



CS พ.ศ.2564/CS15

รายงานความก้าวหน้าโครงการ ครั้งที่ 2

พัฒนาแอปพลิเคชันมือถือสร้างสรรค์ห้องอเนกประสงค์เสมือนจริง

Development a Mobile Application to  
Create a Virtual Multipurpose

โดย

613020983-9 นายกิตติพงษ์ สาวีสัย

613020997-8 นายธีรภัทร์ สานี

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. อรุณรัตน์ โคแก้ว

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา SC314774 โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์ 1

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

( เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 )

กิตติพงษ์ สาวีสัย และ ชีรภัทร สานี. 2564. การศึกษาเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือสร้างสรรค์ห้องเนกประสงค์  
**เสมือนจริง.** โครงการคอมพิวเตอร์ปริญาวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์  
 สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาลัยการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
 อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.อุรฉัตร โคแก้ว

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคิดค้นเทคโนโลยีด้านงานออกแบบภาพจำลองระบบเทคโนโลยีจำลองภาพเสมือนจริงบนแอปพลิเคชัน เพื่อแก้ปัญหากลุ่มผู้คนที่ซื้อเฟอร์นิเจอร์ตกแต่งบ้านทางออนไลน์ อาศัยอยู่ต่างจังหวัดหรือไม่สะดวกเดินทางไปดูสินค้าเฟอร์นิเจอร์ ที่ร้านจะมีเฟอร์นิเจอร์ตัวอย่าง เพื่อให้ลูกค้าได้ดูหรือสัมผัสเพื่อตัดสินใจซื้อ วิธีการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยจะพัฒนาแอปพลิเคชันภาพจำลองเสมือนจริง 3 มิติ ในการจำลองวัตถุเฟอร์นิเจอร์ แสดงผ่านกล้องโทรศัพท์ของผู้ใช้ ด้วยวิธี Raycasting เซ็นเซอร์ของกล้องโทรศัพท์จะตรวจจับวัตถุที่กระทบการเซ็นเซอร์และทำการเก็บค่าตำแหน่งของแต่ละจุดที่ตรวจจับได้ แล้วทำการ Mark จุดและสร้างพื้นที่ที่สามารถวางวัตถุลงไปได้ การสร้างวัตถุ 3 มิติ ใช้หลักการ 3D Rendering, Pose Estimation

ผลการวิจัยพบว่า สามารถตรวจจับพื้นที่ที่สามารถวางเฟอร์นิเจอร์ลงไปได้ และวางเฟอร์นิเจอร์ลงไปได้ สามารถเลือกเฟอร์นิเจอร์ได้ และสามารถลบเฟอร์นิเจอร์ได้ ผู้วิจัยยังพบข้อบกพร่องของแอปพลิเคชันอยู่และกำลังแก้ไขและพัฒนาต่อไปให้สมบูรณ์

**คำสำคัญ:** แอปพลิเคชันภาพจำลองเสมือนจริง 3 มิติ, Raycasting, เฟอร์นิเจอร์ตกแต่งบ้านทางออนไลน์

Kittipong savisai and Terapat Sanee. 2021. **A Study for Development a Mobile Application to Create a Virtual Multipurpose.** Bachelor of Science Project in Computer Science, Computer Science, College of Computing, Khon Kaen University.

Thesis Advisor: Asst.Prof. Urachart Kokaew

## Abstract

This research has the objective for invent technology in design, Augmented Reality on applications to solve the problem of people buying home furniture online, abroad or not traveling to see furniture products. At the shop, there will be sample furniture for customers to watch or touch with material before buy. How to do the research. The researcher will develop a 3D virtual reality application in the simulation of furniture objects Displayed through the user's phone camera by Raycasting, the phone camera sensor detects objects hitting the sensor and collects the position of each detected point and then marks the point and create an area where objects can be placed. Creating 3D objects is based on 3D Rendering and Pose Estimation principles.

The results show that the area where the furniture is placed can be detected and the furniture can be placed in it, the furniture can be selected, and the furniture can be deleted. The researcher has also found some application flaws and is working on it and developing them continue to complete

**Keywords:** Application for 3D virtual reality., Raycasting, Shopping furniture online.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 เป้าหมายและขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานที่เกี่ยวข้อง	4
2.3 จากงานวิจัยหรือทฤษฎีที่ศึกษานำมาประยุกต์ใช้กับงานอย่างไร	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	7
3.1 กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบโปรแกรม	7
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	7
3.3 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน	7
3.4 การศึกษาเครื่องมือและวิธีการใช้งาน	8
3.5 แผนและระยะเวลาดำเนินการ	11
บทที่ 4 การวิเคราะห์ระบบและพัฒนาโปรแกรม	12
4.1 ความต้องการของระบบ	12
4.2 การพัฒนาโปรแกรม	13

4.3 การทดสอบระบบ	18
<b>บทที่ 5 บทสรุป</b>	<b>26</b>
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	26
5.2 ข้อจำกัดของระบบ	26
5.3 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข	26
5.4 ข้อเสนอแนะ ในการพัฒนาต่อไป	26
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>27</b>

## สารบัญภาพ

### หน้า

ภาพที่ 1	แสดงการทำงานของการทำงานของการแสดงภาพเสมือนจริง Augmented Reality [1]	3
ภาพที่ 2	ตัวอย่างการทำงานของแอปพลิเคชัน DewataAR ผ่าน iPad [2]	4
ภาพที่ 3	แสดงหน้า UI ของโปรแกรม [5]	5
ภาพที่ 4	แสดงภาพเสมือนจริงที่จำลอง 3D เครื่องบินตก [6]	6
ภาพที่ 5	แสดง Android SDK ในโปรแกรม Android Studio	8
ภาพที่ 6	แสดงตัวอย่าง Emulator ใน Android Studio [8]	9
ภาพที่ 7	แสดงเขียนสคริปต์ Unity ของคุณใน C# [10]	10
ภาพที่ 8	Use Case diagram ของแอปพลิเคชัน	12
ภาพที่ 9	Flowchart การทำงานของแอปพลิเคชัน	13
ภาพที่ 10	แสดงหน้าจอหลังเข้าแอปพลิเคชัน	14
ภาพที่ 11	แสดง List รายการวัตถุ	14
ภาพที่ 12	แสดงหน้าจอหลังเลือกวัตถุ	15
ภาพที่ 13	แสดงพื้นที่ที่สามารถวางวัตถุได้	15
ภาพที่ 14	แสดงฟังก์ชันของการเลือกวัตถุที่วางแล้ว	16
ภาพที่ 15	แสดงการใส่ปุ่มเพิ่มวัตถุอื่น	16
ภาพที่ 16	แสดงการใส่ปุ่มเพิ่มวัตถุอื่น	17
ภาพที่ 17	แสดงการใช้ FreeMod e เพื่อบันทึกภาพ	17
ภาพที่ 18	แอปพลิเคชันเมื่อทำการติดตั้งสำเร็จ	18
ภาพที่ 19	ภาพแสดง UI List เฟอร์นิเจอร์	18
ภาพที่ 20	รายละเอียดของเฟอร์นิเจอร์	19
ภาพที่ 21	ภาพแสดงการรอตตรวจจับของแอปพลิเคชัน	20
ภาพที่ 22	ภาพแสดงการตรวจจับพื้นที่สำเร็จ	21
ภาพที่ 23	ภาพแสดงการวางวัตถุลงบนพื้นที่	22
ภาพที่ 24	ภาพแสดงการย้ายตำแหน่งวัตถุ	23
ภาพที่ 25	แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Rotatate3D	24
ภาพที่ 26	แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Screenshot	25

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาและมีบทบาทในการใช้ชีวิตของมนุษย์มากขึ้น กิจกรรมต่าง ๆ สามารถทำผ่านออนไลน์ได้ผ่านโทรศัพท์มือถือ รวมไปถึงการซื้อขายสินค้าออนไลน์ ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เลือกซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชัน สั่งซื้อ และชำระเงินผ่านแอปพลิเคชันธนาคาร ซึ่งรวมไปถึงการสั่งซื้อเฟอร์นิเจอร์เพื่อมาตกแต่งบ้านที่ลูกค้าเลือกซื้อผ่านแอปพลิเคชันแล้วทางร้านก็มีบริการจัดส่งถึงบ้านอีกด้วย มีความสะดวกสบายมาก แต่ยังมีข้อจำกัดของการซื้อเฟอร์นิเจอร์ โดยผู้ซื้อไม่สามารถเห็นสินค้าโดยตรงหรือสัมผัสสินค้าได้ เหมือนกับเวลาไปซื้อเฟอร์นิเจอร์อยู่ร้าน ที่ทางร้านจะมีสินค้าตัวอย่างให้ลูกค้าได้ดูหรือสัมผัส เพื่อตัดสินใจซื้อสินค้า ต่างกับการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชัน ที่ลูกค้าจะตัดสินใจผ่านราคาหรือโปรโมชั่นส่วนลดและความต้องการของลูกค้าเอง โดยลูกค้าอาจไม่ได้คำนึงถึงคุณภาพสินค้า ความสวยงาม ขนาดของเฟอร์นิเจอร์ เมื่อนำมาเทียบกับขนาดพื้นที่ของบ้านให้เกิดความเหมาะสมและลงตัวในการตกแต่งบ้าน จึงเป็นสาเหตุของปัญหาที่ตามมา ผู้ซื้อสั่งซื้อเฟอร์นิเจอร์ทางออนไลน์ ที่ได้รับสินค้ามาแล้วนำมาจัดวางบนพื้นที่ตกแต่งห้อง ภาพที่ออกมาไม่เหมือนกับที่คิดไว้หรือจินตนาการ เช่น สีเฟอร์นิเจอร์ไม่เข้ากับพื้น ไม่เข้ากับสีผนัง มีขนาดใหญ่เกินไป เป็นต้น ทำให้ผิดหวังและต้องเสียเงินที่สั่งซื้อสินค้าไปโดยเสียเปล่า ที่ผ่านมามีแอปพลิเคชันมากมายที่ถูกพัฒนาสำหรับปัญหานี้ แต่แอปพลิเคชันใช้งานได้ยากมีอาการหน่วงไม่ลื่นไหล มีฟังก์ชันที่ยังไม่ตรงตามปัญหาที่เกิดขึ้น

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิธีสร้างแอปพลิเคชันที่เกี่ยวกับการสร้างภาพจำลอง 3 มิติ หรือระบบภาพจำลองเสมือนโลกความเป็นจริงขึ้นมาที่จะแสดงภาพเฟอร์นิเจอร์ 3 มิติ ผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือ ลงบนพื้นที่ที่ผู้ใช้ต้องการจะจำลองหรือจัดวางตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ เพื่อวิเคราะห์ความสวยงาม ความเหมาะสม ก่อนตัดสินใจซื้อเฟอร์นิเจอร์ เพื่อแก้ปัญหาการซื้อขายสินค้าที่ผิดพลาดและเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้ที่ไม่สะดวกไปดูสินค้าที่ร้านได้ เช่น ผู้ใช้ที่อยู่ต่างจังหวัด เป็นต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาการสร้างหลากหลายวิธี เลือกใช้วิธีการตรวจจับพื้นที่และจะเพิ่มการคำนวณขนาดพื้นที่ลงไป เพื่อความแม่นยำในการตรวจจับพื้นที่และการจัดวางขนาดของวัตถุ พร้อมทั้งจะพัฒนาและแก้ไขปัญหาและจุดบกพร่องต่อไป

### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของเทคโนโลยีจำลองภาพเสมือนจริง
- 1.2.2 เพื่อหาแนวทางการทำงานร่วมกันของระบบเทคโนโลยีจำลองภาพเสมือนจริงและแอปพลิเคชันบนมือถือ
- 1.2.3 เพื่อคิดค้นเทคโนโลยีภาพจำลองระบบเทคโนโลยีจำลองภาพเสมือนจริงบนแอปพลิเคชัน

### 1.3 เป้าหมายและขอบเขต

สร้างแอปพลิเคชันสำหรับกลุ่มคนที่ไม่สะดวกไปเลือกดูสินค้าที่ร้าน แนวการจัดวาง การตกแต่ง และยังตัดสินใจซื้อไม่ได้ เมื่อซื้อสินค้ามาจะสวยงามและเหมาะสมกับพื้นที่จัดวางภายในบ้านหรือไม่ จึงเกิดแอปพลิเคชันในการจำลองภาพสินค้าในรูปแบบภาพ 3 มิติ ผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือ เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้ในเลือกดูสินค้าและเพิ่มการตัดสินใจซื้อของผู้ใช้

#### 1.3.1 ขอบเขตความสามารถของแอปพลิเคชัน

- สร้างภาพจำลอง 3 มิติ ออกมาได้ทางหน้าจอโทรศัพท์มือถือ
- สามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการจะแสดงภาพจำลอง 3 มิติ ได้
- สามารถแสดงวัตถุ 3 มิติ ได้อย่างแม่นยำบนพื้นที่
- เมื่อสนใจสินค้าสามารถกดปุ่ม เพื่อติดต่อหรือไปยังหน้าเว็บเพจที่ขายสินค้าได้
- สามารถหมุนวัตถุภาพจำลอง 3 มิติ ได้
- สามารถลบวัตถุภาพได้
- สามารถถ่ายรูป บันทึกลงในโทรศัพท์ได้

#### 1.3.2 ข้อจำกัดของงานวิจัยคือระบบแอปพลิเคชันสามารถทำได้บางระบบปฏิบัติการ

- แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้เพียงบนระบบ Android เท่านั้น
- ขนาดของวัตถุภาพโมเดล 3 มิติ ที่อาจจะมีความไม่เท่ากับขนาดของวัตถุจริง

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

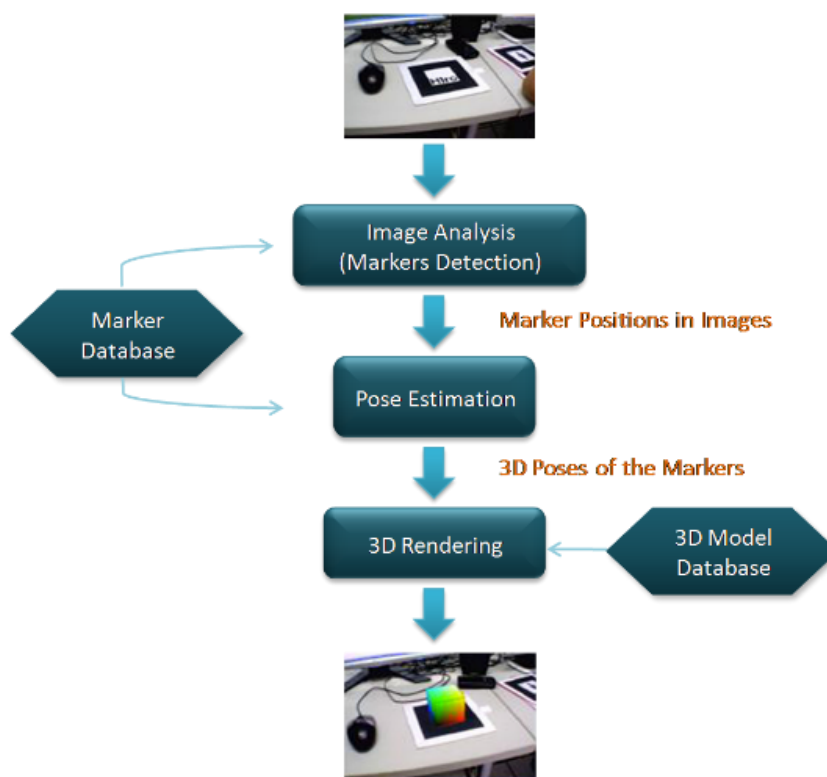
- 1.4.1 สามารถแสดงโมเดลเฟอร์นิเจอร์จำลองออกมาเป็นภาพจำลอง 3 มิติ ผ่านโทรศัพท์มือถือได้
- 1.4.2 สามารถวางโมเดลเฟอร์นิเจอร์ภาพจำลอง 3 มิติ ลงบนพื้นที่ภาพจริงผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือได้ และสามารถจัดระเบียบตำแหน่งของโมเดลเฟอร์นิเจอร์ได้
- 1.4.3 สามารถช่วยจำลองการตกแต่งบ้านให้กับผู้ใช้และช่วยตัดสินใจซื้อสินค้าได้ จากการจำลองโมเดลเฟอร์นิเจอร์ภาพเสมือนจริง



## บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

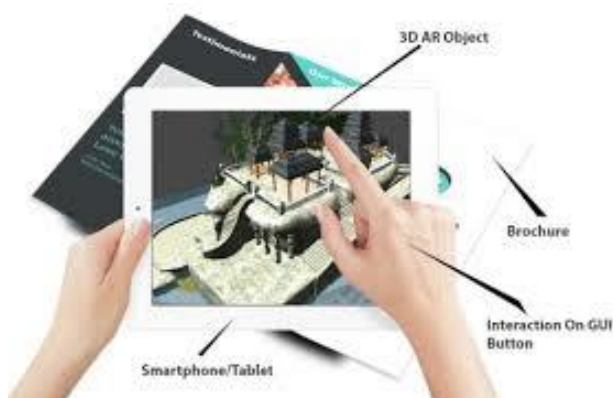
- 2.1.1 การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นกระบวนการสืบค้นหาเครื่องหมาย (Marker) ที่มาจากภาพของกล้องแล้วทำการค้นหาข้อมูลหรือที่เรียกว่า (Marker Database) เป็นการรวบรวมข้อมูลทั้งขนาดและรูปร่างของเครื่องหมายเพื่อนำมาคำนวณและวิเคราะห์รูปแบบของเครื่องหมาย
- 2.1.2 การคำนวณหาตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) โดยใช้วิธีการ Marker เปรียบเทียบกับตำแหน่งกล้อง
- 2.1.3 การคำนวณและประมวลผลสร้างภาพสองมิติขึ้นโดยสร้างจากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าสู่รูปภาพ ซึ่งทำงานผ่านการใช้ค่าตำแหน่งที่เป็นเชิง 3 มิติ ซึ่งจะได้ผลงานออกมาเป็นภาพเสมือนจริง [1] ขั้นตอนของกระบวนการทั้ง 3 ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการทำงานของ การแสดงภาพเสมือนจริง Augmented Reality [1]

## 2.2 งานที่เกี่ยวข้อง

เรื่อง Augmented Reality Mobile Application of Balinese Hindu Temples: DewataAR จัดทำโดย Waruwu, A. F. et.al (2015) ทำแอปพลิเคชันมือถือจำลองสถานที่ท่องเที่ยวจากการสแกน QR Code ในโบรชัวร์เพื่อแสดง Model ด้วย 3D AR object จำลองสถานที่ท่องเที่ยวที่นั่น ๆ โดยออกแบบใช้เทคนิค Markerless ด้วย Vuforia SDK เป็น AR ที่ใช้ติดตามวัตถุ การติดตามวัตถุระบบแบบ Markerless ขึ้นอยู่กับในการติดตามคุณลักษณะตามธรรมชาติ AR Markerless และติดตามด้วยรูปภาพที่มีอยู่ ซึ่งจะใช้เป็นไฟล์เป้าหมายหรือภาพที่จะตรวจพบเพื่อแสดงไฟล์วัตถุ จากการวิเคราะห์และการทดสอบเพื่อศึกษาแอปพลิเคชัน DewataAR ได้ข้อสรุปบางประการนี้การศึกษาให้แนวคิดใหม่ ๆ แก่การท่องเที่ยวและให้ประสบการณ์ใหม่สำหรับนักท่องเที่ยวที่จะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับเยี่ยมชมวัตถุการท่องเที่ยว โดยเฉพาะวัด เครื่องหมายการตรวจจับในแอปพลิเคชันแสดงวัตถุ 3 มิติ และสามารถแสดงวิดีโอตัวอย่าง ซึ่งเป็นปุ่ม GUI ในการกดเล่น สามารถใช้งานได้เป็นฟังก์ชันเทคโนโลยีที่ใช้ AR ในการใช้แอปพลิเคชันผู้ใช้จะต้องให้ความสนใจกับระยะทางและการโฟกัสของกล้องในการสแกนเครื่องหมายระยะใกล้เท่าไรก็ยังดีสำหรับกล้องที่ตรวจจับเครื่องหมาย ในทางกลับกันระยะทางไกลระหว่างกล้องกับเครื่องหมายอาจแสดงไม่เต็มประสิทธิภาพของการทำงาน [2] แสดงตัวอย่างการทำงานดังภาพที่ 2



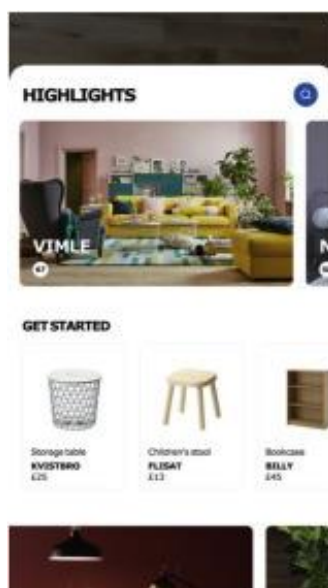
ภาพที่ 2 ตัวอย่างการทำงานของแอปพลิเคชัน DewataAR ผ่าน iPad [2]

เรื่อง Digital map using augmented reality on smart devices: Motivation, design, and implementation จัดทำโดย Lei Qiu, et al. (2017) ได้นำมาประยุกต์ใช้กับระบบ GPS ซึ่งพัฒนา AR ด้วย Vuforia SDK ผ่านแอปพลิเคชันมือถือจำลองสถานที่ด้วยด้วยภาพ 3 มิติ และแสดงตำแหน่งผ่านใน Map ผ่านระบบ GPS โดยมี การสแกน QR Code เพื่อระบุตำแหน่งแสดงภาพเสมือนจริงแบบเรียลไทม์ วรรณกรรมที่ผ่านมาได้ระบุว่าเทคโนโลยี จำลองภาพเสมือนจริงเป็นไปได้สำหรับการแนะนำท่องเที่ยวและช่วยส่งเสริมการให้ข้อมูลเชิงพื้นที่และสังคมแก่ผู้ใช้ เช่น ขนาดของพื้นที่ วัตถุในเมือง แสดงกิจกรรมต่าง ๆ ตามสถานที่ [3]

เรื่อง Community Interaction and Marketing Using 3D Coloring Augmented Reality in Zhong Xing New Village จัดทำโดย Lin, Cheng-Min, et al. (2018) ได้พัฒนาการออกแบบการจำลองภาพ 3 มิติ ด้วยโปรแกรม

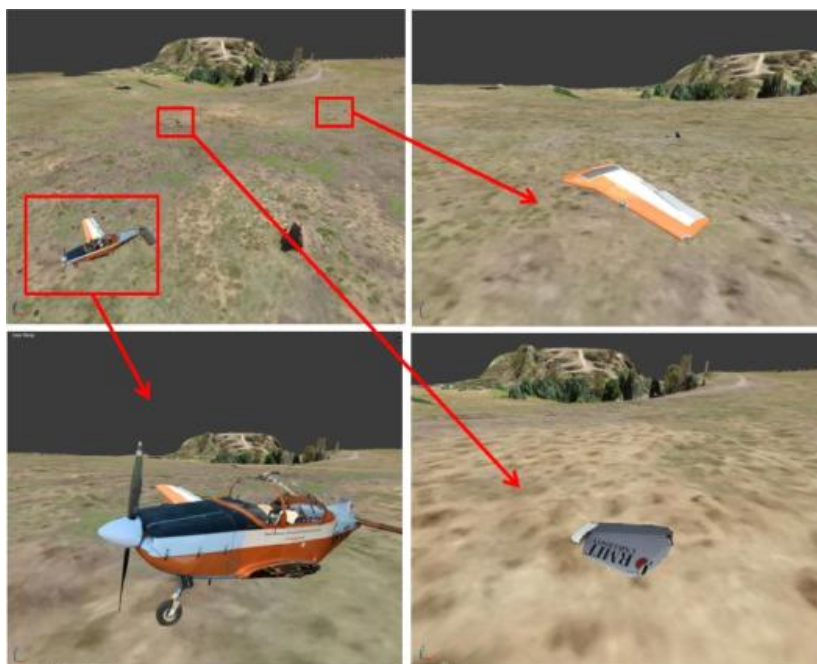
Vuforia SDK ใช้รูปแบบ Target Manager เพื่อจัดการและสร้างเป้าหมายและใช้ Unity3D ในการออกแบบภาพ 3 มิติ ให้ออกมาสมจริงจากภาพวาดและมีการเคลื่อนไหว งานเป็นการจำลองหมู่บ้านที่อยู่ในเมืองแสดงภาพ 3 มิติ จากโปสเตอร์ ข้อดีของโปสเตอร์คือสามารถเน้นลักษณะของหมู่บ้าน ตกแต่งโปสเตอร์ให้สีสันสดใสสวยงาม เพื่อให้นักท่องเที่ยวสามารถตัดสินใจซื้อบ้านได้ ข้อเสียคือขนาดของโปสเตอร์ เป็นไปได้ยากที่จะแสดงผลออกมามีขนาดเท่ากับหนึ่งต่อหนึ่งกับของวัตถุจริง [4]

เรื่อง Shopping in the digital world: Examining customer engagement through augment reality mobile application จัดทำโดย McLean, Graeme, and Alan Wilson. (2019) ได้พัฒนาการออกแบบ 3D จาก Unity3D ระบบ AR นำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองสินค้าที่ต้องการซื้อผ่านระบบ AR ทำให้การซื้อขายออนไลน์เป็นไปอย่างตามยุคสมัยที่ว่า Shopping in the digital world โดยจะแสดงภาพ 3 มิติ ตามสินค้าที่ผู้ใช้งานต้องการที่จะแสดงรายละเอียด สามารถหมุน เปลี่ยนสีได้ เพื่อช่วยตัดสินใจในการซื้อขายของผู้ใช้ [5] ตัวอย่างหน้าแสดงผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงหน้า UI ของโปรแกรม [5]

เรื่อง The role of augmented reality air accident investigation and practitioner training จัดทำโดย D'Anniballe, A., et al. (2020) ได้นำระบบ AR ในการจำลองภาพ 3D มาพัฒนาในการจำลองสถานการณ์สอบสวนหาสาเหตุเครื่องบินตก โดยการจำลองภาพเครื่องบิน 3D ตามตัวอย่าง ภาพที่ 4 และใช้ระบบทางภูมิศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องอย่าง GIS, MAP เพื่อสร้างสถานการณ์เครื่องบินตกและหาสาเหตุ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่ระบบจำลองภาพเสมือนสามารถนำมาสู่สาขาการสอบสวนและฝึกอบรมอุบัติเหตุทางอากาศยานพร้อมยกตัวอย่างการใช้งานจริง [6] ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงภาพเสมือนจริงที่จำลอง 3D เครื่องบินตก [6]

## 2.3 จากงานวิจัยหรือทฤษฎีที่ศึกษานำมาประยุกต์ใช้กับงานอย่างไร

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้นำทฤษฎีที่สำคัญ 4 ทฤษฎี ได้แก่ Image Analysis, Pose Estimation, 3D Rendering, Raycasting มารวมกันเพื่อสร้างแอปพลิเคชันขึ้นมา ทฤษฎี Image Analysis ได้นำมาใช้ในส่วนของการประมาณผลภาพแสดงผ่านโทรศัพท์มือถือ ทฤษฎี Pose Estimation ใช้แทน Marker ระบุตำแหน่งของจุดที่จะวางวัตถุ ลงไปบนพื้นที่ ที่ถูกตรวจจับด้วย Raycasting ทฤษฎี 3D Rendering คือการแสดงผลภาพจำลอง 3 มิติ ออกมาการแสดงผล โมเดลเฟอร์นิเจอร์ 3 มิติ เมื่อผู้ใช้เดินไปด้านข้าง หรือด้านหลังก็สามารถเห็นรายละเอียดของเฟอร์นิเจอร์ได้ และ ทฤษฎี Raycasting เป็นการตรวจจับแสงกระทบของเซนเซอร์ของกล้องโทรศัพท์มือถือ เมื่อเซนเซอร์กระทบกับวัตถุ จะนำ ตำแหน่งมาเก็บข้อมูล ในแอปพลิเคชันจะทำการตรวจจับพื้นที่ที่ระนาบ และแสดงผลหรือจุดเพื่อบอกผู้ใช้ว่าสามารถ วางโมเดลเฟอร์นิเจอร์ลงไปแสดงผล 3 มิติได้

## บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

### 3.1 กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบโปรแกรม

นักศึกษาศาสาวิทยาการคอมพิวเตอร์ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 5 คน ทดลองใช้โปรแกรมพร้อมรวบรวมความคิดเห็นต่าง ๆ ของผู้ทดลองใช้ เพื่อนำมาปรับปรุงให้แอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด

### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

- 3.2.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน
- 3.2.2 การศึกษาเครื่องมือที่ใช้และวิธีการใช้เครื่องมือ
- 3.2.3 การวางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน
- 3.2.4 จัดทำโปรแกรมและออกแบบโปรแกรม

### 3.3 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องที่สำคัญของการสร้างเทคโนโลยีเสมือนจริง Augmented Reality (AR) โดยมีองค์ประกอบหลักๆทั้งหมด 3 กระบวนการทำงานได้แก่

- 3.3.1 การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นกระบวนการสืบค้นหาเครื่องหมาย (Marker) ที่มาจากภาพของ กล้องแล้วทำการค้นหาข้อมูลหรือที่เรียกว่า (Marker Database) ที่มีการรวบรวมข้อมูลทั้งขนาดและรูปร่างของเครื่องหมายเพื่อนำมาคำนวณและวิเคราะห์ภาพแบบของเครื่องหมาย
- 3.3.2 การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) ของจุดเครื่องหมายเทียบกับกล้อง
- 3.3.3 กระบวนการสร้างภาพ 2 มิติ จากโมเดล 3 มิติ (3D Rendering) เพิ่มรายละเอียดเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าคำนวณจากสูตรต่าง ๆ ในการหาตำแหน่งเชิง 3 มิติ จนได้ภาพเสมือนจริง [1]

### 3.4 การศึกษาเครื่องมือและวิธีการใช้งาน

#### Android Studio

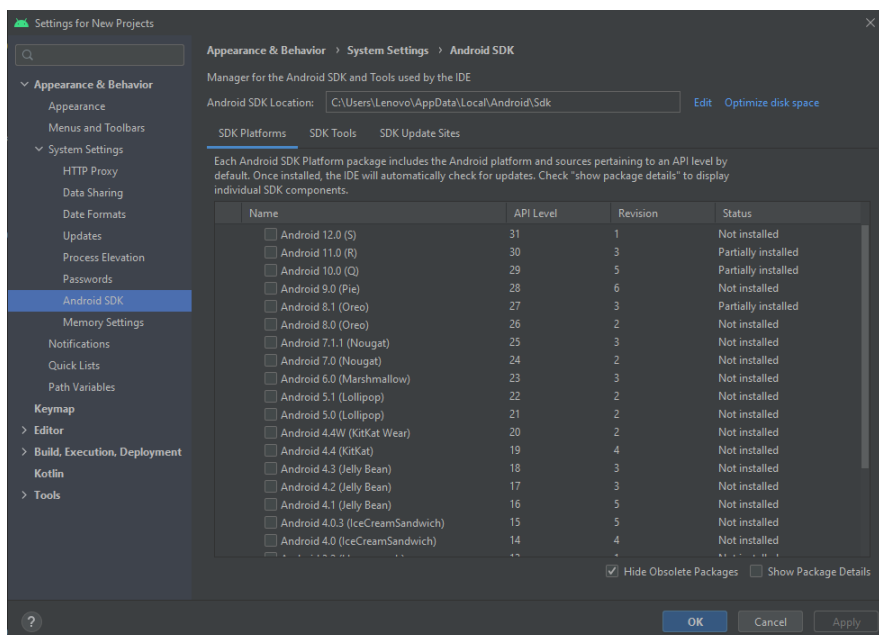
Android Studio เป็นเครื่องมือพัฒนา IDE หรือ Integrated Development Environment ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชันบน Android บนพื้นฐานของแนวคิด OOP ที่ใช้ภาษา Kotlin และ Java ในการพัฒนาองค์ประกอบในการสร้าง Project ใน Android Studio มี 3 อย่าง ประกอบด้วย Java JDK , Android SDK , Emulator ตัวจำลอง Smartphone ในโปรแกรม

#### Java JDK

Java Development Kit หรือ JDK เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม Java ซึ่งจำเป็นต่อการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา Java อย่างเช่น Java compiler, Java debugger, Java doc และ Java interpreter หรือ Java VM หากไม่ติดตั้ง JDK จะไม่สามารถรันโปรแกรม Java ได้ [7]

#### Android SDK

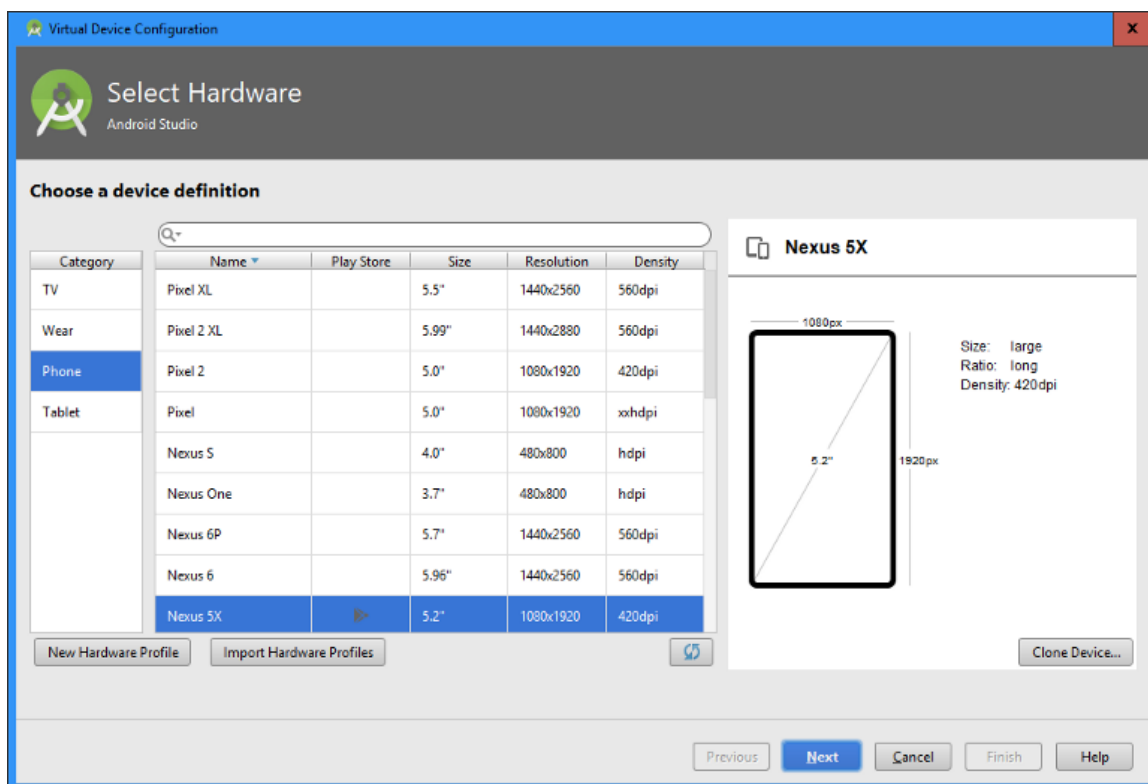
Android Software Development Kit (Android SDK) เปรียบเสมือน Library ที่ใช้ในการพัฒนา Application สำหรับ Android เนื่องจากตัว Android มีหลายเวอร์ชันและแต่ละเวอร์ชันมี Feature, GUI ที่ไม่เหมือนกันทำให้เกิด Android SDK ออกมาหลายเวอร์ชันให้เลือกใช้งาน [8] ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดง Android SDK ในโปรแกรม Android Studio

## Emulator

Emulator คือโปรแกรมจำลอง Android Device ขึ้นมา เพื่อใช้สำหรับ Debug ดังภาพที่ 7



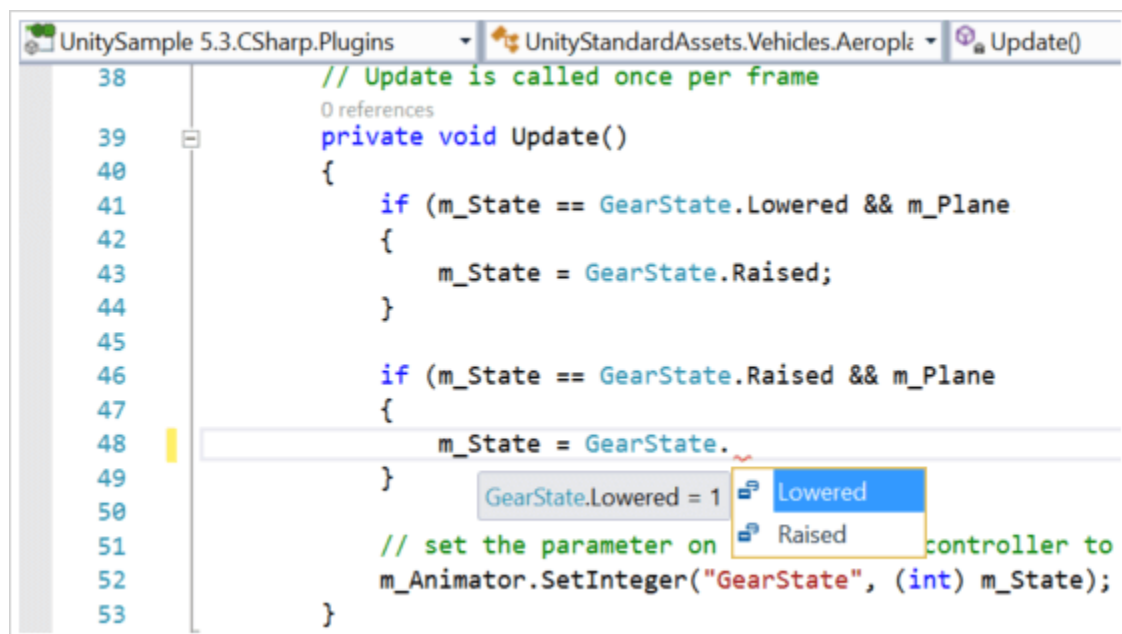
ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่าง Emulator ใน Android Studio [8]

## Unity 3D

Unity 3D เป็นโปรแกรมที่ใช้พัฒนาเกมและสื่อที่เป็นแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของฟังก์ชันต่างๆที่เราต้องการ โดยมีโปรแกรมเด่นเรื่องงาน 2 มิติ และ 3 มิติ มีอิสระในการปรับแต่งสูง สามารถแก้ไขปรับแต่งได้อเนกประสงค์ และการสร้าง AR, VR ก็สามารถทำได้ง่าย สามารถ Build ได้ทั้งระบบ Windows, iOS และ Android ซึ่งเหมาะมากที่จะนำมาพัฒนางานโดยทางโปรแกรมมีภาษาที่ใช้เขียนหลักๆ คือ C# และ JavaScript ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานโดยเฉพาะการสร้างสรรค์ภาพเสมือนจริง [9]

### Microsoft Visual Studio

Microsoft visual studio ในการสร้างแอปพลิเคชันบน Unity จำเป็นต้องมีอาศัย Visual Studio มีคุณสมบัติอเนกประสงค์ด้วยภาษา C# programmers. การเขียนโค้ดอย่างรวดเร็วและแม่นยำโดยคุณสมบัติ IntelliSense เพื่อควบคุม scripts และการทำงานอย่างสะดวกและสามารถปรับโครงสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน IDE ที่มีคุณสมบัติครบถ้วนสำหรับ Unity ปรับแต่งสภาพแวดล้อมการเข้ารหัสตามที่คุณต้องการ เลือกธีม สี แบบอักษร และการตั้งค่าอื่นๆ ที่คุณชื่นชอบ นอกจากนี้ให้สร้างวิธีการสคริปต์ Unity ภายใน Visual Studio อย่างรวดเร็วโดยใช้ Implement MonoBehaviours และ Quick MonoBehaviours Wizards สามารถเรียกดูโปรเจกต์ของคุณใน Unity ด้วย Unity Project Explorer [10]



```

38      // Update is called once per frame
39      0 references
40      private void Update()
41      {
42          if (m_State == GearState.Lowered && m_Plane
43          {
44              m_State = GearState.Raised;
45          }
46          if (m_State == GearState.Raised && m_Plane
47          {
48              m_State = GearState.
49              GearState.Lowered = 1
50          }
51          // set the parameter on controller to
52          m_Animator.SetInteger("GearState", (int) m_State);
53      }

```

ภาพที่ 7 แสดงเขียนสคริปต์ Unity ของคุณใน C# [10]



### 3.5 แผนและระยะเวลาดำเนินการ

การดำเนินงาน	เดือนสิงหาคม				เดือนกันยายน				เดือนตุลาคม				เดือนพฤศจิกายน				เดือนธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
นำเสนอ Proposal																				
จัดทำ Project																				
จัดทำรูปเล่ม Progress 1																				
นำเสนอ Progress 1																				
แก้ไข รูปเล่ม Progress 1 และ Project																				
จัดทำรูปเล่ม Progress 2																				
นำเสนอ Progress 2																				
แก้ไข Project เตรียม นำเสนอ Final project																				

ตารางที่ 1 แสดงแผนและระยะเวลาดำเนินการ

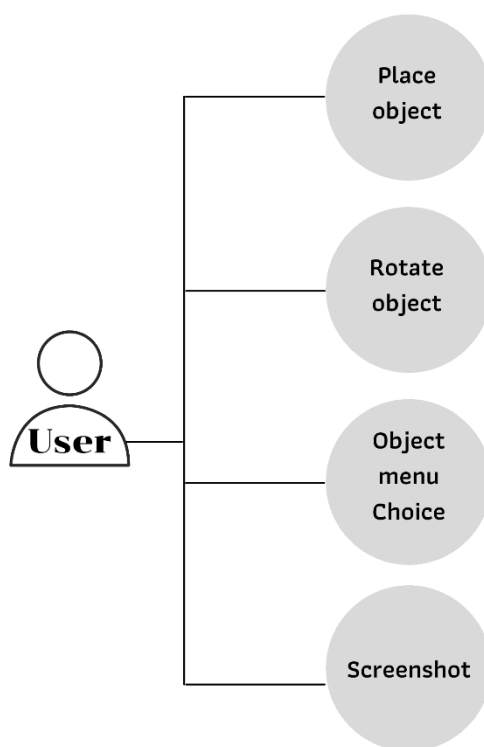
## บทที่ 4 การวิเคราะห์ระบบและพัฒนาโปรแกรม

ผลการดำเนินเป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นไปตามที่คาดหวังและพึงพอใจ หากแต่มีบางฟังก์ชันที่ยังไม่สามารถทำงานได้เป็นบางประการ เพื่อการทดสอบระบบและหาข้อผิดพลาดจึงมีการทดสอบแอปพลิเคชันด้วยการ ติดตั้งแอปพลิเคชันบนมือถือในระบบ Android โดยได้ประสิทธิผลดังนี้

### 4.1 ความต้องการของระบบ

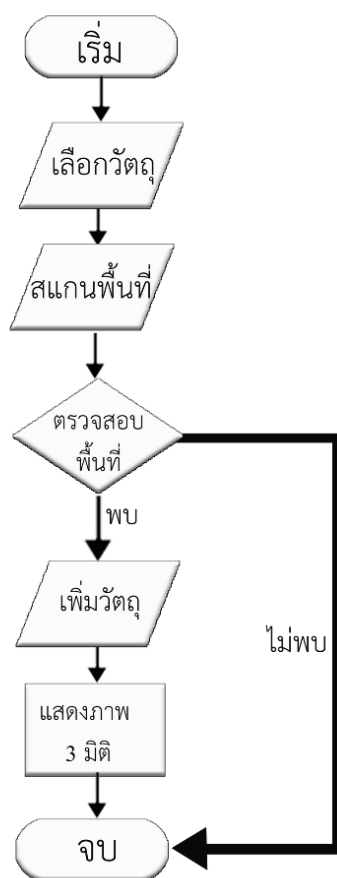
แอปพลิเคชันสามารถแสดงโมเดลเฟอร์นิเจอร์ 3 มิติ มีเมนูเลือกเฟอร์นิเจอร์ หมุนเฟอร์นิเจอร์ ลบเฟอร์นิเจอร์ ที่แสดงผลบนพื้นที่ บันทึกภาพหน้าจอที่แสดงโมเดลเฟอร์นิเจอร์ ผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือ แสดงความต้องการของระบบในรูปแบบ Use case diagram ดังภาพที่ 10 และกระบวนการทำงานของระบบในรูปแบบ Flowchart ดังภาพที่ 11

Use Case Diagram



ภาพที่ 8 Use Case diagram ของแอปพลิเคชัน

Flowchart



ภาพที่ 9 Flowchart การทำงานของแอปพลิเคชัน

## 4.2 การพัฒนาโปรแกรม

### 4.2.1 Software และ Hardware ในการพัฒนาโปรแกรม

#### Software

- Android Studio version 4.2.2
- Unity version 2020.3.9f1
- ARCore XR Plugin version 4.1.7
- AR Foundation version 4.1.7

#### Hardware

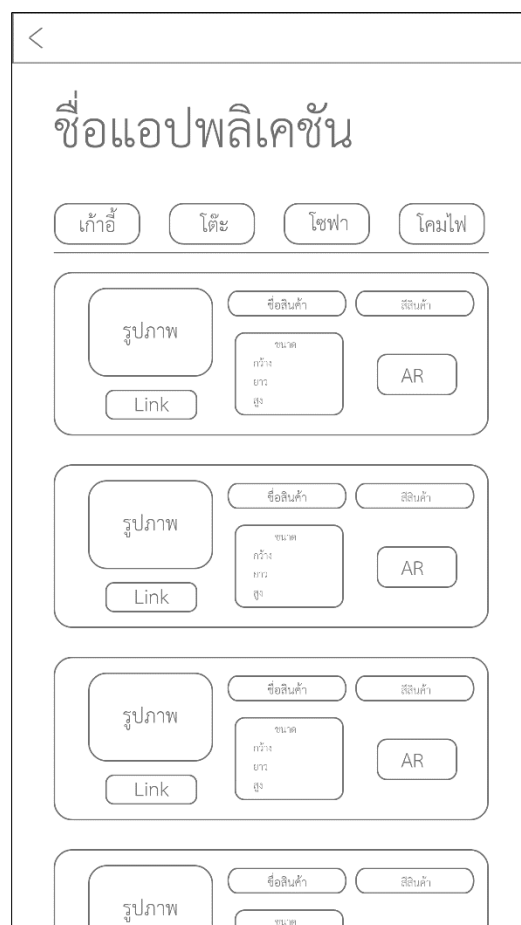
- CPU: AMD RYZEN 5 4600H
- GPU: NVIDIA GEFORCE GTX 1650 laptop
- RAM 16 GB Bus 3200 8\*2 Dual

#### 4.2.2 ตัวอย่างระบบ

เมื่อเข้าแอปพลิเคชันจะแสดง UI ดังภาพที่ 10 เมื่อโหลดหน้าจอเสร็จ จะแสดงหน้า List รายการวัตถุ รูปภาพ ชื่อ รายละเอียดอื่น ๆ ของวัตถุ และแบ่งหมวดหมู่ของวัตถุ ปุ่ม Link เป็นปุ่มที่จะแสดง Contact ของวัตถุ เมื่อผู้ใช้งานสนใจวัตถุนั้นและปุ่ม AR จะแสดงตัวอย่างวัตถุภาพเสมือนจริง 3D ออกไป ในหน้าต่างไป ดังภาพที่ 11

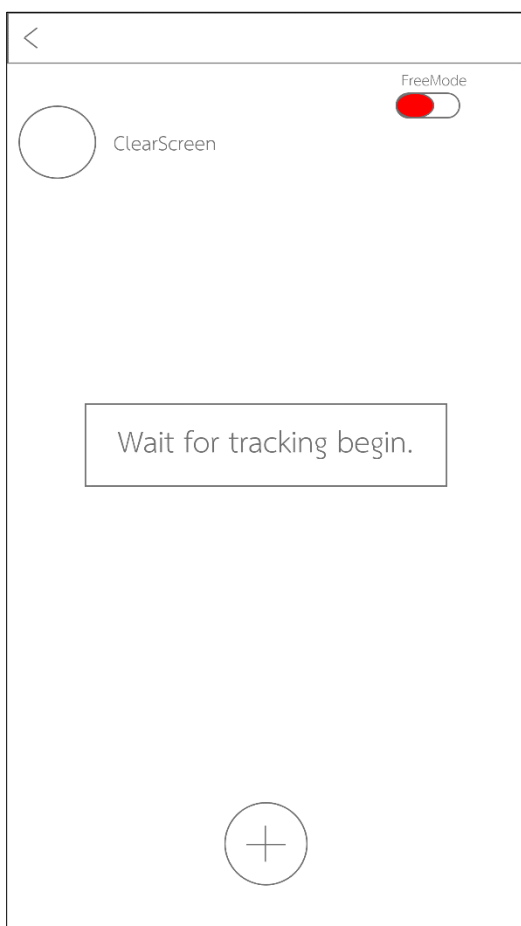


ภาพที่ 10 แสดงหน้าจอหลังเข้าแอปพลิเคชัน

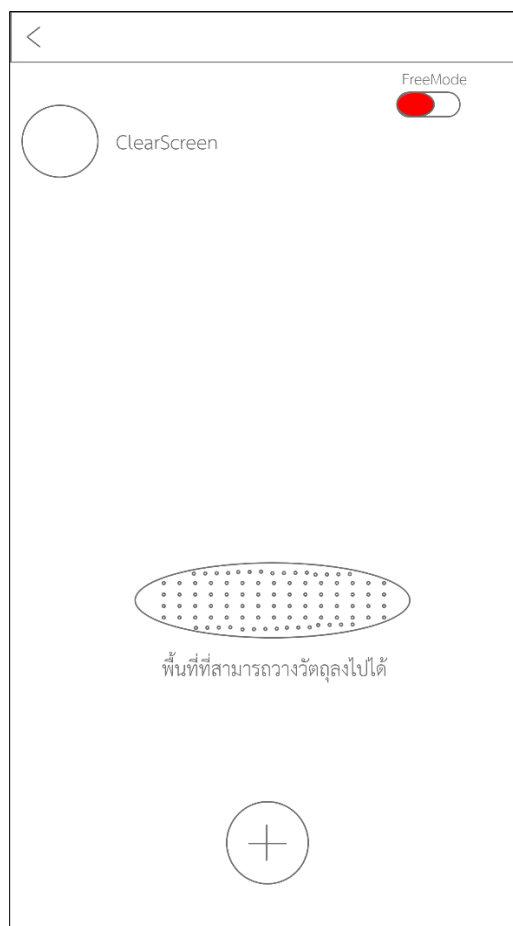


ภาพที่ 11 แสดง List รายการวัตถุ

เมื่อเลือกวัตถุที่ต้องการแสดงภาพเสมือนจริงแล้ว จะแสดงหน้าจอ ดังภาพที่ 12 มีข้อความ ให้รอการตรวจจับพื้นที่ และปุ่ม ClearScreen จะเป็นฟังก์ชันการทำงาน โดยจะล้างค่าวัตถุที่วางอยู่บนพื้นทั้งหมด ต่อมาเมื่อเซ็นเซอร์ของโทรศัพท์ตรวจจับพื้นที่เรียบหรือระนาบได้และ จะแสดงพื้นที่ ที่สามารถวางวัตถุลงไปได้ ดังภาพที่ 13

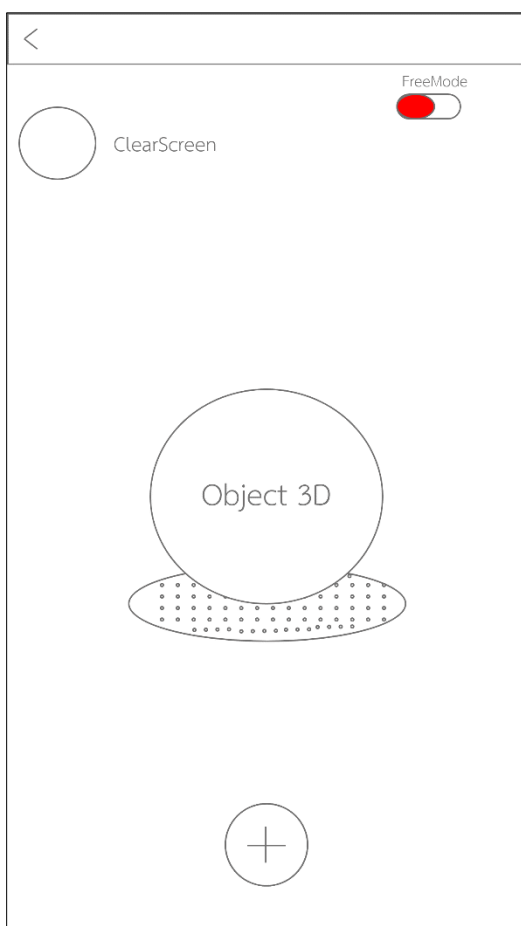


ภาพที่ 12 แสดงหน้าจอหลังเลือกวัตถุ

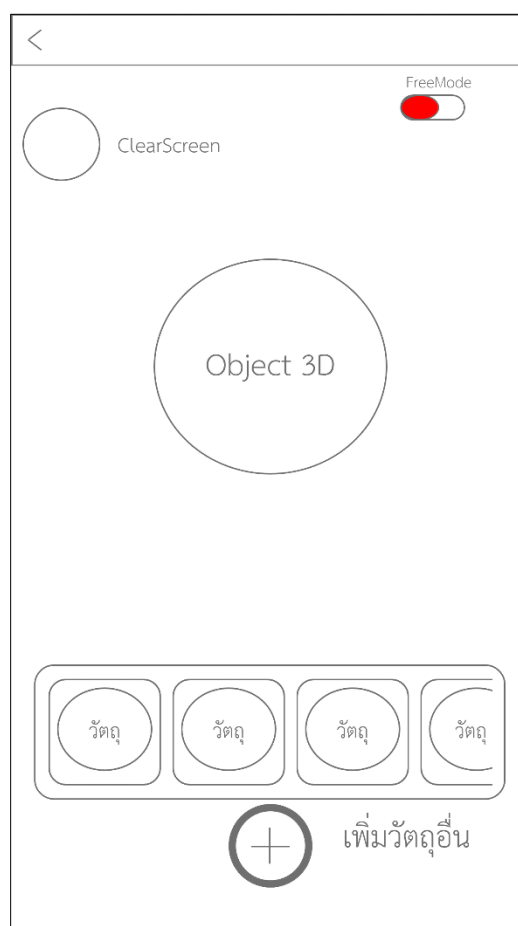


ภาพที่ 13 แสดงพื้นที่ที่สามารถวางวัตถุได้

เมื่อผู้ใช้สัมผัสบริเวณที่พื้นที่ ที่ถูกตรวจจับแล้ว จะเป็นการวางวัตถุลงไปบนพื้นทีนั้น ดังภาพที่ 14 และเมื่อผู้ใช้สัมผัสกับวัตถุอีกครั้ง จะเป็นการเลือกวัตถุนั้น และมีปุ่มฟังก์ชันเพิ่มเข้ามา เพื่อจัดการกับวัตถุนั้น เช่น ย้ายวัตถุ หมุนวัตถุ ลบวัตถุ ดังภาพที่ 15

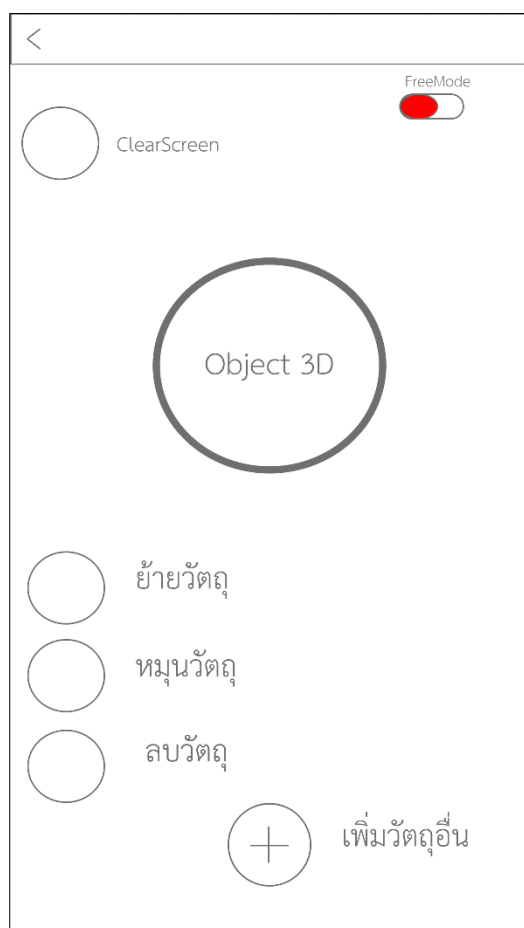


ภาพที่ 14 แสดงฟังก์ชันของการเลือกวัตถุที่วางแล้ว

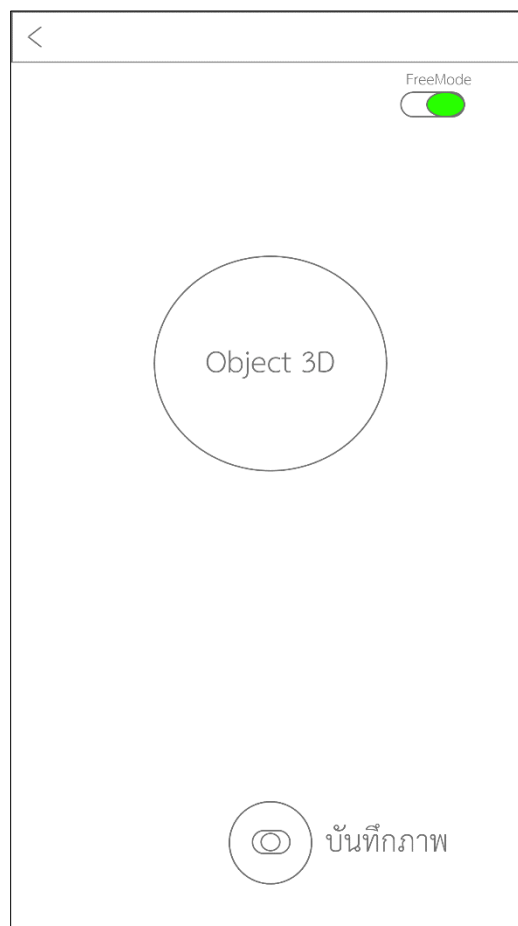


ภาพที่ 15 แสดงการใช้ปุ่มเพิ่มวัตถุอื่น

เมื่อผู้ใช้กดปุ่มรูปวงกลมด้านล่างของจอ จะแสดงรูปภาพของวัตถุอื่น เป็นแบบลิสต์ สไลด์บาร์ ดังภาพที่ 16 เมื่อผู้ใช้สัมผัสหรือเลือกวัตถุอื่น จะเป็นการเปลี่ยนวัตถุที่จะแสดงภาพเสมือนลงบนพื้นที่ ที่ตรงจวบแล้ว จะวางวัตถุนั้นลงไป เป็นการเพิ่มวัตถุอื่นลงไปบนหน้าจอ และ ปุ่ม FreeMode เป็นฟังก์ชันในการถ่ายภาพ เมื่อผู้ใช้สัมผัส หน้าจะแสดงอยู่ในโหมดถ่ายภาพ จะนำปุ่ม ClearScreen ออกและเปลี่ยนปุ่มเพิ่มวัตถุอื่น เป็นปุ่มบันทึกภาพแทน ดังภาพที่ 17 เพื่อบันทึกภาพและจัดเก็บลงในโทรศัพท์ของผู้ใช้



ภาพที่ 16 แสดงการใช้ปุ่มเพิ่มวัตถุอื่น



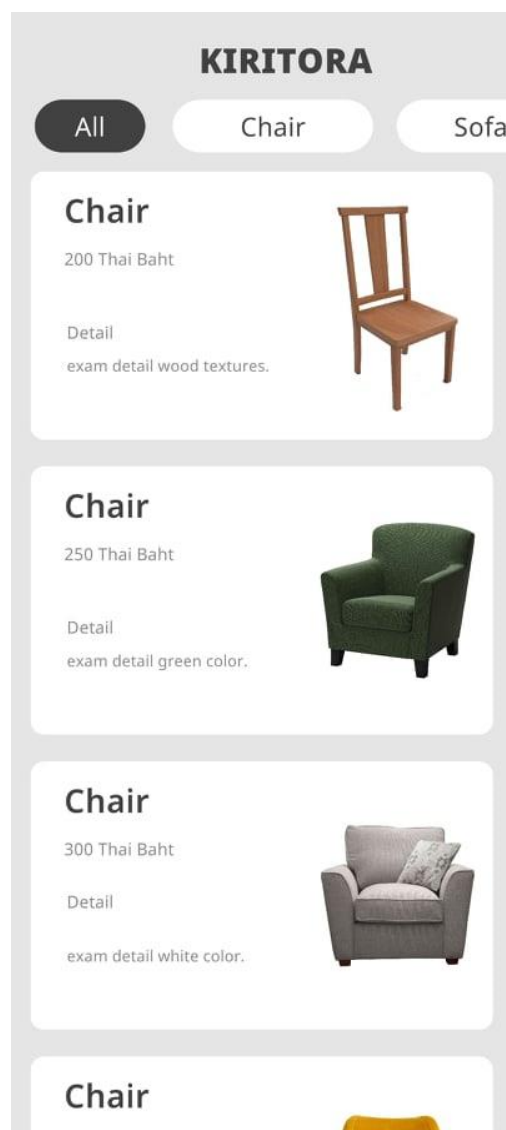
ภาพที่ 17 แสดงการใช้ FreeMode เพื่อบันทึกภาพ

### 4.3 การทดสอบระบบ

เมื่อทำการติดตั้งแอปพลิเคชันสำเร็จ จะแสดงไอคอนของแอปพลิเคชันและชื่อแอปพลิเคชัน ดังภาพที่ 18 เมื่อเปิดแอปพลิเคชัน จะแสดง UI ชื่อแอปพลิเคชัน หมวดหมู่รายการ และรายการเฟอร์นิเจอร์รูปแบบ List ประกอบด้วย รูปภาพ ชื่อ ราคา และข้อมูลของเฟอร์นิเจอร์ดังภาพที่ 19



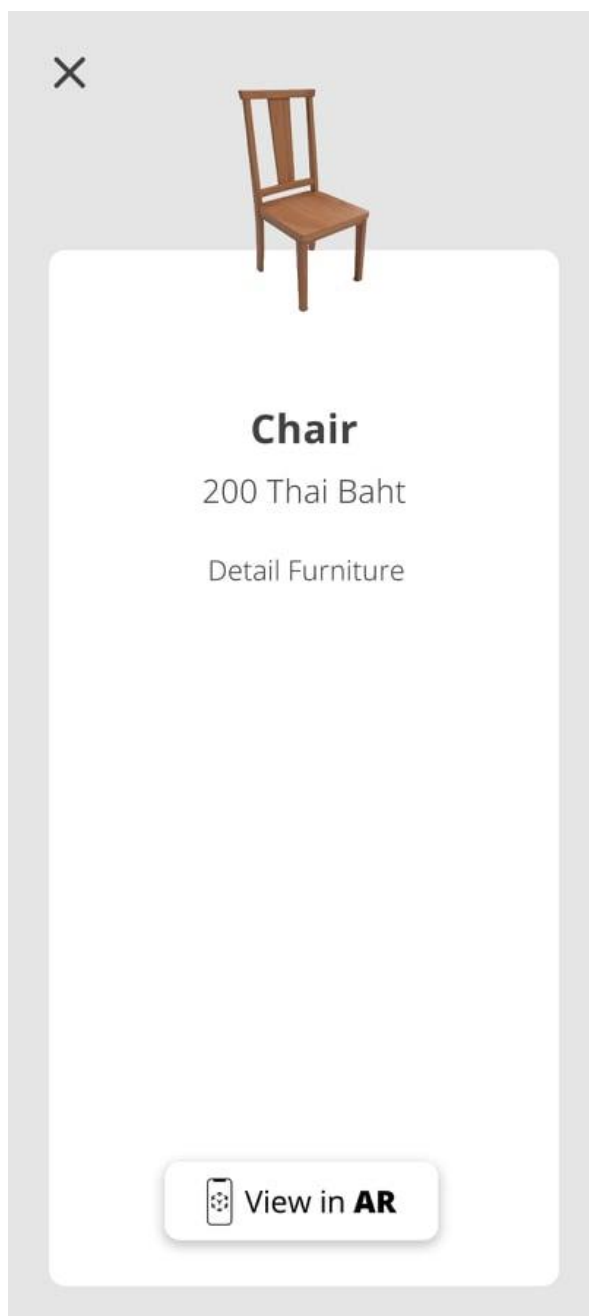
ภาพที่ 18 แอปพลิเคชันเมื่อทำการติดตั้งสำเร็จ



ภาพที่ 19 ภาพแสดง UI List เฟอร์นิเจอร์



เมื่อคลิกบริเวณ View ของสินค้าจะแสดง UI ที่แสดงแค่เฟอร์นิเจอร์ที่เลือก พร้อมแสดงรูปภาพ ชื่อสินค้า ราคา และรายละเอียดของเฟอร์นิเจอร์ และ ปุ่ม View in AR เป็นปุ่มที่จะแสดงเฟอร์นิเจอร์ รูปแบบ AR ดังภาพที่ 20



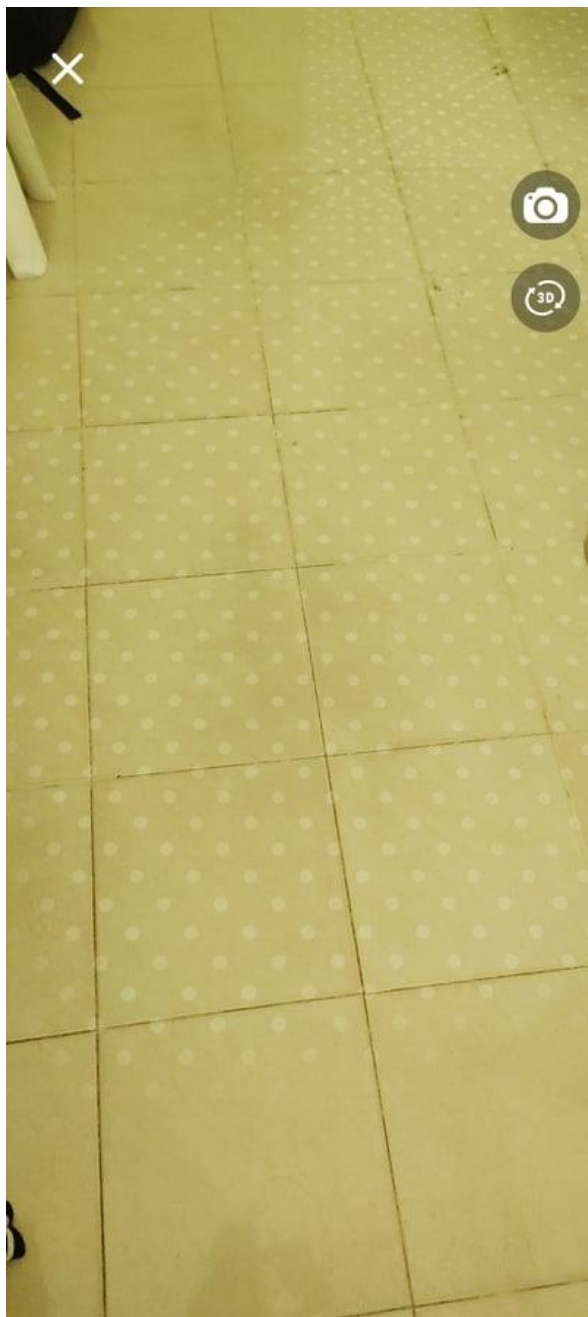
ภาพที่ 20 รายละเอียดของเฟอร์นิเจอร์

เมื่อคลิกปุ่ม View in AR จะทำการเชื่อมต่อกับกล้องโทรศัพท์ เพื่อใช้งาน AR ที่จะแสดงโมเดล 3D พร้อมปุ่มฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน Screenshot, Rotatate3D และ ปุ่ม Exit ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ภาพแสดงการรอตระจจับของแอปพลิเคชัน

เมื่อแอปพลิเคชันสามารถตรวจจับพื้นที่ได้แล้ว จะแสดงพื้นที่ที่สามารถวางวัตถุได้ ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ภาพแสดงการตรวจจับพื้นที่สำเร็จ

เมื่อคลิกหรือสัมผัสบริเวณที่ตรวจจับพื้นที่แล้ว จะแสดงวัตถุเฟอร์นิเจอร์ที่เลือกไว้ ลงไปบนพื้นที่ ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ภาพแสดงการวางวัตถุลงบนพื้นที่

เมื่อคลิกตำแหน่งอื่นๆบนบริเวณพื้นที่ที่ตรวจจับแล้ว จะสามารถย้ายวัตถุได้ หรือสัมผัสพื้นที่ของวัตถุพร้อมลากวัตถุไปยังบริเวณอื่น สามารถย้ายวัตถุได้เช่นกัน ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ภาพแสดงการย้ายตำแหน่งวัตถุ

เมื่อเลือกฟังก์ชัน Rotatate3D จะแสดง slider บริเวณ ข้ายบนของหน้าแสดงผลจะสามารถปรับให้วัตถุ 3D หมุนได้ ถึง 360 องศา ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Rotatate3D

เมื่อเลือกฟังก์ชัน Screenshot จะทำการบันทึกภาพและจัดเก็บลงในคลังรูปภาพบนโทรศัพท์ ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Screenshot



## บทที่ 5 บทสรุป

### 5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ปัจจุบันแอปพลิเคชันการจำลองภาพเสมือนจริง 3 มิติ เฟอร์นิเจอร์ ถูกใช้ภายในกลุ่มคนเล็ก ๆ ที่ชอบในการตกแต่งและรักในการออกแบบภายในบ้าน ยังไม่เข้าถึงในกลุ่มคนส่วนมาก เหมือนแอปพลิเคชันให้ความบันเทิง จากงานวิจัยที่ศึกษาและงานวิจัยที่ทำ พบว่าแอปพลิเคชันประเภทนี้ส่วนใหญ่ การใช้งานยังไม่เสถียร ยังไม่ตอบโจทย์กับผู้ใช้ เนื่องจากแอปพลิเคชันใช้ทรัพยากรโทรศัพท์มือถือมาก ทางผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงปัญหาจากการที่ลองติดตั้งแอปพลิเคชันตัวอื่นใน Google Play มาทดสอบหาข้อดีข้อเสียของแอปพลิเคชัน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการของงานวิจัยนี้ เพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้จริง ให้กลุ่มผู้ใช้อื่น ๆ สามารถเข้าถึงแอปพลิเคชันได้ ผู้วิจัยได้นำหลักการทฤษฎีจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาสร้างภาพเสมือนจำลอง 3 มิติ ผ่านแอปพลิเคชัน กำหนดฟังก์ชันการทำงานที่เพียงพอต่อการใช้งานของผู้ใช้ เพื่อไม่ให้มีฟังก์ชันที่ไม่จำเป็นและทำให้แอปพลิเคชันมีขนาดใหญ่ ใช้ทรัพยากรของโทรศัพท์มากเกินไป แอปพลิเคชันสามารถตรวจจับพื้นที่ที่สามารถวางวัตถุลงไปได้ มีเมนูเลือกวัตถุ สามารถวางวัตถุลงบนพื้นได้ สามารถเปลี่ยนวัตถุที่จะวางได้ สามารถลบวัตถุออกได้ สามารถหมุนวัตถุได้ สามารถบันทึกภาพได้ และดีไซน์หน้าแสดงผลของผู้ใช้ให้สามารถใช้งานได้ง่าย

### 5.2 ข้อจำกัดของระบบ

แอปพลิเคชันสามารถใช้ได้เพียงบนระบบปฏิบัติการ Android เท่านั้น ต้องเป็น Android 7 ขึ้นไป สเปคของโทรศัพท์ต้องรองรับ AR Core ถึงจะสามารถใช้ติดตั้งแอปพลิเคชันได้ บางฟังก์ชันการทำงาน การหมุนเฟอร์นิเจอร์ เมนูเลือกเฟอร์นิเจอร์ ถ่ายภาพและบันทึกลงในโทรศัพท์ และความแม่นยำของตำแหน่งวัตถุที่วางลงบนพื้นที่ ของแอปพลิเคชันยังไม่สมบูรณ์

### 5.3 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

ขนาดของวัตถุที่ขนาดของ 3D เล็กกว่าหรือใหญ่กว่าของโลกความเป็นจริง แนวทางแก้ไขปรับขนาดวัตถุ 3D ให้ใกล้เคียงและสมจริงกับโลกความเป็นจริงที่สุด

### 5.4 ข้อเสนอแนะ ในการพัฒนาต่อไป

พัฒนาแอปพลิเคชันให้มีความลื่นไหล เพิ่มฟังก์ชันการทำงานตามขอบเขตของแอปพลิเคชันให้สมบูรณ์ แก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ในแอปพลิเคชัน ให้พร้อมใช้งานและสมบูรณ์ที่สุด



## เอกสารอ้างอิง

- [1] Chonchanok, “AI613 2/2553 Class Blog: AUGMENTED REALITY,” *AI613 2/2553 Class Blog*, 2554.  
<http://msmisthammasat.blogspot.com/2011/01/augmented-reality.html> (accessed Jan. 22, 2021).
- [2] Waruwu, Adi Ferliyanto, I. Putu Agung Bayupati, and I. Ketut Gede Darma Putra., “Augmented Reality Mobile Application of Balinese Hindu Temples: DewataAR,” *MECS*, Jan. 2015, [Online].  
Available: <https://search.proquest.com/docview/1769786758?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- [3] L. Qiu, M. Nguyen, H. Tran, H. Le, and W. Yan, “Digital map using augmented reality on smart devices: Motivation, design, and implementation,” in *2017 International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)*, Dec. 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/IVCNZ.2017.8402474.
- [4] C. Lin, T. Lin, Y. Lin, C. Wang, and C. Dow, “Community Interaction and Marketing Using 3D Coloring Augmented Reality in Zhongxing New Village,” in *2018 15th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms and Networks (I-SPAN)*, Oct. 2018, pp. 272–276. doi: 10.1109/I-SPAN.2018.00052.
- [5] G. McLean and A. Wilson, “Shopping in the digital world: Examining customer engagement through augmented reality mobile applications,” *Computers in Human Behavior*, vol. 101, pp. 210–224, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.chb.2019.07.002.
- [6] A. D’Anniballe, J. Silva, P. Marzocca, and A. Ceruti, “The role of augmented reality in air accident investigation and practitioner training,” *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 204, p. 107149, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.res.2020.107149.
- [7] JDK, “JDK คืออะไร เจดีเค คือชุดของเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม JAVA.” (accessed Sep. 15, 2021).
- [8] Palm’s, “เริ่มต้นสร้าง Android Application พื้นฐานด้วย Android Studio (Lab 3SB04),” *Medium*, Jun. 26, 2018. (accessed Aug. 31, 2021).
- [9] น. ภ. เพ็ชรชูชาติ, “โปรแกรม Unity คืออะไร.” (accessed Nov. 03, 2021).
- [10] “Unity Games Development Tools | Visual Studio.” <https://visualstudio.microsoft.com/vs/unity-tools/> (accessed Nov. 03, 2021).

ลงชื่อผู้ทำโครงการ .....กิตติพงษ์ สวัสดิ์.....

(นายกิตติพงษ์ สวัสดิ์)

ลงชื่อผู้ทำโครงการ .....ธีรภัทร.....

(นายธีรภัทร สานี)

วันที่ 3 พฤศจิกายน 2564

การตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ตรวจสอบเอกสารแล้ว ยังต้องแก้ไขให้ถูกต้องตามคำแนะนำก่อนส่งในระบบด้วย

(ลงชื่อ) .....  .....

(.....ผศ.ดร.อุไรศร โคแก้ว.....)

วันที่ 3/11/2564