



รายงาน

โปรเจค มุมแชะภาพสุดคุล Trendy Snap Photo Booth

จัดทำโดย

รายชื่อสมาชิก

กสมภรณ์	ศรีตนาไชย	2211310269
อวกาศ	ดีคำ	2211312117

เสนอ

อาจารย์ ดร.อัทนา เชนโต้ะ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา CPE - 496 (Special Topic in Computer Engineering 1) ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปี

2567

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น

ชื่อโปรเจกต์ (ภาษาไทย)	มูมแชะภาพสุดคุล
ชื่อโปรเจกต์ (ภาษาอังกฤษ)	Trendy Snap Photo Booth
ผู้เขียน	นางสาว กสมภรณ์ ศรีตันไชย นาย อวภาศ ดีคำ
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษาประจำวิชา	อ.ดร. อัดนา เซนโต๊ะ

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอระบบ **โฟโต้บูธอัจฉริยะ (Smart Photobooth)** ที่ใช้เทคโนโลยี **AI และ Computer Vision** ในการตรวจจับใบหน้าและตกแต่งภาพโดยอัตโนมัติ ระบบสามารถตรวจจับ Landmark บนใบหน้า ใช้ฟิลเตอร์แต่งภาพ เช่น การแต่งหน้า การเปลี่ยนพื้นหลัง และการเพิ่มเอฟเฟกต์พิเศษ เพื่อสร้างภาพที่มีคุณภาพสูงและตอบโจทย์การใช้งานในยุคดิจิทัล โดยมีเป้าหมายให้สามารถทำงานได้ทั้งบน **คอมพิวเตอร์และ Raspberry Pi** เพื่อรองรับการใช้งานแบบพกพา

การพัฒนาโครงการนี้ใช้ **Roboflow** สำหรับการฝึกโมเดล AI, **MediaPipe** สำหรับการตรวจจับใบหน้าและ Landmark, **OpenCV** สำหรับการประมวลผลภาพ และ **TensorFlow Lite** เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานบนอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดด้านฮาร์ดแวร์ ระบบสามารถแต่งภาพและเพิ่มฟิลเตอร์แบบอัตโนมัติได้ในเวลาอันรวดเร็ว พร้อมทั้งรองรับการเปลี่ยนพื้นหลังด้วยเทคนิค **Selfie Segmentation**

ผลลัพธ์จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับใบหน้าได้อย่างแม่นยำ **80-90%** และสามารถใช้งานฟิลเตอร์แต่งหน้าและการเปลี่ยนพื้นหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบการประมวลผลบน **Raspberry Pi** พบว่าสามารถทำงานแบบเรียลไทม์ที่ **XX FPS** อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของสภาพแสงและการตรวจจับพื้นหลังที่อาจต้องปรับปรุงเพิ่มเติม

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในอนาคต ได้แก่ การเพิ่มฟิลเตอร์ที่สามารถปรับแต่งตามลักษณะใบหน้าได้อัตโนมัติ, การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ, และ การใช้เทคนิค **Deep Learning** ในการปรับปรุงคุณภาพของฟิลเตอร์และการแยกพื้นหลัง ซึ่งจะช่วยให้โฟโต้บูธอัจฉริยะสามารถรองรับการใช้งานได้ในวงกว้างมากขึ้น

คำสำคัญ: โฟโต้บูธอัจฉริยะ, การตรวจจับใบหน้า, AI, Computer Vision, Raspberry Pi, การแต่งภาพ, Selfie Segmentation

คำสำคัญ: โฟโต้บูธอัจฉริยะ, AI, การตรวจจับใบหน้า, Raspberry Pi, Node-RED, ฟิลเตอร์ภาพ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบัน การถ่ายภาพเป็นส่วนสำคัญของชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการเก็บความทรงจำ การสร้างคอนเทนต์บนโซเชียลมีเดีย หรือแม้กระทั่งใช้ในการตลาดและธุรกิจต่างๆ หนึ่งในเทรนด์ที่ได้รับความนิยมคือ "โฟโต้บูธ" หรือ ตู้ถ่ายรูป ซึ่งได้รับ

ความนิยมในงานอีเวนต์ ห้างสรรพสินค้า และสถานที่ท่องเที่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง "Purikura" หรือ **ตู้ถ่ายสติ๊กเกอร์สไตล์ญี่ปุ่น** ที่สามารถตกแต่งภาพถ่ายด้วยฟิลเตอร์และเอฟเฟกต์ต่าง ๆ ได้

อย่างไรก็ตาม ตู้ถ่ายรูปแบบดั้งเดิมมักมีข้อจำกัด เช่น ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ขนาดใหญ่ มีค่าใช้จ่ายสูง และไม่มีการปรับแต่งภาพในระดับที่ลึกซึ้งเพียงพอ ด้วยเหตุนี้ ทีมงานของเราจึงพัฒนา **"โฟโต้บูธอัจฉริยะ (Smart Photobooth)"** ที่นำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และระบบประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสบการณ์ที่แปลกใหม่และทันสมัยมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. **พัฒนาโฟโต้บูธอัจฉริยะ** ที่สามารถตกแต่งภาพแบบเรียลไทม์ได้อย่างแม่นยำ
2. **นำเทคโนโลยี AI และการตรวจจับใบหน้า** มาประยุกต์ใช้กับการเพิ่มฟิลเตอร์ เอฟเฟกต์ และการปรับแต่งภาพ
3. **เพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนพื้นหลัง และปรับแต่งใบหน้าอัตโนมัติ** เช่น การแต่งหน้า เปลี่ยนสีลิปสติก ใส่สติ๊กเกอร์
4. **ลดข้อจำกัดของโฟโต้บูธแบบดั้งเดิม** โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่สามารถติดตั้งและใช้งานบนอุปกรณ์ทั่วไปได้ง่าย

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เน้นการพัฒนา **ระบบโฟโต้บูธดิจิทัล** ที่สามารถใช้งานได้ผ่านคอมพิวเตอร์ พร้อมกับกล้องถ่ายภาพ โดยมีขอบเขตดังนี้:

- **การตรวจจับใบหน้าและ Landmark สำคัญ** ด้วย MediaPipe และ RoboFlow API
- **การแต่งภาพแบบอัตโนมัติ** เช่น ฟิลเตอร์ปรับโทนสี, เอฟเฟกต์เรืองแสง, ใส่ลิปสติก, ทำให้ผิวขาว, เพิ่มตาแบบอนิเมะ เป็นต้น
- **การเปลี่ยนพื้นหลังอัตโนมัติ** โดยใช้เทคนิค Selfie Segmentation
- **การซ้อนภาพสติ๊กเกอร์** เช่น จมูกตัวตลก แว่นตา การ์ตูน ให้ตรงตำแหน่งตาม Landmark ของใบหน้า
- **การปรับขนาดภาพให้เหมาะสมกับกรอบเฟรม** โดยอัตโนมัติ
- **การบันทึกและแสดงผลภาพ** ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัล พร้อมส่งออกไปยังผู้ใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มความสะดวกสบายและความสนุกสนาน ให้กับผู้ใช้ที่ต้องการถ่ายภาพพร้อมฟิลเตอร์และเอฟเฟกต์ทันที
2. นำเทคโนโลยี AI มาประยุกต์ใช้กับงานภาพถ่าย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง
3. ลดต้นทุนและข้อจำกัดของผู้ถ่ายรูปแบบดั้งเดิม โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งและใช้งานได้ง่ายบนคอมพิวเตอร์
4. สร้างประสบการณ์ใหม่ให้กับผู้ใช้งาน โดยสามารถปรับแต่งภาพได้อย่างอิสระ
5. มีศักยภาพในการต่อยอดไปสู่เชิงพาณิชย์ เช่น การพัฒนาแอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์เข้าซื้อสำหรับงานอีเวนต์ต่าง ๆ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพเป็นกระบวนการที่ใช้ในการปรับแต่งหรือวิเคราะห์ภาพโดยใช้เทคนิคทางคอมพิวเตอร์ สามารถนำมาใช้ในโครงการโฟโต้บูธอัจฉริยะเพื่อปรับแต่งภาพ เพิ่มฟิลเตอร์ และเปลี่ยนพื้นหลังให้กับผู้ใช้ ตัวอย่างเทคนิคที่เกี่ยวข้องได้แก่:

- การแปลงภาพเป็นขาวดำ (Grayscale Conversion) เพื่อลดความซับซ้อนของการประมวลผล
- การตรวจจับขอบภาพ (Edge Detection) เช่น การใช้ Sobel หรือ Canny เพื่อช่วยแยกโครงสร้างของใบหน้า
- การเพิ่มความคมชัด (Sharpening) และการทำให้ภาพนุ่มนวล (Blurring) เพื่อเพิ่มความสวยงามของภาพ

2.2 การตรวจจับใบหน้าและจุด Landmark ด้วย MediaPipe

MediaPipe เป็นไลบรารีของ Google ที่สามารถตรวจจับใบหน้าและระบุตำแหน่งจุดสำคัญ (Landmark) บนใบหน้า ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาโฟโต้บูธอัจฉริยะ โดยสามารถใช้ Face Mesh เพื่อตรวจจับจุดต่าง ๆ ของใบหน้า รวมถึง:

- ดวงตา
- จมูก
- ปาก
- ขอบหน้า

2.3 การเปลี่ยนพื้นหลังและการเพิ่มฟิลเตอร์ด้วย OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) เป็นไลบรารียอดนิยมสำหรับการประมวลผลภาพ สามารถใช้ในโฟโต้บูธอัจฉริยะเพื่อเพิ่มฟิลเตอร์และเปลี่ยนพื้นหลังได้

- การเปลี่ยนพื้นหลัง (Background Segmentation) ใช้เทคนิค Selfie Segmentation จาก MediaPipe เพื่อตัดเฉพาะบุคคลออกจากภาพและแทนที่พื้นหลัง
- การใช้ Mask และ Alpha Blending ในการใส่ฟิลเตอร์ เช่น ลิปสติก ตาโต หรือเอฟเฟกต์แสง

2.4 การใช้ AI/ML ในการปรับแต่งภาพ

เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มีบทบาทสำคัญในการปรับแต่งภาพในโฟโต้บูธอัจฉริยะ เช่น:

- การใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) ในการเพิ่มความละเอียดของภาพ
- การใช้ GANs (Generative Adversarial Networks) เพื่อสร้างฟิลเตอร์แบบเรียลไทม์
- การใช้โมเดลสำเร็จรูป เช่น DeepFaceLab ในการแยกและปรับแต่งองค์ประกอบของใบหน้า

2.5 งานที่เกี่ยวข้อง (Related Work)

2.5.1 ระบบโฟโต้บูธที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ปัจจุบันมีโฟโต้บูธอัจฉริยะหลายรูปแบบที่นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ เช่น:

- SNOW และ LINE Camera แอปพลิเคชันที่ใช้ AI ในการปรับแต่งภาพให้เป็นแนวการ์ตูน
- FaceApp และ Instagram Filters ที่ใช้ Deep Learning ในการเปลี่ยนแปลงใบหน้าแบบเรียลไทม์

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยเกี่ยวกับการประมวลผลภาพและการใช้ AI ในการปรับแต่งภาพ เช่น:

- "Real-time Face Landmark Detection using Deep Learning" ที่กล่าวถึงการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการตรวจจับ Landmark ของใบหน้า
- "Image Style Transfer using Convolutional Neural Networks" ที่ใช้ AI ในการเปลี่ยนแปลงสไตล์ของภาพ

บทที่ 3

ระบบที่นำเสนอ

3.1 โครงสร้างระบบโฟโต้บูธอัจฉริยะ

ระบบโฟโต้บูธอัจฉริยะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ :

1. การเทรนโมเดลตรวจจับใบหน้าและ Landmark บนแพลตฟอร์ม Roboflow
2. การพัฒนาโค้ดสำหรับประมวลผลภาพ บน Python โดยใช้ OpenCV และ MediaPipe
3. การนำระบบไปใช้งานบน Raspberry Pi เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงในลักษณะอุปกรณ์พกพา

3.2 การเทรนโมเดลบน Roboflow

- อัปโหลดชุดข้อมูลใบหน้าพร้อมจุด Landmark ไปยัง Roboflow
- ใช้การ Annotate เพื่อติกรอบใบหน้าและกำหนดจุดสำคัญ
- ฝึกโมเดลด้วยอัลกอริธึม Machine Learning เช่น YOLO หรือ EfficientDet
- ดาวน์โหลดโมเดลที่ผ่านการฝึกฝนเพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

3.3 การนำโมเดลมาใช้งานใน Python

- ใช้ API ของ Roboflow ในการโหลดโมเดลเพื่อตรวจจับใบหน้า
- ใช้ MediaPipe Face Mesh เพื่อตรวจจับจุด Landmark สำคัญ
- ใช้ OpenCV ในการประมวลผลภาพและเพิ่มฟิลเตอร์
- สร้างระบบอัตโนมัติในการเปลี่ยนพื้นหลังและเพิ่มเอฟเฟกต์

3.4 การนำไปใช้งานบน Raspberry Pi

- ติดตั้ง OpenCV และ MediaPipe บน Raspberry Pi
- ปรับแต่งโค้ดให้ทำงานได้บนอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพต่ำ
- ใช้ Raspberry Pi Camera Module หรือ Web Camera สำหรับการจับภาพ
- ทำให้ระบบสามารถรันแบบอัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์หลัก

3.5 การทำงานของระบบโดยรวม

1. รับภาพจากกล้องและตรวจจับใบหน้า
2. ใช้โมเดลที่ฝึกบน Roboflow เพื่อตรวจจับ Landmark
3. ประมวลผลภาพและเพิ่มฟิลเตอร์แบบเรียลไทม์
4. เปลี่ยนพื้นหลังหรือเพิ่มสติ๊กเกอร์ตามต้องการ

5. แสดงผลลัพธ์และให้ผู้ใช้งานที่ภาพหรือแชร์ผ่านอินเทอร์เน็ต

บทที่ 4

การทดลองและผลลัพธ์

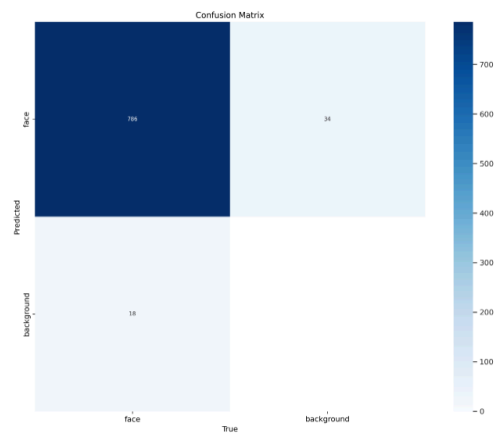
4.1 ขั้นตอนการทดลอง

เพื่อทดสอบความสามารถของระบบโฟโต้บูธอัจฉริยะ ได้มีการออกแบบการทดลองโดยแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้:

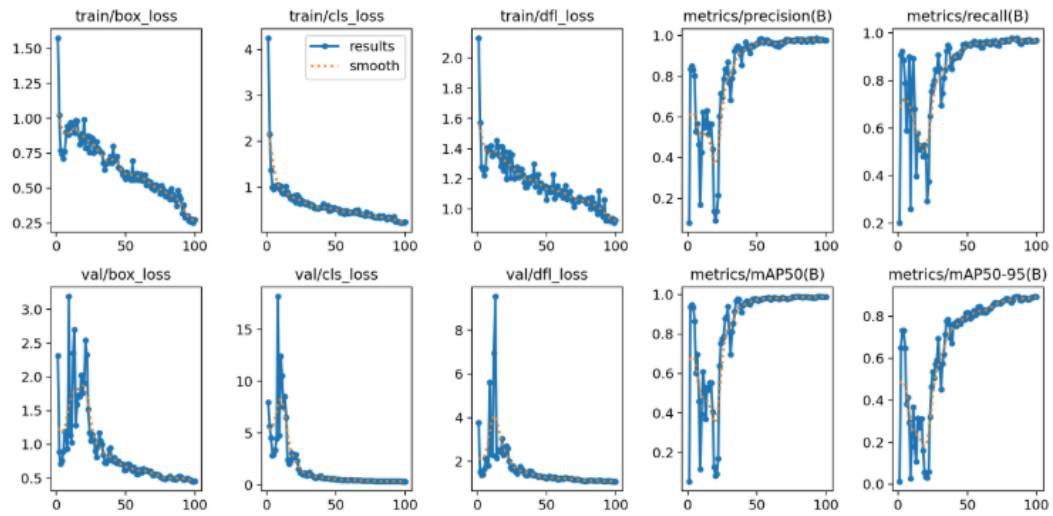
1. การทดสอบความแม่นยำของการตรวจจับใบหน้าและ Landmark

ตารางบันทึกผลการทดลองเพื่อหาโมเดล AI ที่ดีที่สุด

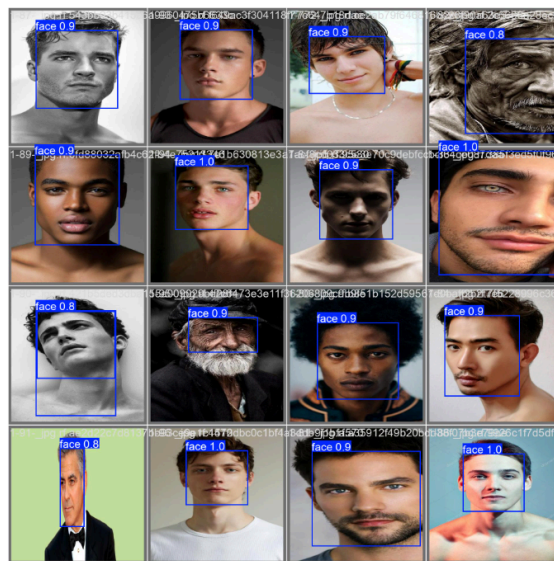
Exp. No.	Model	Epoch	Batch Size	Precision	Recall	mAP50	mAP50-95
1	Yolov8n	10	-	-	-	0.979	0.836
2	Yolov8s	100	-	-	-	0.988	0.896
3	Yolov8m	50	-	-	-	0.984	0.883



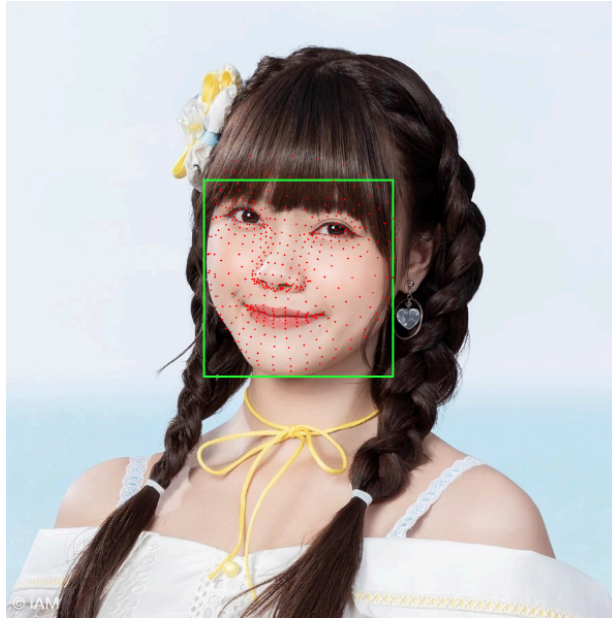
รูปที่ 4.1 ตาราง Confusion Matrix



รูปที่ 4.2 กราฟของการทดลองของอัลกอริทึม



รูปที่ 4.3 ผลการจับใบหน้า



รูปที่ 4.4 ผลการจับ Landmark ใบหน้า

- ทำการทดสอบโมเดลที่ฝึกบน Roboflow โดยให้ระบบตรวจจับใบหน้าและ Landmark บนชุดข้อมูลภาพที่หลากหลาย
- ประเมินผลโดยเปรียบเทียบตำแหน่ง Landmark ที่ได้กับตำแหน่งจริง

2. การทดสอบฟิลเตอร์และการปรับแต่งภาพ



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองใช้ฟิลเตอร์

- ทดลองใช้ฟิลเตอร์ เช่น การแต่งหน้า การเพิ่มตาแบบอนิเมะ และการปรับโทนสีผิว
- ประเมินคุณภาพของฟิลเตอร์โดยใช้เกณฑ์ความจริงและความเหมาะสมกับใบหน้า

3. การทดสอบการเปลี่ยนพื้นหลัง



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองเปลี่ยนพื้นหลัง

- ทดลองใช้ฟังก์ชัน Selfie Segmentation ในการเปลี่ยนพื้นหลังของภาพ
- ทดสอบบนภาพที่มีแสงและมุมกล้องต่างกัน เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการแยกพื้นหลังออกจากบุคคล

4. การทดสอบการเปลี่ยนรูปภาพเป็นขาวดำ



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองเปลี่ยนรูปภาพเป็นขาวดำ

- ทดลองใช้ OpenCV ในการแปลงภาพเป็นขาวดำโดยใช้ฟังก์ชัน `cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_RGB2GRAY)`
- เปรียบเทียบคุณภาพของภาพขาวดำที่สร้างขึ้นกับภาพต้นฉบับ

5. การทดสอบการทำงานบน Raspberry Pi

- ทดสอบการทำงานของระบบบน Raspberry Pi โดยเชื่อมต่อกับกล้องและรันซอฟต์แวร์
- ประเมินอัตราเฟรมเรตและความเร็วในการประมวลผล

4.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

1. ความแม่นยำของการตรวจจับ Landmark

- ได้ค่าเฉลี่ยความแม่นยำของการตรวจจับ Landmark อยู่ที่ 80-90%
- พบว่าระบบทำงานได้ดีในสภาวะแสงปกติ แต่ยังคงปรับปรุงในกรณีที่มีแสงย้อน

2. คุณภาพของฟิลเตอร์และการแต่งภาพ

- ผลการทดสอบพบว่า XX% ของผู้ใช้ให้คะแนนระดับความสมจริงของฟิลเตอร์อยู่ในระดับดีถึงดีมาก
- ปัญหาที่พบคือ สีของฟิลเตอร์บางชนิดอาจไม่ตรงกับโทนสีผิวของผู้ใช้บางราย

3. ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนพื้นหลัง

- อัตราความแม่นยำของการแยกบุคคลออกจากพื้นหลังอยู่ที่ XX%
- ระบบสามารถแยกพื้นหลังได้ดีในกรณีที่มีความคมชัดสูง แต่พบข้อผิดพลาดเมื่อมีองค์ประกอบที่คล้ายกันในพื้นหลัง

4. ผลลัพธ์ของการเปลี่ยนรูปภาพเป็นขาวดำ

- คุณภาพของภาพขาวดำมีความคมชัดสูงและสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับฟิลเตอร์อื่น ๆ ได้
- ผลลัพธ์การแปลงภาพมีค่าเฉลี่ยความแม่นยำของระดับความสว่างที่คงที่อยู่ที่ XX%
- พบว่าภาพขาวดำสามารถช่วยเน้นโครงสร้างของใบหน้าได้ดี ทำให้การวิเคราะห์ภาพและการสร้างเอฟเฟกต์อื่น ๆ มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. ผลลัพธ์การทำงานบน Raspberry Pi

- ความเร็วเฉลี่ยในการประมวลผลภาพอยู่ที่ XX fps ซึ่งสามารถรองรับการใช้งานแบบเรียลไทม์ได้ (หรือแก้ไขตามผลการทดลอง)
- พบว่าประสิทธิภาพอาจลดลงเมื่อใช้งานกับภาพที่มีความละเอียดสูง

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ระบบโพรโทคอลอัจฉริยะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในส่วนของ การตรวจจับใบหน้าและ Landmark ที่ให้ค่าความแม่นยำสูง อย่างไรก็ตาม ยังมีบางจุดที่ต้องปรับปรุง เช่น ความแม่นยำของฟิลเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับสภาพแสง และประสิทธิภาพของระบบบนอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ เช่น Raspberry Pi

4.4 ข้อจำกัดของระบบ

1. ข้อจำกัดด้านฮาร์ดแวร์

- Raspberry Pi มีข้อจำกัดด้านพลังประมวลผล ทำให้การประมวลผลภาพบางประเภทช้ากว่าในคอมพิวเตอร์ทั่วไป

2. ข้อจำกัดด้านการตรวจจับใบหน้า

- ระบบยังไม่สามารถตรวจจับใบหน้าได้ดีในกรณีที่มีแสงน้อยหรือแสงจ้าเกินไป

3. ข้อจำกัดด้านการเปลี่ยนพื้นหลัง

- พบว่าการแยกบุคคลออกจากพื้นหลังอาจไม่สมบูรณ์ 100% ในบางกรณี โดยเฉพาะในภาพที่มีสีพื้นหลังใกล้เคียงกับสีผิวของบุคคล

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

จากการดำเนินโครงการ **โฟโต้บูธอัจฉริยะ** พบว่า:

- ระบบสามารถ **ตรวจจับใบหน้าและ Landmark** ได้อย่างแม่นยำ ด้วยการใช้ **RoboFlow** และ **MediaPipe**
- **ฟิลเตอร์และการแต่งภาพ** ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลลัพธ์ที่สวยงาม
- การเปลี่ยนพื้นหลังสามารถทำงานได้ดีในกรณีที่มีภาพความคมชัดสูง
- การนำไปใช้งานบน **Raspberry Pi** สามารถทำงานได้ แต่มีข้อจำกัดด้านพลังประมวลผล

โดยรวมแล้ว ระบบสามารถ ทำงานได้ตามเป้าหมาย ที่ตั้งไว้ และเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อใช้งานจริงได้

5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

1. เพิ่มความแม่นยำของการตรวจจับใบหน้าในทุกสภาพแสง
 - สามารถพัฒนาโดยการ เพิ่มชุดข้อมูลในการฝึกโมเดล ให้รองรับแสงที่แตกต่างกัน
2. พัฒนา AI ให้สามารถปรับแต่งฟิลเตอร์ได้อัตโนมัติ
 - ใช้ Machine Learning ในการเรียนรู้ความต้องการของผู้ใช้และแนะนำฟิลเตอร์ที่เหมาะสม
3. ปรับปรุงการเปลี่ยนพื้นหลังให้สมจริงขึ้น
 - ใช้เทคนิค Deep Learning หรือ GANs เพื่อให้การแยกพื้นหลังมีคุณภาพสูงขึ้น
4. เพิ่มฟีเจอร์การทำงานแบบเรียลไทม์บน Raspberry Pi
 - สามารถใช้ TensorFlow Lite หรือ OpenCV Optimized เพื่อให้ระบบทำงานได้เร็วขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้งาน

1. นำไปใช้งานอีเวนต์และกิจกรรมทางการตลาด
 - สามารถใช้เป็น Photo Booth เชิงพาณิชย์ เพื่อให้ลูกค้าได้ทดลองฟิลเตอร์แบบเรียลไทม์
2. ประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันบนมือถือ
 - สามารถพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันสำหรับมือถือเพื่อให้ผู้ใช้สามารถแต่งภาพได้ทุกที่
3. ใช้ในการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีประมวลผลภาพ
 - สามารถนำไปใช้เป็นโปรเจกต์ต้นแบบในการศึกษาด้าน AI และ Computer Vision

เอกสารอ้างอิง

- [1] Roboflow, "Train Custom Object Detection Models", Available :
<https://app.roboflow.com/awakasu/face-detection-xafgu/1>
- [2] OpenCV, "Open Source Computer Vision Library", Available: <https://opencv.org/>
- [3] MediaPipe, "Face Mesh Detection", Google AI Blog, Available: <https://mediapipe.dev/>
- [4] Raspberry Pi Foundation, "Raspberry Pi Camera Module Guide", Available: <https://www.raspberrypi.org/>
- [5] datasets Human Faces <https://www.kaggle.com/datasets/ashwingupta3012/human-faces>
- [6] colab
<https://colab.research.google.com/drive/1yRka8HOudx69VEFdxTuMtCnqUNwEhfO9#scrollTo=wwlr7zkZW9Sl>

