การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 48
The 48th Electrical Engineering Conference (EECON-48)
วันที่ 19-21 พฤศจิกายน 2568 ณ โรงแรมฟูราม่า จังหวัดเชียงใหม่

ระบบจำลองหลักการทำงานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ด้วยเทคโนโลยีเออาร์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

VIRTUAL WORKING PRINCIPLES OF BASIC ELECTRONIC DEVICES SIMULATION SYSTEM WITH AR TECHNOLOGY ON THE ANDROID OPERATING SYSTEM

มณีรัตน์ ฟุ้งเฟื่อง[1] วรวรรณ วรรณสิทธ[1] สมคิด สุขสวัสดิ์[1] สุวรรณี พิทักษ์วินัย[1] และ เอกลักษณ์ สุมนพันธุ์[1]*

[1]หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
Maneerut64@live.rmutl.ac.th worawan64@live.rmutl.ac.th somkit@rmutl.ac.th suwannee_phi@rmutl.ac.th ekkalak@rmutl.ac.th*

บทคัดย่อ

การทำความเข้าใจการทำงานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้น จำเป็นต้องต่อชุดอุปกรณ์เข้ากับวงจร ที่ทำการออกแบบเพื่อให้เห็นภาพการทำงานของอุปกรณ์จริง งานวิจัยนี้ได้นำหลักการจำลองโมเดล 3 มิติ ด้วยเทคโนโลยีเออาร์บนระบบปฏิบัติการแอนดอยด์ ออกแบบการทำงานของวงจรแบบ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมยูนิตี้และเก็บรหัสมาร์คเกอร์ในฐานข้อมูลวูฟูเรีย การทำงานผู้ใช้งานทำการติดตั้งแอปพลิเคชัน บนสมาร์ทโฟนที่ทำการพัฒนา จากนั้นทำการสแกนบนชุดมาร์คเกอร์ที่ออกแบบไว้ สำหรับการใช้งานพบว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด 15 อุปกรณ์ ที่ออกแบบไว้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ไม่ว่าภาพรหัสเออาร์ จะมีแสงสะท้อน มีรอยขูดขีด หรือเอียงโทรศัพท์ในการสแกนรวมทั้งการย่อขยายและหมุนโมเดล 3 มิติ จากการทดลองให้ความแม่นยำ 100 % ในทุกรูปแบบการทดลอง เนื่องจากการสร้างมาร์คเกอร์ ที่ใช้งานบนวูโฟเรียมีระดับอัตราการตรวจจับวัตถุที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี จากการประเมินสรรถนะของผู้เรียนจำนวน 20 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม พบว่ากลุ่มที่เรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยการทำแบบทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดีกว่า แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ภาพรหัสเออาร์ โมเดลสามมิติ วูโฟเรีย แอปพลิเคชันยูนิตี้

Abstract

Understanding the operation of electronic devices requires connecting equipment to circuits designed to visualize the actual functioning of the devices. This research applies 3D model simulation principles using Augmented Reality (AR) technology on the Android operating system to design 3D circuit operations. The system was developed using Unity software with marker codes stored in the Vuforia database. Users install the developed application on smartphones and scan the designed marker sets. The study found that all 15 electronic devices designed in the system functioned correctly, regardless of AR code image conditions including light reflection, scratches, or tilted phone scanning angles, as well as scaling and rotating 3D models. The experiments achieved 100% accuracy across all testing scenarios due to the Vuforia-based markers having excellent object detection rates within acceptable criteria. From the evaluation of the performance of 20 learners, divided into 2 groups, it was found that the group that learned through the application had a better average score on the test, indicating significant learning efficiency through the application.

Keywords: Electronics fundamentals, AR marker, 3D model, Vuforia, Unity Application

1. บทนำ

การศึกษาวิชาอิเล็กทรอนิกส์เป็นสาขาวิชาที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความเข้าใจในหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรต่างๆ ที่เป็นนามธรรม การเรียนการสอนแบบดั้งเดิมที่อาศัยเพียงตำราเรียนและแผนภาพสองมิติมักทำให้ผู้เรียนเกิดความยากลำบากในการเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมองเห็นการไหลของกระแสไฟฟ้าและปฏิสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ในวงจร แม้ว่าโลกทางกายภาพจะเป็นสามมิติ แต่เรามักใช้สื่อสองมิติในการศึกษา ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญในการสื่อสารแนวคิดทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน การผสานเทคโนโลยี (AR: Augmented Reality) เข้ากับการศึกษาจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] ในงานวิจัยได้ระบุว่าการเรียนรู้ส่วนบุคคลที่สนับสนุนด้วยเทคโนโลยีมีผลเชิงบวกที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยด้าน AR ในการศึกษาได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา [2] แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยี AR ส่งผลดีต่อผลการเรียนรู้ โดยเฉพาะในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องจากการศึกษาวิศวกรรมจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดและหลักการที่เป็นนามธรรม เทคโนโลยี AR เป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ในการสร้างโซลูชันและสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและน่าสนใจ [3] การประยุกต์ใช้ AR ในการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ AR ในการจำลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการพัฒนาในหลายรูปแบบ การจำลองวงจรไฟฟ้าได้ใช้ซอร์สโค้ดจาก

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

ไลบรารี SharpCircuit [4] ผสานกับโมเดล 3D เป็นองค์ประกอบทางไฟฟ้าที่มีตรรกะสำหรับการจำลองโดยไลบรารีนี้ ระบบสามารถแสดงการวัดและกราฟที่มีประโยชน์สำหรับการศึกษาแนวคิดเครือข่ายไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีการพัฒนา ระบบจำลองการเชื่อมต่อวงจร DC สำหรับผู้เริ่มต้นโดยใช้ AR ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการศึกษาระดับพื้นฐาน

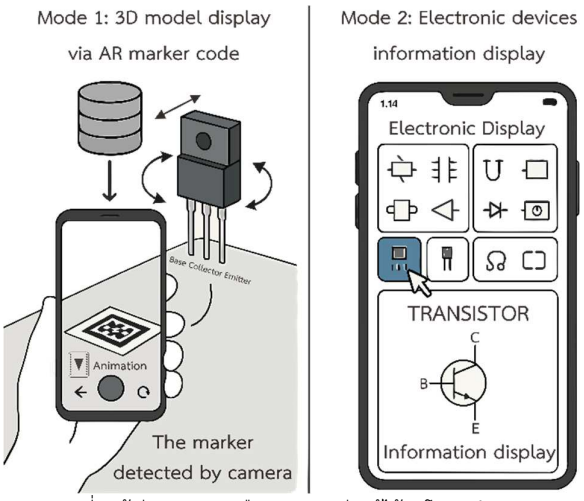
ในงานวิจัย [5] ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเออาร์ เพื่อเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้ โดยการจำลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์และแนวคิดที่เป็นนามธรรม เช่น กระแสไฟฟ้าและแรงดัน เข้าสู่สภาพแวดล้อมทางกายภาพด้วยแอปพลิเคชัน AR บนสมาร์ทโฟน โดยการศึกษา ได้จำลองวงจรแบ่งแรงดันที่มี LED แหล่งจ่ายแรงดัน และตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ เท่านั้น ผู้ใช้สามารถปรับค่าที่ตัวต้านทาน จากโมเดล 3D ผ่านภาพรหัส AR ที่ออกแบบไว้ส่งผลให้ผู้เรียนไม่ต้องมีอุปกรณ์จริงก็สามารถเห็นการทำงานทิศทางการไหลของกระแสในวงจรได้ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า ยังมีช่องว่างในการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบ AR ที่ครอบคลุมการจำลองการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานในรูปแบบ 3D แบบครบถ้วน โดยเฉพาะระบบที่สามารถแสดงการไหลของกระแสไฟฟ้าและการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในรูปแบบการจำลองที่เข้าใจง่าย และสามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Android ที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบจำลองหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นด้วยเทคโนโลยี AR บนระบบปฏิบัติการ Android โดยใช้การสแกนมาร์กเกอร์เพื่อแสดงโมเดล 3D ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ พร้อมทั้งการจำลองการทำงานในรูปแบบที่ผู้เรียนสามารถเห็นทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ได้อย่างชัดเจน เพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 หลักการทำงานหรือภาพรวมของระบบ

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการเทคโนโลยีเสมือนจริงเออาร์ มาประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หลักการทำงานผู้เรียนสามารถเลือกได้ 2 โหมด โดยโหมดแรกคือ การแสดงโมเดล 3D ของอุปกรณ์โดยตรงผ่านกล้อง ซึ่งจะใช้หลักการวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เพื่อหามาร์คเกอร์ (Marker) ในการกำหนดจุดจำภาพรหัส AR ที่ได้จากกล้อง แล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่เก็บข้อมูลขนาด และภาพรหัส AR ส่งผลให้หน่วยแสดงผลประมวลภาพ 3D ต่อไป ผู้ใช้งานสามารถที่จะเลือกปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับโมเดล 3D ที่แสดงผล ได้แก่ การหมุนโมเดล 360 องศา และการย่อ-ขยาย ขนาดโมเดล ตลอดจนเรียกดูคลิปแอนิเมชัน (Animation) เพื่อจำลองการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นๆ โหมดที่ 2 เป็นการเรียกดูข้อมูลอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผู้เรียนสามารถเลือกรูปแบบเรียนรู้ได้ 2 โหมดทำงาน

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานจำนวน 15 อุปกรณ์ได้เลือกมาทดลองในงานวิจัย ตามตารางที่ 1 จากอุปกรณ์และหลักการทำงานทั้งหมดนำมาจากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ [6] ของการอาชีวศึกษา (สอศ.)

ตารางที่ 1 รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวน 15 อุปกรณ์

The basic of 15 electronic deviecs were selected				
Diode	Transistor	Capacitor	SCR	IC 555
LED	Resistor	Fuse	Inductor	LDR
Zener Diode	Variable Resistor	4 pins Switch	Crystal	Op-Amp

2.2 หลักการทำงานของรหัส AR

ระบบ AR เป็นการนำเทคโนโลยีมาผสานระหว่างโลกแห่งความเป็นจริง และความเสมือนจริงเข้าด้วยกัน เมื่อระบบทำงานจะสั่งให้อุปกรณ์ดิจิทัล เช่น สมาร์ทโฟนเปิดกล้องออปติคอล ระบบจะค้นหาจุดมาร์คเกอร์ เมื่อตรวจพบมาร์คเกอร์จะประมวลผลและดึงวัตถุที่สัมพันธ์กับมาร์คเกอร์แสดงผลในสภาพแวดล้อมจริง ผู้ใช้งานสามารถปฏิสัมพันธ์กับวัตถุดิจิทัลที่ปรากฏขึ้น องค์ประกอบของระบบ AR มีดังนี้

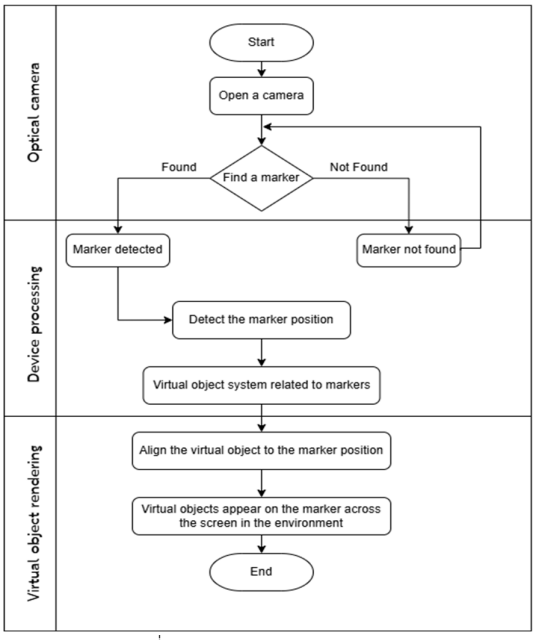
1) ตัวมาร์คเกอร์ ซึ่งเป็นเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ กำหนดไว้เป็นตัวเปรียบเทียบ กับสิ่งที่เก็บไว้เป็นฐานข้อมูล (Marker Database)

2) กล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือ หรือตัวจับเซนเซอร์ (Sensor) อื่นๆ เพื่อทำการวิเคราะห์ภาพ โดยระบบจะทำการคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3D (Pose Estimation) ของมาร์คเกอร์เทียบกับกล้อง

3) ส่วนของการแสดงผลอาจเป็นจอคอมพิวเตอร์ หรือจอภาพสมาร์ทโฟน

4) ซอฟต์แวร์หรือส่วนประมวลผล เพื่อสร้างภาพหรือวัตถุแบบสามมิติกระบวนการสร้างภาพสองมิติจากโมเดล 3D เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไป

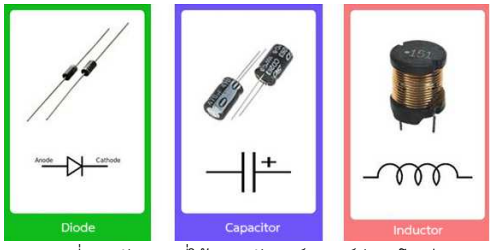
ในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิง 3D ที่คำนวณได้ จนได้ข้อมูลซ้อนทับบนภาพจริง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หลักการทำงานของระบบ AR

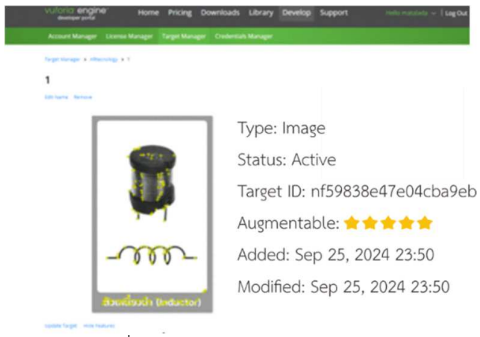
2.3 การออกแบบรหัส AR

หลักการออกแบบรหัส AR งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วูโฟเรีย (Vuforia) ที่เป็น SDK สำหรับสร้างแอปพลิเคชัน AR สามารถติดตามและตรวจจับเป้าหมายเพื่อแสดงข้อมูลดิจิทัลในโลกเสมือนจริง โดยภาพที่นำมาใช้งานต้องมีจุดคุณลักษณะเด่น (Feature Points) ที่ชัดเจน ในตัววูโฟเรียจะมีการประเมินความสวยงามของภาพรหัส AR ที่ระดับ 1 ถึง 5 ดาว ซึ่งค่าระดับมากกว่าหรือเท่ากับ 3 จะแสดงประสิทธิภาพการตรวจจับที่ได้ผลลัพธ์ค่อนข้างดี ดังรูปที่ 3 ใช้โปรแกรม Adobe Photoshop ในการออกแบบ ขนาดรูปเมื่อพิมพ์ออกมาอยู่ที่ 13 × 8 เซนติเมตร



รูปที่ 3 รหัส AR ที่ใช้ตรวจจับมาร์คเกอร์ผ่านวูโฟเรีย

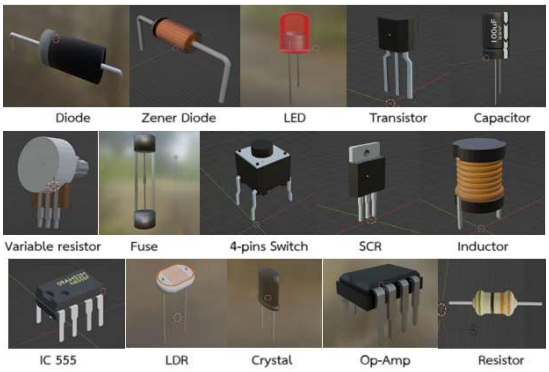
ตามรูปที่ 4 แสดงระดับการตรวจจับมาร์คเกอร์จากรหัส AR ที่ทำการออกแบบ พบว่ามีความเหมาะสมจากทั้ง 15 ภาพรายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน โดยได้รับระดับประเมินที่ 5 ดาวทั้งหมด ส่วนหนึ่งมาจากความชัดของภาพและรายละเอียดที่มีจุดลักษณะเด่นที่ชัดเจน



รูปที่ 4 ระดับการประเมินของวูโฟเรีย

2.4 การออกแบบโมเดล 3D และแอนิเมชัน 3D

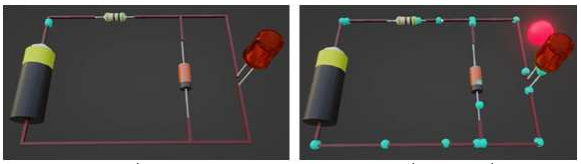
การออกแบบโมเดล 3D ทั้งหมดใช้โปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างโมเดล 3D ที่มีรายละเอียดและความสมจริง กระบวนการออกแบบเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลทางเทคนิคและรูปร่างลักษณะของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จริง จากนั้นจึงทำการสร้างโมเดล 3D ให้มีสัดส่วนและรายละเอียดที่ถูกต้องตามมาตรฐาน โดยให้ความสำคัญกับการแสดงจุดเชื่อมต่อ (Pin) และลักษณะภายนอกที่สำคัญของแต่ละอุปกรณ์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โมเดล 3D ของรายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวน 15 อุปกรณ์

นอกเหนือจากการแสดงโมเดล 3D แบบคงที่แล้ว ระบบยังได้รับการพัฒนาให้สามารถแสดงการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบแอนิเมชันเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทำงานได้อย่างชัดเจน การออกแบบแอนิเมชันนี้มุ่งเน้นการแสดงการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านวงจรและอุปกรณ์ต่างๆ โดยในรูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการจำลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบง่าย ที่ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟ (แบตเตอรี่) ตัวต้านทาน และ LED ในสถานะที่ 1 รูปที่ 6 (ก) แสดงให้เห็นวงจรในสภาพปกติ ส่วนในสถานะที่ 2 รูปที่ 6 (ข) แสดงการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วยลูกศรสีฟ้าที่เคลื่อนที่ตามเส้นทางวงจร และ LED ที่ส่องสว่างเป็นสีแดง เพื่อแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน LED จะเปล่งแสงขึ้นมา การสร้างแอนิเมชันเหล่านี้ใช้โปรแกรมเวกัสโปร (VEGAS Pro) ในการตัดต่อและสร้างคลิปวิดีโอพร้อมเสียงบรรยายภาษาไทย โดยการออกแบบแอนิเมชันจะเน้นการแสดงผลที่

เข้าใจง่าย มีการใช้สีสันที่เหมาะสม และการเคลื่อนไหวที่ไม่ซับซ้อนเกินไป เพื่อให้ผู้เรียนสามารถติดตามและเข้าใจได้โดยง่าย

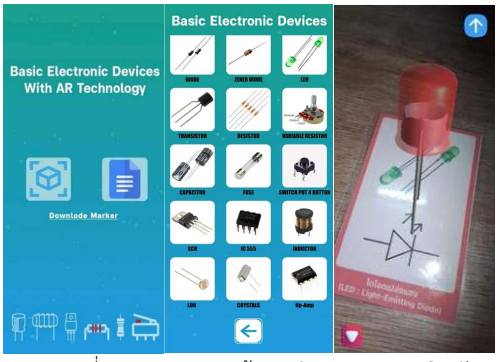


(ก) สถานะที่ 1 วงจรปกติ (ข) สถานะที่ 2 วงจรเริ่มทำงาน

รูปที่ 6 จำลองการทำงานวงจรแบบ 3D

2.5 การออกแบบแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์

การออกแบบแอปพลิเคชันที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรมยูนิตี้ (Unity) เป็นโปรแกรมหลักที่ใช้ในการพัฒนาระบบจำลองหลักการทำงานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



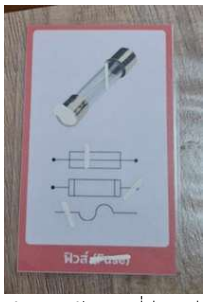
รูปที่ 7 การออกแบบหน้าการทำงานของแอปพลิเคชัน

ตามรูปที่ 7 ผู้วิจัยได้พัฒนาแอปพลิเคชันให้มีการทำงานใน 2 โหมด ตามที่กล่าวในข้างต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนที่ให้ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดรหัสภาพ AR และนำไปทดลองใช้งานได้ด้วยตนเอง

2.6 การออกแบบเงื่อนไขสภาพแวดล้อมการสแกนรหัส AR

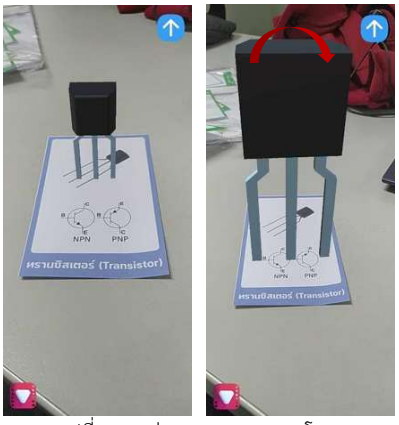
งานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงการใช้งานจริงที่สภาพแวดล้อมของการใช้งานอาจจะส่งผลต่อภาพรหัส AR ไม่ว่าจะเป็นมุมกล้องของผู้สแกน แสงสะท้อน รอยขีดข่วนบนรหัสภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบการเกิดแสงสะท้อน โดยใช้แสงไฟส่องกระทบที่ภาพ รูปที่ 8 (ก) การสแกนภาพรหัส AR ที่ผู้ใช้งานทำมุม 45 องศา รูปที่ 8 (ข) การสแกนภาพรหัส AR ที่ผู้ใช้งานทำมุมตั้งฉาก 90 องศา รูปที่ 8 (ค) และทำให้ภาพรหัส AR มีรอยขีดข่วน ในที่นี้ใช้ลิคควิดลบข้อมูลลายเส้นภาพบางส่วนออก ตามรูปที่ 8 (ง) จากนั้นทำการทดลองสแกนภาพรหัส AR และประเมินประสิทธิภาพของระบบ นอกจากนี้ในการใช้งานจริงที่จะส่งผลต่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพทางด้านหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้พัฒนาให้โมเดล 3D ที่ปรากฏขึ้นมา ให้สามารถหมุนโมเดล 3D ได้แบบ 360 องศา ย่อ-ขยายขนาด และจำลองการทำงานของอุปกรณ์ด้วยคลิปแอนิเมชันผ่านแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมา ดังรูปที่ 9

(ก) ภาพรหัส AR ที่มีแสงสะท้อน (ข) สแกนภาพที่มุม 45 องศา



(ค) สแกนภาพที่มุม 90 องศา (ง) จำลองรหัส AR ที่มีรอยขีดข่วน

รูปที่ 8 จำลองสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสแกนภาพรหัส AR



รูปที่ 9 การย่อ-ขยาย และหมุน โมเดล 3D

3. ผลการดำเนินงาน

ในการทดสอบผลการทำงานกรณีที่มีการวางซ้อนทับของแผ่นภาพรหัส AR การดึงภาพ 3D มาแสดงผล ระบบจะเลือกภาพรหัส AR ที่เห็นจุดมาร์คเกอร์เด่นชัดที่สุด ทำให้สามารถแสดงผลได้ทีละ 1 ชุดต่อรอบการประมวลผล ในการทดลองได้เลือกสมาร์ทโฟนจำนวน 2 รุ่นที่แตกต่างกัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพแต่ละด้านของระบบ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สเปกสมาร์ทโฟนที่ใช้ในการทดลอง

Spec / Band	Redmi Note 8	Samsung A54
OS	Android 9.0	Android 13
CPU	Snapdragon 665	Exynos 1380 Octa

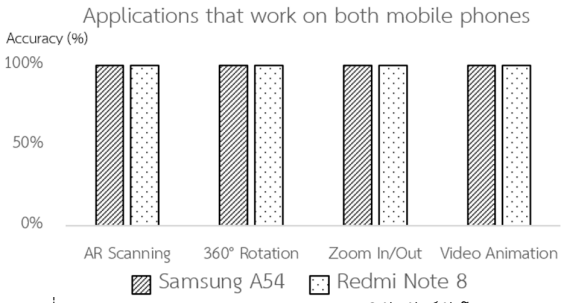
ตารางที่ 2 สเปกสมาร์ทโฟนที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

Spec / Band	Redmi Note 8	Samsung A54
Speed	2.0 GHz/RAM 3 GB	2.2 GHz/RAM 8 GB
Rom	32 GB	256 GB
Camera	48 MP	50 MP

ตามตารางที่ 2 สมาร์ทโฟนทั้ง 2 รุ่นจะมีความแตกต่างตรงความละเอียดของกล้องถ่ายภาพและความเร็วของหน่วยประมวลผล เพื่อทดสอบว่า ระบบสามารถทำการสแกนสัญลักษณ์ การหมุน ย่อ-ขยาย โมเดล 3D การประมวลผลคลิปแอนิเมชัน รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสแกนรหัส AR

3.1 การทดสอบแอปพลิเคชัน

เริ่มโดยติดตั้งแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนทั้ง 2 รุ่น แล้วทดสอบสแกนภาพรหัส AR การปฏิสัมพันธ์กับโมเดล 3D ทั้งการหมุนดูภาพ การย่อ-ขยาย และเรียกดูแอนิเมชัน จำลองการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าสมาร์ทโฟนทั้ง 2 รุ่นทำงานได้เป็นอย่างดีในทุกฟังก์ชันที่ออกแบบไว้ แสดงผลการทดลองตามกราฟ ในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลทดสอบการสแกนภาพและการปฏิสัมพันธ์กับโมเดล 3D

จากกราฟรูปที่ 10 สาเหตุที่สมาร์ทโฟนทั้ง 2 รุ่น เนื่องจากตัวแอปพลิเคชันออกแบบมาให้รองรับการทำงาน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และใช้วูโฟเรียตรวจจับมาร์คเกอร์ ที่ประเมินภาพระดับ 5 ดาว จากทั้ง 15 รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้การตรวจจับติดตามมาร์คเกอร์ทำได้ง่ายและได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แม้ว่ารุ่น Samsung A54 จะมีความคมชัดกล้องมากกว่า แต่ไม่ได้ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานของแอปพลิเคชัน ดังนั้นสามารถบอกได้ว่าไม่มีความแตกต่างของรุ่นสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จากทั้ง 2 รุ่น

การทดลองต่อไปนี้ ได้ทำการจำลองสภาพแวดล้อมการสแกนรหัส AR ได้แก่ การสร้างแสงสะท้อน การวางมุมกล้องที่ 45 กับ 90 องศา และการสร้างรอยขีดข่วนบนรหัสภาพ AR เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ แสดงรายการอุปกรณ์ที่ทดสอบตามตารางที่ 3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ

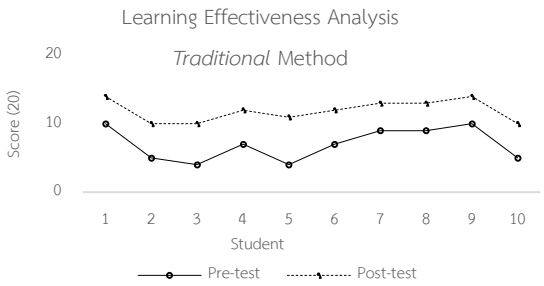
ตารางที่ 3 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสแกนรหัส AR

AR Code	AR code scanning pattern ✓(pass) ✗ (fail)				
	Normal	Reflection	45°	90°	Scratches
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓

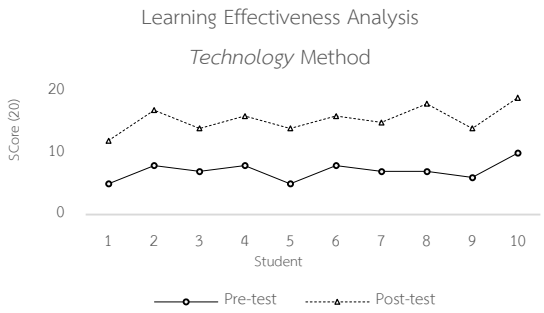
ตามตารางที่ 3 แม้ว่าภาพรหัส AR จะมีแสงสะท้อน มีรอยขีดขูด หรือเอียงโทรศัพท์ในการสแกน ก็ยังสามารถทำงานได้ถูกต้องทุกฟังก์ชันการใช้งานที่ 100% ทั้งนี้เนื่องจากรหัสภาพมาร์คเกอร์ที่ใช้งานมีความเด่นชันในทุกองค์ประกอบที่ประเมินจากวูโฟเรีย ตามที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ จากผลการทดลองบ่งชี้ว่าระบบมีความเสถียรและทนทานต่อสภาพแวดล้อมในการใช้งานที่หลากหลาย

3.2 ประเมินผลสมรรถนะการเรียนรู้จากผู้เรียน

การทดสอบต่อไปนี้ ได้ทำการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จาก 2 กลุ่มทดลอง กลุ่มที่ 1 เป็นการใช้สื่อเรียนรู้ในรูปแบบเดิม จำนวน 10 คน โดยเรียนรู้จากการอ่านหนังสือ เทียบผลกับ กลุ่มที่ 2 เรียนรู้ผ่านรหัสภาพ AR บนแอปพลิเคชันที่ออกแบบ จำนวน 10 คน รวม 2 กลุ่มผู้ทดสอบทั้งหมด จำนวน 20 คน ผ่านข้อสอบก่อนเรียน (Pre-test) จำนวน 20 ข้อและข้อสอบหลังเรียน (Post-test) จำนวน 20 ข้อ แบบตัวเลือกถูกผิดจำนวน 4 ตัวเลือก วัดความรู้ครอบคลุมรายการ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด 15 รายการ ผลการทดลองแสดงประสิทธิภาพการเรียนรู้ในรูปแบบกราฟเชิงเส้น โดยกลุ่มที่ 1 เรียนรู้จากการอ่านหนังสือ แสดงดังรูปที่ 11 และกลุ่มที่ 2 เรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันที่ทำการออกแบบ ดังรูปที่ 12 จากผลการทดลองพบว่าอัตราการเรียนรู้ของกลุ่มที่ 1 อยู่ที่ 70% และกลุ่มที่ 2 อยู่ที่ 118.3% สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันมีผลกับผู้เรียนโดยตรงและสามารถเรียนรู้ได้ในเวลาจำกัดผ่านสื่อแอนิเมชันที่ออกแบบ



รูปที่ 11 คะแนนข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 1



รูปที่ 12 คะแนนข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 2

4. สรุปผลการทดลอง

แอปพลิเคชันแสดงความแม่นยำ 100% ในการสแกนรหัส AR และแสดงผลโมเดล 3D ตรงทุกอุปกรณ์ สามารถทำงานได้เสถียรทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆที่ส่งผลต่อการสแกนรหัส AR โมเดล 3D ที่ปรากฏผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับโมเดล โดยการหมุนโมเดล ย่อ-ขยาย รวมทั้งการเรียกดูแอนิเมชันจำลองการทำงานวงจร เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการเรียนที่ดีที่สุด สามารถประยุกต์แนวคิดเพิ่มอุปกรณ์ที่ต้องการเรียนหรือใช้การสื่อการเรียนรู้อื่นๆได้จากแนวคิดเดียวกัน

5. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

อาจจะมีการทดลองเพิ่มเติมในกลุ่มผู้เรียนที่ใหญ่ขึ้น เพื่อยืนยันผลลัพธ์ให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น พัฒนาโมเดล 3 มิติให้มีความซับซ้อนมากขึ้น รวมถึงเพิ่มการจำลองวงจรที่ซับซ้อน หรือการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการอื่นๆ เช่น iOS เพื่อขยายกลุ่มผู้ใช้งาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนจากห้องศูนย์เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่ให้ความอนุเคราะห์ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] L. Major, G. A. Francis, and M. Tsapali, “The effectiveness of technology-supported personalised learning in low- and middle-income countries: A meta-analysis,” Br. J. Educ. Technol., vol. 52, no. 5, pp. 1935–1964, 2021, doi: 10.1111/bjet.13116.

[2] H.-Y. Chang, T. Binali, J.-C. Liang, G.-L. Chiou, K.-H. Cheng, S. W.-Y. Lee, and C.-C. Tsai, “Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact,” Computers & Education, vol. 191, p. 104641, 2022, doi: 10.1016/j.compedu.2022.104641

[3] N. Tuli, G. Singh, A. Mantri, and S. Sharma, “Augmented reality learning environment to aid engineering students in performing practical laboratory experiments in electronics engineering,” Smart Learning Environments, vol. 9, no. 26, 2022, doi: 10.1186/s40561-022-00207-9.

[4] P. Lucas, D. Vaca, F. Domínguez, and X. Ochoa, “Virtual Circuits: An Augmented Reality Circuit Simulator for Engineering Students,” in *2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2018, pp. 380–384.

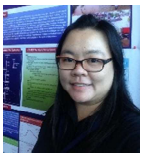
[5] M. Özüağ, I. Cantürk, and L. Özyilmaz, “A New Perspective to Electrical Circuit Simulation with Augmented Reality,” International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications, vol. 8, no. 1, Jan. 2019.

[6] ไวพจน์ ศรีธัญ, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรพื้นฐาน, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วงอักษร, 2549.

นางสาวมณีรัตน์ ฟุ้งเฟื่อง ศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนา ตาก มีความสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อประมวลผลบนอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่

นางสาววรวรรณ วรรณสิทธิ์ ศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนา ตาก สนใจเรื่องของการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติ เพื่อนำไปเป็นแบบจำลองประมวลผลผ่านแอปพลิเคชัน

นายสมคิด สุขสวัสดิ์ อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มทร.ล้านนา ตาก สนใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้หลักวิศวกรรมกับงานด้านการเกษตร


ดร.สุวรรณี พิทักษ์วินัย อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มทร.ล้านนา ตาก สนใจด้านระบบปัญญาประดิษฐ์ ร่วมกับการประมวลผลภาพ

ผศ.เอกลักษณ์ สุมนพันธุ์ อาจารย์วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มทร.ล้านนา ตาก สนใจประยุกต์คอมพิวเตอร์ควบคุมระบบอัตโนมัติภาคอุตสาหกรรม