

การเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ภาพ สัญลักษณ์ ความเป็นจริงเสริม
ด้วยเทคนิคการฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป

นภาพรินทร์ เกตุแก้ว

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2566

IMPROVING MAKER-BASED TRACKING FOR AUGMENTED REALITY WITH IMAGE
RESTORATION USING INPAINTING METHOD

Napawarin Ketkaew

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology
Graduate Studies

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ภาพ สัญลักษณ์
ความเป็นจริงเสริม ด้วยเทคนิคการฟื้นฟูภาพด้วยวิธี
การเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป

โดย

นภาพรวิทย์ เกตุแก้ว

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.ภูวดล ศิริทองธรรม

บัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น ส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรากร ไพร่เกรง)

..... กรรมการ

(ดร.อภิษฎา นิยมคุ้มภัย)

..... กรรมการ

(ว่าที่ร้อยตรี ดร.พิชิตชัย คำอินทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.ภูวดล ศิริทองธรรม)

นภาพรวิทย์ เกตุแก้ว : การเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ภาพ สัญลักษณ์ ความเป็นจริงเสริม ด้วยเทคนิคการฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป, อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ภูวดล ศิริกองธรรม, 80 หน้า.

การเพิ่มประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ภาพ MARKER-BASED ที่เสื่อมสภาพจนสูญเสียรายละเอียด ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพเพื่อฟื้นฟูภาพ (IMAGE RESTORATION) โดยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป (IMAGE INPAINTING) ด้วยการสร้าง IMAGE TARGET ด้วยโปรแกรม UNITY นำชุดรูปภาพ MARKER-BASED มากำหนดชุดข้อมูลฝึกสอน ทดสอบ และจำลองความเสียหายของภาพ ด้วยโปรแกรม ROBOFLOW นำภาพ MARKER-BASED ที่จำลองความเสียหายแล้วมาวัดประสิทธิภาพการมองเห็นของ AR ด้วยโปรแกรม UNITY ตรวจจับส่วนที่เสียหายของภาพและทดสอบความแม่นยำ ด้วย YOLO ภาพที่ได้รับการทดสอบความแม่นยำแล้ว นำมาแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยระบุเฉพาะส่วนที่เสียหายทำการฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพ ด้วย OPENCV นำภาพ MARKER-BASED ที่ฟื้นฟูแล้ว มาทำการทดลองประสิทธิภาพของการมองเห็นของ AR ด้วยโปรแกรม UNITY ทำการประเมินและวิเคราะห์ผลการทดลองหาความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อหาความถูกต้อง หรือความผิดพลาด ที่ DETECTION MARKER PAIRED SAMPLES T-TEST การทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน แล้วนำมาทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการมองเห็นของ AR ก่อนและหลังการประมวลผลภาพแล้ว ผลที่ได้ประสิทธิภาพการมองเห็นของ AR ด้วยโปรแกรม UNITY หลังจากการฟื้นฟูภาพสามารถแสดงผลของวัตถุได้ และมีค่าเฉลี่ย PAIRED SAMPLES T-TEST สูงกว่า การมองเห็นของ AR กับภาพที่จำลองความเสียหาย

บัณฑิตศึกษา

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

NAPAWARIN KETKAEW : OPTIMIZING IMAGE ANALYSIS, SYMBOLS, AUGMENTED REALITY
WITH IMAGE REHABILITATION TECHNIQUES BY MEANS OF ADDING MISSING PARTS,
ADVISOR : DR. PHUWADOL SIRIKONGTHAM, 80 PP.

Optimization Analysis of MARKER-BASED images that have deteriorated to the point of losing details. With image processing techniques to restore images (IMAGE RESTORATION) by adding missing parts (IMAGE INPAINTING) by creating IMAGE TARGET with the UNITY program, using a set of MARKER-BASED images to define a training data set, test and simulate damage to Images with the ROBOFLOW program take MARKER-BASED images that have simulated damage and then measure the visual performance of AR with the UNITY program. Detect damaged parts of the image and test the accuracy with YOLO. Images that have been tested for accuracy. Converted to a black and white image. By identifying only the damaged parts, restoring the image by means of adding missing parts of the image with OPENCV takes the MARKER-BASED image that has already been restored. Let's experiment with the visual efficiency of AR with the UNITY program. Evaluate and analyze the results of the experiment to find statistically significant differences. to find accuracy or mistake at DETECTION MARKER PAIRED SAMPLES T-TEST, testing the hypothesis of 2 groups of samples that are related to each other. Then it was tested to compare the visual performance of AR before and after image processing. Result of AR visual performance with UNITY program. After image restoration, objects can be displayed. and has a higher average PAIRED SAMPLES T-TEST than AR visibility with images that simulate damage.

Graduate Studies

Field of Engineering of Technology

Academic Year 2023

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

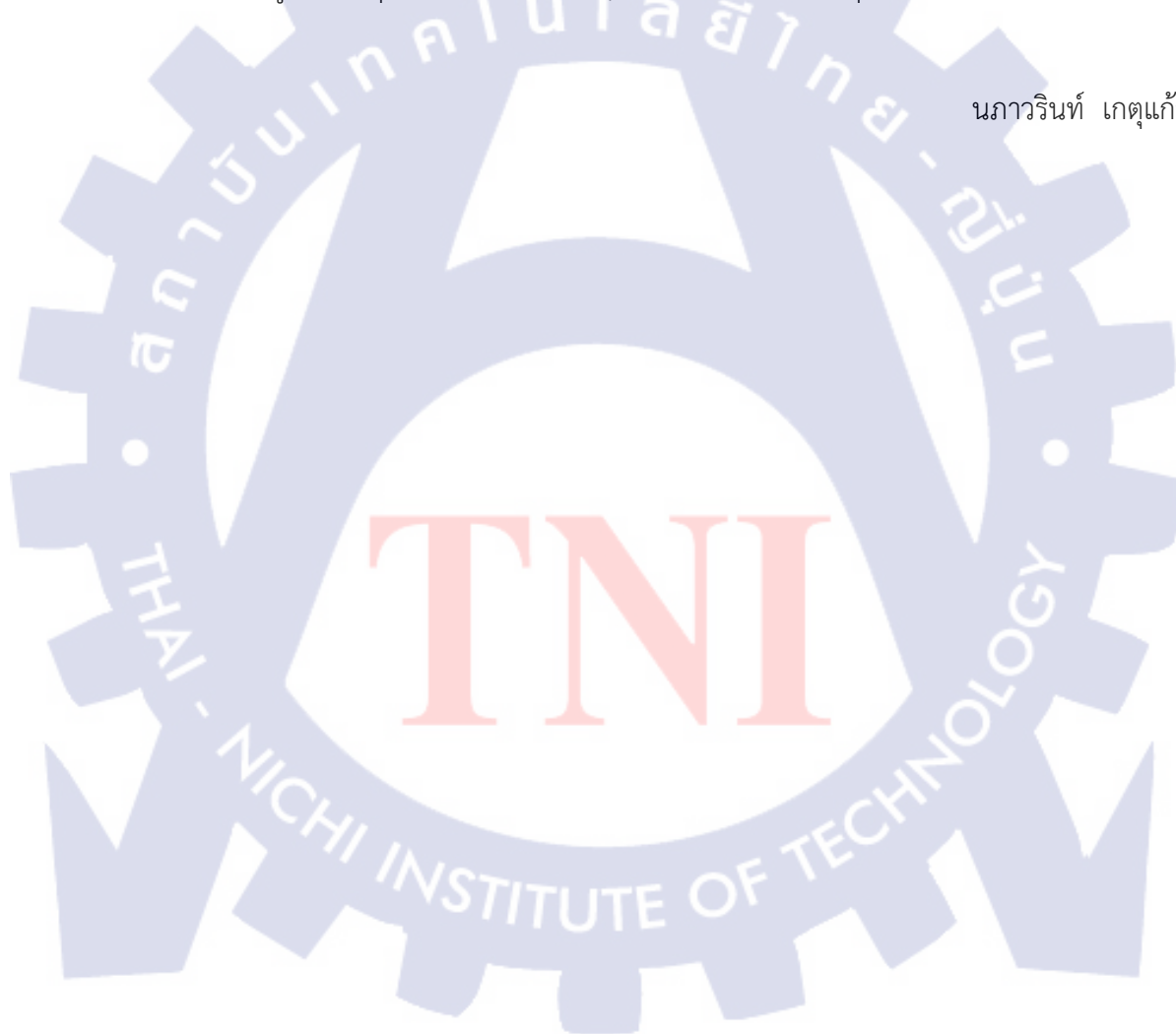
กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.ภูวตล ศิริทองธรรม อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรัชญา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึง ความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ด้วยดีตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจ สามารถนำไป ต่อยอดองค์ความรู้เพื่อประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดคุณค่าและสามารถใช้งานได้จริง

นภาพรรัตน์ เกตุแก้ว



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	4
สมมุติฐานในการวิจัย.....	4
2 หลักการ แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
เทคโนโลยีความจริงเสริม.....	5
การประมวลผลภาพ (IMAGE PROCESSING).....	18
COMPUTER VISION.....	26
เครื่องมือที่ใช้สำหรับงานวิจัย.....	27
การวัดประสิทธิภาพ.....	30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
3 วิธีดำเนินงานวิทยานิพนธ์.....	36
ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	36
การวัดประสิทธิภาพ.....	54
การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม.....	56

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 59
	ผลการเทรนโมเดลด้วย YOLO..... 59
	ผลการฟื้นฟูภาพ MARKER-BASED..... 60
	ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพในการมองเห็นของ AR..... 62
	ผลการทดสอบสมมุติฐาน..... 64
5	บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ..... 68
	สรุปผลการวิจัย..... 68
	อภิปรายผลวิจัย..... 70
	ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย..... 70
	ข้อเสนอแนะงานวิจัย..... 71
	บรรณานุกรม..... 72
	ภาคผนวก..... 76
	ภาคผนวก ก. โค้ดโปรแกรม..... 77
	ประวัติย่อผู้วิจัย..... 80

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ขั้นตอนงานวิจัย.....	36
3.2 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	57
4.1 แสดงค่า PRECISION, RECALL MAP_0.5 และ MAP_0.5:0.95 ของแบบจำลอง.....	59
4.2 เปรียบเทียบการวัดประสิทธิภาพเทคนิค IMAGE INPAINTING ทั้ง 2 อัลกอริทึม.....	61
4.3 ผลการทดลองภาพที่ฟื้นฟูแล้ว.....	62
4.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของความแม่นยำในการมองเห็นของ AR ระหว่างภาพที่เสียหาย และภาพที่ได้รับการฟื้นฟูแล้ว.....	63
4.5 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพของเทคนิค IMAGE INPAINTING : NAVIER-STOKES และประสิทธิภาพของเทคนิค IMAGE INPAINTING : FAST MARCHING METHOD.....	65
4.6 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่ นำเสนอในงานวิจัย.....	66

TNI

THAI

NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 เครื่องสวมหัวที่ประดิษฐ์โดย IVAN SUTHERLAND.....	6
2.2 ภาพประกอบจากภาพยนตร์เรื่อง STAR WAR I.....	7
2.3 ภาพแสดงการนำเทคโนโลยี AR มาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้.....	8
2.4 การแสดงผลแบบ LOCATION-BASED ด้วยโปรแกรม LAYAR.....	9
2.5 การแสดงผลแบบ MARKER-BASED.....	9
2.6 การแสดงผลแบบ MARKER-LESS BASED.....	10
2.7 ภาพแสดง หลักการทำงานของ AR.....	16
2.8 การทำงานของระบบ.....	17
2.9 IMAGE PROCESSING-TRAFFIC.....	18
2.10 ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต.....	19
2.11 ระบบเก็บข้อมูลรถที่เข้าและออก.....	19
2.12 ระบบตรวจจับใบหน้า.....	20
2.13 MAGNETIC RESONANCE IMAGING.....	20
2.14 การถ่ายภาพด้วยอัลตราซาวด์.....	21
2.15 IMAGE REGISTRATION.....	22
2.16 ตาราง CONFUSION MATRIX แบบ ACTUAL-PREDICT	32
3.1 กรอบแนวความคิด.....	37
3.2 ชุดรูปภาพ MARKER-BASED.....	37
3.3 การ ADD DATABASE.....	38
3.4 ADD TARGET.....	39
3.5 กำหนดภาพ TARGET.....	39
3.6 คุณภาพของภาพ TARGET.....	40
3.7 การ DOWNLOAD TARGET.....	40
3.8 ฐานข้อมูล LICENSE MANAGER ในโปรแกรม VUFORIA.....	41
3.9 การดาวน์โหลดโปรแกรม UNITY.....	41
3.10 การติดตั้ง UNITY ANDROID และ UNITY VUFORIA.....	42
3.11 เปิดโปรแกรม UNITY.....	42

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
3.12 การสร้าง PROJECTS.....	43
3.13 การ CREATE PROJECT.....	43
3.14 การพัฒนาสื่อในรูปแบบของแอนดรอยด์.....	44
3.15 การตั้งค่า SETTINGS.....	44
3.16 การลบ MANE CAMERA.....	45
3.17 การ ADD AR CAMERA.....	45
3.18 การ ADD LICENSE.....	46
3.19 การนำเข้าภาพ TARGET.....	46
3.20 การนำเข้าแบบจำลองสามมิติ.....	47
3.21 การปรับขนาดของโมเดล.....	47
3.22 ภาพ IMAGE TARGET.....	48
3.23 ภาพจำลองความเสียหายของภาพ.....	48
3.24 ภาพ OBJECT DETECTION.....	49
3.25 การเลือก AUGMENTATION.....	49
3.26 DATA SET แบบ RANDOM เพื่อนำไป TRAINING.....	50
3.27 การ EXPORT DATA SET แบบ CODE.....	50
3.28 จำลองการ DETECT ภาพที่เสียหาย.....	51
3.29 การติดตั้ง YOLO.....	51
3.30 การนำเข้า DATA SET.....	52
3.31 การ TRAINING ให้ตรวจจับส่วนที่เสียหายของภาพ.....	52
3.32 ภาพผลลัพธ์ที่ตรวจจับส่วนที่เสียหายของภาพแล้ว.....	52
3.33 การแปลงภาพขาวดำเฉพาะส่วนที่เสียหาย.....	53
3.34 การฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพ ด้วย OPENCV.....	53
3.35 จำลองการ DETECT ภาพที่ฟื้นฟูแล้ว.....	54
4.1 แผนภูมิแสดงค่า PRECISION, RECALL MAP_0.5 และ MAP_0.5:0.95.....	59
4.2 ผลการฟื้นฟูภาพ IMAGE INPAINTING : FAST MARCHING METHOD.....	60
4.3 ผลการฟื้นฟูภาพ IMAGE INPAINTING : NAVIER-STOKES.....	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป		หน้า
4.4	ผลการมองเห็นของ AR จากภาพที่ฟื้นฟูแล้ว.....	67
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	68



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

“เทคโนโลยี AR” (Augmented Reality) เป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่ผสมผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง(Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) โดยผ่านอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์รวมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ทำให้สามารถมองเห็นภาพที่มีลักษณะเป็นวัตถุ (Object) [1] เป็นการสร้างข้อมูลอีกข้อมูลหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบบนโลกเสมือน เช่น ภาพกราฟิก วิดีโอ รูปทรงสามมิติ และข้อความ ตัวอักษรให้ผนวกซ้อนทับกับภาพในโลกจริงที่ปรากฏบนกล้อง [2] แสดงผลในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติ ลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง มีการแสดงผลที่แสดงวัตถุมีการเคลื่อนไหว ดูมีมิติมีความตื่นเต้นเร้าใจโดยสามารถนำรูปแบบใหม่ของการนำเสนอสินค้าลอยออกมาจอกคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นการนำเสนอรูปแบบใหม่ในโลกสังคมออนไลน์หรือการตลาดออนไลน์อีกทางหนึ่ง ว่ากันว่านี่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงโฉมหน้าสื่อยุคใหม่ พอปๆ กับเมื่อครั้งเกิดอินเทอร์เน็ตขึ้นในโลกก็ว่าได้ หากเปรียบสื่อต่าง ๆ เสมือน “กล่อง” แล้ว AR คือการดึงออกมาสู่โลกใหม่ภายนอกกล่องที่สร้างความตื่นเต้นเร้าใจ ในรูปแบบ Interactive Media โดยแท้จริง

เทคโนโลยีนี้ได้ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004 จัดเป็นแขนงหนึ่งของงานวิจัยด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ว่าด้วยการเพิ่มภาพเสมือนของโมเดลสามมิติที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ลงไปบนภาพที่ถ่ายมาจากกล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม หรือกล้องในโทรศัพท์มือถือ แบบเฟรมต่อเฟรมด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก แต่ด้วยข้อจำกัดทางเทคโนโลยีจึงมีการใช้ไม่แพร่หลายเท่าไร แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีมือถือ และการสื่อสารข้อมูลไร้สาย รวมทั้งการประมวลผลต่าง ๆ มีความรวดเร็วขึ้นและมีราคาถูก จึงทำให้อุปกรณ์สมาร์ตโฟน และแท็บเล็ต ทำให้เทคโนโลยีที่อยู่แต่ในห้องทดลอง กลับกลายมาเป็นแอปที่สามารถดาวน์โหลดมาใช้งานกันง่าย ๆ ไปแล้ว โดยในช่วง 2-3 ปีมานี้ AR เป็นเรื่องที่ถูกกล่าวถึงอยู่เป็นระยะ แต่นาคตเทคโนโลยี AR สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวางหลากหลาย ทั้งด้าน อุตสาหกรรม การทหาร การแพทย์ การตลาด การบันเทิง การสื่อสาร และการศึกษา วิธีการทำงานที่เปลี่ยนไปแทบทุกบริษัทใช้ระบบ Work From Home และพฤติกรรมของมนุษย์ที่จะเปลี่ยนไปอย่างมากในวิถีชีวิตต่าง ๆ ที่จะพึ่งพาตัวเองเพิ่มมากขึ้น [1]

การนำเทคโนโลยี AR มาประยุกต์ใช้เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย หนึ่งในเทคนิคที่สามารถทำให้ AR แสดงผลได้ คือ การใช้ Marker based AR ซึ่งเป็นการใช้มาร์กเกอร์ในการแสดงผลโดยมาร์กเกอร์อาจสร้างเป็นรูปภาพ สัญลักษณ์ เป็นต้น เมื่อกล้องจากอุปกรณ์ทำการสแกนภาพผ่านแอปพลิเคชันตรวจจับมาร์กเกอร์ ก็จะแสดงผลลัพธ์ขึ้นข้อมูล AR ที่เราสร้างไว้ เช่น การสร้าง QR

Code แบบ 2 มิติ ในรูปแบบของภาพถ่าย วิดีทัศน์ หรือชั้นของข้อมูลแบบ 3 มิติ เช่น การตูน เฟอร์นิเจอร์ สิ่งปลูกสร้าง หรือฉาก

สภาพแวดล้อม เมื่อนำอุปกรณ์มาสแกนผ่านแอปพลิเคชัน ก็จะปรากฏชั้นของข้อมูลที่สร้างไว้ในด้านธุรกิจ Marker Based นั้นนิยมใช้กับงานที่ต้องการนำเสนอใบปลิว โบรชัวร์ ป้ายโฆษณาต่าง ๆ ที่มีความทันสมัย เพราะเมื่อนำมาสแกนด้วยกล้องจากสมาร์ทโฟนแล้วจะมีภาพ วิดีโอ หรือวัตถุ 3 มิติ ปรากฏบนหน้าจอแสดงผลให้เห็น ช่วยเพิ่มความสนใจให้สินค้าและเป็นที่จดจำของผู้ใช้บริการ [3] แต่ในระยะยาวการพิมพ์หรือวาดภาพ Marker Based ลงบนพื้นผิวต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น กระดาษ ผ้าใบ ป้ายโฆษณา เสื้อผ้า เป็นต้น เมื่อเวลาผ่านไปนานๆ อาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ Marker Based ด้วยข้อจำกัดของ AR ทำให้ไม่สามารถตรวจจับได้ [4] ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำเสนอวิธีเพิ่มประสิทธิภาพให้การมองเห็น Marker based ที่แม่นยำมากขึ้น เช่น การใช้เทคนิคการคืนค่ารูปภาพ เพื่อให้กล้องสามารถตรวจจับ Marker ที่สูญเสียรายละเอียดของภาพได้ [5]

จากหลักการและข้อจำกัดบางประการของการใช้ Marker based AR ผู้วิจัยมีความตั้งใจที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ภาพ Marker ที่เสื่อมสภาพจนสูญเสียรายละเอียด ทำให้ไม่สามารถตรวจจับ Marker และแสดงผลลัพธ์ข้อมูล AR ได้ ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพเพื่อฟื้นฟูภาพ (Image Restoration) ที่เสียหายด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป (Image inpainting) และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดให้เกิดประโยชน์สาธารณะต่อไป [6] [7]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ภาพ สัญลักษณ์ ของความจริงเสริมที่เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพจนสูญเสียรายละเอียดของภาพให้สามารถแสดงผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง

1.2.2 นำเสนอวิธีการฟื้นฟูภาพ (Image Restoration) ด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป (Image inpainting) ของภาพ สัญลักษณ์ ของความจริงเสริม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ภาพ AR Marker ที่เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพในบางส่วน และภาพจะต้องไม่เสียหายจนไม่สามารถระบุได้

1.3.2 การใช้คำสั่ง Python ในการเขียนขั้นตอนการฟื้นฟูภาพ AR Marker สูญเสียรายละเอียดด้วยการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพ

1.3.3 เมื่อเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพแล้วจะนำมาทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการมองเห็นของ AR ก่อนและหลังการประมวลผลภาพแล้ว

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 Augmented Reality หรือ AR คือ เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานระหว่างความเป็นจริงและ โลกเสมือนที่สร้างขึ้นมาผสานเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นการสร้างข้อมูลอีกข้อมูลหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบบนโลกเสมือน (virtual world) เช่น ภาพกราฟิก วิดีโอ รูปทรงสามมิติ และข้อความ ตัวอักษร ให้ผนวกซ้อนทับกับภาพในโลกจริงที่ปรากฏบนกล้อง [6]

1.4.2 Image Restoration การฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการคืนค่าภาพที่เสียหาย โดยการย้อนกลับกระบวนการที่ทำให้ภาพเบลอ เพื่อกู้คืนข้อมูลภาพที่สูญหายไปจากกระบวนการเบลอ

1.4.3 Image inpainting เป็นเทคนิคกระบวนการของการสร้างส่วนที่เสียหายหรือเสื่อมสภาพของรูปภาพและวิดีโอขึ้นใหม่

1.4.4 Python เป็นภาษาการเขียนโปรแกรมที่ใช้อย่างแพร่หลายในเว็บแอปพลิเคชัน การพัฒนาซอฟต์แวร์ วิทยาศาสตร์ข้อมูล และแมชชีนเลิร์นนิง (ML) นักพัฒนาใช้ Python เนื่องจากมีประสิทธิภาพ เรียนรู้ง่าย และสามารถทำงานบนแพลตฟอร์มต่างๆ ได้มากมาย ทั้งนี้ซอฟต์แวร์ Python สามารถดาวน์โหลดได้ฟรี ฝสานการทำงานร่วมกับระบบทุกประเภท และเพิ่มความเร็วในการพัฒนา [8]

1.4.5 Unity เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถหลากหลาย ได้แก่ สร้างเกม 2 มิติการสร้างเกม 3 มิติ การสร้าง AR, VR สามารถส่งแอปพลิเคชันได้ทั้งระบบ Windows, iOS และ Android โดยจะใช้คู่กับโปรแกรม Vuforia ในการสร้างสื่อ AR, VR [9]

1.4.6 การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหา Marker จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของ Marker เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของ Marker การวิเคราะห์ภาพ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker เป็นหลักในการทำงาน (Marker based AR) และการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่ใน ภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less based AR) [10]

1.4.7 Precision หมายถึง ค่าที่แสดงถึงผลลัพธ์ของความแม่นยำ

1.4.8 Recall หมายถึง ค่าความถูกต้องที่พิจารณาจากค่าที่โมเดลทำนายว่าถูกและพิจารณาว่าถูกเทียบกับค่าที่พิจารณาว่าถูกแต่โมเดลทำนายว่าถูกและผิด

1.4.9 Mean Average Precision (mAP) ใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพของโมเดลการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ mAP เท่ากับค่าเฉลี่ยของตัวชี้วัดความแม่นยำเฉลี่ยในทุกคลาสในแบบจำลองที่สามารถใช้ mAP เพื่อเปรียบเทียบทั้งสองรุ่นที่แตกต่างกันในงานเดียวกันและรุ่นต่างๆ ของรุ่นเดียวกัน mAP วัดได้ระหว่าง 0 ถึง 1

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.5.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ภาพของระบบ AR ในการตรวจจับ AR Marker ที่เกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพ

1.5.2 สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเทคนิคในการนำไปใช้วิเคราะห์ภาพของโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน AR ได้

1.6 สมมุติฐานในงานวิจัย

1.6.1 ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method ไม่แตกต่างกัน

1.6.2 ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย แตกต่างกัน



บทที่ 2

หลักการ แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

2.1 เทคโนโลยีความจริงเสริม

2.1.1 ความเป็นมาของเทคโนโลยี AR

2.1.2 ความหมายของเทคโนโลยีความจริงเสริม

2.1.3 ประเภทของเทคโนโลยี AR

2.1.4 บทบาทและการประยุกต์ใช้ AR

2.1.5 หลักการทำงานของเทคโนโลยี AR

2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

2.2.1 การฟื้นฟูภาพ (Image Restoration)

2.2.2 การกู้คืนภาพ (Image Inpainting)

2.3 computer vision

2.4 เครื่องมือที่ใช้สำหรับงานวิจัย

2.4.1 Unity

2.4.2 YOLO (You Only Look Once)

2.4.3 OpenCV (Open Source Computer Vision Library)

2.4.4 Roboflow

2.5 การวัดประสิทธิภาพ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีความจริงเสริม [11]

เทคโนโลยีความจริงเสริม ภาษาอังกฤษ Augmented Reality หรือเรียกสั้น ๆ ได้ว่า AR เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ผสานโลกแห่งความจริง กับโลกเสมือนจริงเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นที่สนใจในขณะนี้ AR เป็นลักษณะที่ดูได้โดยตรงและโดยอ้อมในสภาพแวดล้อมที่เป็นจริง ซึ่งมีองค์ประกอบของเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์และระบบเสมือนจริง ที่มีความสัมพันธ์กับโลกแห่งความจริงมาก อาจเรียกได้ว่าเป็นสื่อความจริงเพราะทำให้มองเห็นความเป็นจริง ที่มีการปรับแต่งอย่างน่าพิศวงด้วยคอมพิวเตอร์ AR ใช้ การแสดงผลในเวลาจริง (real time) และบริบทขององค์ประกอบด้านสภาพแวดล้อมจริง เช่น

คะแนนระหว่างการแข่งขันกีฬาในโทรทัศน์สิ่งเหล่านี้ช่วยให้เทคโนโลยี AR มีความก้าวหน้า ทันเหตุการณ์ กล่าวคือการใช้ภาพด้วยคอมพิวเตอร์และวัตถุที่คุ้นเคยรวมกับสารสนเทศที่เป็นจริงรอบ ๆ ตัวผู้ใช้

2.1.1 ความเป็นมาของเทคโนโลยี AR

เทคโนโลยี AR ได้ถูกค้นพบเมื่อปี ค.ศ. 1950 โดย Morton Heilig ในขณะที่ถ่ายทำภาพยนตร์ โดยเขามีความคิดที่จะให้ผู้ชมได้มีความรู้สึกถึงความมีส่วนร่วมโดยเพิ่มศักยภาพของภาพยนตร์เข้าไป ต่อมาในปี ค.ศ. 1962 Heilig ได้สร้างภาพต้นแบบที่แสดงถึงวิสัยทัศน์ของเขาขึ้นมา จนกระทั่งปี ค.ศ. 1955 เขาได้อธิบายไว้ใน "ภาพยนตร์ของอนาคต" ชื่อ Sensorama ต่อมาในปี 1966 Ivan Sutherland ได้คิดค้นเครื่องสวมหัวขึ้น ในปี 1968 เขาเป็นคนแรกที่จะสร้างระบบความเป็นจริงเสริม โดยการใช้เครื่องครอบศีรษะ ต่อมาในปี 1975 Myron Krueger สร้าง Videoplace ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับวัตถุเสมือนจริงได้เป็นครั้งแรกและต่อมา Tom Caudell และ David Mizell จาก Boeing coin ได้ใช้ เทคโนโลยี AR ช่วยคนงานประกอบสายไฟและสายเคเบิลสำหรับเครื่องบินได้สำเร็จ



รูปที่ 2.1 เครื่องสวมหัวที่ประดิษฐ์โดย Ivan Sutherland [11]

ปี 1997 เริ่มมีการนำ Concept ของ AR มาใช้ในภาพยนตร์เรื่อง Star War ภาคแรก โดยในเรื่องมีการออกแบบหมวกของนักบินให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลดิจิทัล เช่น ตำแหน่งของเครื่องบินฝั่งตรงข้ามและข้อมูลวิเคราะห์อื่นๆ มาแสดงบนอุปกรณ์ในระดับสายตา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจแบบทันที



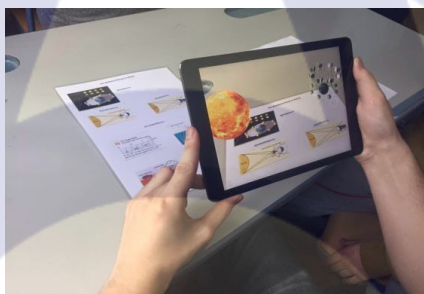
รูปที่ 2.2 ภาพประกอบจากภาพยนตร์เรื่อง Star War I [11]

พวกเขาเริ่มมีการพูดถึงข้อเปรียบเทียบระหว่างความเป็นจริงเสมือนสองตัวคือ Augmented Reality (AR) กับ Virtual Reality (VR) ข้อดีของความเป็นจริงเสริม (AR) เมื่อเทียบกับความเป็นจริง (VR) เช่นต้องใช้พลังงานน้อยลง พิกเซลของกราฟิกก็มีความจาเป็นน้อยลง ในปีเดียวกันนี้เอง L.B Rosenberg ได้พัฒนาระบบการทำงานของ AR เรียกว่า Virtual Fixtures และแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ และประสิทธิภาพที่มีต่อการทำงานของผู้ใช้ในขณะที่ Steven Feiner, Blair MacIntyre และ Doree Seligmann ได้นำเสนอการทงานของ AR บนกระดานขั้นแรกๆ ที่เรียกว่า KARMA ในปี 1997 Ronald Azuma ได้เขียนอธิบายการทงานของ AR และคาดการณ์ความไว้ว่า AR เป็นการรวมสภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมเสมือนในรูปแบบ 3 มิติและการโต้ตอบในเวลาจริง (real time)

2.1.2 ความหมายของเทคโนโลยี AR

เทคโนโลยีความจริงเสริมหรือจะเรียกง่ายๆ ว่า AR ได้มีนักวิชาการด้านการศึกษามากท่านให้ความหมายของ AR ไว้ อาทิ Augmented Reality หรือ AR เป็นเทคโนโลยีที่ผสมโลกของความจริง (Real World) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual World) โดยใช้วิธีซ้อนภาพสามมิติที่อยู่ในโลกเสมือน ไปอยู่บนภาพที่เห็นจริงๆ ในโลกของความเป็นจริง ผ่านกล้องดิจิทัลของแท็บเล็ต สมาร์ทโฟน หรืออุปกรณ์อื่นๆ และให้ผลการแสดงภาพ ณ เวลาจริง (Real Time) ซึ่งในอนาคตอันใกล้ AR กำลังจะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในชีวิตประจำวันของสังคมที่จะเต็มไปด้วย สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และนวัตกรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศเช่น Google Glass [11] เทคโนโลยี AR เป็นประเภทหนึ่งของเทคโนโลยีความจริงเสริมที่มีการนาระบบความจริงเสริมมา ผสมกับเทคโนโลยีภาพเพื่อสร้างสิ่งๆ ที่เสมือนจริงให้กับผู้ใช้แบบเฟรมต่อเฟรม ด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก [11] เทคโนโลยี AR เป็นมุมมองทางตรงหรือทางอ้อมที่แสดงลักษณะ ทางกายภาพ สภาพแวดล้อมที่โลกแห่งความเป็นจริง

จริงได้เสริมเพิ่มเติม โดยประสานเข้ากับคอมพิวเตอร์ เช่น เสียง วิดีโอ กราฟิกหรือจีพีเอสข้อมูล [11] AR เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real) เข้ากับ โลกเสมือน (Virtual) ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง [11] Augmented Reality หรือ AR เป็นการรวมเอาความจริงและความเสมือนเข้าด้วยกัน (real + virtual) มีการปฏิสัมพันธ์ ในเวลาจริง (real time) และเป็นการทำงานด้วยระบบ 3D Paul [11]. AR เป็นความต่อเนื่องของการขยายสภาพความจริงไปสู่สภาพเสมือนหรือเป็นความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างสภาพแวดล้อมที่เป็นจริง และสภาพแวดล้อมที่เสมือนอย่างไรก็ตามความหมายของ AR ยังไม่มีการนิยามที่แจ่มชัดแม้ว่าเป็นที่สนใจกันอย่างกว้างขวางก็ตาม [11]. ตัวอย่างที่ทราบกันทั่วไป ได้แก่ เกมกีฬาอเมริกันฟุตบอล ถ่ายทอดในโทรทัศน์ มีสื่อเหลืองที่ ลากยาว นาสายตาผู้ดูเห็นทัศนมิติ และเกมฮอกกี้น้ำแข็งในโทรทัศน์ เป็นต้น องค์ประกอบของความเป็นจริง (real world) คือสนามฟุตบอลและผู้เล่น ส่วนความเสมือน (virtual world) ก็คือแถบสีเหลืองหรืออีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่การโฆษณาด้วยสื่อเสมือนแทนที่ความเป็นจริง



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการนาเทคโนโลยี AR มาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ [11]

2.1.3 ประเภทของเทคโนโลยี AR [12]

เทคโนโลยี AR ที่นำมาประยุกต์ใช้ในปัจจุบัน [12] แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) Location-Based เป็นการใช้ระบบ “การระบุ” พิกัดในตัวเครื่องผ่านอุปกรณ์รับพิกัดจากดาวเทียม (GPS module) ของสมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตที่มีระบบจีพีเอสในตัว ระบบจะทำการประมวลผลเพื่อแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ (location) ต่างๆ โดยอ้างอิงกับอุปกรณ์รับพิกัดจากดาวเทียม และ แอปพลิเคชันแผนที่ ซึ่งมีผู้กำหนดสถานที่ไว้ โดยหากมีการใส่ข้อมูลเกี่ยวกับเบอร์โทรศัพท์ ก็สามารถแตะ (touch) หน้าจอติดต่อผ่านโทรศัพท์ได้เลย โปรแกรมประยุกต์ประเภทนี้ เช่น โปรแกรม Layar หรือWorld Browser และได้นำคุณสมบัติดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับเกมที่กำลังได้รับความนิยม ในขณะนี้ได้แก่ เกมโปเกมอนโก (Pokémon Go)



รูปที่ 2.4 การแสดงผลแบบ Location-Based ด้วยโปรแกรม Laya [12]

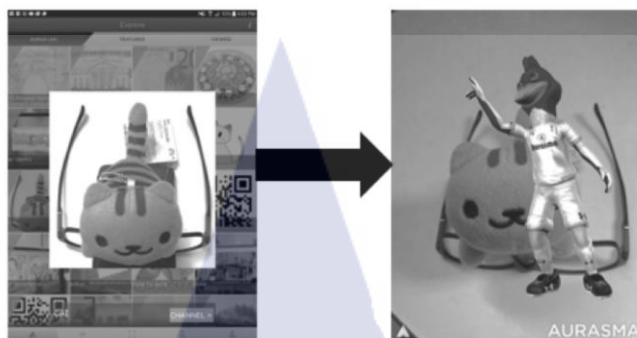
(2) Marker Based เป็นการใช่มาร์กเกอร์ในการแสดงผล โดยมาร์กเกอร์อาจสร้างเป็นรูปภาพ สัญลักษณ์ เป็นต้น เมื่อกล้องจากอุปกรณ์ทำการสแกนภาพนั้นผ่านแอปพลิเคชันและพบมาร์กเกอร์ ก็จะแสดงชั้นของเนื้อหาดิจิทัลตามที่สร้างไว้ เช่น การสร้าง QR Code เพื่อนำมาใช้เป็นมาร์กเกอร์ จากนั้นสร้างชั้นของข้อมูลเพื่อให้แสดงผล โดยอาจสร้างชั้นข้อมูลแบบ 2 มิติ ในรูปแบบของภาพถ่าย วิดีทัศน์ หรือชั้นของข้อมูลแบบ 3 มิติ เช่น การตุน เมื่อนำอุปกรณ์มาสแกนผ่านแอปพลิเคชัน ก็จะปรากฏชั้นของข้อมูลที่สร้างไว้



รูปที่ 2.5 การแสดงผลแบบ Marker-Based [12]

จากภาพเป็นการสร้าง AR แบบง่ายๆ โดยการใช้นามบัตรเป็นมาร์กเกอร์ และใช้ภาพ 3 มิติจากในแอปพลิเคชันมาซ้อนลงบนนามบัตร

(3) Marker-less Based โดยนำวัตถุหรือสิ่งของมาใช้เป็นมาร์กเกอร์ แต่ควรเป็นวัตถุสิ่งของที่มีความคงที่ของรูปร่างรูปทรงและตำแหน่ง เพราะหากสิ่งของมีหลายชิ้นและมีความต่างกัน ระบบจะไม่สามารถประมวลผลได้



รูปที่ 2.6 การแสดงผลแบบ Marker-less Based [12]

2.1.4 วิธีการสร้างมาร์กเกอร์ความเป็นจริงเสริม [13]

การสร้างประสบการณ์เต็มความเป็นจริง (AR) ที่ใช้เครื่องหมายที่เลือกเอง ข้อแรกสำหรับโครงการที่ประสบความสำเร็จคือการเริ่มต้นด้วยเครื่องหมาย AR ในขณะที่ผู้ที่ชื่นชอบเทคโนโลยีมักจะให้ความสนใจกับฟีเจอร์ AR ต่างๆ แต่ภาพเครื่องหมายก็มีความสำคัญเหมือนกับประสบการณ์ความเป็นจริงเสริมที่เป็นพื้นฐาน เครื่องหมาย AR มีความยุ่งยากน้อย ก่อนข้างดึงดูดความสนใจของผู้ชม ให้พวกเขาหยิบมือถือขึ้นมาและสแกนภาพ และเพียงเครื่องหมายคุณภาพเท่านั้นที่จะทำให้ประสบการณ์ AR ของคุณมีชีวิต

(1) เครื่องหมายความเป็นจริงเสริม

มาร์กเกอร์ความเป็นจริงเสริมคือรูปภาพหรือวัตถุที่แอปบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่รองรับ AR จัดจำได้ และใช้เพื่อทริกเกอร์ฟีเจอร์ความเป็นจริงเสริม เมื่อพูดถึงโปรเจกต์ DIY ส่วนใหญ่แล้ว มาร์กเกอร์ควรวางบนพื้นผิวที่เรียบ เนื่องจากพื้นผิวที่เป็นหลุมเป็นบ่อ ไม่สม่ำเสมอ หรือมีลักษณะโค้งมนจะทำให้ภาพมาร์กเกอร์เสียรูปทรง หากภาพถ่ายทริกเกอร์ดูแตกต่างไปตามมุมที่คุณรับชม ประสบการณ์ AR ของคุณจะไม่ทำงาน อัลกอริธึมการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์จะถือว่าทุกมุมเป็นเครื่องหมายเพิ่มเติม และสามารถจับคู่เนื้อหา AR กับมุมใดมุมหนึ่งเท่านั้น

การสร้าง AR ด้วยตนเอง สามารถรวมภาพเครื่องหมายเข้ากับเนื้อหา AR ที่ต้องการได้ ผู้และจำเป็นต้องดาวน์โหลดแอปบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่เข้ากันได้เพื่อสแกนภาพเครื่องหมาย จากนั้นซอฟต์แวร์จะจัดจำภาพและจับคู่กับเนื้อหา AR ที่เตรียมไว้ก่อนหน้านี้ โดยแสดงบนจอแสดงผลของอุปกรณ์แบบเรียลไทม์

ในขณะที่มีตัวเลือกเทคโนโลยีอื่น ๆ มากมายสำหรับการสร้างประสบการณ์ความเป็นจริง AR ที่ใช้เครื่องหมายเป็นเทคโนโลยีที่เข้าถึงได้ง่าย ประการแรก ช่วยให้ผู้ที่ไม่มีทักษะด้านไอทีที่หลากหลาย รวมทั้งทักษะด้านเทคโนโลยีเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย สามารถสร้าง AR ได้ ประการที่

สอง ผู้ชมประสบการณ์ AR เพียงใช้สมาร์ทโฟนเพื่อแสดง AR จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์มือถือทั่วโลกในปัจจุบันมีมากกว่าสามพันล้านคนในทุกช่วงอายุ และตลาดยังคงมีศักยภาพในการเติบโตสูงในหลายประเทศ [12]

(2) คอมพิวเตอร์วิทัศน์และความเป็นจริงเสริม

โดยทั่วไป คอมพิวเตอร์วิทัศน์ที่อ่านเครื่องหมายความเป็นจริงเสริม จะไม่เห็นภาพในความหมายดั้งเดิมสำหรับสีหรือเนื้อหา แต่ใช้เทคนิคในการติดตามจุดคุณลักษณะ และยังมีคุณลักษณะที่ชี้ให้เห็นรูปภาพมากเท่าใด เนื้อหา AR ที่ด้านบนก็จะยิ่งดีขึ้นและมีเสถียรภาพมากขึ้นเท่านั้น จุดคุณลักษณะเพิ่มเติมจะแนะนำคอมพิวเตอร์วิทัศน์ให้รู้จักภาพเครื่องหมายและเร่งกระบวนการดึงข้อมูลได้เร็วยิ่งขึ้น เราสามารถมั่นใจได้ว่าเครื่องหมายมีจุดคุณลักษณะเพียงพอโดยการสร้างการออกแบบที่มีรายละเอียดและความแตกต่างสูง รวมทั้งรูปแบบที่เป็นเอกลักษณ์

(3) สร้างการออกแบบเครื่องหมายความเป็นจริงเสริม

ส่วนสำคัญที่สุดคือการเลือกรูปภาพที่ไม่ซ้ำใครหรือสร้างการออกแบบใหม่ทั้งหมด ความเสี่ยงในการใช้ภาพสต็อกคืออาจมีคนอื่นเลือกภาพเดียวกัน สิ่งนี้จะบิดเบือนประสบการณ์ AR ของคุณและประสบการณ์ของพวกเขา เนื่องจากซอฟต์แวร์จะจดจำรูปภาพ แต่จะไม่แยกความแตกต่างของเนื้อหาที่ต้องดึงกลับมา

สิ่งที่ควรพิจารณาเมื่อออกแบบภาพมาร์กเกอร์ ดังต่อไปนี้

- การใช้ข้อประกอบกราฟิกซ้ำ จะทำให้มาร์กเกอร์ดูเหมือนกันทุกมุมและสร้างความสับสนให้กับสายตามนุษย์ คอมพิวเตอร์วิทัศน์จะประมวลผลมากขึ้นในการตรวจจับทิศทางที่มาร์กเกอร์วางและดึงกลับมา เลือกรูปทรงและภาพถ่ายที่ผิดปกติซึ่งดูแตกต่างกันทุกมุม เพื่อให้คอมพิวเตอร์วิทัศน์รู้ว่าภาพกลับหัวหรือไม่
- ไม่ควรใช้ภาพสัญลักษณ์เป็นเครื่องหมาย ภาพสัญลักษณ์อาจปรากฏในหลายสื่อในบริบทที่แตกต่างกัน หากใช้ภาพสัญลักษณ์เป็นเครื่องหมาย จะทำให้คอมพิวเตอร์วิทัศน์สับสน ซึ่งอาจจะมีอยู่ในการออกแบบอื่นๆ ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจว่าเนื้อหาที่ถูกต้องจะแสดงผลเมื่อสแกนเครื่องหมาย
- ควรหลีกเลี่ยงการใช้ภาพหรือสัญลักษณ์เดียวกัน ซึ่งสามารถจัดรูปแบบการออกแบบของคุณให้อยู่ในแนวเดียวกันในขณะที่ทำให้องค์ประกอบทั้งหมดมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เพื่อให้อัลกอริธึมการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อ

จดจำภาพเครื่องหมายได้ จำเป็นต้องรับรู้เพียงร้อยละ 70 ของจุดเด่นของเครื่องหมาย หากมีการจำลองสัญลักษณ์สำคัญ และมีเพียงบางองค์ประกอบเท่านั้นที่ต่างกัน เป็นไปไม่ได้ที่อัลกอริธึมจะสร้างความแตกต่างและดึงเนื้อหาที่ถูกต้อง

- มุมที่ยอดเยียมของคุณลักษณะนี้คือภาพบิดเบี้ยวจากการสะท้อนหรือแสงเมื่อพิมพ์และวางในตำแหน่งที่ต้องการ トラバディคอมพิวเตอร์วิทัศน์สามารถตรวจจับจุดคุณลักษณะส่วนใหญ่ ก็ยังสามารถแสดงผล AR ได้
- คอมพิวเตอร์วิทัศน์ไม่เข้าใจภาพเบลอ รองรับภาพความละเอียดสูงที่มีพื้นผิวที่แตกต่างกัน ภาพที่เบลอไม่มีจุดเด่นให้ตรวจจับ
- เมื่อผู้คนสแกนเครื่องหมาย AR ด้วยอุปกรณ์มือถือ อุปกรณ์นั้นจะต้องกินพื้นที่อย่างน้อย 50% ของหน้าจอกล้องของพวกเขาไม่น้อยไปกว่านั้น

(4) ขนาดที่ดีที่สุดสำหรับมาร์กเกอร์ความเป็นจริงเสริม

ในกระบวนการสร้างประสบการณ์ความเป็นจริงเสริมเมื่อขนาดของเครื่องหมายมีความสำคัญ: ขนาดการอัปโหลดซอฟต์แวร์และขนาดการพิมพ์ แม้ว่าสัดส่วนจะไม่เปลี่ยนแปลงแต่ข้อกำหนดด้านขนาดจะแตกต่างกันไป เช่น ขนาดการอัปโหลดซอฟต์แวร์ดำเนินไป แอป Overlay ต้องการให้มาร์กเกอร์เป็นรูปภาพ .jpg หรือ .png ที่มีความละเอียดสูง RGB หรือระดับสีเทา มากถึง 2MB 8 หรือ 24 บิตและไม่มีความปลอดภัย

ขนาดการพิมพ์ที่แตกต่างกัน ไม่แนะนำให้พิมพ์ที่เล็กกว่านามบัตรเพราะหากมาร์กเกอร์มีขนาดเล็ก กล้องมือถือก็จะไม่สามารถโฟกัสและจดจำได้ยากขึ้น ยิ่งภาพมาร์กเกอร์ขนาดใหญ่ก็จะต้องถอยหลังเพื่อสแกนเครื่องหมายเพื่อให้แน่ใจว่าพอดีกับกล้องมือถือ เช่น ภาพจิตรกรรมฝาผนัง AR ที่เห็นได้ชัดเจนว่าภาพมาร์กเกอร์อาจมีขนาดเท่ากับบ้าน ต้องให้ความสำคัญกับตำแหน่งอย่างละเอียด มีระยะห่างเพียงพอเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถถอยกลับหรือเข้าไปใกล้เพียงพอแล้วสแกนเครื่องหมาย

ฟีเจอร์ AR ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดอย่างหนึ่งในด้านการตลาดและการพิมพ์คือการเสริม นิตยสาร, e-book, โบรชัวร์ และสื่ออื่นๆ ที่มีเครื่องหมาย AR หลายอันของรูปเป้าหมาย

เคล็ดลับที่สำคัญ :

- เครื่องหมายที่มีข้อความมากเกินไปไม่ได้ให้ภาพที่ชัดเจนเพียงพอสำหรับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ ทำให้เนื้อหา AR ไม่เสถียร การให้หน้าข้อความส่วนใหญ่มิชีวิตชีวา ให้สื่อประกอบกราฟิกในข้อความเป็นเครื่องหมาย วิธีนี้ใช้โดย

นิตยสารและหนังสือพิมพ์เมื่อรูปภาพหรือวัตถุที่เป็นรูปธรรมถูกทำให้เป็นจริงภายในหน้าข้อความ

- ไม่ควรใช้เครื่องหมายสองตัวในหน้าเดียว สิ่งนี้ทำให้มั่นใจได้ว่าผู้ใช้งานจะได้รับประสบการณ์ที่ดี (UX) คือเมื่อผู้คนที่เห็นสามารถดึงเนื้อหาความเป็นจริงเสริมบนสื่อสิ่งพิมพ์ได้ มีแนวโน้มที่ชัดเจนที่จะถืออุปกรณ์พกพาเพื่อนำหน้าทั้งหน้าไปไว้ในกล่องของอุปกรณ์ หากกล่องมีเครื่องหมายสองอันในสายตา เครื่องหมายจะไม่ปรากฏให้เห็น
- ให้แยกข้อความออกจากองค์ประกอบกราฟิกและใช้การออกแบบทั้งหน้าเป็นหน้าเครื่องหมาย แทนที่จะใช้เฉพาะรูปภาพภายในหน้า ผู้ใช้จะไม่มีอุปสรรคในการสแกนสิ่งของขึ้นเล็กๆ สิ่งนี้จะช่วยส่งเสริม UX และวิธีที่ผู้ใช้ถืออุปกรณ์ หากภาพเครื่องหมายมีขนาดเล็ก กล่องอาจอยู่ไกลเกินกว่าจะตรวจจับเครื่องหมายที่เล็กกว่าได้ 50%

(5) การพิจารณาการพิมพ์เครื่องหมาย AR

สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการเลือกวัสดุการพิมพ์ที่ไม่สะท้อนแสงมากเกินไป

- พื้นผิวที่มันวาวเมื่อนำไปสแกนไว้กลางแจ้ง ดวงอาทิตย์อาจส่องแสงตรงมาในบางจุดในระหว่างวัน และเมื่อแสงสะท้อนบนภาพที่มือถือจะรับรู้บิดเบี้ยวไปจากเดิม ควรเป็นแบบผิวด้านเพื่อหลีกเลี่ยงวัสดุและสีที่สะท้อน
- อีกสิ่งหนึ่งสำหรับคุณภาพการจดจำเครื่องหมายที่ดีที่สุดคือการเลือกวัสดุการพิมพ์แบบแข็ง เริ่มต้นด้วยนามบัตรกระดาษแข็ง ผ้าใบไม้ ป้ายโฆษณา ฯลฯ สิ่งสำคัญคือต้องแน่ใจว่าวัสดุจะไม่บิดเบี้ยวในสภาพแวดล้อมที่มันวาวในลักษณะโค้ง ฯลฯ หากภาพเครื่องหมายผิดเพี้ยน อาจจะไม่สแกนไม่ได้ และวัสดุพิมพ์มาร์กเกอร์ต้องทนต่อสภาวะที่กำหนด
- เสื้อผ้า AR เมื่อจะไปทำโปรเจกต์ DIY เสื้อผ้าอาจมีรอยยับ เครื่องหมายอาจจางลงทุกครั้งที่ซัก และแอปเฟด AR อาจไม่ทำงานทันเวลา พิจารณาดำเนินการเครื่องหมายอย่างละเอียด ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่อยู่ในจุดที่มีรอยยับหรือยืดออกเมื่อสวมใส่เสื้อผ้าและเลือกวิธีการซักอย่างระมัดระวัง

(6) การวางเครื่องหมายเดิมความเป็นจริงบนพื้นผิวโค้ง

ตามทฤษฎีแล้ว ภาพมาร์กเกอร์สามารถจดจำได้บนพื้นผิวโค้ง แต่ควรเลือกใช้พื้นผิวเรียบสำหรับโปรเจกต์ DIY การวางภาพเครื่องหมายบนขวดหรือกระป๋อง ภาพนั้นมักจะเสียรูป และในขณะที่แอปบนอุปกรณ์เคลื่อนที่จะรับรู้ได้ เนื้อหาก็คงจะไม่เสถียรเท่าที่ควร

2.1.5 การเสื่อมสภาพของ Marker [13]

สาเหตุการชำรุดเสื่อมสภาพวัสดุ marker ที่ผ่านการใช้งานหรือเก็บมาเป็นระยะเวลานาน หากไม่ได้เก็บรักษาให้ถูกวิธี อาจส่งผลให้หนังสือเกิดการชำรุดทรุดโทรมในหลายลักษณะ เช่น เนื้อกระดาษ เปื่อยยุ่ย กรอบเปราะ ฉีกขาด มีร่องรอยการกัดกินของแมลง มีเชื้อรา สีกระดาษเปลี่ยนไปจากเดิม เป็นต้น สาเหตุของการชำรุดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

(1) สาเหตุภายใน หมายถึงกระบวนการชำรุดเสื่อมสภาพซึ่งเกิดจากตัววัสดุเอง กระดาษอาจเริ่มชำรุดเสื่อมสภาพตั้งแต่อยู่ในระหว่างการผลิตหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นภายหลัง เช่น เกิดจากวัตถุดิบหรือสารเคมีที่ใช้ในการผลิต การชำรุดจะยิ่งเร็วขึ้นถ้าเก็บรักษาด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้อง วัสดุที่นำมาใช้ทำกระดาษได้มาจากพืชต่างๆ กัน เช่น ลินิน ฝ้าย ไม้ เป็นต้น องค์ประกอบหลัก คือ ผนังเซลล์ลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (lignin) ยางไม้ ฯลฯ ซึ่งการผลิตเป็นกระดาษโดยไม่แยก ลิกนินและสิ่งเจือปนอื่นๆ ออก จะทำให้กระดาษเปลี่ยนสีและกรอบเปราะเสื่อมสภาพในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากมีองค์ประกอบเป็นกรด กระดาษที่ผลิตด้วยเครื่องจักรจะมีสารประกอบหลักปนอยู่ ปริมาณเล็กน้อย เมื่อสารเหล่านี้รวมตัวกับ เรซิน (resin) หรือกรดไขมัน (fatty acid) จะมีสีเข้มขึ้นเมื่อ ได้รับแสง และสารประกอบหลักบางชนิดเมื่อทำปฏิกิริยา จะทำให้กระดาษเปื้อนเป็นจุดสีดำ หมึก พิมพ์หรือน้ำหมึกบางชนิดมีฤทธิ์เป็นกรด สามารถกัดกระดาษให้ทะลุได้ และกรดจากหมึกเหล่านี้ สามารถแทรกซึมไปยังกระดาษแผ่นอื่นที่อยู่ติดกันได้ หมึกบางชนิดละลายน้ำได้ เส้นหมึกอาจเลอะ เลื่อนได้เมื่อเปียกน้ำหรือชื้นสีของหมึกบางชนิดจะจางหายไปเมื่อได้รับแสง หรือทำปฏิกิริยากับสาร ฟอกสีหรือสารเคมีที่หลงเหลืออยู่ในกระดาษ

(2) สาเหตุภายนอก หมายถึง กระบวนการชำรุดเสื่อมสภาพจากการกระทำของ สิ่งแวดล้อม ได้แก่

ก. มนุษย์

เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ ทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจ ส่วนใหญ่ มาจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ขาดความระมัดระวัง เช่น หยิบเคลื่อนย้ายอย่างไม่ระมัดระวังทำให้ หนังสือฉีกขาดหรือยับย่น การสัมผัสบ่อยทำให้เกิดคราบ การเก็บในสภาพกองสุมหรือซ้อนกัน ทำให้หนังสือ หักงอบิดเบี้ยว การไม่รักษาความสะอาดทำให้มีสิ่งสกปรกสะสมจำเป็นสาเหตุให้แมลงเข้ามาอยู่อาศัยกัดกิน กระดาษและเชื้อราเจริญเติบโต ทำลายหนังสือ การเก็บรักษาและซ่อมแซมด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้อง

ข. อุณหภูมิ

กระดาษที่ได้รับความร้อนจะมีสภาพแห้งกรอบ และเปราะ เนื้อกระดาษ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล กาวที่ได้รับความร้อนจะอ่อนตัว เหนียว เยิ้ม หรือกรอบเปราะ เปลี่ยนสี นอกจากนี้ความร้อนยังช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีให้เกิดขึ้นเร็วยิ่งขึ้นอีกด้วย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศา ปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

ค. น้ำและความชื้น

วัสดุที่เป็นเหล็ก จะทำปฏิกิริยากับน้ำหรือไอน้ำ จะเกิดเหล็กไฮดรอกไซด์ ที่เรียกกันว่า สนิมเหล็ก ซึ่งมีลักษณะเป็นสีเหลืองน้ำตาลเกาะบนผิวของเหล็ก ดังนั้นหนังสือที่ใช้คลิป์ ลวดเย็บ เข็มหมุด อาจเกิดสนิมเหล็กได้ นอกจากนี้ น้ำและความชื้นยังเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของ สัตว์ แมลง จุลินทรีย์ต่างๆ ทำให้หนังสือเสื่อมสภาพ และเป็นเชื้อรา ซึ่งส่วนใหญ่เจริญได้ดีเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 70%

ง. แสงสว่าง

กระดาษที่ได้รับแสงนานๆ จะมีสีซีดจางหรือเปลี่ยนไปจากเดิม เมื่อกรอบเพราะขาดความเหนียว ฉีกขาดง่าย เป็นการชำรุดที่เกิดขึ้นอย่างถาวรไม่สามารถซ่อมแซมหรือแก้ไขให้กลับสู่สภาพเดิมได้

จ. แมลง

เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการชำรุดเสื่อมสภาพอย่างถาวร เนื่องจากแมลงใช้ปากกัดกินทำลายวัสดุ แมลงที่พบบ่อย ได้แก่ ปลวก แมลงสาบ แมลงสามวาม มอดหนังสือ ไร เป็นต้น

ฉ. จุลินทรีย์

เช่น รา มักพบในช่วงที่มีความชื้นสูงระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง ตุลาคมของทุกปี ราหลายชนิดสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายกระดาษทำให้เปื่อยยุ่ย และเกิดคราบเปื้อนสีต่างๆ

ช. สัตว์อื่นๆ

เช่น นก หนู และคาววาว ที่มีฟันที่แหลมคม เข้ามากัดกิน

ซ. ก๊าซต่างๆ

ในบรรยากาศมีก๊าซหลายชนิดที่ทำให้หนังสือเสื่อมสภาพได้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซโอโซน เป็นต้น ส่งผลให้หนังสือเปลี่ยนสภาพทางเคมีและทางกายภาพ

ณ. ฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองและอนุภาคแขวนลอยในอากาศ ทำให้เกิดการขัดสีครูด ถู เป็นรอยหรือฝุ่นละอองที่มีเขม่าควันปะปนอยู่จะมียางเหนียวทำให้เกิดคราบเปื้อนสกปรก ขจัดออกได้ยาก

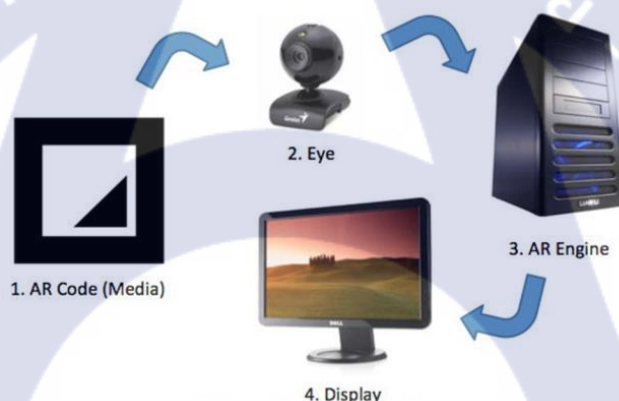
2.1.6 บทบาทและการประยุกต์ใช้ AR

สำหรับการนำเทคโนโลยี AR มาใช้ในปัจจุบันนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก เนื่องจากการบวนการผลิตที่มีคุณภาพอาจจะดูยุ่งยาก และซับซ้อนไปบ้างแต่นักการศึกษาหลายๆคนก็ได้ ทำการวิจัยผลที่เกิดขึ้นจากการนำเทคโนโลยี AR มาใช้ซึ่งหลายๆหน่วยงานได้ผลออกมาดี ในบทนี้ จึงได้กล่าวถึงบทบาทของเทคโนโลยี AR พร้อมทั้งผลงานวิจัยที่เกิดขึ้น บทบาทของเทคโนโลยี AR จากอดีต

จนถึงปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AR เข้ามาใช้ในการชีวิตประจำวันแทบจะทุกวงการในที่นี้ ขอเสนอบทบาทของการนำเทคโนโลยี AR มาใช้พอสั่งแซป ดังนี้ การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมสร้างเครื่องบิน อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ โดยบริษัท BMW ได้ใช้เทคโนโลยี AR มาช่วยในการผลิต โดยให้ผู้ใช้ได้เรียนรู้การทำงานโดยการใส่แว่นตาที่จะมีคำแนะนำและจำลองการทำงาน แสดงให้เห็นแต่ละขั้นตอนก่อนปฏิบัติจริงแบบ 3 มิติ

2.1.7 หลักการทำงานของเทคโนโลยี AR ประกอบด้วย

- (1) ตัว Marker (หรือที่เรียกว่า Markup)
- (2) กล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือ หรือ ตัวจับ Sensor อื่น ๆ
- (3) ซอฟต์แวร์หรือส่วนประมวลผลเพื่อสร้างภาพหรือวัตถุ แบบสามมิติ
- (4) ส่วนแสดงผล จอคอมพิวเตอร์ หรือจอภาพ โทรศัพท์มือถือ หรืออื่น ๆ

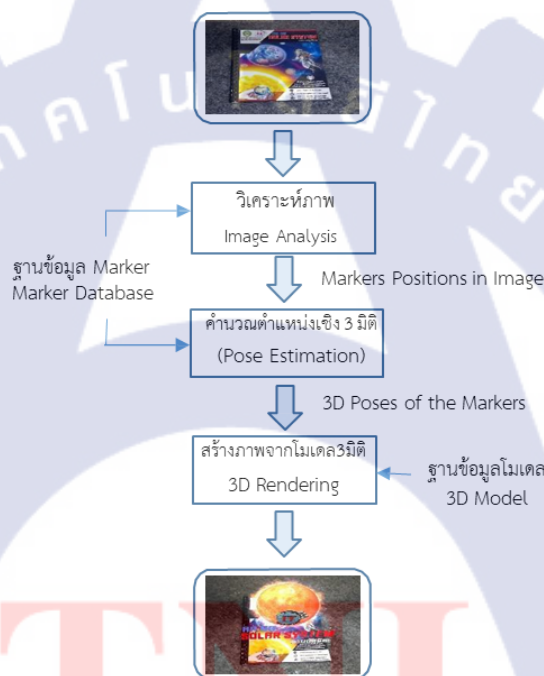


รูปที่ 2.7 ภาพแสดง หลักการทำงานของ AR [11]

พื้นฐานหลักของ AR จำเป็นต้องรวบรวมหลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Detection) การตรวจจับการเต้นหรือการเคาะ (Beat Detection) การจดจำเสียง (Voice Recognize) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยนอกจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่าน Motion Detect แล้วการตอบสนองบางอย่างของระบบผ่านสื่อนั้น ต้องมีการตรวจจับเสียงของผู้ใช้และประมวลผลด้วยหลักการ Beat Detection เพื่อให้เกิดจังหวะในการสร้างทางเลือกแก่ระบบ เช่น เสียงในการสั่งให้ตัว Interactive Media ทำงาน ทั้งนี้การสั่งการด้วยเสียง จัดว่าเป็น AR และในส่วนของการประมวลผลภาพนั้น เป็นส่วนเสริมจากงานวิจัยซึ่งเป็นส่วนย่อยของ AR เพราะเน้นไปที่การทำงานของ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent: AI) ในการสื่อสารอารมณ์กับ ผู้ใช้บริการผ่านสี

และรูปภาพ ระบบเสมือนจริงบนโทรศัพท์มือถือ มือถืออัจฉริยะหรือสมาร์ทโฟน (Smart Phone) ถือเป็นจุดเปลี่ยนแนวคิดทางการตลาดของการโฆษณาเพราะด้วย ระบบเสมือนจริงบนโทรศัพท์มือถือ (Mobile AR) ทำให้ผู้ใช้สามารถ รับข้อมูลหรือข่าวสารได้ทันทีตามคุณลักษณะของซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมต่าง ๆ ที่อยู่ในโทรศัพท์มือถือ แบบที่ผู้ใช้สามารถพกพาได้อย่างสะดวก

การทำงานของทั้งระบบ เริ่มจากขั้นที่หนึ่ง ตรวจสอบและหา Marker ในฐานข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์ขนาดและรูปแบบ Marker ขั้นที่สองคำนวณค่าเชิงสามมิติ หลังจากนั้นเป็นการค้นหารูปภาพสามมิติที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล และสุดท้ายเป็นการเพิ่มข้อมูลภาพสามมิติลงบนรูปภาพที่ได้จากกล้อง ณ ตำแหน่ง Marker ที่ตรวจพบจากขั้นตอนแรก โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ



รูปที่ 2.8 การทำงานของระบบ [11]

จากภาพที่ 2.8 แสดงกระบวนการภายในของเทคโนโลยีภายในของเทคโนโลยี AR ประกอบด้วย 3 กระบวนการดังนี้ 1) การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหา Marker จากภาพที่ได้จากกล้อง แล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของ Marker 2) การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) ของ Marker เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบ ของ Marker เทียบกับกล้อง 3) กระบวนการสร้างภาพ 3 มิติ จากโมเดล 3 มิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ ที่คำนวณได้จนได้ภาพเสมือนจริงมาแสดงผล

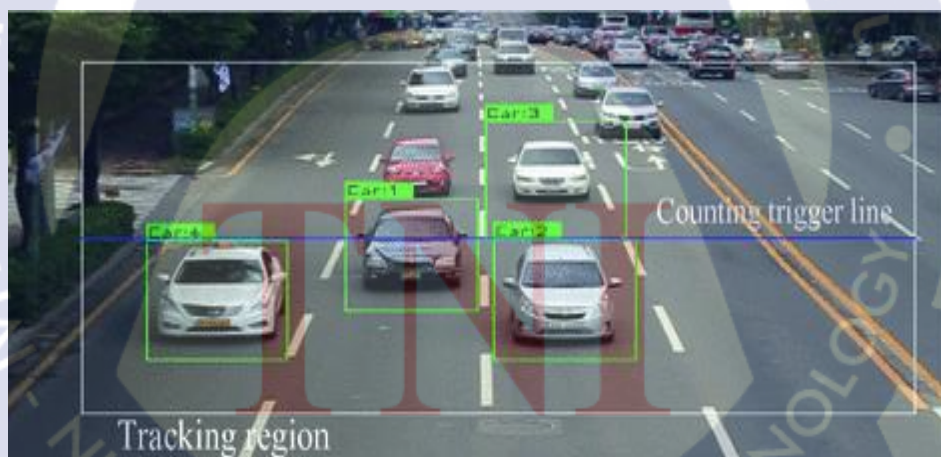
2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing) [14]

Image Processing คือ เทคโนโลยีดิจิทัลการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ภาพที่ละเอียดคมชัดหรือข้อมูลที่อยู่ในภาพที่สามารถนำมาใช้งานในด้านอื่น ๆ ต่อได้ ในวันนี้เราต่างใช้ประโยชน์จากภาพทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวในลักษณะต่าง ๆ ยิ่งชีวิตประจำวันของเรามีความต้องการภาพที่ละเอียดมีความคมชัดมากขึ้นเท่าไร เทคโนโลยีทางด้านภาพก็ยิ่งพัฒนาไปมากขึ้นเท่านั้น และ Image Processing คือ เทคโนโลยีที่อยู่เบื้องหลังภาพที่คมชัดและความละเอียดสูงเหล่านั้นทั้งสิ้น ซึ่งวันนี้เทคโนโลยีนี้ก็ก้าวหน้าขึ้นมาก สามารถที่จะสร้างระบบประมวลผลภาพด้วย AI ทำให้การถ่ายภาพไม่ว่าจะภาพนิ่งหรือการถ่าย VDO สามารถทำได้คมชัด ตอบสนองความต้องการในการนำไปใช้งานด้านต่าง ๆ อีกมากมาย

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง กระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลในแบบดิจิทัล โดยใช้คอมพิวเตอร์การ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เรากำลังต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (ขนาด รูปร่าง) หลังจากนั้นเราสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เช่น

ก. ระบบดูแลการจราจรบนท้องถนน

โดยการนับจำนวนรถบนท้องถนนในภาพถ่ายด้วยกล้องวงจรปิดในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 2.9 image processing-traffic [14]

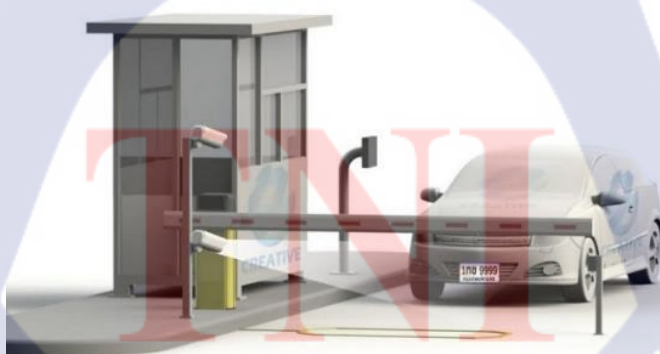
ข. ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต



รูปที่ 2.10 ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต [14]

ค. ระบบเก็บข้อมูลที่เข้าและออกอาคาร

โดยใช้ภาพถ่ายของป้ายทะเบียนรถเพื่อประโยชน์ในด้านความปลอดภัย เป็นการนำเทคโนโลยีด้าน Image processing มาช่วยในการควบคุมการทำงานของระบบโดยนำข้อมูลภาพป้ายทะเบียนของรถยนต์ ที่ได้จากกล้องวงจรปิดประเภท LPR Camera (กล้องสำหรับจับภาพป้ายทะเบียนโดยเฉพาะ) มาทำการวิเคราะห์ตรวจหาป้ายทะเบียน



รูปที่ 2.11 ระบบเก็บข้อมูลที่เข้าและออก [14]

ง. ระบบตรวจจับใบหน้า

โปรแกรมตรวจจับใบหน้าจะทำหน้าที่วิเคราะห์ตรวจสอบและจดจำใบหน้าที่ทำงานร่วมกับกล้องวงจรปิด IP Camera คุณภาพสูง โดยลักษณะการทำงานของระบบจะทำการเปรียบเทียบ

ใบหน้าของบุคคล ที่ผ่านเข้ามาในกล้องที่ได้กำหนดและตั้งค่าเอาไว้ จากนั้นจะทำการนำภาพใบหน้าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับภาพบุคคลในฐานข้อมูล



รูปที่ 2.12 ระบบตรวจจับใบหน้า [14]

จ. การนำไปใช้ประโยชน์ด้านการแพทย์

- เครื่อง MRI (Magnetic Resonance Imaging) การตรวจร่างกายโดยเครื่องตรวจที่ใช้คลื่นสนามแม่เหล็กความเข้มสูงและคลื่นความถี่ในย่านความถี่วิทยุในการสร้างภาพเหมือนจริงของอวัยวะภายในต่างๆของร่างกาย โดยเฉพาะ สมอง หัวใจ กระดูก-กล้ามเนื้อ และส่วนที่เป็นมะเร็งด้วยคอมพิวเตอร์รายละเอียดและความคมชัดสูง เป็นภาพตามระนาบได้ทั้งแนวขวาง แนวยาวและแนวเฉียง เป็น 3 มิติ ภาพที่ได้จึงจะชัดเจนกว่า การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบ CT Scan ทำให้แพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยความผิดปกติในร่างกายได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 2.13 Magnetic Resonance Imaging [14]

- การถ่ายภาพด้วยอัลตราซาวด์ (Ultrasound) ใช้ตรวจดูความสมบูรณ์ของทารกในครรภ์มารดา หรือตรวจดูขนาดของ ตับ ม้าม ถุงน้ำดี และ ไต เพื่อหาความผิดปกติ



รูปที่ 2.14 การถ่ายภาพด้วยอัลตราซาวด์ [14]

ปัจจุบันมีภาพทางการแพทย์ที่จำเป็นต้องนำมาประมวลผลเป็นจำนวนมหาศาลซึ่งอาจจะเกินกำลังที่จะให้บุคลากรทางการแพทย์แต่ละคนมาวิเคราะห์ได้ในแต่ละวัน จึงมีความจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีทางการประมวลผลภาพเข้าช่วย ปัจจุบันได้ถูกพัฒนาให้สามารถเก็บอยู่ในรูปแบบดิจิทัลได้แล้ว ทำให้สะดวกในการจัดเก็บ รักษา และส่งข้อมูลภาพ และที่สำคัญเรายังสามารถวิเคราะห์ภาพเหล่านี้ได้ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยโรคได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

เทคนิคที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

(1) ปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) เป็นกระบวนการในการแปลงข้อมูลภาพตัวเลข เพื่อที่จะสร้างภาพที่เน้นรายละเอียดที่ต้องการ หรือปรับเปลี่ยนของโทนแสงที่ต้องการของภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลหรือรายละเอียดอื่นๆ ของภาพ

(2) การกรองภาพหรือการกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (Image Filters) คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือการเน้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

(3) การซ้อนทับภาพ (Image Registration) เป็นวิธีการนำข้อมูลของสองภาพหรือมากกว่ามารวมกันเพื่อให้เกิดภาพใหม่ที่มีข้อมูลภาพสมบูรณ์มากขึ้น โดยภาพใหม่ที่ได้นี้ จะเป็นการรวมตัวกันของข้อมูลหรือรายละเอียดในแต่ละภาพที่นำมาผสมกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดและข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้

(4) การคืนสภาพของภาพ (Image Restoration) การทำให้ภาพคืนสู่สภาพเดิมหรือการปรับปรุงภาพให้เหมาะสมกับการมองเห็น

(5) การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) เป็นวิธีการแบ่งส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพที่เราสนใจออกมาจากภาพที่เราต้องการ ซึ่งการแบ่งส่วนภาพนี้โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นขั้นตอนเบื้องต้นและสำคัญอย่างมากของการประมวลผลภาพทางการแพทย์ เนื่องจากภาพทางการแพทย์ที่ได้จากเครื่องถ่ายภาพแบบต่าง ๆ นั้น โดยปกติมักจะมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกับอวัยวะที่ทำถ่ายภาพมา เช่น เนื้อเยื่อ กระดูก อวัยวะข้างเคียง หรือแม้กระทั่งสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ขึ้นในขณะถ่ายภาพ ด้วยเหตุนี้ การวิเคราะห์เฉพาะอวัยวะที่ต้องการ



รูปที่ 2.15 Image Registration [15]

6. การหาขอบภาพในวัตถุ (Image Segmentation and Edge Detection) การหาขอบภาพ เราจะใช้หลักการหาความชันของความเข้มสี หรือ intensity เนื่องจากที่ขอบรูปจะเป็นบริเวณมีความแตกต่างของสีมาก ซึ่งหากเราหาความชันของค่า intensity ก็จะได้ความชันมาก

7. การบีบอัดภาพ (Image Compression)

- การบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดข้อมูล (Lossless compression) ค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพจะยังคงอยู่เหมือนเดิมทุกประการ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของแต่ละจุดภาพ ซึ่งการบีบอัดวิธีนี้จะอาศัยเทคนิคการจัดเก็บข้อมูลเชิงเลขในการลดขนาดของข้อมูล
- การบีบอัดแบบสูญเสียรายละเอียดข้อมูล (Lossy compression) วิธีการนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของจุดภาพนั้นหมายความว่า วิธีการนี้ไม่เหมาะสมสำหรับข้อมูลภาพที่ต้องมีการจำแนกข้อมูล (Classification)

8. การสร้างภาพ 3 มิติ (3D Image Reconstruction) การวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์โดยใช้ภาพ 3 มิติ กำลังได้รับความต้องการอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากภาพ 3 มิติสามารถแสดงให้เห็นถึงภาพรวมหรือรายละเอียดในมุมมองต่าง ๆ ของอวัยวะได้ จึงมีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ โดยอวัยวะหรือส่วนของร่างกายที่ได้มีการวิเคราะห์ในรูปแบบ 3 มิติ ตัวอย่างเช่น สมอง หัวใจ กระดูก ฟัน และขากรรไกร เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีส่วนเทคนิคประกอบโดยรวมอื่น ๆ อีกมากมาย ที่สำคัญซึ่ง Image Processing มีความเกี่ยวข้องทั้งด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่นำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย และเป็นผลประโยชน์ในทุกๆ ด้าน

2.2.1 การฟื้นฟูภาพ (Image Restoration) [15]

การคืนค่ารูปภาพคือ การดำเนินการของการถ่ายภาพที่เสียหาย/มีเสียงดัง และการประเมินรูปภาพดั้งเดิมที่สะอาดหมดจด การทุจริตอาจเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ เช่น ภาพเบลอ จากการเคลื่อนไหว นอยส์และกล้องที่โฟกัสผิด การฟื้นฟูภาพทำได้โดยการย้อนกลับกระบวนการที่ทำให้ภาพเบลอ และดำเนินการด้วยการถ่ายภาพแหล่งกำเนิดแสงและใช้ภาพแหล่งกำเนิดจุด ซึ่งเรียกว่า Point Spread Function (PSF) เพื่อกู้คืนข้อมูลภาพที่สูญเสียไปจากการเบลอ กระบวนการการฟื้นฟูภาพจะแตกต่างจากการปรับปรุงภาพ ตรงที่ภาพหลังได้รับการออกแบบมาเพื่อเน้นคุณสมบัติของภาพที่ทำให้ผู้สังเกตดูขึ้นชอบภาพมากขึ้น แต่ไม่จำเป็นต้องสร้างข้อมูลที่สมจริงจากมุมมองทางวิทยาศาสตร์ เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพภาพ เช่น การยืดคอนทราสต์หรือการลดภาพเบลอโดยขั้นตอนข้างเคียงที่ใกล้เคียงที่สุด ที่จัดทำโดยแพ็คเกจการถ่ายภาพนั้นไม่ได้ใช้แบบจำลองลำดับความสำคัญของกระบวนการที่สร้างภาพ เสียงรบกวนจากการปรับปรุงภาพสามารถจัดออกได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการลดความละเอียดบางส่วนลง แต่สิ่งนี้ไม่เป็นที่ยอมรับในหลาย ๆ แอปพลิเคชัน ในกล้องจุลทรรศน์เรืองแสงความละเอียดใน นั้นผลลัพธ์แย่เหมือนเดิม ต้องใช้เทคนิคการประมวลผลภาพขั้นสูงเพิ่มเติมเพื่อกู้คืนวัตถุ

วัตถุประสงค์ของเทคนิคการคืนค่าภาพคือเพื่อลดสัญญาณรบกวนและกู้คืนการสูญเสียความละเอียด เทคนิคการประมวลผลภาพจะดำเนินการทั้งในโดเมนภาพหรือโดเมนความถี่ เทคนิคธรรมดาและตรงไปตรงมาที่สุดสำหรับการกู้คืนภาพคือ deconvolution ซึ่งดำเนินการในโดเมนความถี่และหลังจากคำนวณการแปลงฟูริเยร์ของทั้งภาพและ PSF และเลิกทำการสูญเสียความละเอียดที่เกิดจากปัจจัยการเบลอ เทคนิคดีคอนโวลูชันนี้ เนื่องจากการผกผันโดยตรงของ PSF ซึ่งโดยทั่วไปจะมีเลขเงื่อนไข เมทริกซ์ไม่ดีขยายสัญญาณรบกวนและสร้างภาพเบลอที่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ ตามอัตราภาพ กระบวนการเบลอภาพจะถือว่าไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นเทคนิคที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การปรับภาพเบลอแบบปกติ จึงได้รับการพัฒนาเพื่อให้การกู้คืนมีประสิทธิภาพภายใต้สัญญาณรบกวนประเภทต่าง ๆ และการเบลอของภาพ มี 3 ประเภท: 1. การแก้ไขเรขาคณิต 2. การแก้ไขเรติโอเมตริก 3. การกำจัดสัญญาณรบกวน

การฟื้นฟูพยายามสร้างใหม่หรือกู้คืนภาพที่เสื่อมโทรมโดยใช้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์การเสื่อมสภาพ

2.2.2 การกู้คืนภาพ (Image Inpainting) [16]

Image Inpainting เป็นกระบวนการในการจัดความเสียหายของภาพ เช่น เส้นลายเส้น หรือข้อความ บนรูปภาพ เพื่อช่วยฟื้นฟูภาพที่เสียหายให้กลับมาสมบูรณ์ และมีประโยชน์อย่างยิ่งในการฟื้นฟูภาพถ่ายเก่าที่อาจมีรอยขีดข่วนหรือจุดหมึกบนภาพถ่าย กระบวนการของ Image Inpainting ทำงานโดยการแทนที่พิกเซลที่เสียหายด้วยพิกเซลที่คล้ายกับพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียง จึงทำให้ไม่ดูสังเกตเห็นและช่วยให้กลมกลืนกับพื้นหลังได้ดี ซึ่งได้มีงานวิจัยต่าง ๆ ได้ใช้วิธีการ Image Inpainting พร้อมเทคนิคต่าง ๆ ที่ทำให้ภาพนั้นกลับมาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ด้วยอัลกอริทึมการวาดภาพ (Inpainting Algorithms) ได้แก่

1. “An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method”, โดย A. Telea [17] ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิค Fast Marching Method เป็นวิธีการเชิงตัวเลขที่สร้างขึ้นโดย James Sethian สำหรับการแก้ปัญหาค่าขอบเขตของสมการ Eikonal : [18]

$$\begin{aligned} |\nabla u(x)| &= 1/f(x) \text{ for } x \in \Omega \\ u(x) &= 0 \text{ for } x \in \partial\Omega \end{aligned} \quad (2.1)$$

เมื่อมองไปที่ขอบเขตที่ส่วนที่เสียหาย อัลกอริทึมจะเริ่มต้นด้วยพิกเซลขอบเขตพื้นที่โดยรอบก่อน แล้วจึงไปที่พิกเซลภายในขอบเขต โดยจะแทนที่แต่ละพิกเซลที่จะเติมส่วนที่เสียหายด้วยผลรวมถ่วงน้ำหนักของพิกเซลในพื้นหลัง โดยให้น้ำหนักที่มากขึ้นแก่พิกเซลที่ใกล้กว่าและพิกเซลพื้นที่โดยรอบ [17]

2. Bertalmio และคณะ [19] ได้วิจัยเรื่อง “Navier-Stokes, Fluid Dynamics, and Image and Video Inpainting” งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการใช้เทคนิค Navier-Stokes, Fluid Dynamics ซึ่งอัลกอริทึมนี้ [17] ได้รับแรงบันดาลใจจากสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยบางส่วนที่อธิบายการเคลื่อนที่ของสาร ของเหลวหนืดซึ่งตั้งชื่อตามวิศวกรและนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อคลอดด์-หลุยส์นักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์ของ Navier และ Anglo-Irish George Gabriel Stokes พวกเขาได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายทศวรรษในการสร้างทฤษฎีตั้งแต่ พ.ศ. 2365 (เนเวียร์) ถึง พ.ศ. 2385-2493 (สโตคส์) โดยวิธีการเริ่มจากขอบ (บริเวณที่รู้จัก) ไปยังบริเวณที่ไม่รู้จัก จะทำการแพร่กระจายเส้นไอโซพोट (เส้นที่เชื่อมกับจุดความเข้มเท่ากัน) ความแปรปรวนในพื้นที่จะลดลงเพื่อเติมสี

3. พิระ จรุงไทย, สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา และคำณ สุนันติ [20] ได้วิจัยเรื่อง “Adaptive Half-point Gradient Algorithm for Digital Image Inpainting” งานวิจัยนี้กล่าวถึงการปรับปรุงเทคนิคการซ่อมแซมภาพ (Image Inpainting) โดยมีการปรับปรุงขั้นตอนวิธีการซ่อมแซมภาพด้วยการใช้ Half-point Gradient ด้วยการปรับค่าสีในบริเวณที่ถูกซ่อมแซมให้ใกล้เคียงกับ

บริเวณแวดล้อมมากขึ้น เพราะโดยส่วนใหญ่การซ่อมแซมภาพจะเกิดร่องรอยซึ่งมีความแตกต่างจากบริเวณโดยรอบ ดังนั้นการปรับค่าสีให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละจุดที่ถูกซ่อมแซมจะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของของค่าสีในบริเวณที่ล้อมรอบจุดที่ถูกซ่อมแซมนั้น ค่าที่ใช้ในการปรับค่าสีของแต่ละจุดจะใช้ค่าระยะทางระหว่างบริเวณล้อมรอบจุดซึ่งเกิดจากขั้นตอนของการค้นหาและจับคู่จุดระหว่างบริเวณที่ต้องการซ่อมแซมและบริเวณที่สมบูรณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงวิธีการเดิมให้ผลที่ดีกว่าขั้นตอนวิธี Half-point Gradient แบบเดิมทั้งในด้านของค่า PSNR และการประเมินด้วยสายตา

ประเภทของเทคนิควิธีการทำ Image Inpainting ได้แก่ [21]

1. Texture synthesis based inpainting
2. Partial Differential Equation (PDE) based inpainting
3. Exemplar and search based inpainting
4. Hybrid inpainting
5. Semi-automatic and Fast Digital Inpainting.

การวัดประสิทธิภาพของเทคนิค image restoration สามารถทำได้โดยใช้หลายวิธี โดยที่วิธีการวัดนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการซ่อมแซมรูปภาพ ดังนี้

1. Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) - วิธีนี้ใช้เพื่อวัดคุณภาพของภาพซ่อมแซม โดยการเปรียบเทียบค่าความเปลี่ยนแปลงของภาพต้นฉบับและภาพที่ซ่อมแซม โดยค่า PSNR นี้จะถูกแสดงเป็นหน่วยดีซิเบล (dB) ซึ่งมีค่าสูงก็แสดงถึงคุณภาพของภาพที่ดีขึ้น

2. Structural Similarity (SSIM) - วิธีนี้ใช้เพื่อวัดความคล้ายคลึงของภาพซ่อมแซมกับต้นฉบับ โดยการใช้ค่าทางสถิติเชิงโครงสร้างของภาพ เช่น ค่าความเข้มของสี การกระจายตัวของสี และความคล้ายคลึงของโครงสร้าง

3. Mean Square Error (MSE) - วิธีนี้ใช้เพื่อวัดความแตกต่างของค่าพิกเซลของภาพต้นฉบับและภาพซ่อมแซม โดยที่ค่า MSE นี้จะถูกคำนวณจากผลต่างของค่าพิกเซลของภาพต้นฉบับและภาพซ่อมแซม ซึ่งค่า MSE น้อยก็แสดงถึงคุณภาพของภาพที่ดีขึ้น

4. Visual inspection - วิธีนี้ใช้การดูภาพและวิเคราะห์ความเหมาะสมของการซ่อมแซม โดยการดูภาพและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของภาพ เช่น ค่าความเข้มของสี การกระจายตัวของสี และความคล้ายคลึงของโครงสร้าง ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพของภาพที่ซับซ้อนและมีรายละเอียดมากแต่ไม่สามารถคำนวณได้ด้วยตัวเลข

2.3 Computer Vision [22]

เทคโนโลยี computer vision นั้น เป็นแขนงหนึ่งของวิทยาการปัญญาประดิษฐ์หรือ AI ซึ่งทำการฝึกฝนคอมพิวเตอร์ และระบบให้สามารถเข้าใจและตอบสนองต่อข้อมูลภาพได้อย่างชาญฉลาด ด้วยภาพดิจิทัลจากกล้องถ่ายภาพและวิดีโอต่าง ๆ และแบบจำลอง deep learning นั้น อุปกรณ์ต่าง ๆ จะสามารถเรียนรู้ที่จะระบุและทราบถึงวัตถุต่าง ๆ จากนั้นจะสามารถทำการตอบสนองต่อสิ่งที่มัน "มองเห็น" ได้ต่อไป

การทำงานของ computer vision เทคโนโลยีการแยกแยะและจดจำภาพนี้มีขั้นตอนการทำงานพื้นฐานสามขั้นด้วยกัน ดังนี้:

การจับภาพหรือนำเข้าข้อมูลภาพ ภาพต่าง ๆ หรือแม้แต่วideoจำนวนมากสามารถที่จะถูกนำเข้าในระบบได้ผ่านวิดีโอ ภาพถ่าย หรือแม้แต่วideoสามมิติ เพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป การประมวลผลจากภาพ โดยมากแล้ว แบบจำลอง deep learning จะทำงานในขั้นตอนนี้โดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่จะสามารถทำงานได้ดังกล่าว จะต้องได้รับการ "ฝึกฝน" เสียก่อน ด้วยการป้อนข้อมูลภาพจำนวนหลายพันภาพ โดยมีการให้ฉลากหรือ labels หรือมีการระบุวัตถุในภาพก่อนในขั้นตอนของการเรียนรู้

การทำความเข้าใจเพื่อตีความภาพ ขั้นตอนสุดท้ายของการทำงานคือการตีความ ซึ่งวัตถุที่ปรากฏจะถูกระบุชนิดหรือจัดประเภทในขั้นตอนนี้ ระบบ AI ในปัจจุบันนั้น มีประสิทธิภาพสูง และสามารถดำเนินการต่อยอดจากผลลัพธ์ที่ได้รับ และนำข้อมูลจากการทำความเข้าใจภาพมาทำให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้ ซึ่งมีรูปแบบของเทคโนโลยี computer vision หรือคอมพิวเตอร์วิทัศน์หลายรูปแบบ และมีการใช้งานในหลายสถานการณ์ตามไปด้วย ดังนี้:

- Image segmentation - คือการแยกส่วนของภาพออกเป็นหลาย ๆ ส่วนหรือชิ้นองค์ประกอบย่อย ๆ เพื่อพิจารณาแยกส่วนกัน
- Object detection - หรือการตรวจหาวัตถุแบบเฉพาะเจาะจงในภาพแต่ละภาพ ซึ่งมีการทำงานในระดับสูงที่สามารถระบุวัตถุหลายชิ้นในภาพเดียวกันได้ เช่น ในภาพของการแข่งขันฟุตบอลนั้น อาจระบุวัตถุต่าง ๆ ได้แก่ สนามฟุตบอล ผู้เล่นฝั่งทีมรุก ผู้เล่นฝั่งทีมรับ ฯลฯ โดยการทำงานของแบบจำลองการวิเคราะห์นี้ อาศัยการทำจุดพิกัดตามแกน X และ Y เพื่อสร้างกล่องสำหรับการพิจารณา และระบุวัตถุทุกชิ้นที่อยู่ในพื้นที่กล่องแต่ละกล่องที่กำหนดขึ้น
- Facial recognition - หรือการจดจำใบหน้า เป็นรูปแบบการระบุตัวตนขั้นสูงที่ได้ทำได้แค่การระบุว่ามิใช่ใบหน้าของมนุษย์อยู่ในภาพเท่านั้น แต่ยังสามารถแยกแยะบุคคลแต่ละบุคคลออกจากกันและระบุบุคคลที่เจาะจงได้อีกด้วย

- Edge detection - เป็นเทคนิคการระบุหาขอบหรือมุมของวัตถุ หรือภาพ ทิวทัศน์ เพื่อให้ทราบได้ง่ายขึ้นว่าองค์ประกอบในภาพมีสิ่งใดบ้าง
- Pattern detection - คือการระบุวัตถุจากรูปทรง หรือสี หรือสิ่งบ่งชี้ต่าง ๆ ที่พบในภาพ ที่เป็นรูปแบบเดียวกันซ้ำ ๆ สำหรับวัตถุประเภทนั้น ๆ
- Image classification - ทำงานด้วยการจัดกลุ่มภาพออกเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ
- Feature matching - เป็นรูปแบบหนึ่งของการตรวจหารูปแบบหรือ pattern detection ที่ระบุจุดที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกันในภาพต่าง ๆ เพื่อจัดหมวดหมู่ แก้ววัตถุและภาพเหล่านั้นการใช้งานอย่างง่ายสำหรับ computer vision นั้น อาจใช้เทคนิคที่กล่าวมาเพียงไม่กี่ประเภทเท่านั้น แต่สำหรับการทำงานที่ซับซ้อน อย่างยิ่ง เช่น ยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเองหรือ self-driving vehicles นั้น จำเป็นต้องอาศัยเทคนิคหลากหลายแบบผสมผสานกัน

จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ AR (Augmented Reality) ที่ได้กล่าวมา สรุปได้ว่า AR คือ เทคโนโลยีความจริงเสริม ที่เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นภาพ ในสภาวะจริงพร้อมกับ ภาพเสมือนซึ่งคอมพิวเตอร์สร้างขึ้นในเวลาเดียวกัน ซึ่งเทคโนโลยีความจริงเสริม มีประโยชน์อย่างยิ่ง ต่อด้านการศึกษาเพราะเป็นการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ รูปแบบเดิม และนำมาสู่การเรียนรู้รูปแบบใหม่ ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และทำให้ผู้เรียนเกิดการคิดค้นสิ่งใหม่ ตลอดจนการใช้ประโยชน์ด้านการรักษาพยาบาลผู้ป่วย โดยแพทย์สามารถมองเห็น อวัยวะภายในของผู้ป่วยเพื่อการรักษาอย่าง ถูกต้องแม่นยำ การแสดงภาพการซ่อมบำรุงเครื่องจักร รวมทั้งการสร้างฉากและตัวประกอบการแสดง ในวงการบันเทิง ซึ่งเทคโนโลยี AR นั้นสามารถนำมาใช้พัฒนาต่อยอดให้เกิดประโยชน์แก่นุชนุชได้ ในอนาคตต่อไปได้เป็นอย่างดี

2.4 เครื่องมือที่ใช้สำหรับงานวิจัย

ในการเพิ่มประสิทธิภาพของ AR ที่สามารถสร้างงานผ่านทางเครื่องมือต่างๆที่ใช้สำหรับ พัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ต้องมีทักษะในการใช้งานโปรแกรมพอสมควร เครื่องมือที่ใช้สำหรับการ เพิ่มประสิทธิภาพ สามารถสร้างได้หลายรูปแบบรวมถึงมีเครื่องมือในการพัฒนามากมาย ซึ่งผู้จัดทำ ได้ ศึกษาโปรแกรมต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1 Unity [23]

Unity คือ เกมเอนจินสำหรับการสร้างเกม ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ ในช่วงแรกๆ ที่รองรับการพอร์ตเกมลงบน Windows, OS X และเว็บเท่านั้น แต่ปัจจุบันได้เพิ่ม ความสามารถในการพอร์ตลงบน iOS, Android และแพลตฟอร์มอื่น ๆ เกือบทุกแพลตฟอร์ม รวมถึง

มีเวอร์ชันที่ให้ใช้งานฟรีด้วย Unity นั้นโดดเด่นกว่าเกมเอนจินตัวอื่น ๆ เป็นอย่างมาก เพราะนอกจากความง่ายในการใช้งาน ความสามารถในการพอร์ตลงบนแพลตฟอร์มต่างๆ คุณภาพของเกมที่ได้ก็อยู่ในระดับสูงอีกด้วย นอกจากการมีเวอร์ชันฟรีให้ใช้งานแล้ว ราคาค่า license ของ Unity เองก็ถือว่าถูกมาก หากเทียบกับเกมเอนจินตัวอื่นด้วยคอนเซ็ปของ Unity ที่ไม่ได้ผูกมัดกับเกมรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งเป็นพิเศษ จึงสามารถใช้ Unity สร้างเกมได้หลากหลายแนว ไม่ว่าจะเป็นแนวเดินหน้ายิง (First-Person Shooting) แนววางแผน (Strategy) แนวไขปริศนา (Puzzle) และอื่น ๆ ซึ่งแพลตฟอร์มที่ Unity รองรับอย่างเป็นทางการก็มีมากมาย ได้แก่ Web, PC, Mac, iOS, Android, Windows Phone, Blackberry, Xbox, PlayStation ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ Unity คือเกมเอนจินอันดับหนึ่ง และมีการใช้งาน มากที่สุด เกมที่อยู่ใน App Store และ Google Play เกือบครึ่งถูกสร้างด้วย Unity และจนถึงปัจจุบัน ก็ได้มีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถสร้างสรรค์ผลงานด้วยเทคโนโลยีที่น่าสนใจได้ นั่นก็คือเทคโนโลยี AR หรือเทคโนโลยีความจริงเสริม โดยต้องใช้ร่วมกับปลั๊กอินที่ชื่อ Vuforia

2.4.2 YOLO (You Only Look Once) [24]

YOLO (You Only Look Once) เป็นอัลกอริทึมที่นำแนวความคิดของการทำนายตำแหน่งและขนาดของกล่อง จากความน่าจะเป็นที่กล่องนั้น จะเป็นกรอบล้อมวัตถุ แต่สิ่งที่ YOLO มีความสามารถและความเร็วเหนือกว่าอัลกอริทึมอื่น เช่น Faster R-CNN [13] ที่มีการทำงานในลักษณะที่จะทำนายตำแหน่งของกรอบล้อมวัตถุและค่อนนำวัตถุในกล่องนั้น ไปผ่านแบบจำลองเพื่อทำนายวัตถุในกล่อง แต่ YOLO นั้นจะทำนายทั้งกรอบล้อมวัตถุ และความน่าจะเป็นของวัตถุบางส่วนที่อยู่ในกรอบออกมาพร้อมกันทีเดียว

YOLO จัดว่าเป็นเทคนิคการตรวจจับวัตถุในภาพซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เปิดสำหรับงานปัญญาประดิษฐ์แบบโครงข่ายประสาท (Neural Network) ที่พัฒนาด้วยโปรแกรมภาษา C++ และสามารถทำงานบนหน่วยประมวลผล CUDA ของ GPU ได้เป็นอย่างดี เหมาะกับการประมวลผลภาพแบบ Real Time ภาพจากกล้องหรือวิดีโอ

ปัจจุบัน YOLO มีการพัฒนามาแล้ว 3 เวอร์ชัน YOLO, YOLO v2 [14] และปัจจุบันคือ YOLO v3 [15] โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมของ YOLO แต่ละเวอร์ชัน จะมี Convolution Box ที่แตกต่างกัน แต่หลักการโดยทั่วไปแล้ว YOLO จะแบ่งภาพออกเป็น Grid Cell เล็ก ๆ และแต่ละ Grid Cell จะถูกทำนายผ่านแบบจำลอง เพื่อหาดำแหน่งจุดกึ่งกลางของวัตถุ และความน่าจะเป็นที่จะมีวัตถุใด ใน Grid Cell

2.4.3 OpenCV (Open Source Computer Vision Library) [25]

OpenCV หรือ Open Source Computer Vision Library ใช้ในการประมวลผลภาพ และงานทางด้าน การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) Library นี้ถูกพัฒนาขึ้นด้วย ภาษา C และ C++ และยังมี interface ที่ไว้เชื่อมต่อกับ tool อื่นด้วย เช่น Python, Ruby, Matlab เป็นต้น นอกจากนี้ OpenCV เป็น library ที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้หรือนักพัฒนาสามารถใช้ฟังก์ชันใน library มาพัฒนาขึ้นงานที่มีความซับซ้อนโดยใช้เวลาเพียงไม่นาน OpenCV ประกอบด้วย Data Structure และ Algorithm

- Data Structure ใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ อาทิ เช่น รูปภาพ เมทริกซ์ พิกัด
- Algorithm เพื่อการประมวลผลต่าง โดยเฉพาะการประมวลผลทางรูปภาพ

ข้อจำกัดของ OpenCV คือ สามารถใช้งานได้เฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผล (CPU) จาก Intel Corporation แต่ข้อจำกัดนี้ทำให้เกิดจุดเด่นเช่นกัน กล่าวคือ การประมวลผลต่าง ๆ จะใช้ความสามารถของหน่วยประมวลผลอย่างเต็มที่ ทำให้โปรแกรมที่พัฒนาโดยใช้ OpenCV นี้มีประสิทธิภาพในการประมวลผลที่สูงมาก

2.4.4 Roboflow [26]

Roboflow เป็นสตาร์ทอัพที่ให้บริการ เครื่องมือสำหรับการทำ Labelling ที่เราสามารถแบ่งงานกับคนในทีม เพื่อมาเตรียม dataset ของงานในกลุ่ม Computer vision ได้พร้อมกันหลายคน (collaborative) นอกจากมีฟีเจอร์ในการทำงานร่วมกันแล้ว roboflow ยังมีฟีเจอร์ในการทำ image augmentation และ tool ที่ใช้ export dataset ยังมีความสะดวก ใช้งานได้ง่าย เพราะทีมนักพัฒนาคิดทั้งหมดแล้ว

เราสามารถใส่ Roboflow เตรียม dataset ในงานกลุ่ม computer vision อะไรได้บ้าง

- (1) image classification
- (2) object detection
- (3) semantic segmentation (เป็น request feature ที่เราต้องติดต่อ sale โดยตรง)
- (4) key point detection (เป็น request feature ที่เราต้องติดต่อ sale โดยตรง)

Roboflow [27] เป็นเฟรมเวิร์กสำหรับนักพัฒนา Computer Vision เพื่อการรวบรวมข้อมูลที่ดีขึ้นในการประมวลผลล่วงหน้า และเทคนิคการฝึกโมเดล Roboflow มีชุดข้อมูลสาธารณะที่ผู้ใช้พร้อมใช้ และให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลเพื่ออัปโหลดข้อมูลที่กำหนดเองได้เช่นกัน Roboflow ยอมรับรูปแบบคำอธิบายประกอบต่างๆ ในการประมวลผลข้อมูลล่วงหน้า มีขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง เช่น การวางแผนภาพ การปรับขนาด คอนทราสต์ และการเพิ่มข้อมูล

เวิร์กโฟลว์ทั้งหมดสามารถประสานงานกับทีมภายในกรอบงานได้ สำหรับการฝึกโมเดลมีไลบรารีโมเดลมากมายอยู่แล้ว เช่น EfficientNet, MobileNet, Yolo, TensorFlow, PyTorch เป็นต้น หลังจากนั้น ตัวเลือก การปรับใช้โมเดลและการแสดงผลก็พร้อมใช้งานด้วย ดังนั้นจึงครอบคลุมถึงความล้าสมัยทั้งหมด

2.5 การวัดประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพของ model ที่เราได้สร้างมาโดยเราจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ แบบ regression และแบบ classification [28]

2.5.1 การวัดประสิทธิภาพโมเดลแบบ regression

ในกรณีที่เป็นแบบ regression หรือ target ข้อมูลเป็นแบบ scale หรือแบบตัวเลข ซึ่งมีทั้งแบบ discrete พวกจำนวนเต็มและ continuous แบบต่อเนื่อง เราจะพิจารณาจากค่า error โดยใช้ข้อมูลด้านล่าง ดังนี้

– Mean Squared Error (MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Error)^2 \quad (2.2)$$

– Root-Mean-Squared-Error(RMSE)

$$RMES = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Predicted_i - Actual_i)^2}{N}} \quad (2.3)$$

– Mean-Absolute-Error(MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Error| \quad (2.4)$$

2.5.2. การวัดประสิทธิภาพโมเดลแบบ classification

classification หรือ target เป็นแบบ categorical หรือถ้ามีสองค่าก็จะเรียกว่าไบนารี เช่น การทายว่าเป็นหมาหรือแมว , เป็นมะเร็งหรือไม่เป็น, ท้องหรือไม่ท้อง เป็นต้น กรณีนี้เราจะใช้ดังนี้

- Confusion Matrix
- Precision and Recall
- Accuracy
- F-Measure
- ROC Graph and Area Under Curve (AUC)

ก่อนอื่นการที่หาค่า accuracy หรือการวัดผลอื่นๆตามหัวข้อข้างต้น ทำความรู้จักกับ False Positive, True Positive, False Negative, True Negative ซึ่งค่าเหล่านี้จะเอาไปแทนในสูตรเพื่อหาค่าวัดผลต่างๆ ได้ โดยจะได้มาจากตาราง confusion matrix ดังตัวอย่าง

(1) Confusion Matrix

confusion matrix ที่เราสามารถพบเจอจะมีรูปแบบ 2 แบบ แบบที่ค่า predict อยู่ซ้ายมือ, actual อยู่ด้านบน กับอีกแบบคือ actual อยู่ซ้ายมือและ predict อยู่ด้านบน จริงๆมันคือตารางเดียวกันแค่สลับตำแหน่ง อยากแยกมาให้ดูไว้ เพราะหลายๆตัวอย่างใช้คนละแบบตามภาพด้านล่างนี้ครับ

ก. แบบ predict-actual

	actual positive	actual negative
Predicted positive	TP	FP
Predicted negative	FN	TN

(a) Confusion Matrix

$$\begin{aligned}
 \text{Accuracy} &= \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \\
 \text{True Positive Rate} &= \frac{TP}{TP+FN} \\
 \text{False Positive Rate} &= \frac{FP}{FP+TN} \\
 \text{Recall} &= \frac{TP}{TP+FN} \\
 \text{Precision} &= \frac{TP}{TP+FP} \\
 F_1 \text{ Measure} &= \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \\
 F_\beta \text{ Measure} &= \frac{(1+\beta) \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{(\beta \times \text{Precision}) + \text{Recall}} \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

(b) Definitions of metrics

ข. แบบ actual-predict

		Predicted Class		
		Positive	Negative	
Actual Class	Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN) Type II Error	Sensitivity $\frac{TP}{(TP + FN)}$
	Negative	False Positive (FP) Type I Error	True Negative (TN)	Specificity $\frac{TN}{(TN + FP)}$
		Precision $\frac{TP}{(TP + FP)}$	Negative Predictive Value $\frac{TN}{(TN + FN)}$	Accuracy $\frac{TP + TN}{(TP + TN + FP + FN)}$

รูปที่ 2.16 ตาราง confusion matrix แบบ actual-predict [28]

จากภาพข้างบน เป็น confusion matrix แบบ predict-actual ซึ่งในกรณีนี้ผู้ทำภาพซึ่งน่าจะเป็นชาวต่างชาติต้องการสื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นครับ ในภาพนี้เราจะแทนคุณหมอบอกให้เป็น model ที่ทำนายว่าคนไข้กำลังตั้งท้องอยู่หรือไม่

- (1) True Positive คือ ข้อมูลที่ทำนายตรงกับข้อมูลจริงในคลาสที่กำลังพิจารณา
- (2) False Positive คือ ข้อมูลที่ทำนายผิดเป็นคลาสที่กำลังพิจารณา
- (3) False Negative คือ ข้อมูลที่ทำนายผิดเป็นคลาสที่ไม่ได้พิจารณา
- (4) True Negative คือ ข้อมูลที่ทำนายตรงกับข้อมูลจริงในคลาสที่ไม่ได้พิจารณา

จากตัวอย่างนี้ แสดงให้เห็นว่า จะมีกรณีที่เรารู้จำเป็นต้องพิจารณาจากสถานการณ์จริงว่าเหตุการณ์ไหนที่อยู่ในเกณฑ์ที่รับได้หรือเหตุการณ์ไหนที่ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดขึ้น กรณีข้างบนนี้ type 2 error น่าจะไม่ควรให้เกิด เพราะจะทำให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้น ควรลดค่า False Negative ให้ได้มากที่สุด ต่อไปเรามาดูว่าจะนำค่าเหล่านี้ไปใช้กับอะไรบ้าง

การคำนวณหาค่าการวัดผลต่างๆ

- (1) Accuracy ค่าความถูกต้อง คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Accuracy} = (TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)$$

หรือ ค่าที่โมเดลทายถูกทั้งหมด/ค่าทั้งหมด

- (2) Precision หรือ Positive Predictive Value ค่าความแม่นยำ

$$\text{Precision} = TP/(TP+FP)$$

หรือ ค่าที่โมเดลทายเป็นคลาสที่กำลังพิจารณาถูก/ค่าที่โมเดลทำนายว่าเป็นคลาสที่กำลังพิจารณาทั้งถูกและผิด

(3) Sensitivity หรือ Recall ความไว หาค่าได้จากสูตร

$$\text{Sensitivity/Recall} = \text{TP}/(\text{TP}+\text{FN})$$

หรือ ค่าที่โมเดลทายเป็นคลาสที่กำลังพิจารณาถูก/ค่าเหตุการณ์จริงเป็นคลาสที่กำลังพิจารณาทั้งถูกและผิด

(4) Specificity ความจำเพาะ หาค่าได้จากสูตร

$$\text{Specificity} = \text{TN}/(\text{TN}+\text{FP})$$

(5) F1-Score เป็นค่าที่ได้จากการเอาค่า precision และ recall มาคำนวณรวมกัน

(F1 สร้างขึ้นมาเพื่อเป็น single metric ที่วัดความสามารถของโมเดล ไม่ต้อง

เลือกระหว่าง precision, recall เพราะเฉลี่ยให้แล้ว)

$$\text{F1} = 2 * [(\text{precision} * \text{recall}) / (\text{precision} + \text{recall})]$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

“An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method” โดย A. Telea [17] งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการลงสีแบบดิจิทัลช่วยให้สามารถซ่อมแซมส่วนที่เสียหายเล็กน้อยได้บางส่วนของภาพ แม้ว่าพื้นฐานในการลงสีจะตรงไปตรงมา แต่ส่วนใหญ่เทคนิคการลงสีที่ดีพิมพ์ในวรรณคดีมีความซับซ้อนในการทำความเข้าใจและนำไปใช้เราขอแนะนำเสนออัลกอริทึมใหม่สำหรับการวาดภาพดิจิทัลโดยยึดตามความรวดเร็ววิธีการเดินทัพสำหรับแอปพลิเคชันชุดระดับอัลกอริทึมของเรานั้นง่ายมากที่จะนำไปใช้รวดเร็วและให้ผลลัพธ์ที่เกือบจะเหมือนกันกับความซับซ้อนมากขึ้นและโดยปกติวิธีที่ช้ากว่าและเป็นที่รู้จัก รหัสที่สามารถใช้ได้ออนไลน์

“Navier-Stokes, Fluid Dynamics, and Image and Video Inpainting”, โดย Bertalmio และคณะ [19] งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการวาดภาพในภาพวาดเกี่ยวข้องกับการเติมบางส่วนของภาพหรือวิดีโอโดยใช้ข้อมูลจากบริเวณโดยรอบ แอปพลิเคชันรวมถึงการบูรณะภาพถ่ายที่เสียหายและภาพยนตร์และการลบวัตถุที่เลือก ในเอกสารฉบับนี้เราแนะนำคลาสของวิธีการอัตโนมัติสำหรับดิจิทัลภาพวาด วิธีการนี้ใช้แนวคิดจากพลวัตของไหลแบบคลาสสิกเพื่อเผยแพร่เส้นไอโซโทปอย่างต่อเนื่องจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่ที่จะทาสี แนวคิดหลักคือให้นึกถึงความเข้มของภาพเป็น ‘ฟังก์ชันสตรีม’ สำหรับ การไหลแบบบีบอัดไม่ได้สองมิติ ลาปลาเซียนแห่งความเข้มของภาพมีบทบาทเป็นกระแสน้ำวนของของไหลมันถูกขนส่งไปยังภูมิภาคที่จะทาสีด้วยเวกเตอร์ฟิลด์ที่กำหนดโดยฟังก์ชันสตรีม อัลกอริทึมผลลัพธ์ได้รับการออกแบบเพื่อให้ไอโซโทปต่อเนื่องในขณะที่จับคู่เวกเตอร์การไล่ระดับสีที่ขอบเขตของพื้นที่ในการวาดภาพวิธีการนี้ใช้สมการของเนเวียร์-สโตกส์โดยตรงสำหรับพลศาสตร์ของ

ไหลซึ่งมีข้อได้เปรียบพื้นที่ของผลลัพธ์ทางทฤษฎีและตัวเลขที่ได้รับการพัฒนามาอย่างดี นี่คือนแนวทางใหม่ในการแนะนำแนวคิดจากการคำนวณพลวัตของไหลเป็นปัญหาในการมองเห็นคอมพิวเตอร์และภาพการวิเคราะห์

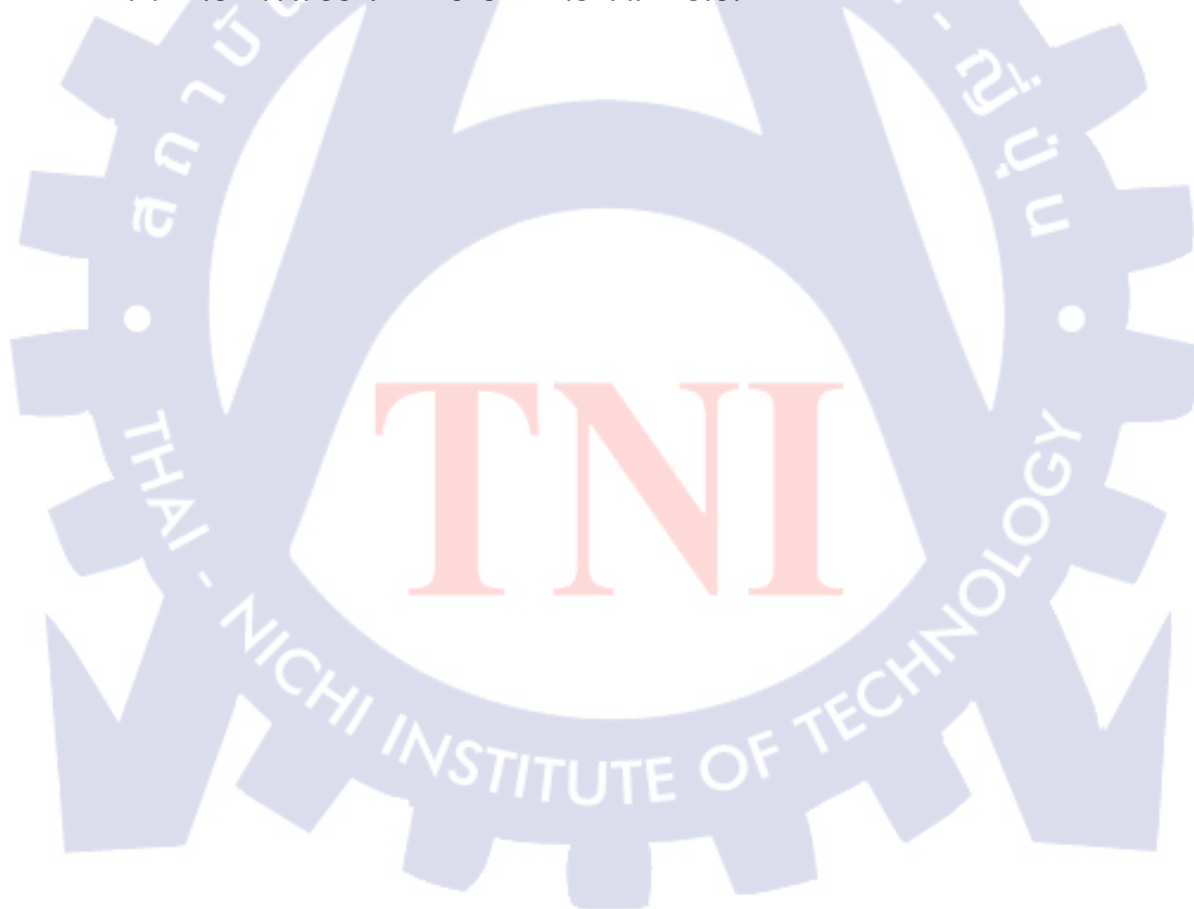
พระ จรุงไทย, สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา และคำรณ สุนด์ิ [20] ได้วิจัยเรื่อง “Adaptive Half-point Gradient Algorithm for Digital Image Inpainting” งานวิจัยนี้กล่าวถึงการปรับปรุงเทคนิคการซ่อมแซมภาพ (Image Inpainting) โดยมีการปรับปรุงขั้นตอน วิธีการซ่อมแซมภาพด้วยการใช้ Half-point Gradient ด้วยการปรับค่าสีในบริเวณที่ถูกซ่อมแซมให้ใกล้เคียงกับบริเวณแวดล้อมมากขึ้น เพราะโดยส่วนใหญ่การซ่อมแซมภาพจะเกิดร่องรอยซึ่งมีความแตกต่างจากบริเวณโดยรอบ ดังนั้น การปรับค่าสีให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละจุดที่ถูกซ่อมแซมจะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของค่าสีในบริเวณที่ล้อมรอบจุดที่ถูก ซ่อมแซมนั้น ค่าที่ใช้ในการปรับค่าสีของแต่ละจุดจะใช้ค่าระยะทางระหว่างบริเวณที่ล้อมรอบจุดซึ่งเกิดจากขั้นตอนของ การค้นหาและจับคู่จุดระหว่างบริเวณที่ต้องการซ่อมแซมและบริเวณที่สมบูรณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงวิธีการเดิม ให้ผลที่ดีกว่าขั้นตอนวิธี Half-point Gradient แบบเดิมทั้งในด้านของค่า PSNR และ การประเมินด้วยสายตา

“DIGITAL INPAINTING ALGORITHMS AND EVALUATION”, โดย V. V. Mahalingam [21] งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการลงสีดิจิทัลเป็นเทคนิคการเติมส่วนที่ขาดหายไปของรูปภาพหรือวิดีโอ โดยใช้ข้อมูลจากบริเวณโดยรอบ เทคนิคนี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในแอปพลิเคชันต่างๆ เช่น การคืนค่า การกู้คืนข้อผิดพลาด การตัดต่อมัลติมีเดีย และการปกป้องความเป็นส่วนตัวของวิดีโอ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงความท้าทายที่สำคัญสามประการที่เกี่ยวข้องกับอัลกอริทึมและแอปพลิเคชันการวาดภาพที่มีอยู่และที่เกิดขึ้นใหม่ ผลกระทบหลักสามประการ ได้แก่ 1) ความสมบูรณ์ของโครงสร้างสำหรับอัลกอริทึมการลงสีภาพ 2) เฟรมเวิร์กการค้นภาพวิดีโอแบบออบเจกต์ที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และ 3) การประเมินการรับรู้ของอัลกอริทึมการวาดภาพในพื้นที่ขนาดใหญ่

ขวัญฟ้า มหาสิทธิ์ และคำรณ สุนด์ิ [29] บทความนี้นำเสนอวิธีการตรวจหาตำแหน่งที่ผิดพลาดและกู้คืนข้อมูลบนภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมเกิดจากการสแกนตำแหน่งของชิ้นงานตามแนวเส้นสแกนนั้น ความเสียหายที่เกิดจากการสแกนจะเกิดตามแนวเส้นสแกนด้วย แต่ก็มีบางตำแหน่งที่เกิดความเสียหายในรูปแบบที่แตกต่างไป ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจหาตำแหน่งที่ผิดพลาดของรูปภาพตามแนวเส้นสแกนที่ไม่จำเพาะการเกิดค่าผิดพลาดตลอดทั้งแนวเส้นสแกน โดยวิธีการ Dual Threshold Median Filtering เพื่อสร้างข้อมูลเรียนรู้และนำเข้าตัวแบบการเรียนรู้เครื่องจักรเรียนรู้เชิงลึกเพื่อใช้ตรวจหาตำแหน่งที่เสียหายบนรูปภาพ และใช้วิธีการ Fast Digital Image Inpainting สำหรับการกู้คืนรูปภาพ

สิทธิโชค อุ่นแก้ว, ธเนศ เคารพพงศ์ และมนตรี กาญจนเดชะ [30] บทความนี้เสนอเครื่องมือตรวจสอบรากขาบนผิวเนื้ออย่างแม่นยำ ซึ่งใช้ในการจำแนกยางแผ่นที่มีรากขา ออกจากยางแผ่น

ดีหรืออย่างแผ่นไม้มีราขาวบนผิวเนื้อยางแผ่นเป็นการประยุกต์หลักการทางด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) มาใช้ในงานด้านการตรวจสอบคุณภาพสินค้าทางการเกษตรที่มีปริมาณ มากๆ และยากต่อการจำแนกแทนการใช้สายตามนุษย์ที่มีความจำกัดในการทำงานนาน ๆ โดยมีกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera) ทำหน้าที่เสมือนตามนุษย์ที่เป็นเครื่องมือในการมองเห็น (Machine Vision) แล้วส่งไปยังหน่วย ประมวลผลที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผลด้วยเทคนิควิธีหรือขั้นตอนวิธี (Algorithm) ทางด้านการ ประมวลผลภาพดิจิทัล จากนั้นจะทำการแสดงผลการจำแนกออกมาให้ทราบต่อไป เครื่องตรวจสอบราขาวบน ผิวเนื้อยางแผ่นนี้มีชุดการทำงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนของชุดควบคุมความเข้มแสงสว่าง ส่วนนำเข้าข้อมูลภาพ (Image Acquisition) ส่วนประมวลผลใช้ไมโคร คอมพิวเตอร์ (Micro Computer) และส่วนแสดงผลใช้การแสดงผล ผ่านจอคอมพิวเตอร์ ผลจากการพัฒนาต้นแบบเครื่องมือตรวจสอบราขาวบนผิวเนื้อยางแผ่นสามารถจำแนกยางแผ่น ได้ถูกต้องดีมากประมาณ 97.50% และความเร็วในการตรวจสอบได้เร็วมากใกล้เคียงกับการตรวจสอบด้วยสายตา มนุษย์ จึงทำให้สามารถนำเทคนิควิธีนี้ไปใช้ในการสร้างและพัฒนาเครื่องตรวจสอบและคัดแยกยางแผ่นอัตโนมัติต่อไปได้



บทที่ 3

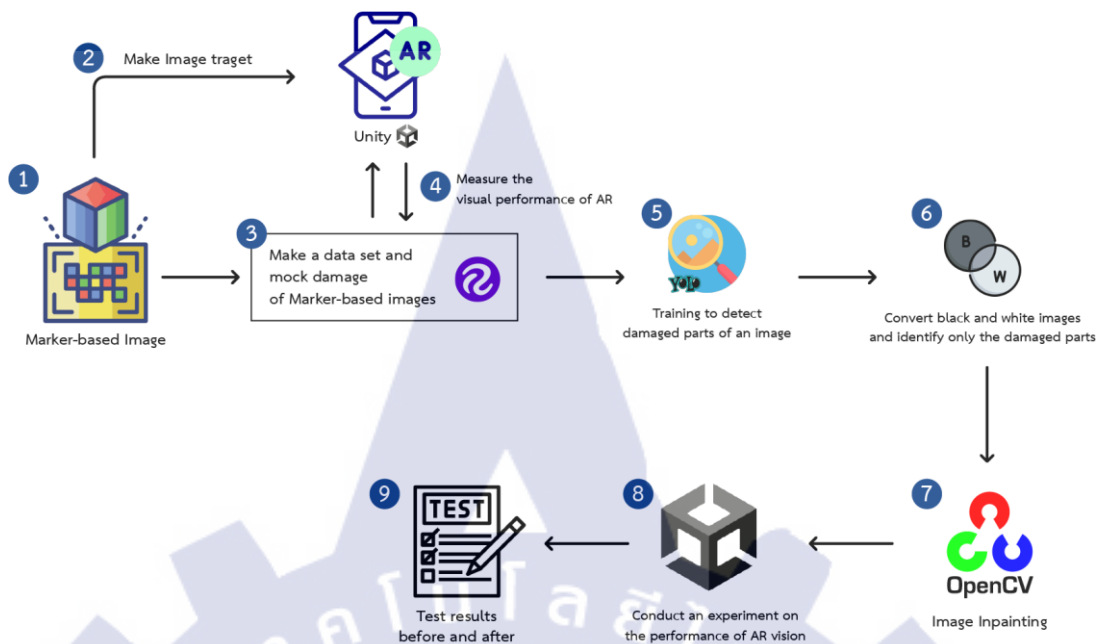
วิธีดำเนินงานวิทยานิพนธ์

การวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ภาพสัญลักษณ์ความเป็นจริงเสริม ด้วยเทคนิคการฟื้นฟูภาพ ด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนงานวิจัย

ขั้นตอนหลัก	ขั้นตอนย่อย
ขั้นตอนการนิยาม ปัญหา	ขั้นตอนที่ 1. การวิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัย
	ขั้นตอนที่ 2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ขั้นตอนการดำเนินงาน	ขั้นตอนที่ 3. การเลือกรูปภาพ Marker-based ในการฟื้นฟูภาพ
	ขั้นตอนที่ 4. การจำลองความเสียหายของรูปภาพ Marker-based
	ขั้นตอนที่ 5. การนำภาพมาฝึกฝนตรวจจับส่วนที่เสียหายและทดสอบความแม่นยำ
	ขั้นตอนที่ 6. การเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ภาพสัญลักษณ์ของความจริงเสมือน โดยใช้เทคนิคการฟื้นฟูภาพ
	ขั้นตอนที่ 7. การประเมินและวิเคราะห์ผลการทดลอง
ขั้นตอนการสรุปผล	ขั้นตอนที่ 8. จัดทำและนำเสนอบทความวิชาการสำหรับงานวิทยานิพนธ์
	ขั้นตอนที่ 9. สรุปผลการทดลองและจัดทำเอกสารวิทยานิพนธ์



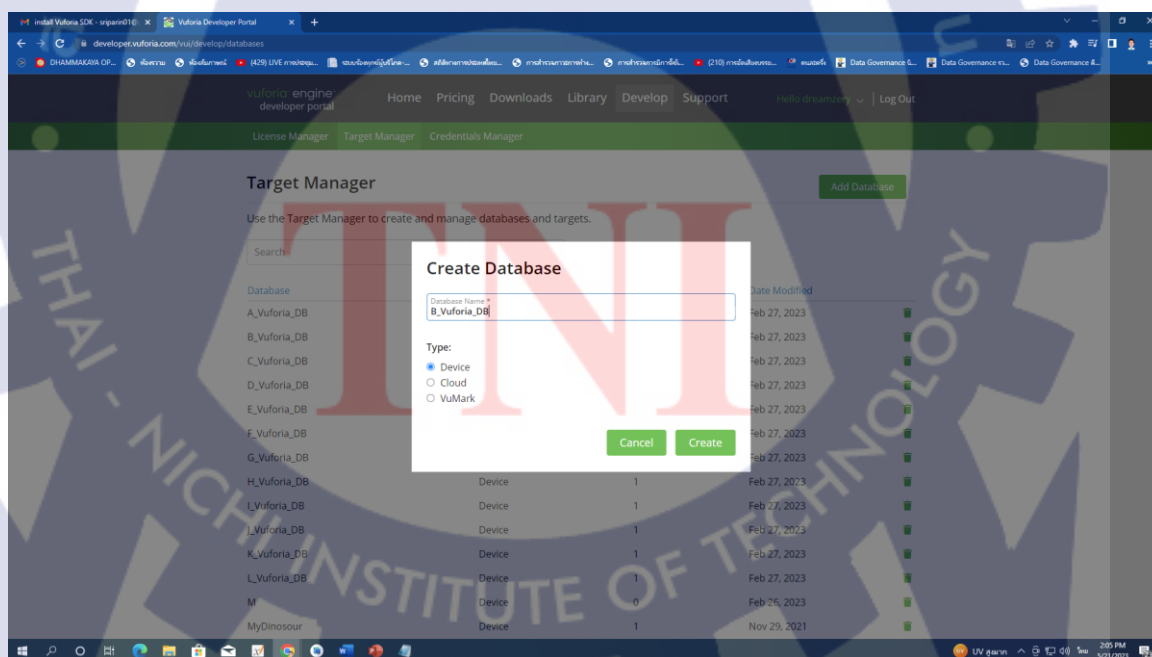
รูปที่ 3.1 กรอบแนวความคิด

กรอบแนวคิดสำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้
 ขั้นที่ 1 เลือกชุดรูปภาพ Marker-based ในการนำมาฟื้นฟูภาพ



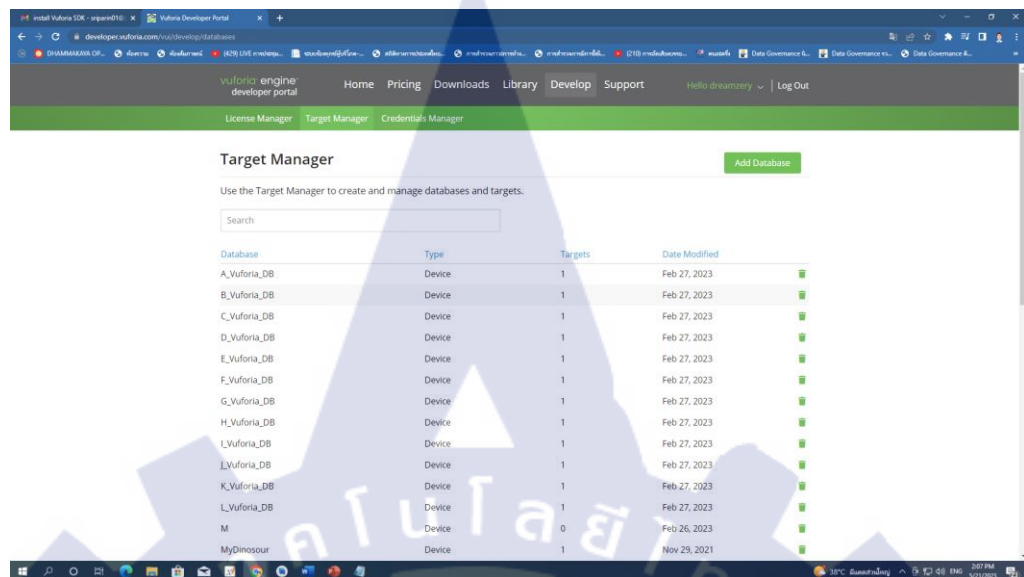
รูปที่ 3.2 ชุดรูปภาพ Marker-based

- (1) นำรูปภาพ Marker-based มาสร้างฐานข้อมูล Vuforia
- (2) สร้างบัญชี Vuforia เพื่อสร้างฐานข้อมูล เข้าเว็บไซต์ <https://developer.vuforia.com/> เข้าสู่ระบบ Vuforia engine developer portal เพื่อทำการสร้าง License manager key และ Target Manager ซึ่งจะใช้เป็นฐานข้อมูลในการจดจำภาพ Marker-based โดยเลือก Add a free Development License Key ก่อนแล้วตั้งชื่อ หลังจากนั้นทำการ Copy the license key เพื่อนำไปใช้ร่วมกับ Unity แล้วจึงไปที่ Target Manager แล้วคลิกคำสั่ง Add Target เลือกภาพตัวอักษรที่ต้องการในรูปแบบ Single image ซึ่งคือภาพเดียวกับอักษรเดี่ยวที่แอปพลิเคชันจะทำการสแกนและสร้างภาพสามมิติขึ้นมาอัปโหลดรูปที่ต้องการทั้งหมดเมื่อเสร็จสิ้นแล้วเลือก Download database (All)
- (3) เข้าลิงค์ตามนี้ <https://developer.vuforia.com/> เพื่อการลงทะเบียนเข้าใช้งานของ Vuforia เมื่อทำการลงทะเบียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว
- (4) การสร้าง License ไปคลิกที่ Develop > Get Development Key ทำการสร้าง License ขึ้นมา เมื่อได้ License แล้วทำการ copy
- (5) ต่อมาจะทำการเตรียมภาพ (jpg, png) ไว้เพื่อใช้เป็น Maker ที่จะนำไปส่อง คลิกแถบเมนู Target Manager จากนั้น คลิก Add Database > ตั้งชื่อ Database > Create



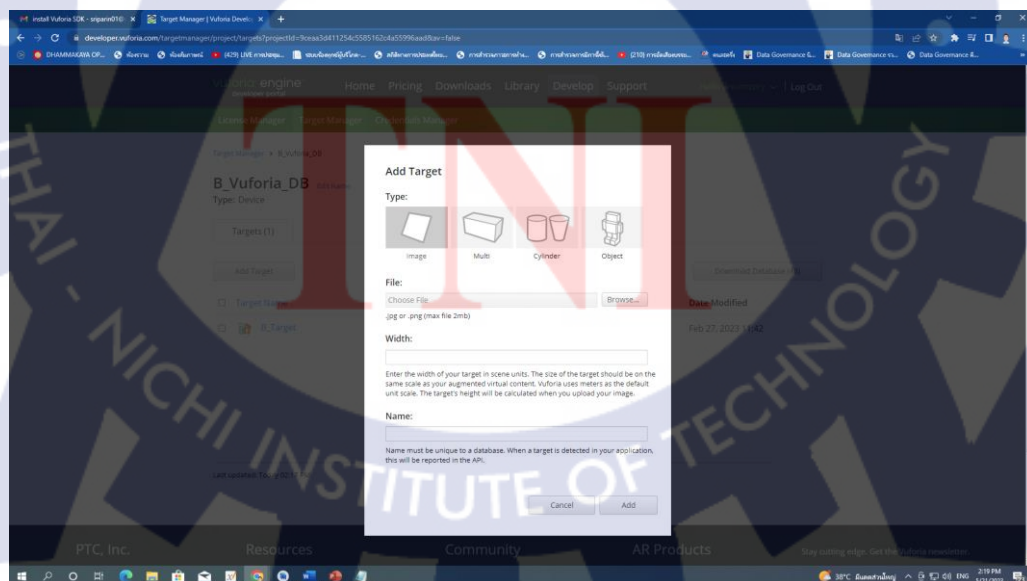
ภาพที่ 3.3 การ Add Database

(6) จากนั้นคลิกเลือก ที่ Add Target



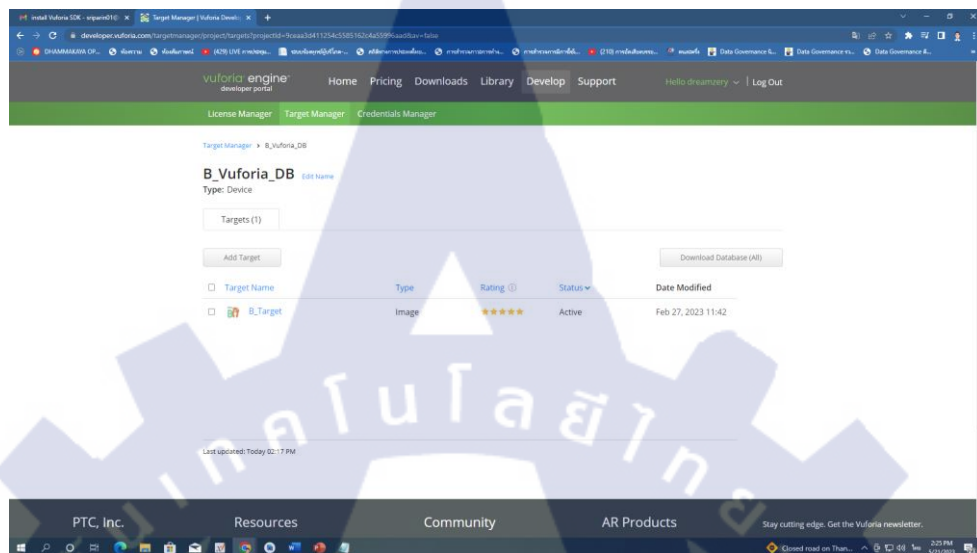
ภาพที่ 3.4 Add Target

(7) จะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมา คลิก Browser เพื่อนำภาพ Target ที่เตรียมไว้ จากนั้นคลิก Add ได้เลย



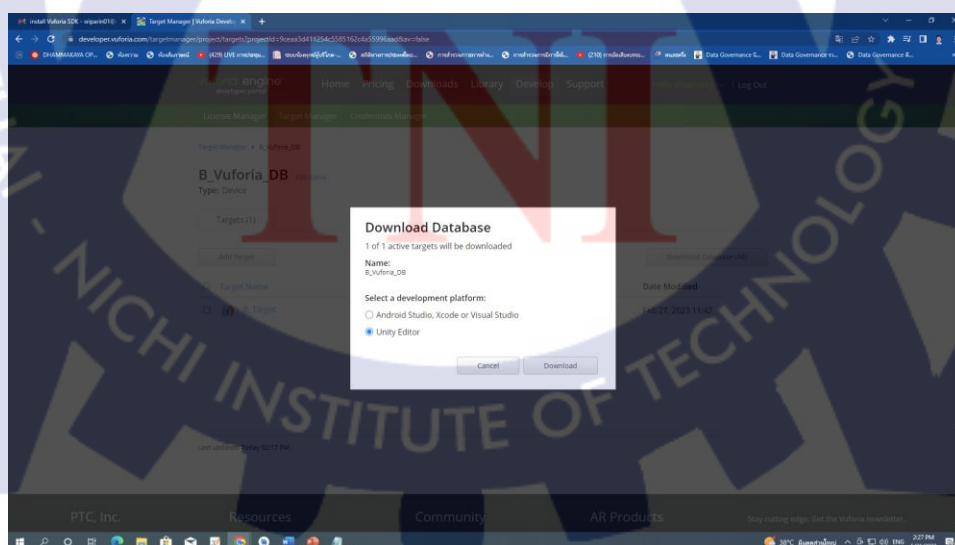
ภาพที่ 3.5 กำหนดภาพ target

(8) จะสังเกตได้ว่าภาพที่เราอัปโหลดมานั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ดูที่ Rating ว่ามีดาวกี่ดาว ถ้า 4-5 ดาวแสดงว่า Target ผ่านใช้ได้



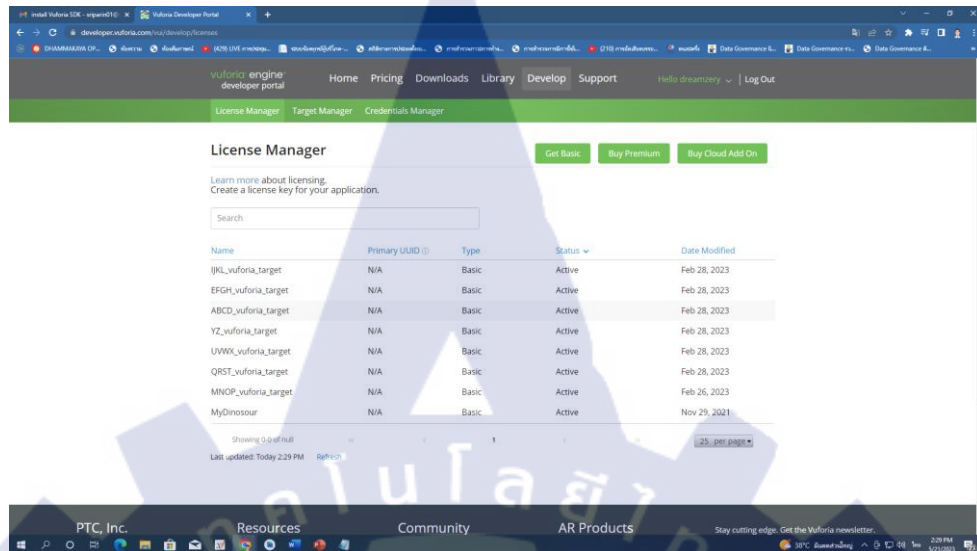
ภาพที่ 3.6 คุณภาพของภาพ Target

(9) เมื่ออัปโหลดภาพเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการดาวน์โหลดได้โดย คลิก Download Database > Unity Editor > Download รอสักครู้



ภาพที่ 3.7 การ Download Target

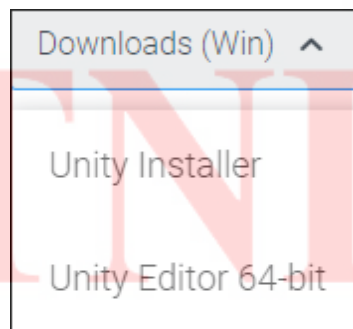
(10) เลือกที่จัดเก็บ จากนั้นกด save



รูปที่ 3.8 ฐานข้อมูล License Manager ในโปรแกรม Vuforia

ขั้นที่ 2 นำภาพ Marker-based มาสร้าง Image target ด้วยโปรแกรม Unity

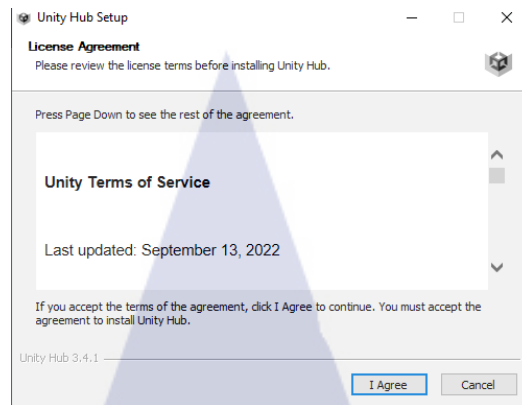
(1) ดาวน์โหลดโปรแกรม Unity ตามลิงค์ด้านบน ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เวอร์ชัน 2018.4.8 ทำการดาวน์โหลด Unity Installer และ Unity Editor 64-bit



รูปที่ 3.9 การดาวน์โหลดโปรแกรม Unity

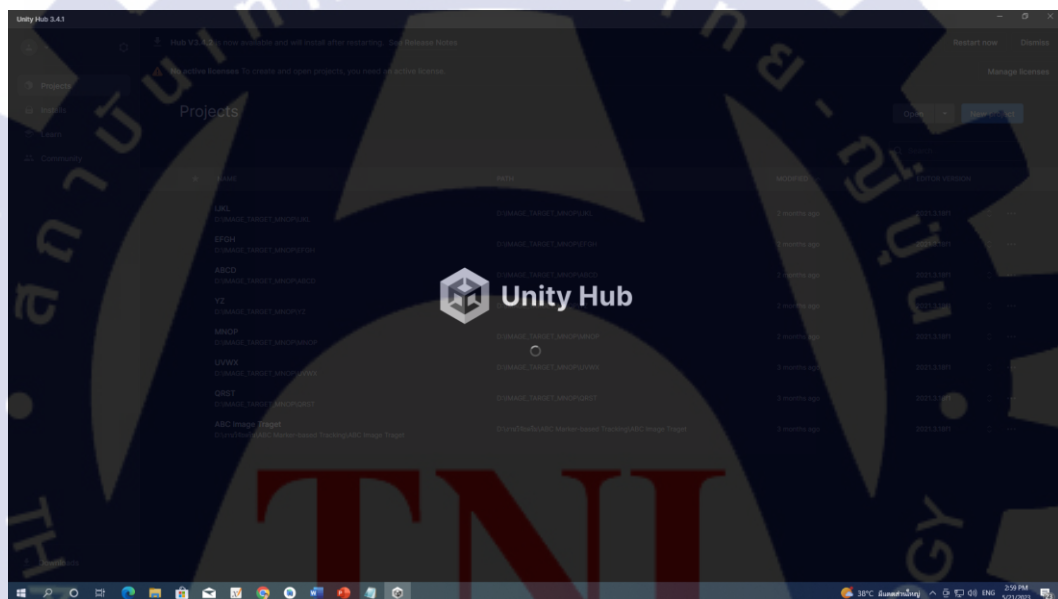
(2) ทำการติดตั้งโปรแกรมไฟล์ Unity Installer * ให้คลิกถูกที่ android build support และ Vuforia จากนั้นกด Next ถัดไปจนติดตั้งเสร็จเรียบร้อย

(3) ในส่วนของ Unity ให้ดาวน์โหลดลิงค์ตามนี้ <https://unity.com/download> จากนั้นทำการติดตั้ง Unity Hub ดังภาพนี้



รูปที่ 3.10 การติดตั้ง Unity android และ Unity Vuforia

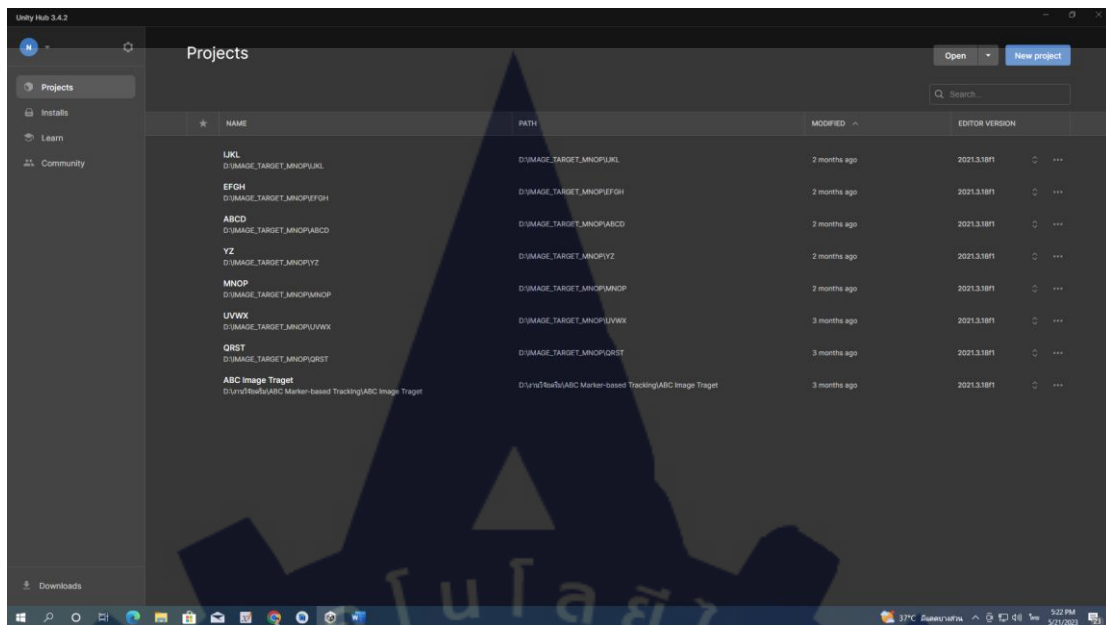
(4) เมื่อติดตั้งเสร็จทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ทาการเปิดโปรแกรม Unity ขึ้นมา



รูปที่ 3.11 เปิดโปรแกรม Unity

** สำหรับคนที่ยังไม่ลงทะเบียนใช้งาน ให้ลงทะเบียนก่อนเข้าใช้งานก่อน ถึงจะปรากฏ หน้าต่างดังภาพด้านล่าง

(5) จะปรากฏดังภาพ ต่อไปคลิกไปที่ Projects จากภาพจะมี Projects อยู่แล้ว ให้คลิกที่ New เพื่อสร้าง Projects ใหม่อีกครั้ง



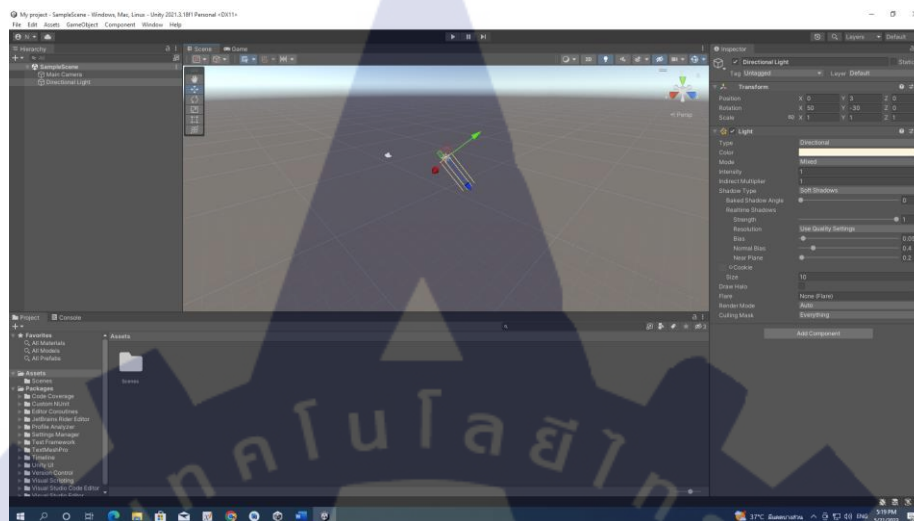
รูปที่ 3.12 การสร้าง Projects

(6) คลิก New จะปรากฏหน้านี้ เมื่อตั้งชื่อ Projects และเลือกที่จัดเก็บเสร็จแล้วคลิกที่ Create Project ได้เลย



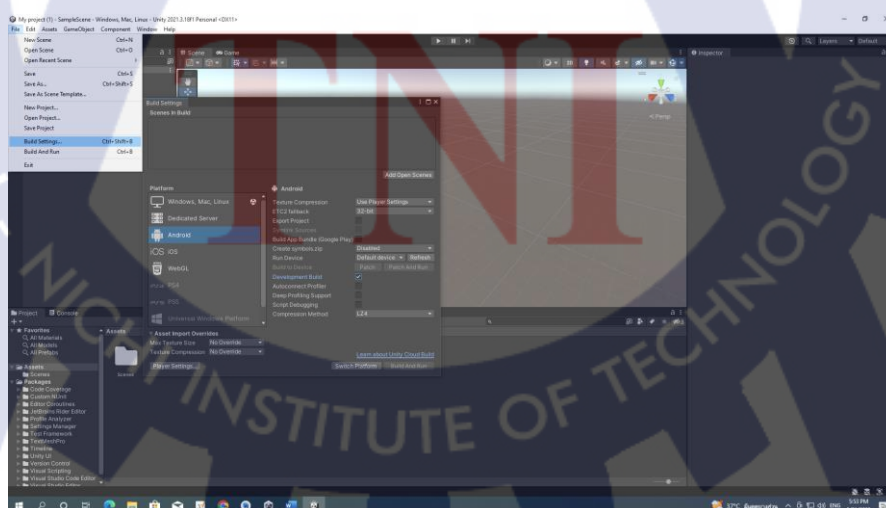
รูปที่ 3.13 การ Create Project

(7) เปิดโปรแกรม Unity มาแล้ว ต่อไปทำการตั้งค่า Settings คลิก File > Build settings



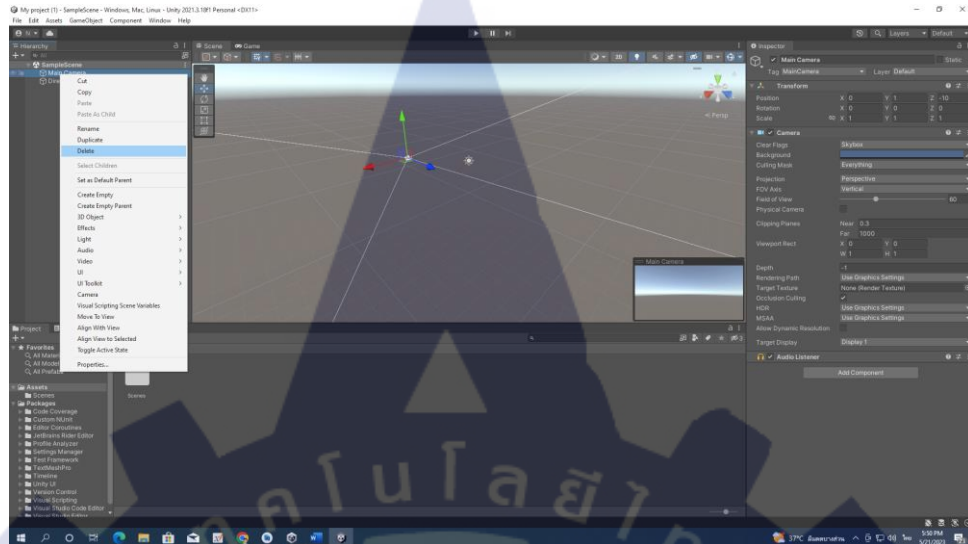
รูปที่ 3.14 โปรแกรม Unity

(8) คลิกที่ Android เพื่อที่จะพัฒนาสื่อในรูปแบบของแอนดรอยด์ และคลิกถูกที่ Development Build ต่อไปคลิกที่ Player Settings จะปรากฏหน้าต่างด้านขวาขึ้นมา ให้คลิกถูกที่ Vuforia Augmented Reality ขั้นตอนสุดท้ายทำการคลิกที่ Switch Platform เป็นการตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว



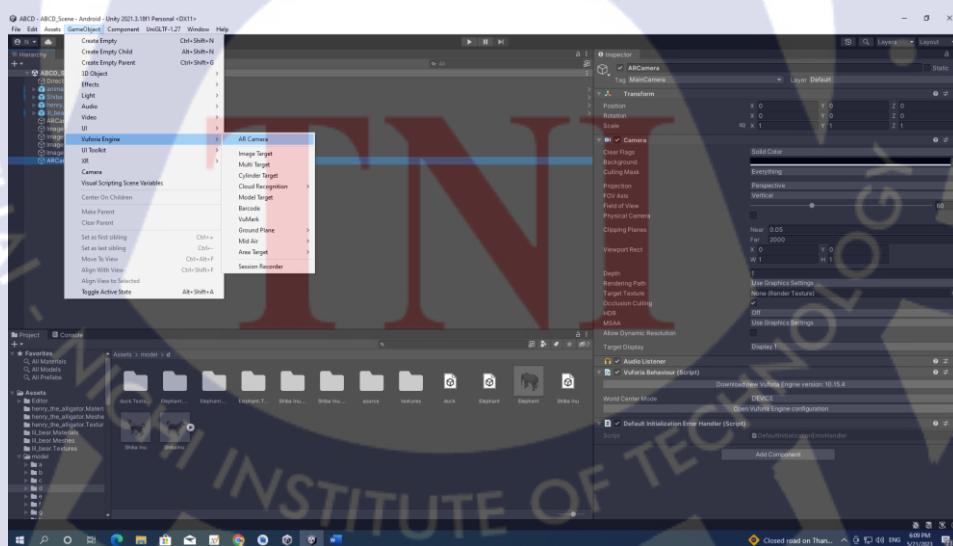
รูปที่ 3.15 การตั้งค่า Settings

(9) กลับมาที่ Unity เมื่อได้ License แล้วทำการลบ Main camera ออก



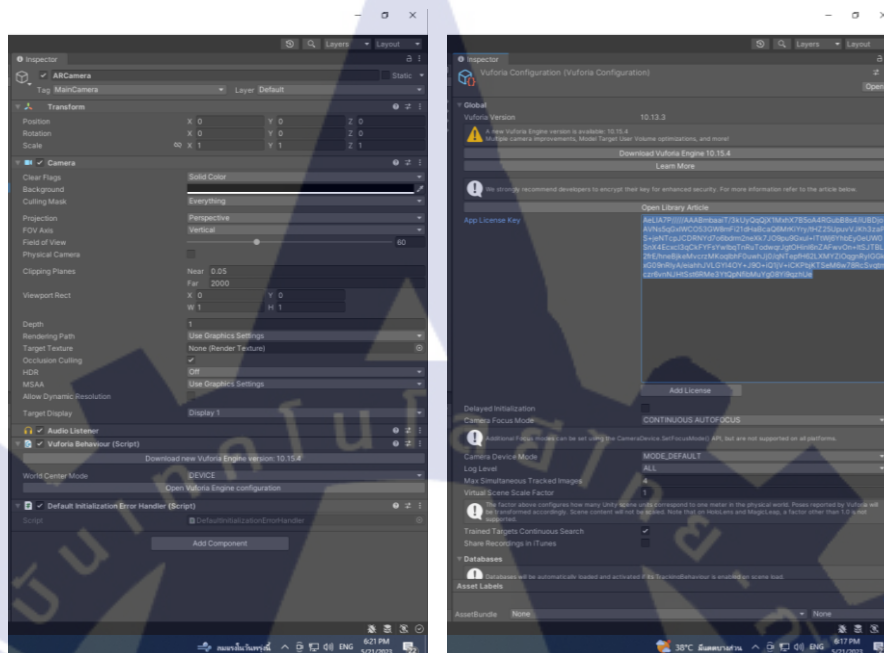
รูปที่ 3.16 การลบ Main camera

(10) ต่อไปมาที่เมนู GameObject > Vuforia Engine > AR Camera จากนั้นรอการ Import สักครู่



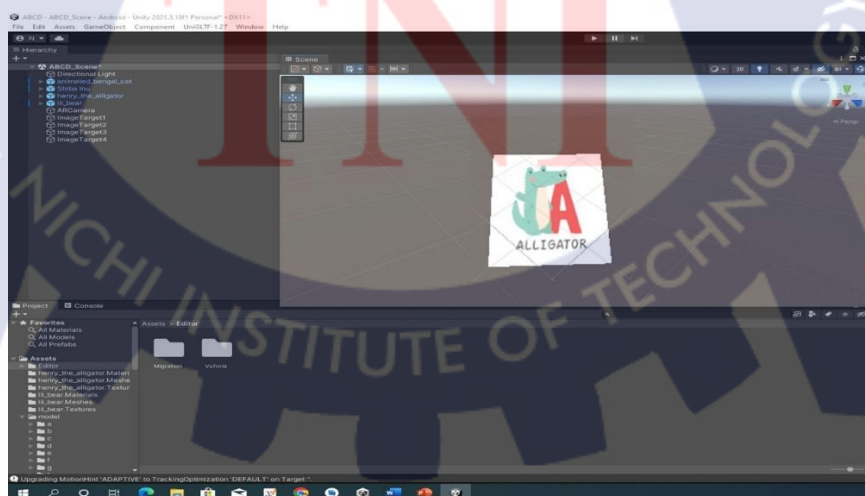
รูปที่ 3.17 การ Add AR Camera

(11) เมื่อ Import เสร็จจะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมา คลิก Open Vuforia Engine Configuration จะเพิ่มมาอีกหน้าต่าง (ภาพขวามือ) ทำการวาง License ที่ copy มาก่อนหน้านี้ลงไป



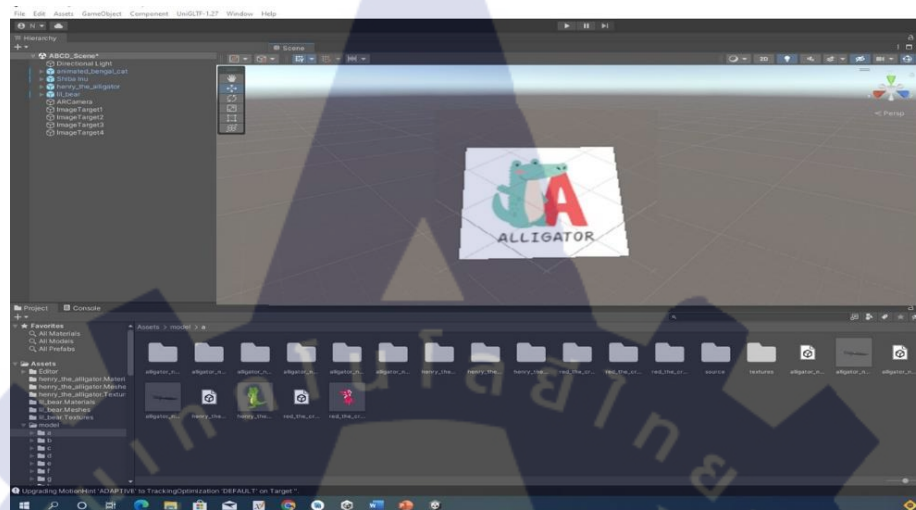
รูปที่ 3.18 การ Add License

(12) ขั้นตอนต่อมาการนำภาพ Target เข้ามา โดยไปคลิกที่ GameObject > Vuforia Engine > Image



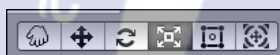
รูปที่ 3.19 การนำเข้าภาพ Target

(13) ขั้นตอนต่อมานำเข้าแบบจำลองสามเข้ามา แถบเมนูตรงนี้ ให้ลากโฟลเดอร์ที่จัดเก็บเมื่อสักครู่นี้เข้ามา จากนั้นคลิกเข้าไปที่โฟลเดอร์โมเดล ทาการลากเข้าไปให้อยู่ในกรอบ Image Target



รูปที่ 3.20 การนำเข้าแบบจำลองสามมิติ

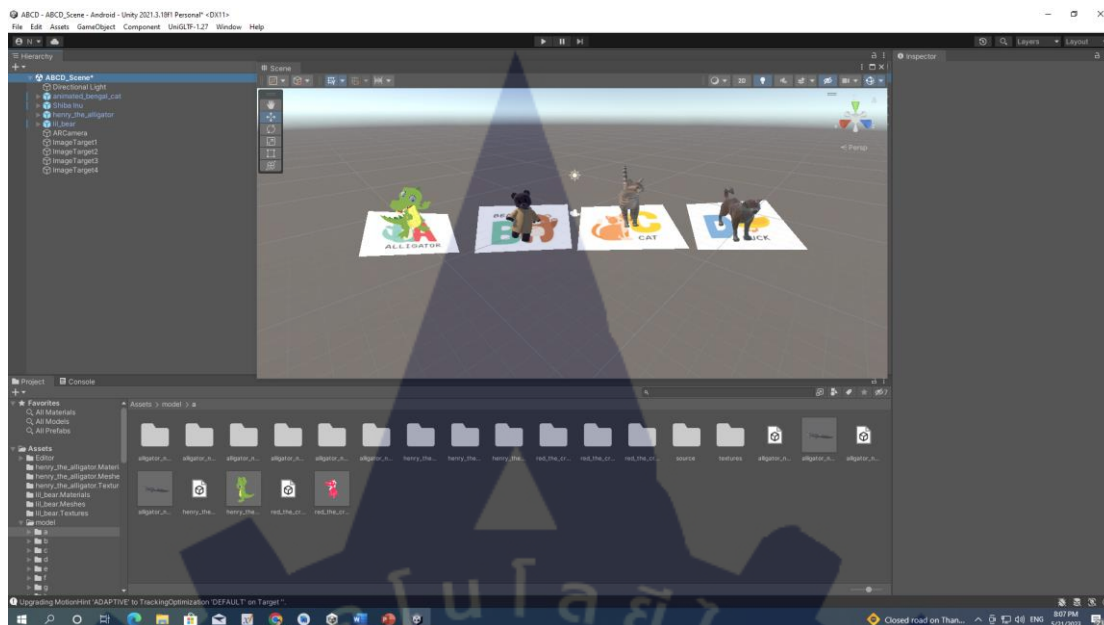
(14) ทำการปรับขนาดของโมเดลให้สมดุลกับฉากเกอร์ โดยใช้เครื่องมือเหล่านี้จาก



ภาพทำการปรับ Target และบานประตูเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.21 การปรับขนาดของโมเดล



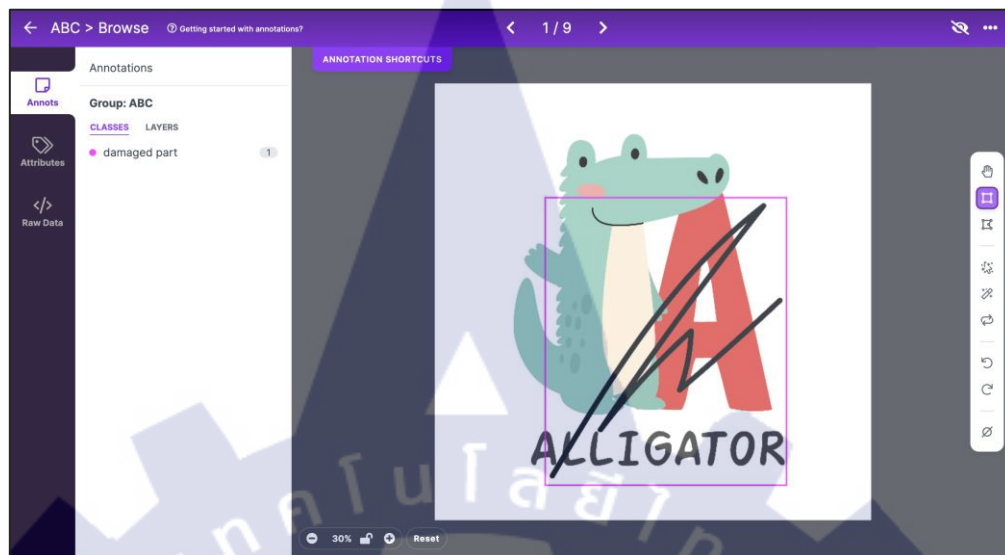
รูปที่ 3.22 ภาพ Image target

ขั้นที่ 3 นำชุดรูปภาพ Marker-based มากำหนดชุดข้อมูลฝึกสอน ชุดข้อมูลการทดสอบ และจำลองความเสียหายของภาพ ด้วยโปรแกรม Roboflow



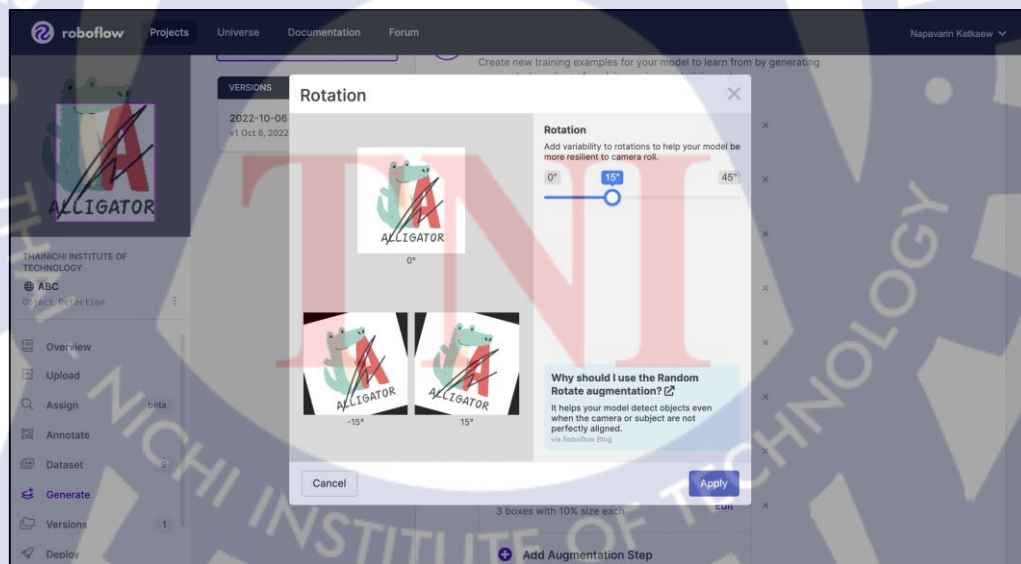
รูปที่ 3.23 ภาพจำลองความเสียหายของภาพ

ขั้นที่ 3.1 Object Detection ด้วย Bounding Box



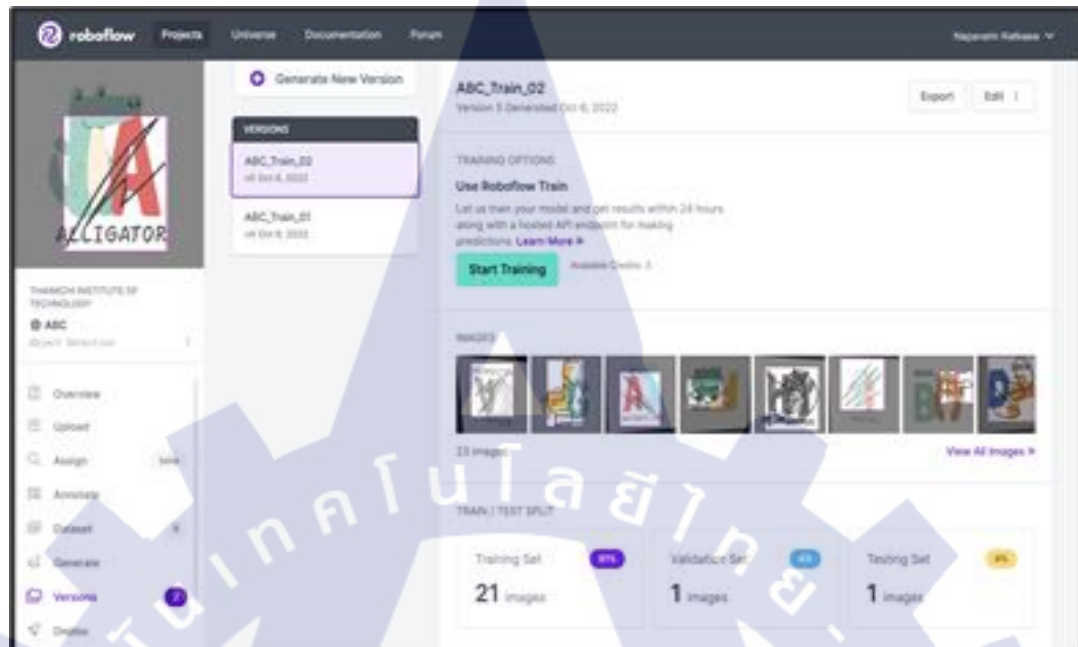
รูปที่ 3.24 ภาพ Object Detection

ขั้นที่ 3.2 เลือก Augmentation เพื่อสร้างตัวอย่างการฝึกหลายรูปแบบ



รูปที่ 3.25 การเลือก Augmentation

ขั้นที่ 3.3 ได้ data set ภาพที่ Random เพื่อนำไป Training



รูปที่ 3.26 data set แบบ Random เพื่อนำไป Training

ขั้นที่ 3.4 Export data set



รูปที่ 3.27 การ Export data set แบบ Code

ขั้นที่ 4 นำภาพ Marker-based ที่จำลองความเสียหายแล้วมาวัดประสิทธิภาพการมองเห็นของ AR ด้วยโปรแกรม Unity



รูปที่ 3.28 จำลองการ detect ภาพที่เสียหาย

ขั้นที่ 5 การฝึกฝนการตรวจจับส่วนที่เสียหายของภาพและทดสอบความแม่นยำ ด้วย YOLO

```

ABC-Training-01.ipynb
File Edit View Insert Runtime Tools Help All changes saved

+ Code + Text

Step 1: Install Requirements

[1] #clone YOLOv5 and
!git clone https://github.com/ultralytics/yolov5 # clone repo
!cd yolov5
!pip install -qr requirements.txt # install dependencies
!pip install -q roboflow

import torch
import os
from IPython.display import Image, clear_output # to display images

print(f"Setup complete. Using torch {torch.__version__} ({torch.cuda.get_device_properties(0).name if torch.cuda.is_available() else 'CPU'})")

Cloning into 'yolov5'...
remote: Enumerating objects: 13441, done.
remote: Counting objects: 100% (243/243), done.
remote: Compressing objects: 100% (76/76), done.
remote: Total 13441 (delta 177), reused 228 (delta 167), pack-reused 13198
Receiving objects: 100% (13441/13441), 13.24 MiB | 7.34 MiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (9236/9236), done.
/content/yolov5
1.6 MB 48.6 MB/s
145 kB 37.4 MB/s
178 kB 70.0 MB/s
1.1 MB 61.8 MB/s
67 kB 3.1 MB/s
54 kB 2.5 MB/s
138 kB 74.5 MB/s
62 kB 1.3 MB/s
Building wheel for roboflow (setup.py) ... done
Building wheel for wget (setup.py) ... done
Setup complete. Using torch 1.12.1+cu113 (Tesla T4)

```

รูปที่ 3.29 การติดตั้ง YOLO

```
[2] from roboflow import Roboflow
rf = Roboflow(model_format="yolov5", notebook="ultralytics")

upload and label your dataset, and get an API KEY here: https://app.roboflow.com/?model=yolov5&ref=ultralytics

[3] # set up environment
os.environ["DATASET_DIRECTORY"] = "/content/datasets"

[11] rf = Roboflow(api_key="88APD987K0n1wbZVHJ8")
project = rf.workspace("thinichi-institute-of-technology").project("abc-xpmxg")
dataset = project.version(5).download("yolov5")

loading Roboflow workspace...
loading Roboflow project...
Downloading Dataset Version Zip in /content/datasets/ABC-5 to yolov5pytorch: 100% [364406 / 364406] bytes
Extracting Dataset Version Zip to /content/datasets/ABC-5 in yolov5pytorch: 100% [58/58 [00:00<00:00, 2769.24it/s]]
```

Step 3: Train Our Custom YOLOv5 model

Here, we are able to pass a number of arguments:

- img:** define input image size
- batch:** determine batch size
- epochs:** define the number of training epochs. (Note: often, 3000+ are common here!)
- data:** Our dataset location is saved in the `dataset.location`
- weights:** specify a path to weights to start transfer learning from. Here we choose the generic COCO pretrained checkpoint.
- cache:** cache images for faster training

รูปที่ 3.30 การนำเข้า data set

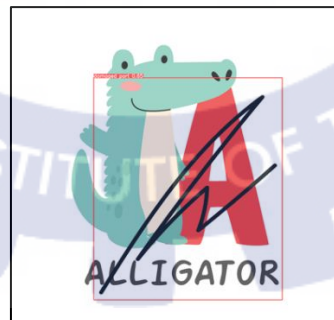
```
[12] !python train.py --img 416 --batch 16 --epochs 150 --data {dataset.location}/data.yaml --weights yolov5s.pt --cache
```

train: weights=yolov5s.pt, cfg=/content/datasets/ABC-5/data.yaml, hyp=data/hyps/hyp.scratch-low.yaml, epochs=150, batch_size=16, imgs=416, rect=False
 github: up to date with <https://github.com/ultralytics/yolov5>
 YOLOv5: v6.2-186-g7f097d4 Python-3.7.14 torch-1.12.1-cu113 CUDA:0 (Tesla T4, 15110MiB)

hyperparameters: lr=0.01, lrf=0.01, momentum=0.937, weight_decay=0.0005, warmup_epochs=3.0, warmup_momentum=0.8, warmup_bias_lr=0.1, box=0.05, cls=0.5, cls_weights & Biases: run 'pip install wandb' to automatically track and visualize YOLOv5 runs in Weights & Biases
 ClearML: run 'pip install clearml' to automatically track, visualize and remotely train YOLOv5 in ClearML
 Comet: run 'pip install comet_ml' to automatically track and visualize YOLOv5 runs in Comet
 TensorBoard: Start with 'tensorboard --logdir runs/train', view at <http://localhost:6006/>
 overriding model.yaml nc=80 with nc=1

	from	n	params	module	arguments
0	-1	1	3520	models.common.Conv	[3, 32, 6, 2, 2]
1	-1	1	18560	models.common.Conv	[32, 64, 3, 2]
2	-1	1	18816	models.common.C3	[64, 64, 1]
3	-1	1	73984	models.common.Conv	[64, 128, 3, 2]
4	-1	2	115712	models.common.C3	[128, 128, 2]
5	-1	1	298424	models.common.Conv	[128, 256, 3, 2]
6	-1	3	625152	models.common.C3	[256, 256, 3]
7	-1	1	1180672	models.common.Conv	[256, 512, 3, 2]
8	-1	1	1182720	models.common.C3	[512, 512, 1]
9	-1	1	656896	models.common.SPPF	[512, 512, 5]
10	-1	1	131584	models.common.Conv	[512, 256, 1, 1]
11	-1	1	0	torch.nn.modules.upsampling.Upsample	[None, 2, 'nearest']
12	[-1, 6]	1	0	models.common.Concat	[1]
13	-1	1	361984	models.common.C3	[512, 256, 1, False]
14	-1	1	33024	models.common.Conv	[256, 128, 1, 1]
15	-1	1	0	torch.nn.modules.upsampling.Upsample	[None, 2, 'nearest']
16	[-1, 4]	1	0	models.common.Concat	[1]
17	-1	1	90880	models.common.C3	[256, 128, 1, False]
18	-1	1	147712	models.common.Conv	[128, 128, 3, 2]
19	[-1, 14]	1	0	models.common.Concat	[1]
20	-1	1	296448	models.common.C3	[256, 256, 1, False]
21	-1	1	590336	models.common.Conv	[256, 256, 3, 2]
22	[-1, 10]	1	0	models.common.Concat	[1]

รูปที่ 3.31 การ Training ให้ตรวจจับส่วนที่เสียหายของภาพ



รูปที่ 3.32 ภาพผลลัพธ์ที่ตรวจจับส่วนที่เสียหายของภาพแล้ว

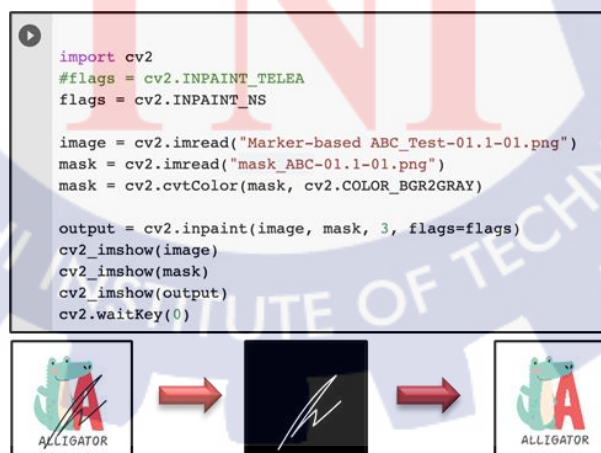
ขั้นที่ 6 ภาพที่ได้รับการทดสอบความแม่นยำแล้ว นำมาแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยระบุเฉพาะส่วนที่เสียหาย



รูปที่ 3.33 การแปลงภาพขาวดำเฉพาะส่วนที่เสียหาย

ขั้นที่ 7 ทำการฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพ ด้วย OpenCV

- นำเข้าภาพที่ตรวจจับส่วนที่เสียหายแล้ว
- นำเข้าภาพขาวดำที่ระบุเฉพาะส่วนที่เสียหาย
- แปลงภาพ RGB เป็นภาพขาวดำ
- ประมวลผลภาพด้วยฟังก์ชัน Inpainting ทั้ง 2 อัลกอริทึม คือ Fast Marching Method และ Navier-Stokes



รูปที่ 3.34 การฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพ ด้วย OpenCV

ขั้นที่ 8 นำภาพ Marker-based ที่ฟื้นฟูแล้ว มาทำการทดลองประสิทธิภาพของการมองเห็นของ AR ด้วยโปรแกรม Unity



รูปที่ 3.35 จำลองการ detect ภาพที่ฟื้นฟูแล้ว

ขั้นที่ 9 ประเมินและวิเคราะห์ผลการทดลอง

- ทำการทดลองในห้องแบบปิด ที่แสงเพียงพอต่อการมองเห็นของกล้อง Marker
- ระยะระหว่าง Marker กับกล้อง 30 เซนติเมตร
- รูปภาพ 26 ภาพทำการทดลองรูปละ 1 ครั้ง
- ระยะเวลา 20 วินาที/ภาพ
- กล้องโทรศัพท์ Samsung note 10 life
- หาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความแม่นยำในการมองเห็นของ AR ระหว่างภาพที่เสียหาย และภาพที่ได้รับการฟื้นฟูแล้ว Paired Samples T-Test การทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน

3.2 การวัดประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยวัดประสิทธิภาพของ model ทั้ง 2 กรณี คือ แบบ regression และแบบ classification

3.2.1 การวัดประสิทธิภาพโมเดลแบบ regression

ในกรณีที่เป็นแบบ regression หรือ target ข้อมูลเป็นแบบ scale หรือแบบตัวเลขซึ่งมีทั้งแบบ discrete พวกจำนวนเต็มและ continuous แบบต่อเนื่อง เราจะพิจารณาจากค่า error โดยใช้ข้อมูลด้านล่าง ดังนี้

– Mean Squared Error (MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Error)^2 \quad (3.1)$$

3.2.2 การวัดประสิทธิภาพโมเดลแบบ classification

ผู้วิจัยทดสอบโมเดลในขั้นตอนสุดท้าย โดยหาค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความครบถ้วน (Recall)

(1) Precision หรือ Positive Predictive Value ค่าความแม่นยำ

$$Precision = \frac{tp}{tp+fp} \quad (3.2)$$

หรือ ค่าที่โมเดลทายเป็นคลาสที่กำลังพิจารณาถูก/ค่าที่โมเดลทำนายว่าเป็นคลาสที่กำลังพิจารณาทั้งถูกและผิด

(2) Sensitivity หรือ Recall ค่าความครบถ้วน หาค่าได้จากสูตร

$$Recall = \frac{tp}{tp+fn} \quad (3.3)$$

หรือ ค่าที่โมเดลทายเป็นคลาสที่กำลังพิจารณาถูก/ค่าเหตุการณ์จริงเป็นคลาสที่กำลังพิจารณาทั้งถูกและผิด

(3) Mean Average Precision (mAP) ใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพของโมเดลการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ mAP เท่ากับค่าเฉลี่ยความแม่นยำ

$$mAP = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{k=n} AP_k \quad (3.4)$$

3.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบความแตกต่างการวัดประสิทธิภาพเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes กับประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method และการวัดประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย กับประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย โดยใช้สถิติ T – test dependent กับ สถิติ T – test independent [31] โดยสามารถแยกย่อยเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

3.3.1 สถิติ T – test dependent

สถิติ T – test dependent เป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ในกลุ่มเดียวกัน ที่มีขนาดน้อยกว่า 30 คน ($n < 30$) ส่วนใหญ่จะใช้งานวิจัยเชิงทดลอง และในบางครั้ง สถิติ T – test dependent สามารถเรียกอีกชื่อว่า “สถิติ Paired Samples T-test” ดังนั้น สถิติ T – test dependent ส่วนใหญ่จะใช้งานวิจัยของ สาขาวิชาครูทุกสาขาวิชา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ บางสาขาวิชา ที่ต้องมีการเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง เพื่อทดสอบประสิทธิผลของการทำงานในสาขาวิชาครูจะเห็นบ่อยมาก เช่น การเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ของผู้เรียนกลุ่มเดียวกัน ว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

สูตรของสถิติ T – test dependent จึงสามารถแสดงได้ ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \text{ เมื่อ } df = n - 1 \quad (3.5)$$

3.3.2 สถิติ T – test independent

ส่วน สถิติ T – test independent เป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน โดยข้อตกลงเบื้องต้นของสถิตินี้ กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะต้องไม่สัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน อีกทั้งค่าของตัวแปรตามในแต่ละหน่วยต้องเป็นอิสระต่อกัน และกลุ่มตัวอย่างได้มาต้องสุ่มมาจากระชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติด้วย ผู้วิจัยจะเห็นการใช้สถิตินี้ใช้เปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยอาจเปรียบเทียบได้ทั้งค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน เช่น การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่ม เมื่อมีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่ผู้วิจัยจะเห็นการใช้ สถิติ T – test independent ได้ในทุกสาขาวิชา

โดยแผนการดำเนินงานวิจัยมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนหลักตามดังตารางที่ 3.2 ดังนี้

1. ขั้นตอนเบื้องต้น เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อนำไปสู่หัวข้อวิจัยที่จะใช้ในการพัฒนาและการทบทวนวรรณกรรมเพื่อเลือกวิธีการดำเนินการวิจัย
2. ขั้นตอนการดำเนินการ เป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล การเตรียมข้อมูล การทดลองประมวลผลข้อมูล และนำไปประเมินประสิทธิภาพ
3. ขั้นตอนการสรุป เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำงานวิจัยการสรุปผลงานวิจัยทั้งหมดที่ได้ทำมาในทั้งขั้นตอนเบื้องต้นและขั้นตอนการดำเนินการ ทั้งสองขั้นตอนข้างต้นเพื่อนำไปเขียนรูปเล่มวิทยานิพนธ์และบทความวิชาการ



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

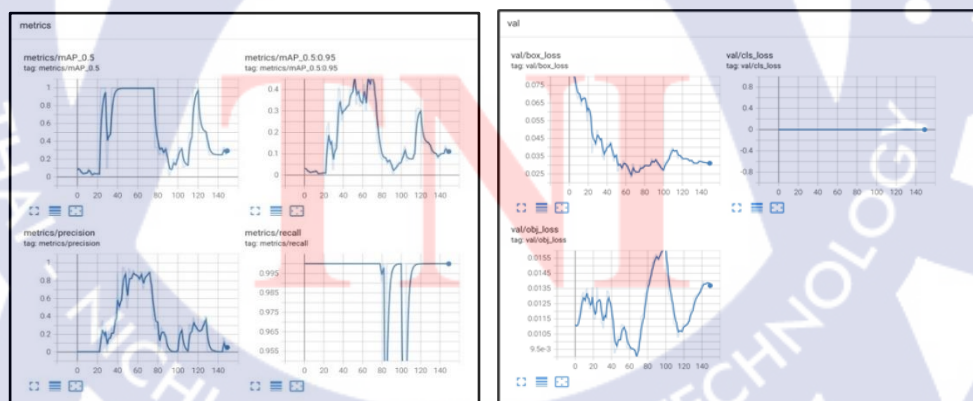
จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นความรู้สำหรับการศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำลองการวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ภาพ สัญลักษณ์ ความเป็นจริงเสริมด้วยเทคนิคการฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป ตามรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการเทรนโมเดลด้วย YOLO

หลังจากที่โมเดลได้รับการฝึกอบรมและประเมินประสิทธิภาพโมเดลแบบ classification เพื่อหาค่าความแม่นยำ (Precision), ค่าความถูกต้อง (Recall), ค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (Mean Average Precision) mAP_0.5 และ mAP_0.5:0.95 แสดงค่าในตารางที่ 4.1 และจากการประมวลผลภาพเพื่อฟื้นฟูภาพเสียหาย ด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Precision, Recall mAP_0.5 และ mAP_0.5:0.95 ของแบบจำลอง

Model	Image	Pecision	Recall	mAP_0.5	mAP_0.5:0.95
ABC	149	0.916	0.999	0.996	0.693



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงค่า Precision, Recall mAP_0.5 และ mAP_0.5:0.95

จากตารางที่ 4.1 การเทรนโมเดลทั้งหมด 149 ภาพ พบว่า ประสิทธิภาพของความแม่นยำ (Precision) ค่อนข้างสูงมีค่าเท่ากับ 91.6 % ค่าความถูกต้อง (Recall) ค่อนข้างสูงเช่นกันเท่ากับ 99.9% เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยความ

แม่นยำ (Mean Average Precision) $mAP_{0.5}$ และ $mAP_{0.5:0.95}$ มีค่าเท่ากับ 99.6 และ 69.3 ตามลำดับ ยิ่ง mAP สูงเท่าใด การเรียกคืนโมเดลก็จะยิ่งแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น

4.2 ผลการฟื้นฟูภาพ Marker-based

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพ ด้วย OpenCV ทั้ง 2 อัลกอริทึม โดยมีผลลัพธ์ดังนี้

4.2.1 ผลการฟื้นฟูภาพ Image Inpainting : Fast Marching Method



รูปที่ 4.2 ผลการฟื้นฟูภาพ Image Inpainting : Fast Marching Method

4.2.2 ผลการฟื้นฟูภาพ Image Inpainting : Navier-Stokes



รูปที่ 4.3 ผลการฟื้นฟูภาพ Image Inpainting : Navier-Stokes

4.2.3 การวัดประสิทธิภาพโมเดลแบบ regression

ผู้วิจัยได้เลือกวิธี Mean Square Error (MSE) ในการวัดประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting ซึ่งวิธีนี้ใช้เพื่อวัดความแตกต่างของค่าพิกเซลของภาพต้นฉบับและภาพซ่อมแซม โดยที่ค่า MSE นี้จะถูกคำนวณจากผลต่างของค่าพิกเซลของภาพต้นฉบับและภาพซ่อมแซม ซึ่งค่า MSE น้อยก็แสดงถึงคุณภาพของภาพที่ดีขึ้น

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบการวัดประสิทธิภาพเทคนิค image Inpainting ทั้ง 2 อัลกอริทึม

ภาพอักษร	Inpainting_NS (Navier-Stokes)		Inpainting_TELAE (Fast Marching Method)	
	Mean Square Error (MSE)	แปลงเป็น %	Mean Square Error (MSE)	แปลงเป็น %
A	1.3686887666455032	99.43	1.2921003861784324	99.46
B	1.0657509438539008	99.54	1.0572693518762686	99.55
C	1.1130088748452944	99.54	1.0648629080347716	99.56
D	0.8630614770704833	99.66	0.8611609058424763	99.66
E	1.1342064230762516	99.56	1.0801579812506374	99.58
F	0.9978472137359341	99.58	0.9547248742829788	99.60
G	1.317248843899566	99.45	1.2872173376934224	99.46
H	1.2251421178896262	99.49	1.2414965861385556	99.49
I	0.9977369557966733	99.59	0.9301653777207295	99.61
J	0.9405241111142759	99.61	0.9264331464767535	99.62
K	1.2410008848199625	99.50	1.2101695491460982	99.52
L	1.0913606472876087	99.57	1.0450665544485862	99.59
M	1.5633087304992754	99.37	1.4690910243605728	99.41
N	1.2269301341379713	99.50	1.156921855604365	99.53
O	1.4735105300926075	99.39	1.3839778675563257	99.43
P	0.7449586854313428	99.70	0.7519775220814494	99.70
Q	1.051595662085143	99.56	1.009999356828688	99.58
R	1.1643270544499644	99.51	1.1206727204400762	99.53
S	1.4416289875472845	99.42	1.345944850816414	99.46
T	1.772458853115292	99.25	1.647939508819257	99.30
U	1.1140935373227718	99.53	1.0906761292480316	99.55
V	1.2660551638846445	99.48	1.2182643195201575	99.50

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบการวัดประสิทธิภาพเทคนิค image Inpainting ทั้ง 2 อัลกอริทึม (ต่อ)

ภาพอักษร	Inpainting_NS (Navier-Stokes)		Inpainting_TELAE (Fast Marching Method)	
	Mean Square Error (MSE)	แปลงเป็น %	Mean Square Error (MSE)	แปลงเป็น %
W	1.0689599092944686	99.56	1.0236048465714835	99.58
X	1.2762590767551456	99.48	1.1969551351256986	99.51
Y	1.2708187662687886	99.48	1.2177070575188105	99.51
Z	1.792775256648324	99.25	1.7384121202877365	99.28

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่า MSE ที่ได้จากทั้ง 2 อัลกอริทึม มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และค่า MSE น้อย แสดงให้เห็นว่าการฟื้นฟูภาพตัวอักษร A-Z มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ

4.3 ผลลัพธ์ของประสิทธิภาพในการมองเห็นของ AR

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองภาพที่ฟื้นฟูแล้ว

Time	ชื่อภาพ	ระยะกล้อง/เมตร	ISO	SPEED	WB	F	LUX
10.50	A	1	a80	a1/90	a4800k	1.7	335
10.52	B	1	a50	a1/50	a4700k	1.7	336
10.55	C	1	a50	a1/50	a4600k	1.7	319
11.10	D	1	a100	a1/90	a4900k	1.7	350
11.18	E	1	a50	a1/50	a4700k	1.7	350
11.30	F	1	a80	a1/90	a4900k	1.7	377
11.33	G	1	a100	a1/90	a4800k	1.7	338
11.37	H	1	a50	a1/50	a5000k	1.7	338
11.41	I	1	a100	a1/90	a4900k	1.7	342
11.43	J	1	a50	a1/50	a4900k	1.7	346
11.45	K	1	a80	a1/90	a4800k	1.7	347
11.47	L	1	a80	a1/90	a4900k	1.7	349
11.49	M	1	a50	a1/50	a5000k	1.7	340

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองภาพที่ฟื้นฟูแล้ว (ต่อ)

Time	ชื่อภาพ	ระยะกล้อง/เมตร	ISO	SPEED	WB	F	LUX
11.51	N	1	a100	a1/90	a5100k	1.7	327
11.53	O	1	a50	a1/50	a4700k	1.7	341
11.55	P	1	a50	a1/50	a5000k	1.7	338
11.57	Q	1	a50	a1/50	a4900k	1.7	343
11.59	R	1	a50	a1/50	a4800k	1.7	360
12.00	S	1	a80	a1/90	a4900k	1.7	356
12.02	T	1	a80	a1/90	a5000k	1.7	360
12.03	U	1	a80	a1/90	a4800k	1.7	390
12.05	V	1	a80	a1/90	a4900k	1.7	348
12.07	W	1	a80	a1/90	a5100k	1.7	344
12.08	X	1	a80	a1/90	a5000k	1.7	340
12.10	Y	1	a80	a1/90	a4700k	1.7	372
12.11	Z	1	a100	a1/90	a4800k	1.7	342

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความแม่นยำในการมองเห็นของ AR ระหว่างภาพที่เสียหายและภาพที่ได้รับการฟื้นฟูแล้ว

ภาพอักษร	ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย (%)	ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย (%)
A	0	100
B	20	100
C	10	100
D	30	100
E	10	90
F	20	100
G	0	100
H	10	100
I	30	100

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความแม่นยำในการมองเห็นของ AR ระหว่างภาพที่เสียหาย และภาพที่ได้รับการฟื้นฟูแล้ว (ต่อ)

ภาพอักษร	ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย (%)	ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย (%)
J	20	100
K	10	90
L	0	100
M	20	90
N	30	100
O	20	100
P	20	100
Q	0	100
R	10	100
S	10	100
T	20	100
U	20	100
V	10	100
W	30	90
X	20	100
Y	10	100
Z	10	100

4.4 ผลการทดสอบสมมุติฐาน

สมมุติฐานที่ 1 ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และ ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method ไม่แตกต่างกัน

H_0 : ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method แตกต่างกัน

สำหรับสถิติที่ใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ใช้สถิติ T – test independent (Equal variances assumed) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้น เนื่องจากเป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน ไม่สัมพันธ์กัน เพื่อใช้เปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และ เทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method ผลการทดสอบที่ได้จะยอมรับสมมุติฐานหลัก H_0 เมื่อค่า sig มากกว่า 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการวิจัย และการทดสอบสมมุติฐานเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method

รายการทดสอบ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	t	df	Sig.
ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes	99.50	0.106	0.778	50	0.439
ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method	99.52	0.096			

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และ ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method ไม่แตกต่างกัน ซึ่งค่า sig (0.439) มากกว่า 0.05 นั่นคือ ยอมรับสมมุติฐานหลัก (H_0) และปฏิเสธสมมุติฐานรอง (H_1)

สรุปได้ว่า เทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และ เทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method ด้วยสถิติ T – test independent ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากที่ผู้วิจัยได้ทดลองพบว่า เทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method เหมาะสมกับการนำมาใช้เนื่องจากสามารถฟื้นฟูภาพได้รวดเร็ว เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการคำนวณสูง จัดการกับพื้นที่ที่ขาดหายที่มีรูปร่างที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการรักษาโครงสร้างที่เน้นความเป็นธรรมชาติโดยดึงพื้นที่บริเวณรอบ ๆ จุดที่เสียหายมาใช้ในการฟื้นฟูภาพ ซึ่งมีความยืดหยุ่นในการปรับใช้กับหลายลักษณะของภาพและการเติมภาพต่าง ๆ ทำให้เหมาะสมสำหรับงานที่มีความหลากหลาย

สมมุติฐานที่ 2 ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และ ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย แตกต่างกัน

H_0 : ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยไม่แตกต่างกัน

H_1 : ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยแตกต่างกัน

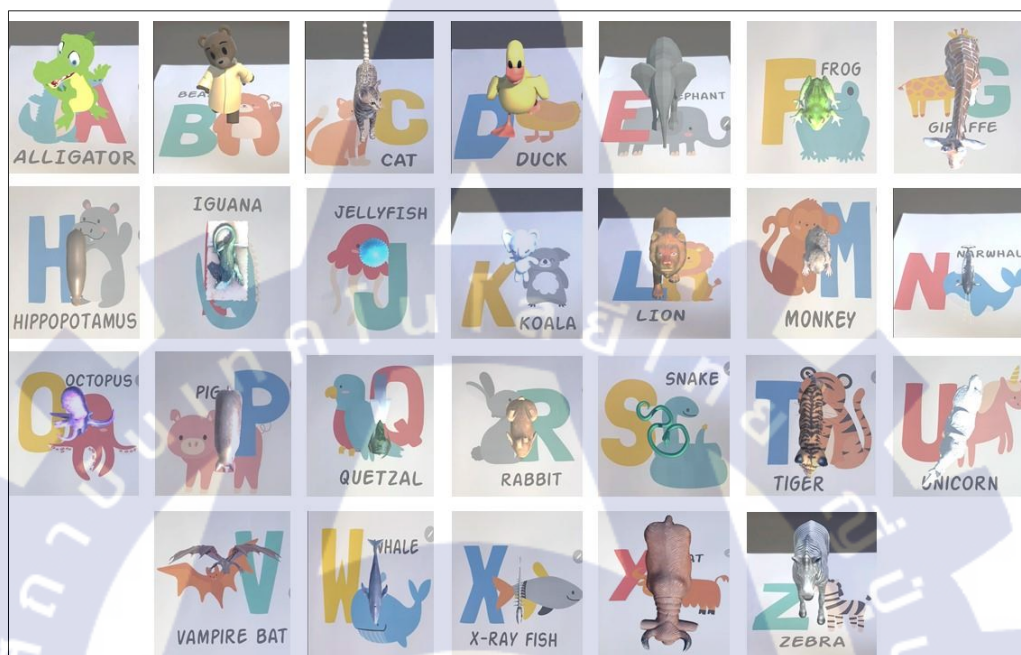
สำหรับสถิติที่ใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ใช้สถิติ T – test dependent (Paired Samples T-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้น เนื่องจากเป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ในกลุ่มเดียวกันที่มีขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 ($n < 30$) ต้องการทราบว่าจะระหว่าง ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยมีผลทดสอบก่อน (Pre-Test) และผลทดสอบหลัง (Post-Test) มีความแตกต่างกันหรือไม่ ผลการทดสอบที่ได้จะปฏิเสธสมมุติฐานหลัก H_0 เมื่อค่า sig น้อยกว่า 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการวิจัย และการทดสอบสมมุติฐานเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย

รายการทดสอบ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	t	df	Sig.
ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย	15.00	9.487	40.296	25	0.000
ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย	98.46	3.679			

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งค่า sig (0.000) น้อยกว่า 0.05 นั่นคือ ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมุติฐานรอง H_1

สรุปได้ว่าการวัดประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ภาพที่เสียหาย และภาพที่ได้รับการฟื้นฟูด้วยเทคนิคที่นำเสนอในงานวิจัย ด้วยสถิติ T – test dependent (Paired Samples T-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการฟื้นฟูภาพด้วยเทคนิคที่นำเสนอในงานวิจัย รวมถึงประสิทธิภาพการมองเห็นของ AR นั้นสามารถแสดงผลได้ทุกภาพเป็นผลลัพธ์ที่ดี



รูปที่ 4.4 ผลการมองเห็นของ AR จากภาพที่ฟื้นฟูแล้ว

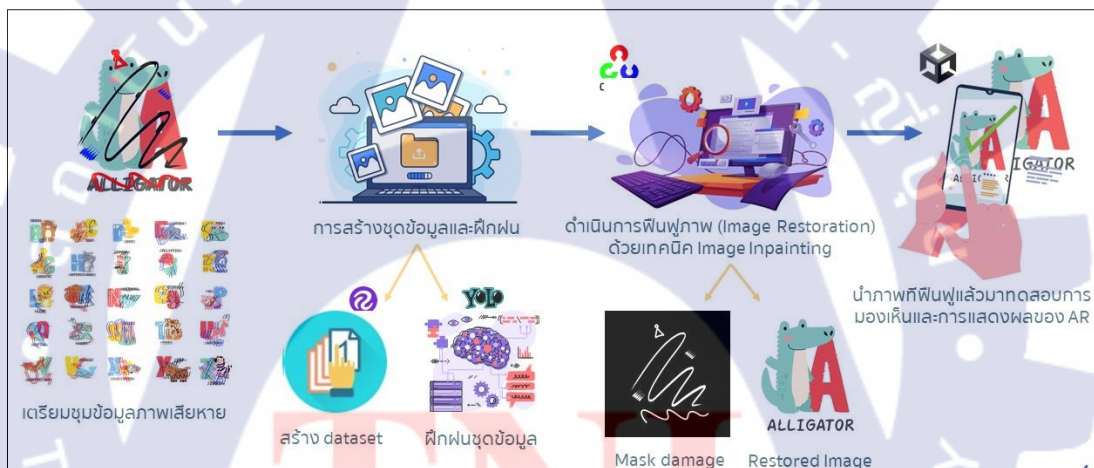
บทที่ 5

บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่องเทคนิคการตรวจนับนกนางแอ่น ด้วยกล้องตรวจจับความร้อน ซึ่งการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ตามบทที่ 1 ได้นำเสนอข้อสรุปตามลำดับดังนี้

- 5.1 สรุปผลการวิจัย
- 5.2 อภิปรายผลวิจัย
- 5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย
- 5.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย



รูปที่ 5.1 สรุปผลการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ภาพ สัญลักษณ์ ความเป็นจริงเสริม ด้วยเทคนิคการฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป ในงานวิจัยนี้ได้เตรียมชุดภาพ Marker-based ภาพตัวอักษร A-Z ชุดข้อมูลภาพเสียหาย มาสร้าง Image target ด้วยโปรแกรม Unity นำภาพ Marker-based มากำหนดชุดข้อมูลฝึกสอน ชุดข้อมูลการทดสอบ และจำลองความเสียหายของภาพด้วยโปรแกรม Roboflow ทำ Object Detection ด้วย Bounding Box สร้างตัวอย่างการฝึกฝนหลายรูปแบบด้วย Augmentation ทำการ Random จะได้ data set เพื่อ Training นำภาพ Marker-based ที่จำลองความเสียหายแล้วมาวัดประสิทธิภาพการมองเห็นของ AR ด้วยโปรแกรม

Unity ภาพที่ได้รับการทดสอบความแม่นยำแล้ว นำมาแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยระบุเฉพาะส่วนที่เสียหาย ทำการฟื้นฟูภาพ (Image Restoration) เทคนิค Image Inpainting ด้วย Open CV นำภาพ Marker-based ที่ฟื้นฟูแล้วมาทำการทดลองประสิทธิภาพของการมองเห็นของ AR ด้วยโปรแกรม Unity ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 การเทรนโมเดลด้วย YOLO

การเทรนโมเดลทั้งหมด 149 ภาพ พบว่า ประสิทธิภาพของความแม่นยำ (Precision) ค่อนข้างสูงมีค่าเท่ากับ 91.6 % ค่าความถูกต้อง (Recall) ค่อนข้างสูงเช่นกันเท่ากับ 99.9% เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (Mean Average Precision) mAP_0.5 และ mAP_0.5:0.95 มีค่าเท่ากับ 99.6 และ 69.3 ตามลำดับ ยิ่ง mAP สูงเท่าใด การเรียกคืนโมเดลก็จะยิ่งแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น

5.1.2 การฟื้นฟูภาพ Marker-based

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพ ด้วย OpenCV ทั้ง 2 อัลกอริทึม และได้เลือกวิธี Mean Square Error (MSE) ในการวัดประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting ซึ่งวิธีนี้ใช้เพื่อวัดความแตกต่างของค่าพิกเซลของภาพต้นฉบับและภาพซ่อมแซม โดยที่ค่า MSE นี้จะถูกคำนวณจากผลต่างของค่าพิกเซลของภาพต้นฉบับและภาพซ่อมแซม ซึ่งพบว่า ค่า MSE ที่ได้จากทั้ง 2 อัลกอริทึม มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และค่า MSE น้อย แสดงให้เห็นว่าการฟื้นฟูภาพตัวอักษร A-Z มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ

5.1.3 ประสิทธิภาพในการมองเห็นของ AR

ได้ประเมินและวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยทำการทดลองในห้องแบบเปิดที่แสงเพียงพอต่อการมองเห็นของกล้อง Marker ระยะระหว่าง Marker กับกล้องโทรศัพท์ Samsung note 10 life 1 เมตร จำนวนรูปภาพ 26 ภาพ ทำการทดลองรูปละ 1 ครั้ง ระยะเวลา 20 วินาที/ภาพ เพอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความแม่นยำในการมองเห็นของ AR ระหว่างภาพที่เสียหาย และภาพที่ได้รับการฟื้นฟูแล้วมีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการมองเห็นของ AR สูงกว่าภาพที่เสียหาย

5.1.4 การทดสอบสมมุติฐาน

สมมุติฐานที่ 1 ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และ ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method ไม่แตกต่างกัน

ผลทดสอบสมมุติฐาน พบว่า ประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และประสิทธิภาพของเทคนิค image Inpainting : Fast Marching Method ไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งค่า sig (0.439) มากกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิค image Inpainting : Navier-Stokes และ image Inpainting : Fast Marching Method ให้ผลลัพธ์ที่ดีเหมือนกัน แต่เทคนิค Fast Marching Method จะมีคุณสมบัติด้านความเร็วในการฟื้นฟูภาพที่เห็นได้ชัด

สมมุติฐานที่ 2 ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย แตกต่างกัน

ผลทดสอบสมมุติฐาน พบว่า ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR แบบภาพเสียหาย และประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งค่า sig (0.000) น้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าการฟื้นฟูภาพ ทำให้ประสิทธิภาพความถูกต้องในการมองเห็นของ AR ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย ได้ผลลัพธ์ที่ดี

5.2 อภิปรายผลวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอเทคนิคประมวลผลภาพเพื่อฟื้นฟูภาพ (Image Restoration) ที่เสียหาย ด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไป (Image Inpainting) ด้วยการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี AR (Augmented Reality) ที่ประสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) โดยผ่านอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์รวมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่างๆ จากผลของวิธีการที่นำเสนอให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้ตามรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.3 และ 4.4 สามารถแสดงในเรื่องประสิทธิภาพของการฟื้นฟูภาพด้วยวิธีการเพิ่มเติมส่วนที่ ขาดหายไปของภาพ ด้วย OpenCV และนำภาพ Marker-based ที่ฟื้นฟูแล้วมาทำการทดลองประสิทธิภาพการมองเห็นของ AR ด้วยโปรแกรม Unity ทั้งนี้เทคนิคที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต ด้วยการพัฒนาแอปพลิเคชัน AR สื่อการเรียนรู้ที่สามารถสร้างแบบจำลององค์ความรู้ที่ซับซ้อน เข้าใจยาก ให้ออกมาเป็นโมเดลที่เป็นรูปธรรมและทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้นและสามารถนำไปใช้กับภาพสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้กล้องสแกน เช่น QR Code เป็นต้น

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

5.3.1 ภาพ Marker-based ที่จำลองความเสียหายด้วยรอยขีดเขียน และภาพหายไปบางส่วนมากกว่า 50% ของภาพ ไม่สามารถฟื้นฟูภาพที่แสดงผลลัพธ์ AR ได้

5.3.2 ช่วงเวลาของแสงแดดที่ไม่สม่ำเสมอ และต้องควบคุมระดับค่าแสงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้

5.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

ภาพ Marker-based ที่จะนำมาฟื้นฟูภาพที่เสียหายในหลายๆ รูปแบบแล้วนำมาทดสอบการฟื้นฟูดูก่อน และสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบภาพให้มีความต่างของสภาพแสงที่มีค่าแตกต่างกัน เพื่อให้การทำงานวิจัยดำเนินงานได้อย่างสมบูรณ์





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- [1] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ, “AR (Augmented Reality) เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริง,” [Online]. Available : <https://www.scimath.org/article-technology/item/7755-ar-augmented-reality> [Accessed : 6 กันยายน 2565].
- [2] ณัฐวุฒิ สีนํ้าเงิน, “ระบบ AR คืออะไร,” [Online]. Available : <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/4786-what-is-the-ar-system.html> [Accessed : 6 กันยายน 2565].
- [3] AGILE SOFTWARE HOUSE, “Virtual Reality (VR) & Augmented Reality (AR) เทคโนโลยีสุดล้ำ ก้าวเข้าสู่โลกเสมือนจริง,” [Online]. Available : <https://swiftlet.co.th/virtual-reality-vr-augmented-reality-ar/> [Accessed : 6 กันยายน 2565]
- [4] จารุวรรณ ภาพภักดี และ พินันทา ฉัตรวัฒนา, “มิติใหม่ของการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการศึกษา,” วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 9, ฉบับที่ 3, หน้า 311-316, กันยายน-ธันวาคม 2561.
- [5] R. Sablatnig and M. Wimmer, *EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, Goslar : Eurographics Association, 2018.
- [6] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, “ความเป็นจริงเสริม,” [Online]. Available : <https://th.wikipedia.org/wiki/ความเป็นจริงเสริม>, [Accessed : 6 กันยายน 2565].
- [7] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, “สมมาตร,” [Online]. Available : <https://th.wikipedia.org/wiki/สมมาตร>, [Accessed : 6 กันยายน 2565].
- [8] Amazon Web Services, “Python คืออะไร,” [Online]. Available : <https://aws.amazon.com/th/what-is/python/> [Accessed : 6 กันยายน 2565].
- [9] Amazon Web Services, “โปรแกรม Unity คืออะไร,” [Online]. Available : <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/8286-program-unity.html> [Accessed : 6 กันยายน 2565].
- [10] นิภา ฉิมมี และ วชิรพร ดิษฐสมบุญ, “โลกเสมือนผ่านโลกจริง,” [Online]. Available : <https://nipatanoy.wordpress.com/> [Accessed : 6 กันยายน 2565].
- [11] พันธมิตร ถือชาติ, “การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ระบบสุริยะ,” สารนิพนธ์ วท.บ. (เทคโนโลยีสารสนเทศ), มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 2560.

- [12] ณัฐญา นาคะสันต์ และศุภรางค์ เรืองวานิช, “เติมชีวิตให้สื่อสิ่งพิมพ์ทางการศึกษา,” *วารสารร่วมพฤษภมหาวิทยาลัยเกริก*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 2, หน้า 39, พฤษภาคม-สิงหาคม 2559.
- [13] A. Klavins, “How to Create your own Augmented Reality Marker?,” [Online]. Available : <https://overlyapp.com/blog/how-to-create-an-augmented-reality-marker/> [Accessed : September 6, 2022].
- [14] N. Jesadapatrakul, “Image-Processing,” [Online]. Available : <https://medium.com/tni-university/image-processing-981c65c26289> [Accessed : September 6, 2022].
- [15] Wikipedia, “Image-Restoration,” [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Image_restoration [Accessed : September 7, 2022].
- [16] Anannya Uberoi 1, “Image-Inpainting-Using-Opencv,” [Online]. Available : <https://www.geeksforgeeks.org/image-inpainting-using-opencv/> [Accessed : September 7, 2022].
- [17] A. Telea, “An image inpainting technique based on the fast marching method,” *Journal of Graphics Tools*, vol.9, no.1, pp. 25-36, January 2004.
- [18] Wikipedia, “Fast_Marching_Method,” [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_marching_method [Accessed : September 7, 2022].
- [19] Bertalmio et al., “Navier-stokes, fluid dynamics, and image and video inpainting,” *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, CVPR 2001, Kauai, HI, USA, December 8-14, 2001, pp. 355.
- [20] พีระ จรุงไทย, สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา และ คำรณ สุนันติ “Adaptive half-point gradient algorithm for digital image inpainting,” *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13, GRC2012*, วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่นและอาคารศูนย์วิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น, 17 กุมภาพันธ์ 2555, หน้า 307-315.
- [21] V. V. Mahalingam, “Digital Inpainting Algorithms And Evaluation,” Ph.D. dissertation (Doctor of Philosophy in the College of Engineering), University of Kentucky, Lexington, USA, 2010.
- [22] Ramswarup_Kulhary, “Computer Vision,” [Online]. Available : <https://www.geeksforgeeks.org/opencv-overview/> [Accessed : September 7, 2022].
- [23] Wikipedia, “Unity,” [Online]. Available : [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_\(game_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine)) [Accessed : September 8, 2022].

- [24] O. Mbaabu, “Yolo-Algorithm,” [Online]. Available : <https://www.section.io/engineering-education/introduction-to-yolo-algorithm-for-object-detection/> [Accessed : September 8, 2022].
- [25] Wikipedia, “OpenCV,” [Online]. Available : <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenCV> [Accessed : September 8, 2022].
- [26] C. Taemkaeo, “Train Object Detections ด้วย Roboflow และ YoloV4 Pytorch,” [Online]. Available : <https://medium.com/super-ai-engineer/train-object-detections-A2-roboflow-B0-yolov4-pytorch-part1-b6b3cb5f4718> [Accessed : September 9, 2022].
- [27] J. Bhattacharyya, “Step by Step Guide To Object Detection Using Roboflow,” [Online]. Available : <https://analyticsindiamag.com/step-by-step-guide-to-object-detection-using-roboflow/> [Accessed : September 9, 2022].
- [28] Ninenox Develop, “ทำความเข้าใจ Accuracy, Precision, Recall, f1-Score,” [Online]. Available : <http://www.ninenox.com/2020/09/24/ทำความเข้าใจ-accuracy-precision-recall-f1-score/> [Accessed : 8 กรกฎาคม 2566].
- [29] ขวัญฟ้า มหาสิทธิ์ และ คำรณ สุนติ, “ค้นหาและคืนค่าตำแหน่งที่เสียหายบนรูปภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม โดยใช้เครื่องจักรเรียนรู้เอ็กซ์ตริม,” วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, ปีที่ 12, ฉบับที่ 2, หน้า 51, กรกฎาคม-ธันวาคม 2559.
- [30] สิทธิโชค อุ่นแก้ว, ธเนศ เคารพพงศ์ และมนตรี กาญจนะเดชะ , “การศึกษาวิธีการตรวจสอบราขาวบนผิวเนื้ออย่างแม่นยำ โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ,” วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 51, กรกฎาคม-ธันวาคม 2550.
- [31] N. Meekham, “T – test Dependent กับ T – test Independent นั้นแตกต่างกันอย่างไร,” [Online]. Available : <https://www.xn--12co8bkb4ccba6b3geffwj63b.com/t-test-แตกต่างกันอย่างไร/> [Accessed : 21 กรกฎาคม 2566].



ภาคผนวก

TNI



โค้ดโปรแกรมภาษา Python

การวัดประสิทธิภาพเทคนิค image Inpainting ทั้ง 2 อัลกอริทึม

```

import cv2
import numpy as np

# โหลดภาพต้นฉบับและภาพที่ฟื้นฟู
original_image = cv2.imread("A Image damage 2.png", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
reconstructed_image = cv2.imread("A Image Inpainting.png", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

# ตรวจสอบขนาดของภาพให้เป็นขนาดเท่ากัน
original_image = cv2.resize(original_image, (reconstructed_image.shape[1], reconstructed_image.shape[0]))

# คำนวณค่า MSE
mse = np.mean((original_image - reconstructed_image) ** 2)

print("Mean Square Error (MSE):", mse)

Mean Square Error (MSE): 2.7794478282401824

import cv2
import numpy as np

# โหลดภาพต้นฉบับและภาพที่ฟื้นฟู
original_image = cv2.imread("A Image damage 2.png", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
reconstructed_image = cv2.imread("A Image Inpainting_TELA.png", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

# ตรวจสอบขนาดของภาพให้เป็นขนาดเท่ากัน
original_image = cv2.resize(original_image, (reconstructed_image.shape[1], reconstructed_image.shape[0]))

# คำนวณค่า MSE
mse = np.mean((original_image - reconstructed_image) ** 2)

print("Mean Square Error (MSE):", mse)

Mean Square Error (MSE): 2.452827518911534

```

```

mean square error (mse): 2.7794478282401824

import cv2
import numpy as np

# Inpainting_NS
# โหลดภาพต้นฉบับและภาพที่ฟื้นฟู
original_image = cv2.imread("/content/Image Original/Z Image damage Before.jpg", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
reconstructed_image = cv2.imread("/content/Image Inpainting NS/Z Image Inpainting.png", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

# ตรวจสอบขนาดของภาพให้เป็นขนาดเท่ากัน
original_image = cv2.resize(original_image, (reconstructed_image.shape[1], reconstructed_image.shape[0]))

# คำนวณค่า MSE
mse = np.mean((original_image - reconstructed_image) ** 2)

print("Mean Square Error (MSE):", mse)

Mean Square Error (MSE): 1.792775256648324

import cv2
import numpy as np

# Inpainting_TELA
# โหลดภาพต้นฉบับและภาพที่ฟื้นฟู
original_image = cv2.imread("/content/Image Original/Z Image damage Before.jpg", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
reconstructed_image = cv2.imread("/content/Image Inpainting TELAE/Z Image Inpainting_TELA.png", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

# ตรวจสอบขนาดของภาพให้เป็นขนาดเท่ากัน
original_image = cv2.resize(original_image, (reconstructed_image.shape[1], reconstructed_image.shape[0]))

# คำนวณค่า MSE
mse = np.mean((original_image - reconstructed_image) ** 2)

print("Mean Square Error (MSE):", mse)

Mean Square Error (MSE): 1.7384121202877365

```

```

import cv2
import numpy as np

# โหลดภาพต้นฉบับและภาพที่ฟื้นฟู
original_image = cv2.imread("/content/Image Original/A Image damage_Before.jpg", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
reconstructed_image = cv2.imread("/content/Image Inpainting NS/A Image Inpainting.png", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

# ตรวจสอบขนาดของภาพให้เป็นขนาดเท่ากัน (ถ้าจำเป็น)
if original_image.shape != reconstructed_image.shape:
    reconstructed_image = cv2.resize(reconstructed_image, (original_image.shape[1], original_image.shape[0]))

# คำนวณค่า MSE
mse = np.mean((original_image - reconstructed_image) ** 2)

# หาค่าสูงสุดของภาพต้นฉบับ
max_value = np.max(original_image)

# แปลงค่า MSE เป็นแบบเปอร์เซ็นต์
mse_percentage = (mse / max_value) * 100

# ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ให้ไม่เกิน 100%
mse_percentage = min(mse_percentage, 100)

# สลับค่าเปอร์เซ็นต์ระหว่าง 0% ถึง 100%
mse_percentage = 100 - mse_percentage

print("Mean Square Error (MSE) Percentage:", mse_percentage)

```

Mean Square Error (MSE) Percentage: 99.42506204306123

```

import cv2
import numpy as np

# โหลดภาพต้นฉบับและภาพที่ฟื้นฟู
original_image = cv2.imread("/content/Image Original/A Image damage_Before.jpg", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
reconstructed_image = cv2.imread("/content/Image Inpainting TELAE/A Image Inpainting_TELAE.png", cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

# ตรวจสอบขนาดของภาพให้เป็นขนาดเท่ากัน (ถ้าจำเป็น)
if original_image.shape != reconstructed_image.shape:
    reconstructed_image = cv2.resize(reconstructed_image, (original_image.shape[1], original_image.shape[0]))

# คำนวณค่า MSE
mse = np.mean((original_image - reconstructed_image) ** 2)

# หาค่าสูงสุดของภาพต้นฉบับ
max_value = np.max(original_image)

# แปลงค่า MSE เป็นแบบเปอร์เซ็นต์
mse_percentage = (mse / max_value) * 100

# ปรับค่าเปอร์เซ็นต์ให้ไม่เกิน 100%
mse_percentage = min(mse_percentage, 100)

# สลับค่าเปอร์เซ็นต์ระหว่าง 0% ถึง 100%
mse_percentage = 100 - mse_percentage

print("Mean Square Error (MSE) Percentage:", mse_percentage)

```

Mean Square Error (MSE) Percentage: 99.46252065397461