python เพื่อสร้างฟังก์ชันการทำงานเกี่ยวกับการจัดการพื้นผิวและวัสดุ ได้แก่ 1) Apply AIO Material เป็นการยอมรับใช้งาน UV map ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้เป็นรูปแบบ Texture atlas โดยผู้ใช้งานสามารถมองเห็น UV map ดังกล่าวด้วยการเลือกแสดงผลในรูปแบบของ Display material preview หรือ Display render preview ก็ได้ 2) Preview Setup เป็นการยอมรับการตั้งค่าการแสดงผลลักษณะของพื้นผิวที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ โดยผู้ใช้งานสามารถมองเห็นลักษณะพื้นผิวดังกล่าวด้วยการเลือกแสดงผลในรูปแบบของ Display material preview หรือ Display render preview ก็ได้ และ 3) Merge UV Vertex ฟังก์ชันนี้จะปรากฏในหน้าต่างการทำงานกับ UV editing มีหน้าที่รวมองค์ประกอบย่อย (Vertice Edge และ Face) ของโมเดล 3 มิติที่ผู้ใช้งานเลือก ให้รวมกันเป็นจุดเดียว เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกจุดไปตามตำแหน่งที่มีสีและพื้นผิวตามต้องการ และทำการทดสอบประสิทธิภาพการประมวลผลตามเวลาจริงจากการวัดค่า File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches, Materials count และ Materials memory use ด้วย Unity game engine พบว่า ค่าของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สที่ใช้และไม่ใช้ส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กล่าวคือ File size, Mesh vertices, Unique materials, Batches, Materials count และ Materials memory use หลังใช้ส่วนเสริมมีค่าน้อยกว่าไม่ใช้ส่วนเสริม ซึ่งค่าน้อยกว่าหมายถึงการใช้ทรัพยากร คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลตามเวลาจริงน้อยกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Penuel Rantakangas (2020) ที่วัดค่า File size เพื่อทดสอบประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้เทคนิค Texture atlas และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Georgios Koulaxidis and Stelios Xinogalos (2022) ที่ทดสอบประสิทธิภาพที่พัฒนาขึ้นด้วย Unity เกมเอนจิน ซึ่งค่า Mesh vertices, Unique materials, Batches, Materials count และ Materials memory use ที่ผู้วิจัยทดสอบประสิทธิภาพก็วัดด้วย Unity game engine เช่นกัน

5.2.3 ผู้วิจัยได้สำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส โดยผู้วิจัยใช้ข้อความที่เป็นการทดสอบการใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender และเป็นข้อความเกี่ยวกับความพึงพอใจในโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender พบว่า หลังการใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender กลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 คน มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.71 หากพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านการใช้งานมากกว่าด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ ค่าเฉลี่ย 4.71 และ 4.70 ตามลำดับ เนื่องจากวิธีการจัดการพื้นผิวและวัสดุสำหรับโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์สที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีขั้นตอนการใช้งานเพียง 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) Apply AIO Material 2) Preview Setup และ 3) Merge UV Vertex โดยผู้วิจัยได้ออกแบบปุ่มฟังก์ชันการใช้งานให้มีความสอดคล้องกับการทำงานและประสบการณ์ใช้งานซอฟต์แวร์ Blender และผู้ใช้งานไม่ต้องเสียเวลาในการไปตั้งค่าพื้นผิวและวัสดุที่มีหลากหลายจึงสามารถย่นระยะเวลาในการทำงานได้ด้วยเทคนิค Texture atlas สอดคล้องกับงานวิจัยของ Penuel Rantakangas (2020) ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในการใช้งานในระดับมากที่สุด อีกทั้งโมเดลที่ได้จากการใช้ส่วนเสริมที่พัฒนาขึ้นยังมีความสวยงามด้วยเทคนิค Create UV map ผสมผสานเข้ากับเทคนิค Texture atlas สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปุญญรัตน์ รังสูงเนิน และ สิริกานต์ ไชยสิทธิ์ (2565) ที่เพิ่มความสวยงามให้โมเดล 3 มิติด้วยเทคนิค Create UV map กับการวาดลดลายลงบนแผนที่ UV แต่ผู้วิจัยเพิ่มความสวยงามด้วยเทคนิค Texture atlas ที่มีชุดสีให้เลือกตามมาตรฐานสีที่ใช้ในงานกราฟิกและมีชุดสีพิเศษเพิ่มเติม ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจจากโมเดล 3 มิติที่จัดการพื้นผิวและวัสดุด้วยส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในระดับมากที่สุด

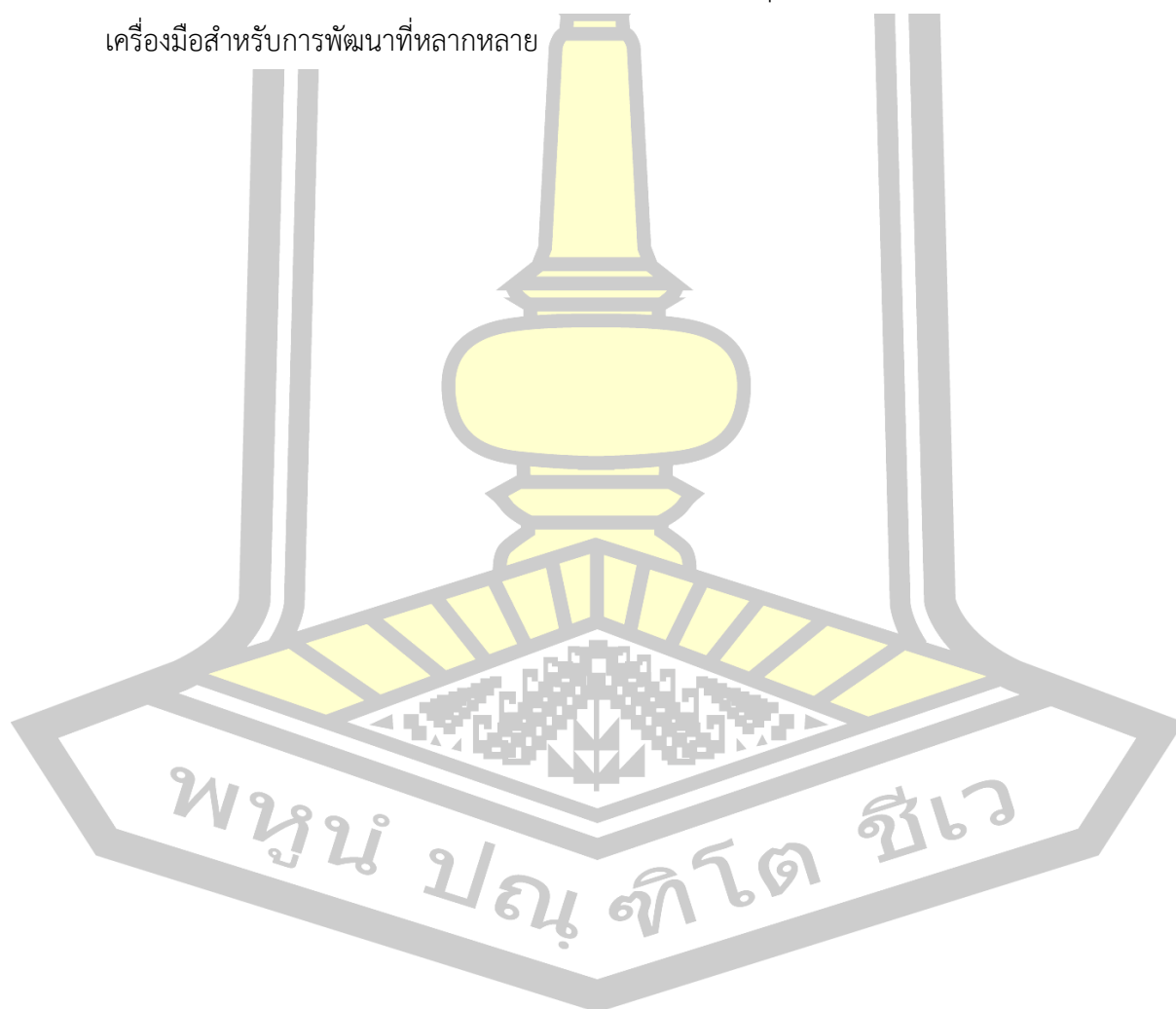
5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

งานวิจัยนี้มีการทดสอบประสิทธิภาพโมเดล 3 มิติ จำนวน 2 รูปแบบ ซึ่งเป็นอาคารที่พักอาศัยและอาคารร้านค้า การทดสอบประสิทธิภาพหากแยกทดสอบเป็นรายชิ้นงานจากการใช้และไม่ใช้งานส่วนเสริมสำหรับจัดการพื้นผิวและวัสดุให้โมเดล 3 มิติ อาจทำให้ได้ค่าข้อมูลที่ทดสอบไม่แตกต่างกันมากนัก หากมีการทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการทดสอบโมเดล 3 มิติที่มีรูปแบบที่หลากหลายยิ่งขึ้น และมีจำนวนมากยิ่งขึ้น หรือทดสอบในระดับเป็นเมืองในเมตาเวิร์ส หรือนำไปทดลองใช้งานในบริษัทผู้ผลิตจะทำให้ได้ค่าข้อมูลที่ใกล้เคียงกับการนำไปใช้จริงในอุตสาหกรรมเมตาเวิร์ส

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นการค้นหาและประยุกต์ใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อสร้างเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกแก่มือใหม่ในการออกแบบและพัฒนาโมเดล 3 มิติสำหรับงานเมตาเวิร์ส แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น การทดสอบกับผู้ใช้จำนวนจำกัด และการรองรับโมเดล 3 มิติบางประเภทเท่านั้น ดังนั้นจึงขอเสนอแนะแนวทางในการต่อยอดงานวิจัย เช่น ศึกษาและพัฒนาเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาส่วนเสริม Blender ให้รองรับโมเดล 3 มิติหลากหลายประเภท เพิ่มตัวเลือกสีให้มากขึ้น, พัฒนา UI ในการเลือกสี และ เพิ่มในส่วนของ Pattern หรือการช่วยแนะนำโทนสีที่เข้าชุดกัน ในอนาคตอาจจะมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยยิ่งขึ้น หากมีการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของเทคโนโลยีสมัยใหม่ผสมผสานกับเทคนิคเก่า ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการประมวลผลตามเวลาจริงสำหรับพัฒนาเมตาเวิร์สหรือสื่อใหม่อื่น ๆ เช่น พัฒนาต่อยอดกับ AI เพื่อรองรับเครื่องมือสำหรับการพัฒนาที่หลากหลาย



บรรณานุกรม

3D-Ace. (2022a). *3D Model Optimization: Everything You Need To Know*. 3D-Ace.

Retrieved 2 August 2023 from <https://3d-ace.com/blog/3d-model-optimization/>

3D-Ace. (2022b). *3D Modeling For Pre-Rendering Explained*. 3D-Ace. Retrieved 2 August

2023 from <https://3d-ace.com/blog/3d-modeling-for-pre-rendering/>

@5LiD3. (2020). *Render passes used in the compositing process*. twitter.com. Retrieved 2

August 2023 from <https://twitter.com/5LiD3/status/1341592662562975751>

Anonymous. (2012). *Female Bust PACK Low- Mid- High poly*. Retrieved 2 August 2023

from <https://www.turbosquid.com/3d-models/female-head-bust-pack-3d-model/683303>

Ball, M. (2022). *The Metaverse: And How It Will Revolutionize Everything*. LIVERIGHT PUBLISHING CORPORATION.

Blender. (2023a). *About Blender*. Retrieved 1 August 2023 from

<https://www.blender.org/about/>

Blender. (2023b). *Add-on Tutorial*. Retrieved 30 July 2023 from

https://docs.blender.org/manual/en/latest/advanced/scripting/addon_tutorial.html

bluerotor. (ม.ป.ป.). *Software Development Life Cycle (SDLC) คืออะไร ทำไมจำเป็นต่อการพัฒนาซอฟต์แวร์*. Techterrotor. Retrieved 30 กรกฎาคม 2566 from

<https://www.techterrotor.com/2021/05/software-development-life-cycle-sdlc.html>

Epic Games. (2018). *How Real-Time Rendering Aims to Disrupt Engineering*.

engineering.com. Retrieved 1 August 2023 from

<https://www.engineering.com/story/how-real-time-rendering-aims-to-disrupt-engineering>

Fox Renderfarm. (2020). *What is the difference between pre-rendering and real-time rendering?* Fox Renderfarm. Retrieved 2 August 2023 from

<https://www.foxrenderfarm.com/share/what-is-the-difference-between-pre-rendering-and-real-time-rendering>

GarageFarm.NET. (n.d.). *Pre-rendering versus real-time rendering: What's the difference?*

GarageFarm.NET. Retrieved 2 August 2023 from <https://garagefarm.net/blog/pre-rendering-versus-real-time-rendering-whats-the-difference>

Gartner. (2022). *What Is a Metaverse?* Gartner. Retrieved 1 August 2023 from

<https://www.gartner.co.uk/en/articles/what-is-a-metaverse>

Hristov, G., & Kinaneva, D. (2021, 11-13 June 2021). A Workflow for Developing Game Assets for Video Games. 2021 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA),

Jones, C. (2014). *Human face render*. www.chrisj.com.au. Retrieved 2 August 2023 from <https://www.chrisj.com.au/>

Kang, K. K., & Park, C. J. (2022, 19-21 Oct. 2022). Lightweight method with controllable appearance details for 3D reconstructed building models. 2022 13th International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Jeju Island, Republic of Korea.

KinematicSoup. (2016). *Game Development Workflow*. KinematicSoup. Retrieved 2 August 2023 from <https://kinematicsoup.com/news/2016/10/26/game-development-workflow>

Koulaxidis, G., & Xinogalos, S. (2022). Improving Mobile Game Performance with Basic Optimization Techniques in Unity. *Modelling*, 3(2), 201-223. <https://www.mdpi.com/2673-3951/3/2/14>

Lawson-Perfect, C. (2022). *Three drawings of a cube in wireframe, with a vertex, edge and face highlighted respectively*. Wikimedia Commons. Retrieved 2 August 2023 from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vertex_edge_face.svg

Listing.Help. (2023). *What Is the Metaverse? TOP 10 Metaverse Platforms You Need to Know*. JetMedia Group PC. Retrieved 24 กันยายน 2566 from <https://www.linkedin.com/pulse/what-metaverse-top-10-platforms-you-need-know-listing-help>

Lohikoski - Håkansson, L., & Rudén, E. (2013). *Optimization of 3D Game Models : A qualitative research study in Unreal Development Kit* [Student thesis, DiVA. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:sh:diva-22822>

Mirko. (2020). *The Main Advantages Of Real Time Engines Vs Offline Rendering In*

- Architecture. Oneiros. Retrieved 2 August 2023 from <https://oneirosvr.com/real-time-rendering-vs-offline-rendering-in-architecture/>
- Muttaqien, W. (2017). *Tutorial: Modeling, UV Unwrapping and Texturing a Mushroom*. BlenderNation. <https://www.blendernation.com/2017/04/22/tutorial-modeling-uv-unwrapping-texturing-mushroom/>
- Nathasia, N. D., & Winarsih, W. (2020). Pengembangan System Video Gallery Hasil Liputan Upt Mpr Menggunakan Metode Sdlc. *JIMP (Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan)*, 4(3). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.51213/jimp.v4i3.229>
- Neeraj Mishra. (n.d.). *Game Development Workflow – Getting the Most Out of It*. The Crazy Programmer. Retrieved 1 August 2023 from <https://www.thecrazyprogrammer.com/2022/04/game-development-workflow.html>
- panda, s. (2011). *SDLC (Software Development Life Cycle) Phases, Process. What is SDLC*. NumPy Ninja. Retrieved 1 August 2023 from <https://www.numpyninja.com/post/sdlc-software-development-life-cycle-phases-process-what-is-sdlc>
- Radoff, J. (2021). *The Metaverse Value-Chain*. Retrieved 1 August 2023 from <https://medium.com/building-the-metaverse/the-metaverse-value-chain-afcf9e09e3a7>
- Rantakangas, P. (2020). *Comparing medium poly workflow with traditional workflow* [Tampere University of Applied Sciences]. <https://www.theseus.fi/handle/10024/343255>
- Software, C. (n.d.). *Real-time rendering for architects and designers*. Chaos Software. <https://www.chaos.com/real-time-rendering>
- Spatial.io. (2023). *Spatial Creator Toolkit*. Retrieved 16 กุมภาพันธ์ 2567 from <https://docs.spatial.io/getting-started/what-is-spatial-and-the-creator-toolkit>
- Stefyn, N. (2022). *How video games are made: the game development process*. CG Spectrum. Retrieved 1 August 2023 from <https://www.cgspectrum.com/blog/game-development-process>
- Thompson, W. (2021). *Into the Metaverse*. Retrieved 1 August 2023 from <https://www.wundermanthompson.com/insight/new-trend-report-into-the->

metaverse

Unity. (n.d.). *Real-Time Rendering In 3D*. Unity. <https://unity.com/how-to/real-time-rendering-3d>

Visengine Digital Solutions. (n.d.). *Real-Time Rendering VS Pre-Rendering: Their Main Advantages*. Visengine Digital Solutions. <https://visengine.com/real-time-rendering-vs-pre-rendering/>

Wikipedia. (2023). *Ray tracing (graphics)*. Wikipedia. Retrieved 2 August 2023 from [https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_\(graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_(graphics))

แพร์รี่ วินเทอร์ส. (2564). *Metaverse* 101. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

จรรยาพร ทองทิพย์รัตน์. (2563). การขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติ ที่มีคุณภาพต่อระบบจำลองยูทอร์. วารสารวิชาการเทคโนโลยี
ป้องกันประเทศ, 2(6), 94-105. <https://sc01.tci-thaijo.org/index.php/dtaj/article/view/240486>

จักรกฤษณ์ หาญชัย. (2566). ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานต่อการบริหารสถานศึกษา. วารสารบริหารการศึกษาบัว
บัณฑิต, 22(1), 57-72. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/BUAJEAD/article/view/247294>

ขวลิต ดวงอุทา. (2565). สแกนสามมิติต้นแบบสำหรับสร้างฉากเกมเสมือนจริงกรณีศึกษาพัฒนาฉากอุทยาน
ประวัติศาสตร์กำแพงเพชร. วารสาร DEC Journal คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 1(2), 11-34.
<https://so07.tci-thaijo.org/index.php/decorativeartsJournal/article/view/1149>

ทรงภพ ขุนมธุรส และ กาญจนา วิชญาปกรณ์. (2564). ความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้วิจัย
เป็นฐาน ในรายวิชาทฤษฎีวรรณคดีกับการสอนวรรณกรรมไทย. ศิลปศาสตร์ปริทัศน์, 16(2), 159-170.
<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/larhcu/article/view/254346>

ทิพย์วิมล ณุวงศ์ศรี. (2566). ความพึงพอใจของครูต่อการบริหารสถานศึกษา. วารสารบริหารการศึกษาบัวบัณฑิต,
23(1), 35-42. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/BUAJEAD/article/view/247377>

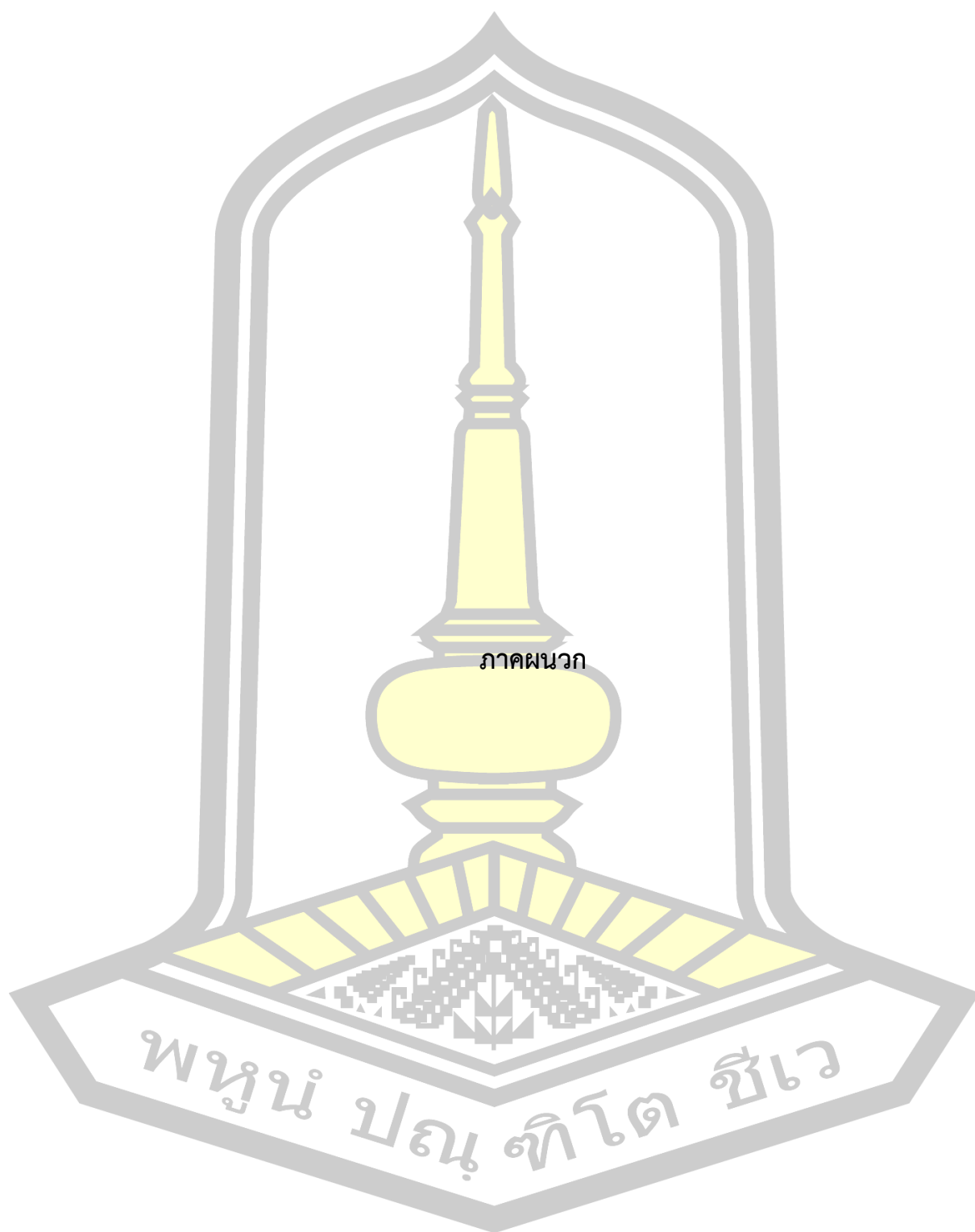
ธนกฤต ศรีวิลาศ. (2564). “Metaverse” โลกเสมือน ที่กำลังจะเปลี่ยนโลกได้จริง. The Principia. Retrieved
1 สิงหาคม 2566 from <https://theprincipia.co/metaverse/>

บุรินทร์ รุจจนพันธุ์. (2553). เกณฑ์สำหรับประเมินความพึงพอใจ. iT Blog. Retrieved 2 สิงหาคม 2566 from
<https://www.thaiall.com/blog/burin/1165/>

ประชาชาติธุรกิจ. (2564). *Metaverse* ราชบัณฑิตยสภา บัญญัติศัพท์ภาษาไทย “จักรวาลนฤมิต”. บริษัท มติชน
จำกัด (มหาชน). Retrieved 19 กรกฎาคม 2566 from
<https://www.prachachat.net/ict/news-814948>

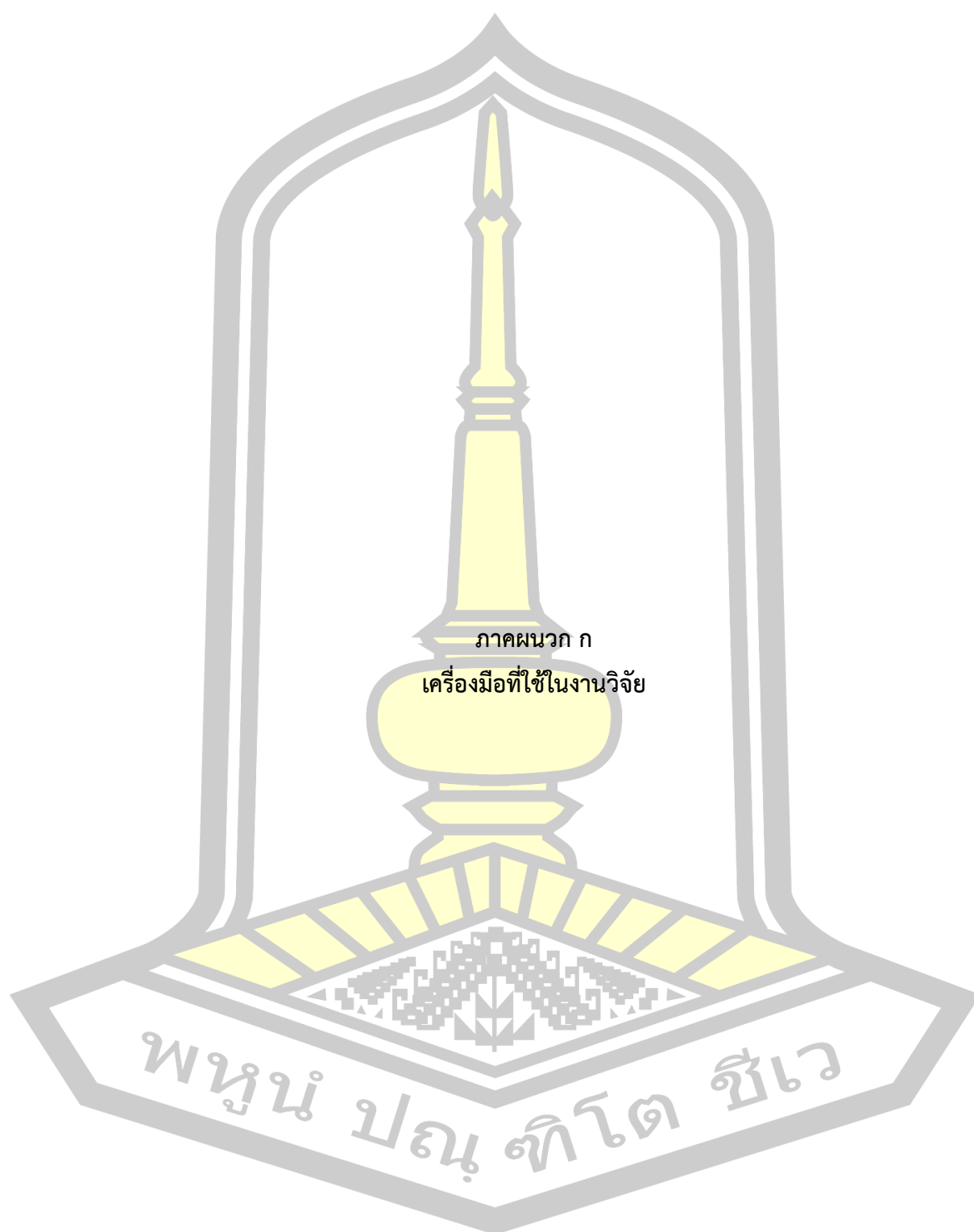
ปรารธนา มินเสน. (2561). หลักการออกแบบสอบถาม (แบบสำรวจความต้องการของผู้รับบริการ และ แบบประเมิน

- ความพึงพอใจในการใช้บริการ). <https://digital.cmru.ac.th/core/File/1290.pdf>
- บุญญรัตน์ รุ่งสูงเนิน และ สิริกานต์ ไชยสิทธิ์. (2565). การออกแบบและพัฒนารูปทรง 3 มิติ แนวจินตนิมิต สำหรับ
ศึกษาศาสตร์ประกอบเมืองเก่านครราชสีมา. วารสารวิจัยศิลป มหวิทยาลัยเชียงใหม่, 13(1), 144-168.
<https://so02.tci-thaijo.org/index.php/fineartsjournal/article/view/244876>
- พัฒนา พรหมณี, ยุพิน พิทยาวัฒนชัย และ จิระศักดิ์ ทัพพา,. (2563). แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจและการสร้าง
แบบสอบถามความพึงพอใจในงาน. APHEIT JOURNAL, 26(1), 59-66. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/apheit-ss/article/view/241557>
- ภาวิณี อุปถนา. (2565). 9 เรื่องควรรู้กับเมตาเวิร์ส โลกเสมือนแห่งอนาคต. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และ
คอมพิวเตอร์แห่งชาติ. Retrieved 23 กุมภาพันธ์ 2566 from
<https://www.nectec.or.th/news/news-article/9about-metaverse.html>
- มุกิตา สร้อยเพชร และ พรพรรณ บัวทอง. (2564). แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจและไม่พึงพอใจ.
สวนดุสิตโพล. Retrieved 2 สิงหาคม 2566 from <https://dusitpoll.dusit.ac.th/KB/2021/601/>
- ยุทธศักดิ์ ทองแสน และ รัตนโชติ เทียนมงคล. (2566). การจัดเก็บข้อมูลพระพุทธรูปโบราณ ในรูปแบบวัตถุเสมือนจริง
3 มิติด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมตรีเพื่อการอนุรักษ์. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราช
ภัฏสุรินทร์, 8(1), 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.14456/journalindus.2023.1>
- ศศิพัชร บุญขวัญ, นิภารัตน์ นักรัตน์พงศ์,, นุชนารถ กฤษณมัย และ กาญจนพรรณ จรพงศ์. (2565). การออกแบบและ
พัฒนาระบบฐานข้อมูลอาหารพื้นถิ่น อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช. *Journal of Social
Science and Buddhist Anthropology*, 7(5), 33-48. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSBA/article/view/253368>
- อภิวัฒน์ ปันทะธง และ จิรวัฒน์ สุขแก้ว. (2565). การสร้างสื่อดิจิทัลแบบจำลองสามมิติพระพุทธรูปหินทรายสกุลช่าง
พะเยา ภายในหอวัฒนธรรมนิทัศน์ วัดศรีโคมคำ จังหวัดพะเยา. วารสารมานุษยวิทยาเชิงพุทธ, 7(8), 504-
520. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSBA/article/view/260417>
- อาดิลัน ยูโซะ, อุดินันท์ เปาะมะ และ อัจฉราพร ยกขุน,. (2565). การพัฒนาระบบเช็คชื่อผู้เข้าเรียนผ่านแอปพลิเคชัน
ออนไลน์ กรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. งานประชุมวิชาการระดับชาติ
ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 7 (NSCIC2022), คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.
- อาร์เอ็ม ออนไลน์ เซอร์วิส. (2564). *SDLC Model* คืออะไร? มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง? อาร์เอ็ม ออนไลน์ เซอร์วิส
เชส. Retrieved 30 กรกฎาคม 2566 from
<https://www.rmonlineservices.com/article/13/>



ภาคผนวก

พูน ปณ จิต ชีวะ



แบบสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส (โดยกลุ่มตัวอย่าง)

ผู้วิจัยกำหนดรูปแบบข้อคำถามให้มีมาตรฐานค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ตซึ่งใช้เกณฑ์ 5 ระดับ แทน 5 ความหมาย ได้แก่

- 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- 4 หมายถึง เห็นด้วย
- 3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการใช้งาน 2) ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ

📧 ไม่ใช้ร่วมกัน

* ระบุว่าเป็นคำถามที่จำเป็น

1. ด้านการใช้งาน *

	5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง	4 เห็นด้วย	3 ไม่แน่ใจ	2 ไม่เห็นด้วย	1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1.1 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ง่ายต่อการติดตั้ง	☐	☐	☐	☐	☐
1.2 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ง่ายต่อการถอนการติดตั้ง	☐	☐	☐	☐	☐
1.3 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ใช้งานง่าย	☐	☐	☐	☐	☐
1.4 การจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ด้วย Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ช่วยย่นเวลาในการทำงานเกี่ยวกับโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส	☐	☐	☐	☐	☐
1.5 ขั้นตอนการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เหมาะสมกับการสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส	☐	☐	☐	☐	☐
1.6 ขณะใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ (เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สะดุด)	☐	☐	☐	☐	☐
1.7 การแสดงผลหน้าจอและการตอบสนองการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีความรวดเร็ว	☐	☐	☐	☐	☐
1.8 การออกแบบหน้าจอ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ไม่ต้องเรียนรู้ใหม่	☐	☐	☐	☐	☐
1.9 การแสดงผลขณะใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีความถูกต้อง	☐	☐	☐	☐	☐
1.10 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีประโยชน์	☐	☐	☐	☐	☐

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 เห็นด้วย 3 ไม่แน่ใจ 2 ไม่เห็นด้วย 1 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2.1 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีพื้นผิวและวัสดุสวยงาม	☐	☐	☐	☐	☐
2.2 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีการแสดงพื้นผิวและวัสดุได้ถูกต้อง	☐	☐	☐	☐	☐
2.3 รูปแบบ (Style) ของโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีความเป็นธีม (Theme) เดียวกัน	☐	☐	☐	☐	☐
2.4 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ เหมาะสมกับรูปแบบกราฟิก 3D Stylized	☐	☐	☐	☐	☐
2.5 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ น่าดึงดูดใจต่อการมองเห็น	☐	☐	☐	☐	☐
2.6 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีการแสดงผลพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ละเอียดยิ่งและชัดเจน	☐	☐	☐	☐	☐
2.7 ท่านมีความพึงพอใจต่อความสวยงามของโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส	☐	☐	☐	☐	☐

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม/ปัญหา/อุปสรรคที่พบจากการใช้งาน **Add-on** ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

คำตอบของคุณ _____

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม/ปัญหา/อุปสรรคที่พบ**ในโมเดล 3 มิติ** ที่ได้จากการใช้งาน **Add-on** ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

คำตอบของคุณ _____

ส่ง

ล้างแบบฟอร์ม

ท่านส่งรหัสผ่านใน Google ฟอร์ม

เนื้อหาไม่มีได้ถูกสร้างขึ้นหรือรับรองโดย Google รายงานการละเมิด - ข้อกำหนดในการให้บริการ - นโยบายความเป็นส่วนตัว

Google ฟอร์ม

แบบสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาข้อคิดเห็นในการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญผู้วิจัยเลือกใช้แบบกึ่งโครงสร้าง

🔒 ไม่ใช้ร่วมกัน



* ระบุว่าเป็นคำถามที่จำเป็น

รายนามผู้เชี่ยวชาญ *

- ☐ ตัวแทนจากภาคธุรกิจ คุณพงศ์วุฒิ ไพโรหศาสตร์กิจ
- ☐ ตัวแทนจากนักพัฒนา คุณวัชรพงศ์ ศรีเนสสิกันนท์
- ☐ ตัวแทนจากภาคการศึกษา อาจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ รอดประภาวรรณ

ถัดไป

ล้างแบบฟอร์ม



1. ด้านแนวความคิดการออกแบบ

1.1 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร กับแนวความคิดการออกแบบ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ *

1.2 จากประสบการณ์ที่ผ่านมา ท่านเคยคิดออกแบบขั้นตอน หรือ พัฒนาเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส หากเคย ท่านใช้หลักการหรือข้อสำคัญอะไรบ้าง *

1.3 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้น หากมีการนำผลการออกแบบนี้ไปใช้งานจริง *

1. ด้านแนวความคิดการออกแบบ
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

กลับ

ถัดไป

ล้างแบบฟอร์ม

พูน ปณ จิต ชีเว

2. ด้านความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on

2.1 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ *

คำตอบของคุณ

2.2 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จาก กระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ *

คำตอบของคุณ

2.3 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ต่อการสรุปผลลัพธ์ด้วยแนวคิด การออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ *

คำตอบของคุณ

2. ด้านความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

คำตอบของคุณ

กลับ

ถัดไป

ล้างแบบฟอร์ม

บัณฑิต

3. ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส

3.1 ท่านคิดว่าจะมีปัญหา หรือ ควรแก้ไขตรงส่วนบ้าง หากมีการนำ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ไปใช้งานจริงในภาคธุรกิจ/ภาคส่วนพัฒนาเมตาเวิร์ส/ภาคการศึกษา *

คำตอบของคุณ

3.2 ท่านเคยมีประสบการณ์การใช้ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์สหรือไม่ อย่างไร *

คำตอบของคุณ

3.3 ท่านคิดว่า Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีแนวโน้มจะถูกนำไปใช้จริงอย่างแพร่หลายหรือไม่ เพราะเหตุใด *

คำตอบของคุณ

3. ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

คำตอบของคุณ

กลับ

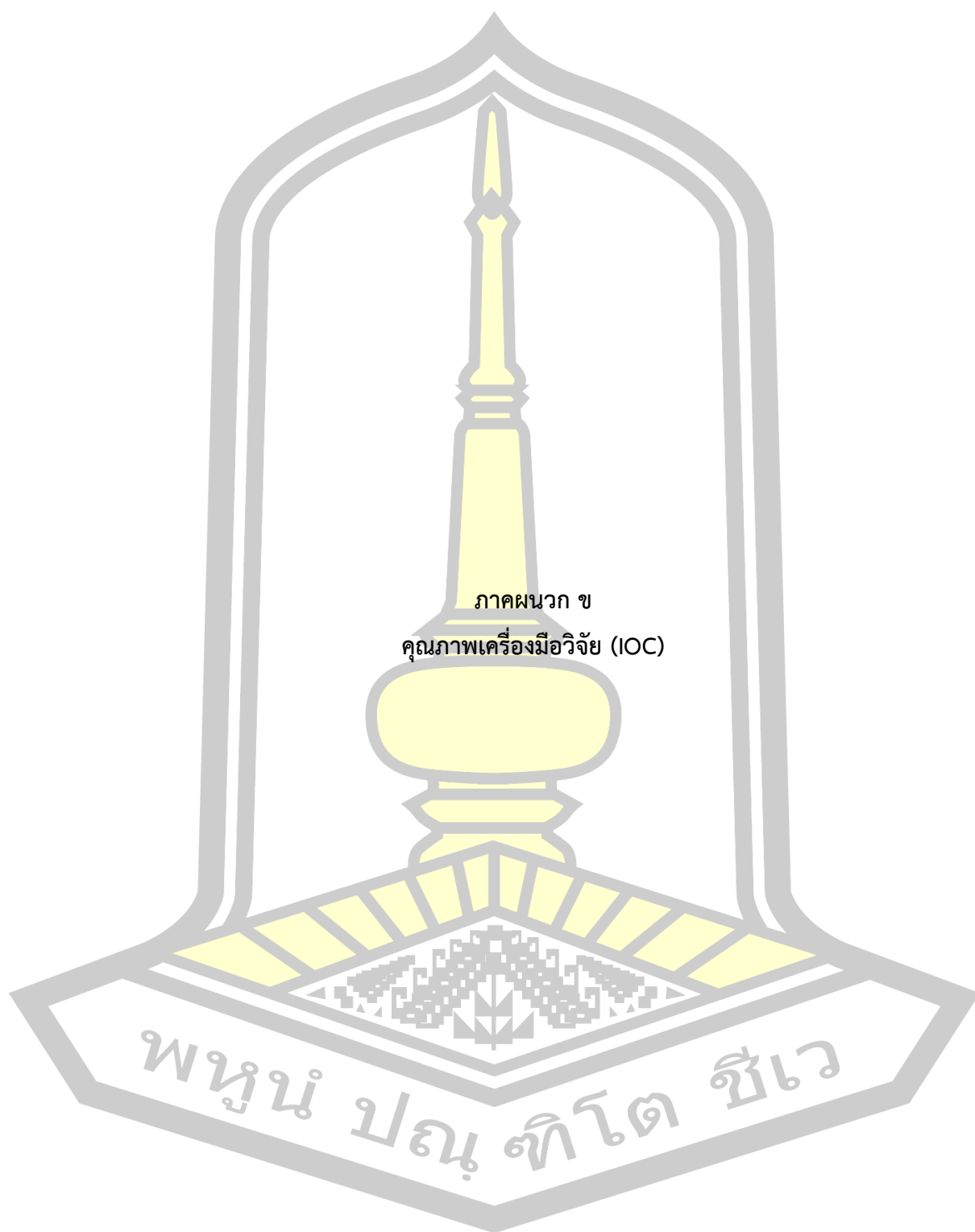
ส่ง

ล้างแบบฟอร์ม

ห้ามส่งรหัสผ่านใน Google ฟอร์ม

เนื้อหาไม่มีได้ถูกสร้างขึ้นหรือรับรองโดย Google [รายงานการละเมิด](#) - [ข้อกำหนดในการให้บริการ](#) - [นโยบายความเป็นส่วนตัว](#)

Google ฟอร์ม



ภาคผนวก ข
คุณภาพเครื่องมือวิจัย (IOC)

พูน ปณ จิต ชีวะ

แบบสอบถามเพื่อ หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC)

แบบสอบถามเพื่อ หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยผู้
เชี่ยวชาญด้านแบบสอบถาม ประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่

1. ข้อมูลความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างจากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการ
พื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส
2. ข้อมูลความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-
on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส
3. แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาข้อคิดเห็นในการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนา Add-on ของ
ซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส
4. แบบบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ด้วยการบันทึกของผู้
วิจัยเอง

โดย ท่านสามารถประเมินความตรงของแบบประเมินคุณภาพ เพื่อหาความสอดคล้องของข้อคำถามกับ
ด้านที่ต้องประเมิน ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- 1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

📧 ไม่ใช้ร่วมกัน



* ระบุว่าเป็นคำถามที่จำเป็น

นามผู้เชี่ยวชาญด้านแบบสอบถาม *

- ☐ อาจารย์วัลลภ ศรีสำราญ
- ☐ อาจารย์อัญญา ศุภาทล้ำ
- ☐ อาจารย์วันวิมลกร โพธิสาร

ถัดไป

ล้างแบบฟอร์ม

ข้อมูลความคิดเห็นจากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

ผู้วิจัยกำหนดรูปแบบข้อคำถามใช้มาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ตซึ่งใช้เกณฑ์

5 ระดับ แทน 5 ความหมาย ได้แก่

- 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- 4 หมายถึง เห็นด้วย
- 3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการใช้งาน 2) ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ

1. ด้านการใช้งาน *

1.1 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ง่ายต่อการติดตั้ง

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.2 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ง่ายต่อการถอนการติดตั้ง

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.3 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ใช้งานง่าย

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.4 การจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ด้วย Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ช่วยย่นเวลาในการทำงานเกี่ยวกับโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.5 ขั้นตอนการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เหมาะสมกับการสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.6 ขณะใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ (เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สะดุด)

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.7 การแสดงผลหน้าจอและการตอบสนองการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีความรวดเร็ว

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.8 การออกแบบหน้าจอ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ไม่ต้องเรียนรู้ใหม่

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.9 การแสดงผลขณะใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีความถูกต้อง

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.10 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีประโยชน์

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านการใช้งาน *

1.11 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม/ปัญหา/อุปสรรคที่พบจากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ (ใช้ข้อความรูปแบบปลายเปิด)

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

กลับ

ถัดไป

ล้างแบบฟอร์ม

ข้อมูลความคิดเห็นด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

ผู้วิจัยกำหนดรูปแบบข้อคำถามใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ตซึ่งใช้เกณฑ์ 5 ระดับ แทน 5 ความหมาย ได้แก่

- 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- 4 หมายถึง เห็นด้วย
- 3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อความสวยงามของโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.1 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีพื้นผิวและวัสดุสวยงาม

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.1 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีพื้นผิวและวัสดุสวยงาม

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.2 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีการแสดงพื้นผิวและวัสดุได้ถูกต้อง

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.3 รูปแบบ (Style) ของโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีความเป็นธีม (Theme) เดียวกัน

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.4 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ เหมาะสมกับรูปแบบกราฟิก 3D Stylized

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.5 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ น่าดึงดูดใจต่อการมองเห็น

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.6 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีการแสดงผลพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ละเอียดยและชัดเจน

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.7 ท่านมีความพึงพอใจต่อความสวยงามของโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ *

2.8 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม/ปัญหา/อุปสรรคที่พบในโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส (ใช้ข้อคำถามรูปแบบปลายเปิด)

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาข้อคิดเห็นในการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส

แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบกึ่งโครงสร้าง

มีวัตถุประสงค์เพื่อหาข้อคิดเห็นในการเพิ่มประสิทธิภาพและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

- 1) ด้านแนวทางการออกแบบ
- 2) ด้านความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on
- 3) ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส

1. ด้านแนวทางการออกแบบ *

1.1 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร กับแนวทางการออกแบบ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านแนวทางการออกแบบ *

1.2 จากประสบการณ์ที่ผ่านมา ท่านเคยคิดออกแบบขั้นตอน หรือ พัฒนาเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส หากเคย ท่านใช้หลักการหรือข้อสำคัญอะไรบ้าง

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

1. ด้านแนวคิดการออกแบบ *

1.3 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้น หากมีการนำผลการออกแบบนี้ไปใช้งานจริง

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on *

2.1 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. ด้านความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on *

2.2 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จาก กระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

ศูนย์ ปณฺ ทัต ชี

2. ด้านความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on *

2.3 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ต่อการสรุปผลลัพท์ด้วยแนวคิด การออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

3. ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส *

3.1 ท่านคิดว่าจะมีปัญหา หรือ ควรแก้ไขตรงส่วนบ้าง หากมีการนำ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ไปใช้งานจริงในภาคธุรกิจ/ภาคส่วนพัฒนาเมตาเวิร์ส/ภาคการศึกษา

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

3. ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส *

3.2 ท่านเคยมีประสบการณ์การใช้ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์สหรือไม่ อย่างไร

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

ศูนย์ ปณฺ ทัต ขง

3. ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส *

3.2 ท่านเคยมีประสบการณ์การใช้ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์สหรือไม่ อย่างไร

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

3. ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส *

3.3 ท่านคิดว่า Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีแนวโน้มจะถูกนำไปใช้จริงอย่างแพร่หลายหรือไม่ เพราะเหตุใด

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน



แบบบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

แบบบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ

มีวัตถุประสงค์เพื่อ บันทึกข้อมูลประสิทธิภาพในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้ตาราง Matrix เพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุด นำไปพัฒนาเป็น Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender

1. **Objects** หมายถึง จำนวนชิ้นงานที่แสดงผลได้ (มีค่าน้อยกว่า หมายถึง มีประสิทธิภาพดี *)

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

2. **File size** หมายถึง ขนาดของไฟล์ชิ้นงาน (มีค่าน้อยกว่า หมายถึง มีประสิทธิภาพดีกว่า) *

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

3. **Batches** หมายถึง การเรียกการวาดวัตถุทุกอย่างของเกม (มีค่าน้อยกว่า หมายถึง มีประสิทธิภาพดีกว่า) *

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

4. **Triangles/Polygons** หมายถึง จำนวน Polygon ในวัตถุ (มีค่าน้อยกว่า หมายถึง มีประสิทธิภาพดีกว่า) *

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

5. **Texture Memory** ค่าการใช้งานหน่วยความจำในส่วนของพื้นผิวโมเดล (มีค่าน้อยกว่า หมายถึง มีประสิทธิภาพดีกว่า) *

- ☐ +1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน
- ☐ -1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการประเมิน

ขอเสนอแนะเพิ่มเติม

คำตอบของคุณ _____

กลับ

ส่ง

ล้างแบบฟอร์ม

ห้ามส่งรหัสผ่านใน Google ฟอร์ม

เนื้อหานี้มีได้ถูกสร้างขึ้นหรือรับรองโดย Google รายงานการละเมิด - ข้อกำหนดในการให้บริการ - นโยบายความเป็นส่วนตัว

Google ฟอร์ม

พูน ปณ จิโต ชีเว

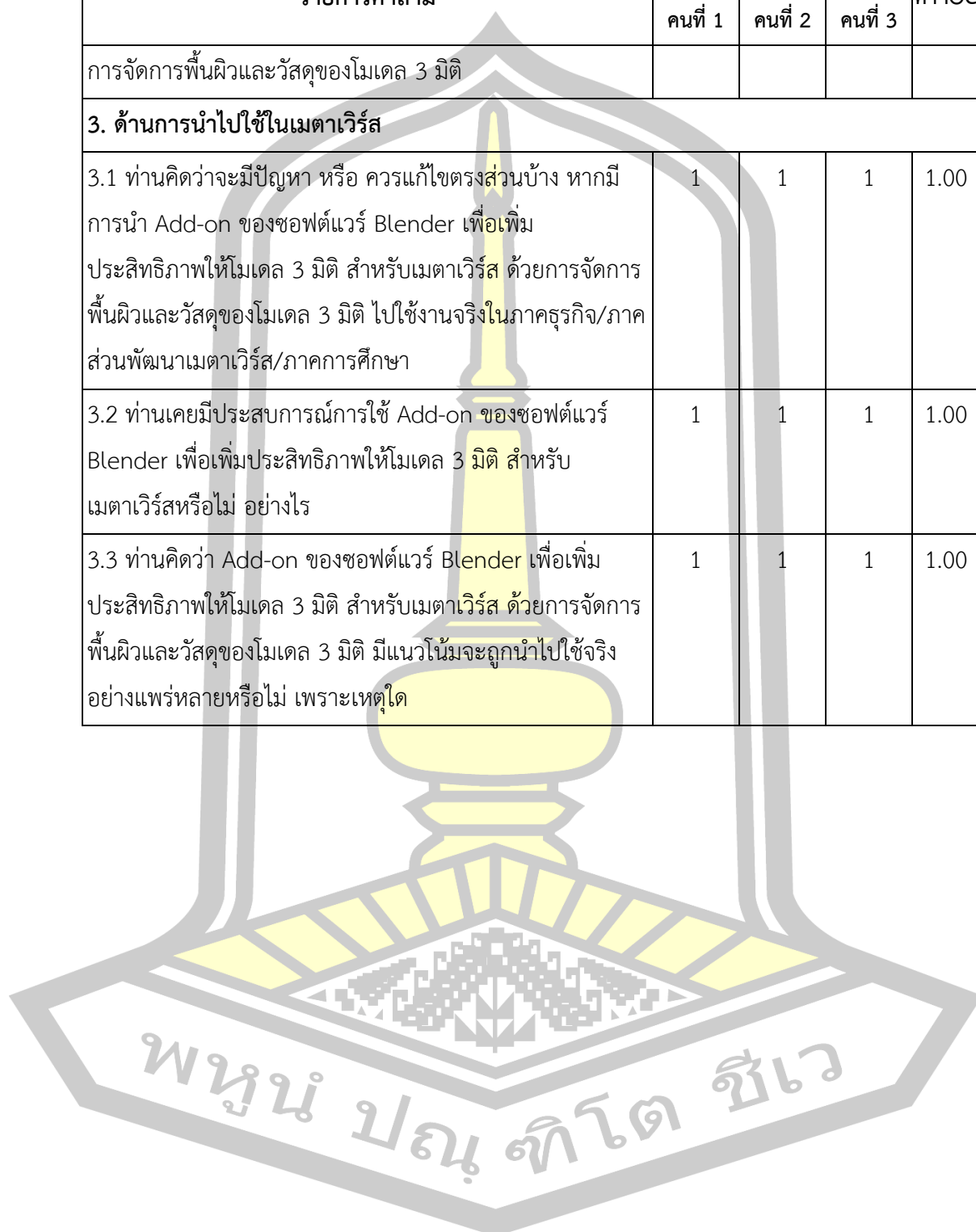
ตาราง ข.1

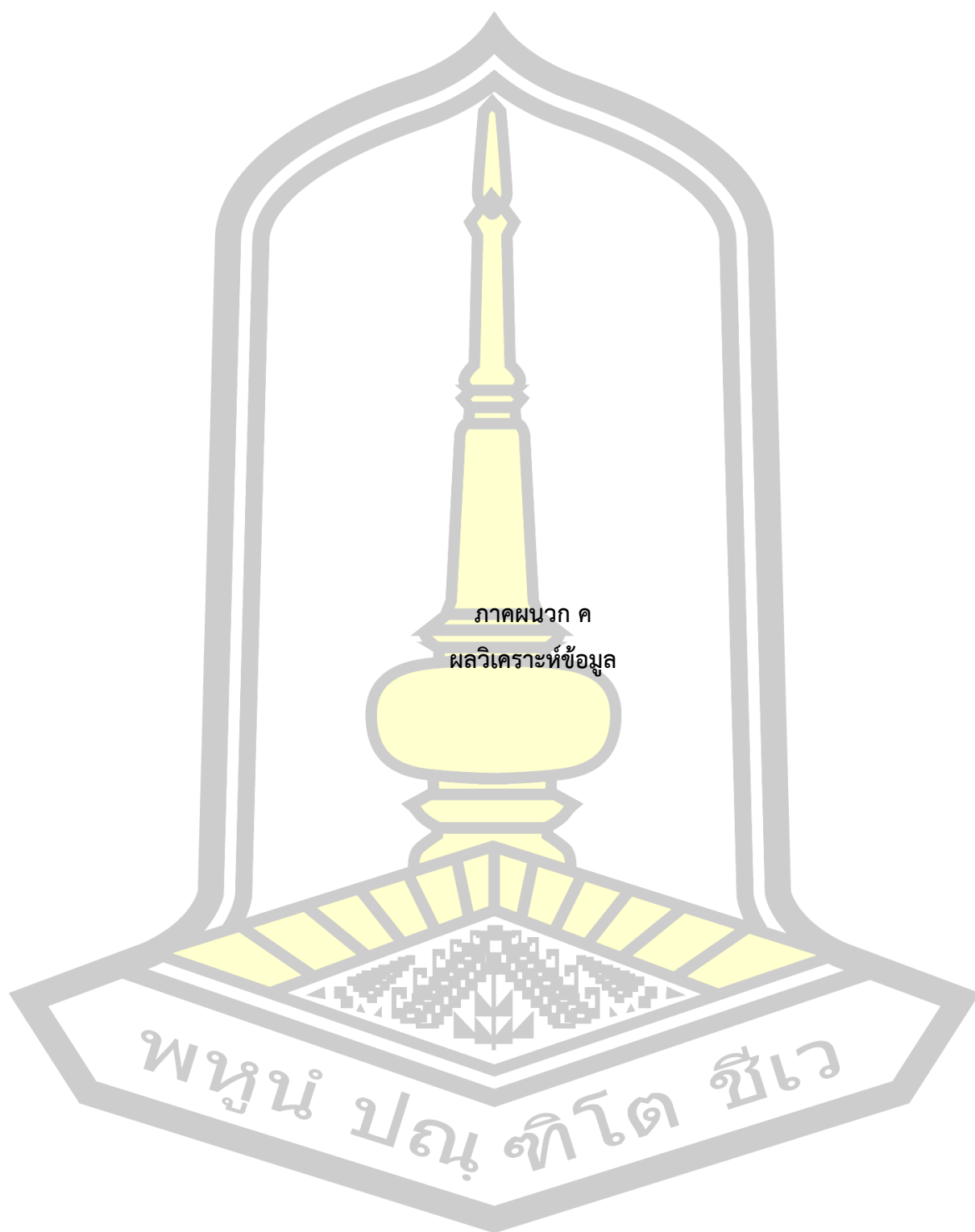
รายการคำถาม	ผลจากผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
แบบสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังใช้งานส่วนเสริมของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส					
1. ด้านการใช้งาน					
1.1 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ง่ายต่อการติดตั้ง	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.2 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ง่ายต่อการถอนการติดตั้ง	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.3 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ใช้งานง่าย	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.4 การจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ด้วย Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ช่วยย่นเวลาในการทำงานเกี่ยวกับโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.5 ขั้นตอนการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เหมาะสมกับการสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.6 ขณะใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติสำหรับเมตาเวิร์ส ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรคอมพิวเตอร์ (เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สะดุด)	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.7 การแสดงผลหน้าจอและการตอบสนองการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีความรวดเร็ว	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.8 การออกแบบหน้าจอ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ไม่ต้องเรียนรู้ใหม่	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.9 การแสดงผลขณะใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีความถูกต้อง	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.10 Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิว	1	1	1	1.00	ใช้ได้

รายการคำถาม	ผลจากผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
และวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีประโยชน์					
1.11 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม/ปัญหา/อุปสรรคที่พบจากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ (ใช้ข้อคำถามรูปแบบปลายเปิด)	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านความสวยงามของโมเดล 3 มิติ					
2.1 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีพื้นผิวและวัสดุสวยงาม	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.2 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีการแสดงพื้นผิวและวัสดุได้ถูกต้อง	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.3 รูปแบบ (Style) ของโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีความเป็นธีม (Theme) เดียวกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.4 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ เหมาะสมกับรูปแบบกราฟิก 3D Stylized	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.5 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ น่าดึงดูดใจต่อการมองเห็น	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.6 โมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender มีการแสดงผลพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ละเอียดยิ่งและชัดเจน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.7 ท่านมีความพึงพอใจต่อความสวยงามของโมเดล 3 มิติที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.8 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม/ปัญหา/อุปสรรคที่พบในโมเดล 3 มิติ ที่ได้จากการใช้งาน Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender ในการ	1	1	1	1.00	ใช้ได้

รายการคำถาม	ผลจากผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
จัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส (ใช้ข้อคำถามรูปแบบปลายเปิด)					
แบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ					
1. ด้านแนวคิดการออกแบบ					
1.1 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร กับแนวคิดการออกแบบ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.2 จากประสบการณ์ที่ผ่านมา ท่านเคยคิดออกแบบขั้นตอน หรือ พัฒนาเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส หากเคย ท่านใช้หลักการหรือข้อสำคัญอะไรบ้าง	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.3 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้น หากมีการนำผลการออกแบบนี้ไปใช้งานจริง	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านความถูกต้องของกระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on					
2.1 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับความถูกต้องของ กระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.2 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับความถูกต้องของ ผลลัพธ์ที่ได้จาก กระบวนการออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.3 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ต่อการสรุปผลลัพธ์ด้วยแนวคิด การออกแบบและพัฒนา Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วย	1	1	1	1.00	ใช้ได้

รายการคำถาม	ผลจากผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
การจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ					
3. ด้านการนำไปใช้ในเมตาเวิร์ส					
3.1 ท่านคิดว่าจะมีปัญหา หรือ ควรแก้ไขตรงส่วนบ้าง หากมีการนำ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ ไปใช้งานจริงในภาคธุรกิจ/ภาคส่วนพัฒนาเมตาเวิร์ส/ภาคการศึกษา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.2 ท่านเคยมีประสบการณ์การใช้ Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์สหรือไม่ อย่างไร	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.3 ท่านคิดว่า Add-on ของซอฟต์แวร์ Blender เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้โมเดล 3 มิติ สำหรับเมตาเวิร์ส ด้วยการจัดการพื้นผิวและวัสดุของโมเดล 3 มิติ มีแนวโน้มจะถูกนำไปใช้จริงอย่างแพร่หลายหรือไม่ เพราะเหตุใด	1	1	1	1.00	ใช้ได้





T-TEST

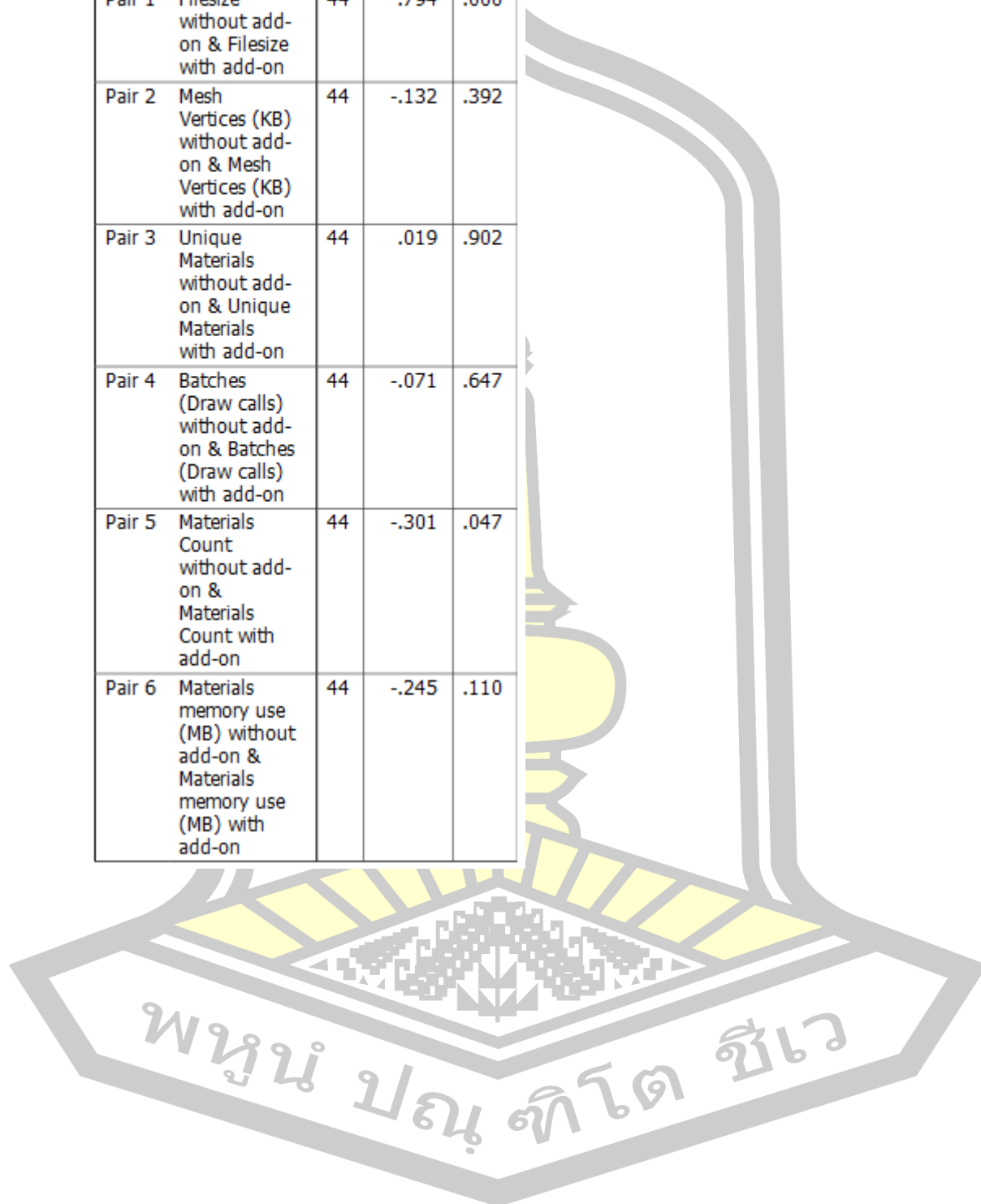
PAIRS = filesize_B Vertices_B Unique_Mat_B Draw_calls_B Mat_Count_B
 Mat_mem_use_B WITH filesize_A Vertices_A Unique_Mat_A Draw_calls_A
 Mat_Count_A Mat_mem_use_A (PAIRED)
 /MISSING=ANALYSIS
 /CRITERIA=CI(0.99).

Paired Sample Statistics

		N	Mean	Std. Deviation-	S.E. Mean
Pair 1	Filesize without add-on	44	142.45	14.69	2.21
	Filesize with add-on	44	122.50	9.67	1.46
Pair 2	Mesh Vertices (KB) without add-on	44	16424.95	443.60	66.88
	Mesh Vertices (KB) with add-on	44	14165.32	319.20	48.12
Pair 3	Unique Materials without add-on	44	18.82	7.91	1.19
	Unique Materials with add-on	44	1.05	.21	.03
Pair 4	Batches (Draw calls) without add-on	44	41.64	15.83	2.39
	Batches (Draw calls) with add-on	44	6.50	2.73	.41
Pair 5	Materials Count without add-on	44	164.23	7.53	1.13
	Materials Count with add-on	44	146.00	.22	.03
Pair 6	Materials memory use (MB) without add-on	44	425.99	53.30	8.04
	Materials memory use (MB) with add-on	44	288.52	1.19	.18

Paired Samples Correlations

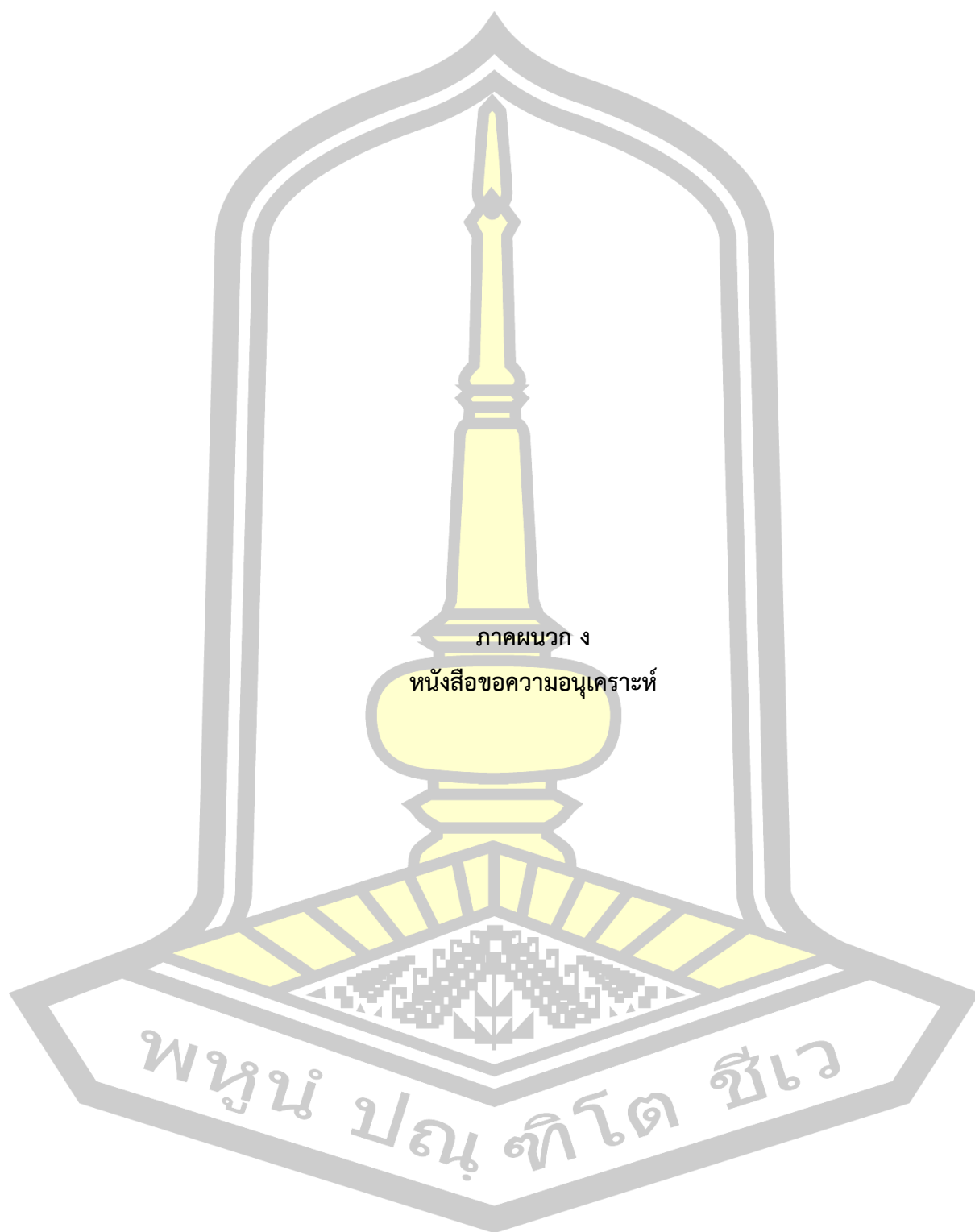
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Filesize without add-on & Filesize with add-on	44	.794	.000
Pair 2	Mesh Vertices (KB) without add-on & Mesh Vertices (KB) with add-on	44	-.132	.392
Pair 3	Unique Materials without add-on & Unique Materials with add-on	44	.019	.902
Pair 4	Batches (Draw calls) without add-on & Batches (Draw calls) with add-on	44	-.071	.647
Pair 5	Materials Count without add-on & Materials Count with add-on	44	-.301	.047
Pair 6	Materials memory use (MB) without add-on & Materials memory use (MB) with add-on	44	-.245	.110



Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation-	S.E. Mean	99% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Filesize without add-on - Filesize with add-on	19.95	9.14	1.38	16.24	23.67	14.47	43	.000
Pair 2	Mesh Vertices (KB) without add-on - Mesh Vertices (KB) with add-on	2259.64	579.77	87.40	2024.07	2495.20	25.85	43	.000
Pair 3	Unique Materials without add-on - Unique Materials with add-on	17.77	7.91	1.19	14.56	20.99	14.90	43	.000
Pair 4	Batches (Draw calls) without add-on - Batches (Draw calls) with add-on	35.14	16.25	2.45	28.53	41.74	14.34	43	.000
Pair 5	Materials Count without add-on - Materials Count with add-on	18.23	7.59	1.14	15.14	21.31	15.92	43	.000
Pair 6	Materials memory use (MB) without add-on - Materials memory use (MB) with add-on	137.47	53.60	8.08	115.69	159.25	17.01	43	.000





ที่ อว 0605.13/ ๑๗๓1



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

13 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท

เรียน คณบดีคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

ด้วย นายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร วท.ม.สื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบสเนตเพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิตร โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ ธีระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่า บุคลากรในสังกัดของท่าน คือ อาจารย์วันฉัตร โพธิ์สาร ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและมัลติมีเดีย เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพิณิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ

โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/ ๒๕๖๑



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

13 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท

เรียน คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

ด้วย นายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร วท.ม.สื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์ เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิตร โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิช ธีระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่า บุคลากรในสังกัดของท่าน คือ อาจารย์วิมลภ ศรีสำราญ ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาศิลปกรรมและสื่อสร้างสรรค์ เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลนิจ)
คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/ ๖๖31



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

๒๓ พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท

เรียน คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

ด้วย นายอภินันท์ รุ่งสูงเนิน นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร วท.ม.สีนอมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์ เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลอนิเมต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ ธีระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่า บุคลากรในสังกัดของท่าน คือ อาจารย์อัญญา คำภาหัตถ์ ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาศิลปกรรมและสื่อสร้างสรรค์ เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพิณิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสีนอมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005



ที่ อว 0605.13/ 2 731

คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

13 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท

เรียน ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท เดอะ บิ๊กส์แบง ทิออรี จำกัด

ด้วย นายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร วท.ม.สื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์ เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิตร โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิธ ธีระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพินิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/ 2 731



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

13 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท

เรียน ผู้จัดการ บริษัท สปาร์คเทคโนโลยี จำกัด

ด้วย นายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร วท.ม.สื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์ เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิตร โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ ธีระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพิณิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ

โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/ ๖.๗๙ 1



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

13 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท

เรียน คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

ด้วย นายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร วท.ม.สื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์ เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิตร โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิษ ธิระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ คณะฯ พิจารณาแล้วเห็นว่า บุคลากรในสังกัดของท่าน คือ อาจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ รัตนประภาวรรณ ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาศิลปกรรมและสื่อสร้างสรรค์ เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี ดังนั้น จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาและเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพินิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ

โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005

ที่ อว 0605.13/ ๑ 730



คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

13 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เข้าพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลการวิจัย

เรียน คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ด้วย นายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตร วท.ม.สื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์ เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิตร โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิธ ธีระโคตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิตศึกษา ที่เรียนในวิชา การผลิตแอนิเมชัน 3 มิติเบื้องต้น โดยมี อาจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ รัตนประภาวรรณ เป็นผู้สอน ดังนั้นเพื่อให้นักศึกษาวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี มหาวิทยาลัยโครขอความอนุเคราะห์ให้สัณทิเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยใน วันที่ 18 และ 20 ธันวาคม 2566 เวลา 13.00 – 16.00 น. ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการเรียนการสอนในวิชาดังกล่าว

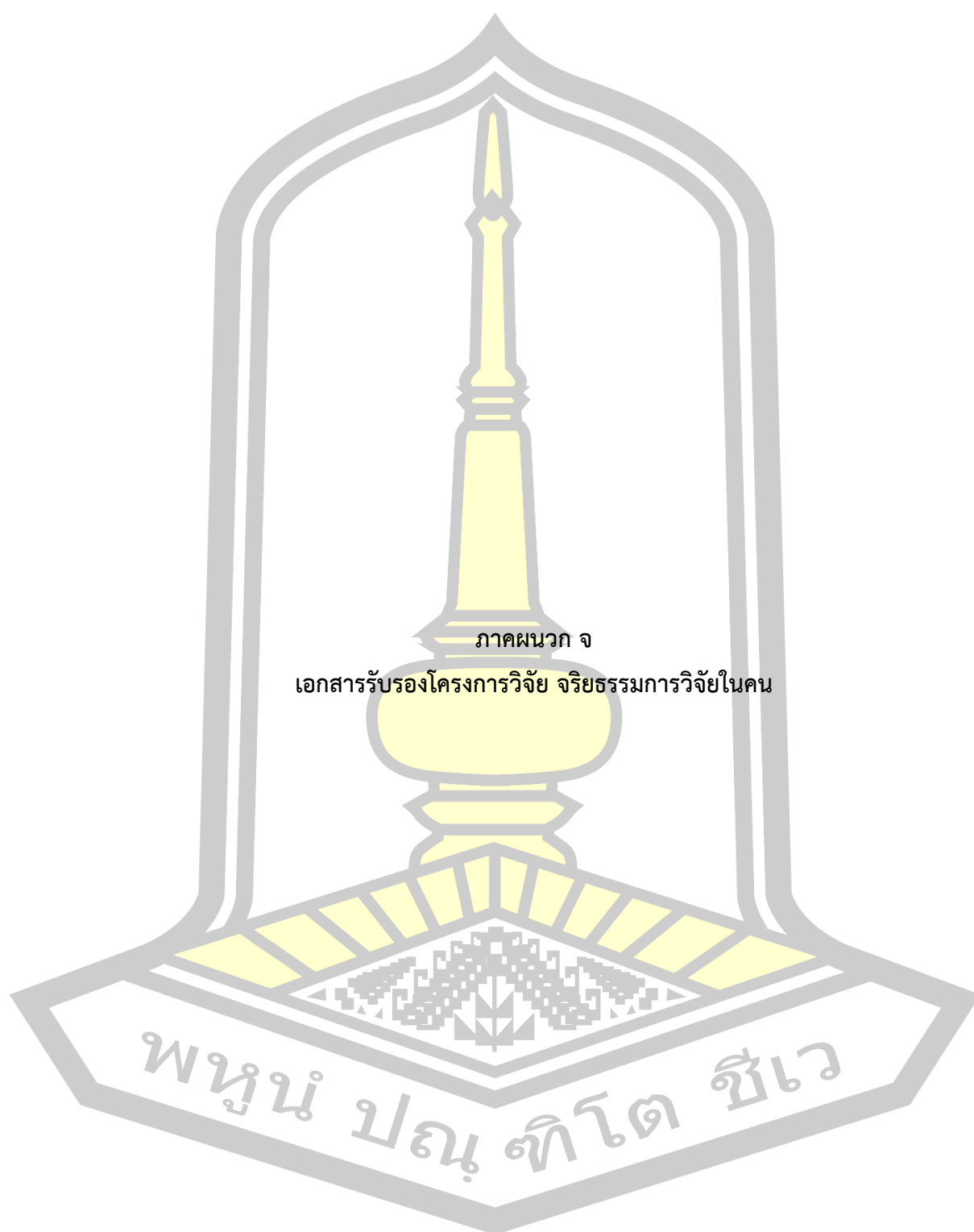
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา พลพินิจ)

คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาสื่อนฤมิตร คณะวิทยาการสารสนเทศ
โทรศัพท์ 06 3635 5044 , 0 4375 4333 ต่อ 5005





คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

เลขที่การรับรอง : 017-622/2567

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนาส่วนเสริมของซอฟต์แวร์เบลนเดอร์เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติสำหรับจักรวาลนฤมิต

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ) Development of a Blender Add-on for 3D Modeling of Metaverse.

ผู้วิจัย : นายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน

หน่วยงานที่รับผิดชอบ : คณะวิทยาการสารสนเทศ

สถานที่ทำการวิจัย : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

ประเภทการพิจารณาแบบ : แบบยกเว้น

วันที่รับรอง : 17 มกราคม 2567

วันหมดอายุ : 16 มกราคม 2568

ข้อเสนอการวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาและให้ความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคามแล้ว และอนุมัติในด้านจริยธรรมให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องข้างต้นได้ บนพื้นฐานของโครงร่างงานวิจัยที่คณะกรรมการฯ ได้รับและพิจารณา เมื่อเสร็จสิ้นโครงการแล้วให้ผู้วิจัยส่งแบบฟอร์มการปิดโครงการและรายงานผลการดำเนินงานมายังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หรือหากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจะต้องยื่นขอรับการพิจารณาใหม่

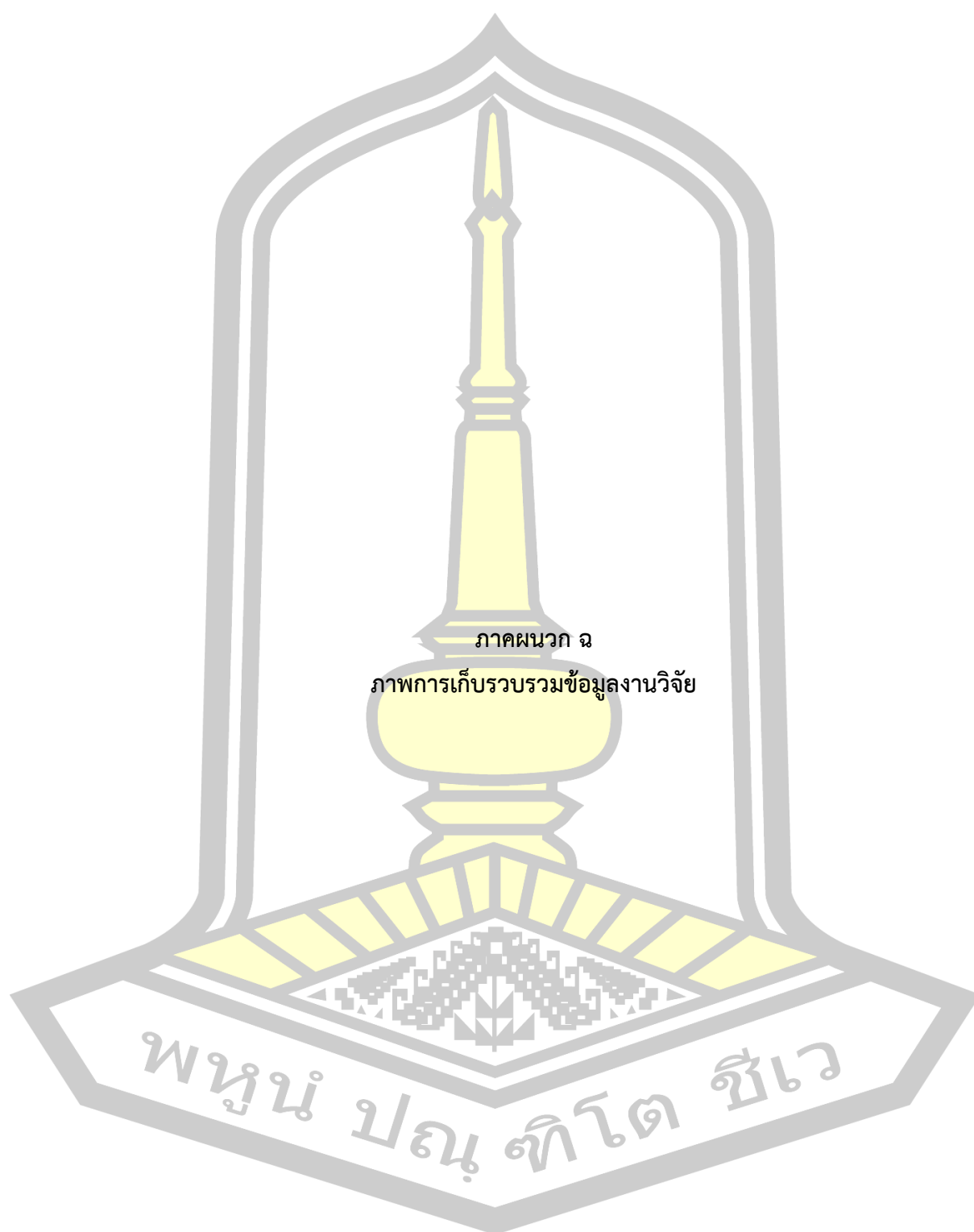
กตริ์ รุ่งสูงเนิน

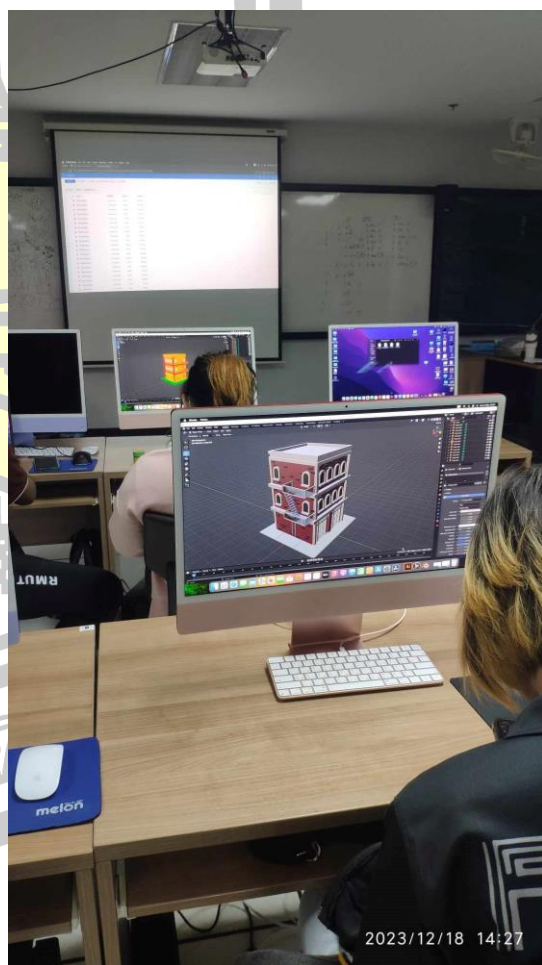
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกษักรหญิงรัตรี สว่างจิตร)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (ดูด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอภิรักษ์ รุ่งสูงเนิน
วันเกิด	วันที่ 17 เมษายน พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 616/3 หมู่ 5 ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ผู้จัดการทั่วไป
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ร้านครีเอทีฟสเปซ เลขที่ 616/3 หมู่ 5 ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2542 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2545 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2548 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาวิชาช่างเทคโนโลยี สารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2550 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาสื่ออนุมัติ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2567 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาสื่ออนุมัติ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

พูน ปณ ภัโต ชีเว