

แอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟน
ณรงค์เดช เมธาวี¹, เกษราภรณ์ กลมทุกลิ่ง², อสมภรณ์ กาญจนานันท์³,
อภิสิทธิ์ รัตนตรานุกรักษ์⁴

¹E-STAGE (ประเทศไทย) กรุงเทพฯ

^{2,3,4}สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

ในบทความนี้กล่าวถึงสื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัล มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟน และหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน เครื่องมือในการวิจัยมี 2 ส่วน คือ สื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัล และแบบประเมินความพึงพอใจ โดยสื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัลจะมีการสร้างวงจรลอจิกเกต วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ และวงจรฟลิปฟล็อป สำหรับการใช้งานบนสมาร์ตโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในงานวิจัยนี้มีการสำรวจความพึงพอใจของแอปพลิเคชันโดยสำรวจกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 50 คน โดยสื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัลสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ และจากผลการสำรวจความง่ายต่อการใช้งานคะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.24 ความง่ายต่อการเลือกใช้งานฟังก์ชัน 3.26 ความเร็วในการประมวลผล 3.3 ความเข้าใจง่ายของแอปพลิเคชัน 3.22 และตำแหน่งการจัดวางฟังก์ชัน 3.28

คำสำคัญ : สื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัล, แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์, การจำลองวงจรดิจิทัล

Digital System Simulation on Smartphone

**Narongdaj Meathavee¹, Ketsaraphorn Klomtooksing²,
Asamaphorn Kanjanathanawath³, Apisit Rattanatanurak⁴**

¹E-STAGE (Thailand), Bangkok

^{2,3,4}Department of Computer Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Suan Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

This paper presents Digital System Simulation learning media. This work consists of 2 parts. It aims to develop Digital Simulation on Android Smartphone which can be used to simulate logic gate, multiplexer, and flipflop. Moreover, the survey is used in this work. The 50 electronic technology students of Suan Sunandha Rajabhat University are target group. It can be run correctly and effectively. The survey results show that the ease of use of the application is 3.24, functionality is 3.26, performance is 3.3, user experience is 3.22 and position of menu is 3.28.

Keywords : Digital Circuits Learning Media, Android Application, Digital Simulator

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีการพัฒนามากขึ้น และมีบทบาทต่อมนุษย์ตลอดเวลา แอปพลิเคชัน เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมามากมาย ซึ่งในปัจจุบันความนิยมของอุปกรณ์พกพาที่สูงมากขึ้น ส่งผลให้การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน มีความนิยมสูงขึ้นเช่นเดียวกัน แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วบนสมาร์ตโฟน ซึ่งเป็นที่แพร่หลายในทุกวงการ ไม่ว่าจะเป็นเกม ความบันเทิง การท่องเที่ยว และธุรกรรมต่าง ๆ

ระบบดิจิทัลเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในการทำงานของอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากสามารถพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีข้อดีคือมีความรวดเร็วในการทำงานกับระบบงานที่มีความซับซ้อน มีการประมวลผลได้รวดเร็ว และมีความแม่นยำ การออกแบบสามารถสร้างได้โดยราคาไม่แพง แก้ไขได้ และมีความสะดวกในการทำงาน ซึ่งปัญหาที่ต้องสร้างสื่อการเรียนรู่วิจิตัล เนื่องจาก การเรียนรู่วิจิตัลโดยทั่วไปแล้ว ไม่สามารถจะเห็นผลลัพธ์ได้ทันที ทำให้การเรียนรู้เข้าใจได้ยาก ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยเห็นว่าการสร้างแอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟนนั้นสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนวิชาการออกแบบดิจิทัล ซึ่งนักศึกษาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้มีความรู้ความเข้าใจในการเรียนมากยิ่งขึ้นในงานวิจัยนี้จะมีการสร้างแอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งจะมีการจำลองลอจิกเกต Inverter, OR, AND, NAND, NOR, EXCLUSIVE-OR, EXCLUSIVE-NOR, Multiplexer, และวงจร Flip-Flop (Katz, R. H., 2005)

แอปพลิเคชันประเภทนี้ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยของ Kehtarnavaz et al.

(Kehtarnavaz, N., Parris, S., & Sehgal, A., 2015) ได้มีการออกแบบโปรแกรม Digital Signal Processing เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชา Signal Processing ซึ่งสามารถทำงานอยู่บน Smartphone โดยสามารถทำงานได้ทั้งบน iPhone และระบบปฏิบัติการ Android

งานวิจัยของ Peshin, S. et al. (Peshin, S., 2015) ได้มีการสร้างโปรแกรมจำลองระบบ PV array ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และส่งข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปยังอุปกรณ์เคลื่อนที่ งานของ Hassan, H. et al. (Hassan, H., 2013) ได้มีการนำเสนอแอปพลิเคชันที่นำมาใช้ในการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือสำหรับมัลติมีเดีย การจำลองการออกแบบเครื่องมือนี้อิงปฏิบัติการ

งานวิจัยของ Liu, J. et al. (Liu, J., 2011) ได้มีการแอปพลิเคชันการจำลอง Signal Processing ทั้งอุปกรณ์ iOS และ Android โดยใช้ i-JDSP ซึ่งสามารถจำลองฟังก์ชันได้หลากหลายรูปแบบ นอกจากนี้งานของ Ranganath, S. (Ranganath, S., 2015) ได้มีการทำแอปพลิเคชันบนปฏิบัติการ android เพื่อจำลองการทำงานของ DSP เช่นเดียวกัน

งานวิจัยด้านการจำลองการทำงานของดิจิทัล เช่น งานวิจัยของ Magdin, M. et al. (Magdin, M., 2012) ได้มีการจำลองการทำงาน LogicSim ลงบน Moodle โดยใช้ Java Applet ซึ่งสามารถทำงานได้บน Web browser ที่รองรับการทำงานของ Java

งานวิจัยของ Potts, J. (Potts, J., 2011) ได้มีการนำเอาเนื้อหาของระบบดิจิทัลไปพัฒนาบน แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ android และ iOS นอกจากนี้งานของ de Moura Oliveira, P. B. (de Moura Oliveira, P., 2015) ได้มีการนำเอาเนื้อหาการทำ Logic control และ process control ไปพัฒนาลงบนระบบปฏิบัติการ android และ iOS

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่มีการพัฒนาแอปพลิเคชันที่น่าสนใจเช่น งานวิจัยของ สุทธิกานต์ พรหมมานพ (สุทธิกานต์, 2018) ได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาหมายเลขโทรศัพท์ สถานที่ราชการจังหวัดพิษณุโลกบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งความพึงพอใจของแอปพลิเคชันโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี

ในบทความนี้กล่าวถึงเนื้อหาตามลำดับดังนี้ วัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งหัวข้อนี้จะแสดงถึงวัตถุประสงค์การทําวิจัย จากนั้นจะนำเสนอเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานวิจัย เพื่ออธิบายขั้นตอนการทําวิจัย และวิธีการทดลอง จากนั้นจะมีการนำเสนอผลการทดลองที่ได้ และจะมีการสรุป อภิปรายผลเป็นส่วนสุดท้าย และแนวทางในการพัฒนาต่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในงานวิจัยขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการแอปพลิเคชันจำลองการทำงานระบบดิจิทัลบนสมาร์ตโฟน ซึ่งสามารถนำมาเป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาการออกแบบวงจรดิจิทัล และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

วิธีการดำเนินการวิจัย

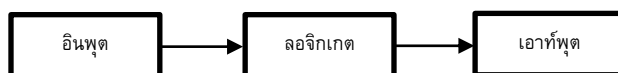
ในงานวิจัยนี้มีการสร้างแอปพลิเคชันการจำลองการทำงานวงจรดิจิทัล โดยใช้ระบบสัมผัสบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งจะมีการออกแบบหน้าต่างการทำงานของแอปพลิเคชัน ฟังก์ชันส่วน อินพุต เอาท์พุต ลอจิกเกต ฟลิปฟลอป มัลติเพล็กซ์ ซึ่งจะมีการทดสอบการทำงานเพื่อไม่ให้มีข้อผิดพลาดของแอปพลิเคชัน โดยหลังจาก

ทดสอบจะมีการหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยมีกลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 50 คน โดยสุ่มตั้งแต่ชั้นปีที่ 2-4

การออกแบบหน้าต่างการทำงานของแอปพลิเคชัน จะต้องมีส่วนติดต่อผู้ใช้งานดังต่อไปนี้

- 1) อินพุต (Input)
- 2) เอาท์พุต (Output)
- 3) ลอจิกเกต (Logic Gate)
- 4) ฟลิปฟลอป (FlipFlop)
- 5) มัลติเพล็กซ์ (Multiplexers)

ซึ่งการออกแบบแอปพลิเคชันจะต้องมีการเชื่อมต่อจากอินพุต ไปยังลอจิกเกต ฟลิปฟลอป หรือ มัลติเพล็กซ์ จากนั้นเชื่อมต่อไปยังเอาท์พุตดังภาพที่ 1 โดยการออกแบบหน้าต่างตัวเลือกการทำงานของแอปพลิเคชันนั้นจะต้องปรับขนาดหน้าต่างเท่ากับขนาดของสมาร์ตโฟน ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ดังภาพที่ 2 ภายในตัวเลือกอินพุต จะประกอบไปด้วยสัญญาณลอจิก 0 และ 1 นอกจากนี้ยังมีการนำสัญญาณนาฬิกา 0.5 Hz และ 1 Hz เข้ามาร่วมด้วย หน้าตัวเลือกเอาท์พุต โดยจะประกอบไปด้วยหลอดไฟ (Lamp) และเซเวนเซกเมนต์ (7-segment) ตัวเลือกลอจิกเกต จะประกอบไปด้วย AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR และ NOT เกต ในตัวเลือกฟลิปฟลอป ประกอบไปด้วย D-Flip Flop, T-Flip-Flop, RS-Flip Flop และ JK-Flip Flop หน้าต่างตัวเลือกมัลติเพล็กซ์ ซึ่งประกอบไปด้วย 2:1 และ 4:1 มัลติเพล็กซ์



ภาพที่ 1 ภาพรวมการออกแบบแอปพลิเคชัน
ที่มา : อภิสิทธิ์ รัตนตรานุรักษ์. (2559) วาดภาพ



ภาพที่ 2 หน้าต่างตัวเลือกการทำงานแอปพลิเคชัน
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 6 หน้าต่างตัวเลือกหน้าฟลิปฟล็อป
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



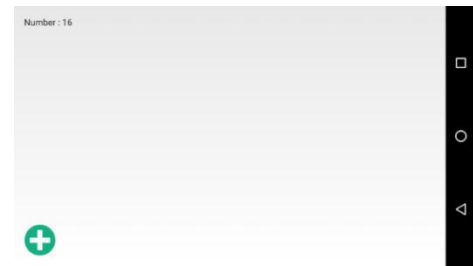
ภาพที่ 3 หน้าต่างตัวเลือกหน้าอินพุต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 7 หน้าต่างตัวเลือกหน้ามัลติเพล็กซ์เซอร์
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 4 หน้าต่างตัวเลือกหน้าเอาท์พุต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 8 หน้าต่างการจำลองวงจรดิจิทัล
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 5 หน้าต่างตัวเลือกหน้าลอจิกเกต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)

ในการใช้งานแอปพลิเคชันนั้นสามารถทำงานได้โดยกดสัญลักษณ์ + บนหน้าติดต่อผู้ใช้ จากนั้นจะมีเมนูเครื่องมือต่าง ๆ ขึ้นมาให้ผู้ใช้เลือก ซึ่งทำให้ภายในหน้าจอสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งกระบวนการสร้างแอปพลิเคชันข้างต้นได้แสดงไว้ในภาพที่ 1 ถึง 8

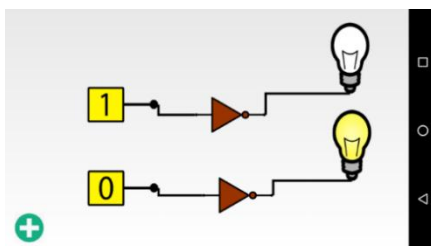
การสร้างแอปพลิเคชันนั้นจะต้องออกแบบฟังก์ชันในหลายฟังก์ชันไม่ว่าจะเป็น ฟังก์ชันการเลือกลอจิกเกต ซึ่งจะมีการสร้างวัตถุเกตในรูปแบบ

ต่าง ๆ ฟังก์ชันการเชื่อมลอจิกเกต ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบจุดที่เชื่อมต่อได้ของเกต แสดงจุดของเกต จากนั้นเลือกเชื่อมจุดที่ 1 และตรวจสอบจุดที่ 2 นอกจากนี้จะต้องมีการตรวจสอบจุดที่เชื่อมต่อจะต้องมีข้อกำหนดอินพุต เอาท์พุต ที่ถูกต้อง ฟังก์ชันการย้ายลอจิกเกต จะต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุ และตรวจสอบจุดเชื่อมของวัตถุ โดยสายไฟที่ต่อเชื่อมกับวัตถุ จะต้องเลื่อนตามวัตถุไปด้วย

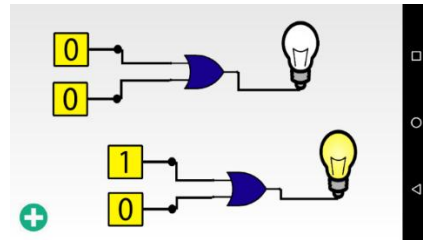
ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะมีการนำซอฟต์แวร์พัฒนาลงบนสมาร์ตโฟน โดยใช้ภาษาจาวา (Gosling, J., 2000) และพัฒนามบน Android Studio (Rogers, R., 2009) (Studio, A., 2017) โดยจะมีการใช้ Motorola Nexus 6 ซึ่งเป็นสมาร์ตโฟนมาตรฐานในการพัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งลงระบบปฏิบัติการเวอร์ชัน 5.0.1 และ ASUS_T00Q ซึ่งลงระบบปฏิบัติการเวอร์ชัน 4.4.2

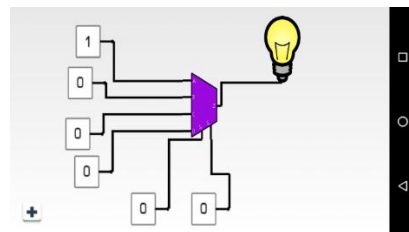
ในการทดลองนั้นผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบผลการทดลองในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ NOT, AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR, 2:1, 4:1 Multiplexer, RS, JK, D และ T FlipFlop โดยตัวอย่างดังภาพที่ 9 ถึง 12 จะแสดง NOT, OR เกต 4:1 มัลติเพล็กซ์เซอร์ และ JK Flipflop



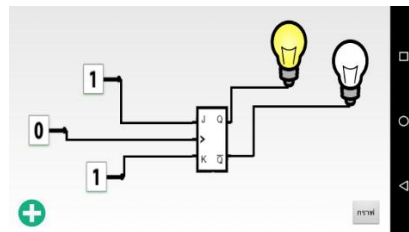
ภาพที่ 9 ค่าผลลัพธ์ของ NOT เกต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 10 ค่าผลลัพธ์ของ OR เกต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 11 ค่าผลลัพธ์ของ 4:1 มัลติเพล็กซ์เซอร์
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



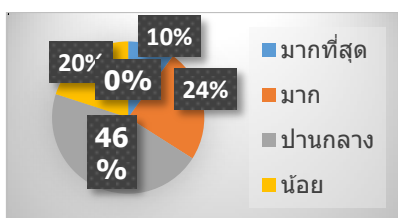
ภาพที่ 12 ค่าผลลัพธ์ของ JK FlipFlop
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)

ในงานวิจัยชิ้นนี้มีการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้แอปพลิเคชัน โดยมีการสำรวจจากนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 50 คน แบ่งออกเป็น นักศึกษาชั้นปีที่ 2 ร้อยละ 30 นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 30 นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ร้อยละ 20 และนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาแล้ว ร้อยละ 20 ซึ่งสำรวจนักศึกษาเพศหญิงร้อยละ 56 และชาย ร้อยละ 44 ดังตารางที่ 1

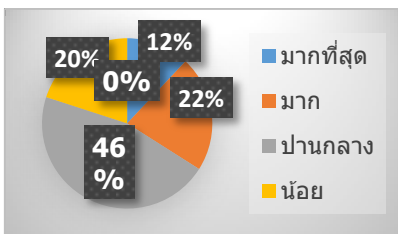
ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างในการสำรวจ

ชั้นปีที่	จำนวน (คน)	ร้อยละ
2	15	30
3	15	30
4	10	20
สำเร็จการศึกษาแล้ว	10	20

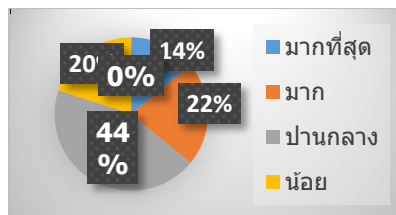
จากการสำรวจ ระดับความพึงพอใจในหัวข้อแอปพลิเคชันมีความง่ายต่อการเลือกใช้งานฟังก์ชันที่ต้องการได้ แอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ แอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว แอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย การวางตำแหน่งของวัตถุภายในแอปพลิเคชันสามารถวางได้อย่างเหมาะสม แสดงดังภาพที่ 13 ถึง 17



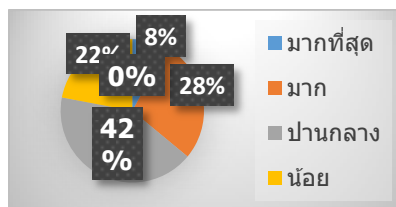
ภาพที่ 13 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันมีความง่ายในการเลือกใช้งานฟังก์ชันที่ต้องการ
ที่มา : อภิสิทธิ์ รัตนตรานุรักษ์. (2560)



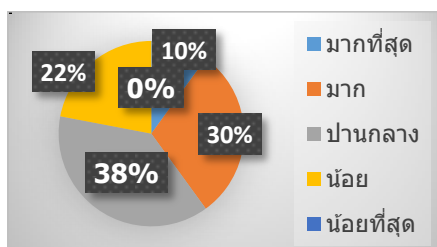
ภาพที่ 14 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้อง
ที่มา : อภิสิทธิ์ รัตนตรานุรักษ์. (2560)



ภาพที่ 15 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว
ที่มา : อภิสิทธิ์ รัตนตรานุรักษ์. (2560)



ภาพที่ 16 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย
ที่มา : อภิสิทธิ์ รัตนตรานุรักษ์. (2560)



ภาพที่ 17 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันมีการวางตำแหน่งฟังก์ชันได้อย่างเหมาะสม
ที่มา : อภิสิทธิ์ รัตนตรานุรักษ์. (2560)

สรุปและอภิปรายผล

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันการจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งประกอบไปด้วยหน้าจอ ฟังก์ชันส่วนอินพุต เอาท์พุต ลอจิกเกต ฟลิปฟล็อป มัลติเพล็กซ์เซอร์ ได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้องทุกฟังก์ชัน ซึ่งการพัฒนานี้จากการทดสอบความผิดพลาดของแอปพลิเคชัน ปรากฏว่าไม่มีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นหลังจากที่มีการ

พัฒนาแอปพลิเคชัน สามารถแสดงผลลัพธ์โดยภาพรวมได้อย่างถูกต้อง

จากการสำรวจความพึงพอใจในหัวข้อแอปพลิเคชันมีความง่ายต่อการเลือกใช้งาน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.24 ในหัวข้อนี้กลุ่มที่มีความพึงพอใจมากที่สุดและมาก รวมกันถึงร้อยละ 34 ซึ่งถือว่าแอปพลิเคชันค่อนข้างใช้งานง่าย ความพึงพอใจในหัวข้อแอปพลิเคชันมีความง่ายต่อการเลือกใช้งานฟังก์ชันที่ต้องการ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.26 ในหัวข้อนี้กลุ่มที่มีความพึงพอใจมากที่สุดและมาก รวมกันคิดเป็นร้อยละ 34 ซึ่งถือว่าแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบแอปพลิเคชันนั้นสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้อง หัวข้อแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.3 ในหัวข้อนี้ กลุ่มที่มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด และมาก คิดเป็นร้อยละ 36 นั่นคือกลุ่มตัวอย่างเห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว หัวข้อแอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.22 ในหัวข้อนี้กลุ่มตัวอย่างที่มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด และมาก คิดเป็นร้อยละ 36 นั้นหมายถึง แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถเข้าใจได้ไม่ยากนัก หัวข้อตำแหน่งการจัดวางฟังก์ชันมีความเหมาะสม กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.28 ในหัวข้อนี้กลุ่มตัวอย่างที่พึงพอใจในระดับมากที่สุด และมาก รวมกันคิดเป็นร้อยละ 40 ซึ่งนั่นหมายความว่าแอปพลิเคชันมีส่วนติดต่อผู้ใช้เข้าใจได้ค่อนข้างง่าย ซึ่งสัมพันธ์กับหัวข้อแอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย โดยแอปพลิเคชันที่

พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลลัพธ์ที่ได้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

References

- de Moura Oliveira, P. B. (2015, March). Teaching automation and control with App Inventor applications. In **Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, 2015 IEEE (pp. 879-884). IEEE.
- Gosling, J. (2000). **The Java language specification**. Addison-Wesley Professional.
- Hassan, H., Martinez-Rubio, J. M., Perles, A., Capella, J. V., Dominguez, C., & Albaladejo, J. (2013). Smartphone-based industrial informatics projects and laboratories. **IEEE transactions on industrial informatics**, 9(1), 557-566.
- Katz, R. H., & Borriello, G. (2005). **Contemporary logic design**. Chicago.
- Kehtarnavaz, N., Parris, S., & Sehgal, A. (2015). Smartphone-Based Real-Time Digital Signal Processing. **Synthesis Lectures on Signal Processing**, 7(1), 1-157.
- Liu, J., Spanias, A., Banavar, M. K., Thiagarajan, J. J., Ramamurthy, K. N., Hu, S., & Zhang, X. (2011, October). Work in progress—Interactive signal-processing labs and simulations on iOS devices. In **Frontiers in Education Conference (FIE)**, 2011 (pp. F2G-1). IEEE.

- Magdin, M., Cápay, M., & Halmeš, M. (2012, November). Implementation of LogicSim in LMS moodle. In Emerging eLearning Technologies & Applications (ICETA), **2012 IEEE 10th International Conference on** (pp. 57-59). IEEE.
- Peshin, S., Ramirez, D., Lee, J., Braun, H., Tepedelenlioglu, C., Spanias, A., ... & Srinivasan, D. (2015). A photovoltaic (PV) array monitoring simulator. In **Modeling, Identification, and control, int. conf. on**, Innsbruck, Austria.
- Potts, J., Moore, N., & Sukittanon, S. (2011, March). Developing mobile learning applications for electrical engineering courses. In Southeastcon, 2011 **Proceedings of IEEE** (pp. 293-296). IEEE.
- Ranganath, S., Thiagarajan, J. J., Ramamurthy, K. N., Hu, S., Banavar, M., & Spanias, A. (2015). **Undergraduate signal processing laboratories for the android operating system**. arXiv preprint arXiv:1502.07026.
- Rogers, R., Lombardo, J., Mednieks, Z., & Meike, B. (2009). **Android application development: Programming with the Google SDK**. O'Reilly Media, Inc..
- Studio, A. (2016). **the official IDE for Android**. Android Studio. URL: <https://developer.android.com/studio/index.html>.
- Suttikan Phrommanop. (2017). The development of applications for the phone number the government in Phitsanulok. **The Journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University**, 5(1), 66-73.