การศึกษาผลกระทบของการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้งานเพื่อความยั่งยืน ที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานระบบในด้านประสบการณ์ผู้ใช้

เมธปิยา ควรสมาน*
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
วินัย นาดี
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

***Correspondence:** metpiya-khu66@tbs.tu.ac.th
doi: 10.14456/jisb.2025.10
วันที่รับบทความ: 26 ต.ค. 2568 วันแก้ไขบทความ: 13 ธ.ค. 2568 วันตอบรับบทความ: 23 ธ.ค. 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการออกแบบส่วนประสานงานผู้ใช้ที่มุ่งเน้นความยั่งยืนต่อประสิทธิภาพการใช้งาน เมื่อเทียบกับการออกแบบส่วนประสานงานผู้ใช้แบบดั้งเดิม ภายใต้บริบทของแอปพลิเคชันด้านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ งานวิจัยนี้ใช้การทดลองเชิงเปรียบเทียบแบบสองเวอร์ชัน โดยสุ่มแบ่งผู้เข้าร่วมจำนวน 50 คน ออกเป็นสองกลุ่มเท่า ๆ กันให้ทดลองใช้ต้นแบบผ่านแพลตฟอร์ม Maze โดยกำหนดภารกิจการทดสอบครอบคลุมสี่สถานการณ์เป็นการใช้งานที่สะท้อนขั้นตอนการซื้อจริง ได้แก่ การกู้รหัสผ่านที่ลืม, การค้นหาสินค้าและเพิ่มสินค้าในตะกร้า, การจัดการรายการสินค้า ในตะกร้า และ การเพิ่มช่องทางการชำระเงิน การวัดผลจะใช้เกณฑ์ด้านการใช้งานจากตัวชี้วัด คะแนนความสามารถในการใช้งานระบบ (System Usability Scale), คะแนนความพยายามของผู้ใช้ (Customer Effort Score), เวลาในการทำภารกิจ, อัตราการกดผิดพลาดเป้าหมาย และอัตราความสำเร็จของภารกิจ เกณฑ์ค่ามาตรฐาน ของแต่ละตัวชี้วัดถูกกำหนดจากการสังเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านมาและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านประสบการณ์ผู้ใช้ ข้อมูลที่ได้ถูกวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างอิสระในระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิจัยพบว่าต้นแบบที่ออกแบบตามหลักความยั่งยืนให้คะแนน มาตรวัดความใช้งานของระบบและคะแนนความพยายามของผู้ใช้ดีกว่าต้นแบบแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พร้อมลดระยะเวลาในการทำภารกิจและอัตราการกดผิดพลาดเป้าหมายลงราวสิบถึงสิบห้าเปอร์เซ็นต์ในทุกภารกิจ ผลลัพธ์ดังกล่าวยืนยันว่าการผสมผสานแนวคิดการออกแบบเพื่อความยั่งยืนสามารถยกระดับ ประสิทธิภาพ, ประสิทธิผล และ ความพึงพอใจ ของผู้ใช้ได้พร้อม ๆ กับลดการใช้ทรัพยากรระบบ

คำสำคัญ: การออกแบบส่วนประสานงานผู้ใช้เพื่อความยั่งยืน; การประสิทธิภาพการใช้งาน; การทดลองเชิงเปรียบเทียบสองเวอร์ชัน; มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ; คะแนนความพยายามของผู้ใช้

Citation

Khuansamarn, M. and Nadee, W. (2025). A Study of The Effects of Sustainable User Interface Design on User Experience Performance [การศึกษาผลกระทบของการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้งานเพื่อความยั่งยืนที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานระบบในด้านประสบการณ์ผู้ใช้]. *Journal of Information Systems in Business*, *11*(2). 54-73.

A Study of The Effects of Sustainable User Interface Design on User Experience Performance

Metpiya Khuansamarn*
Thammasat Business School, Thammasat University
Winai Nadee
Thammasat Business School, Thammasat University

***Correspondence:** metpiya-khu66@tbs.tu.ac.th
doi: 10.14456/jisb.2025.10

Abstract

This research aims to evaluate the impact of sustainable user interface design on usability performance compared to conventional user interface design within the context of an e-commerce application. The study employs a comparative experimental approach with two versions of the prototype, randomly assigning 50 participants into two equal groups to test the prototypes via the Maze platform. The usability testing encompasses four real-world purchase scenarios password recovery, product search and cart addition, cart item management, and payment method addition. Usability was assessed using key metrics, including the System Usability Scale (SUS), Customer Effort Score (CES), time on task, misclick rate, and task success rate. Benchmark thresholds for each metric were established based on a synthesis of previous research and expert opinions from user experience professionals. The collected data were analyzed using independent samples t-tests with a significance level of 0.05. The results indicated that the prototype designed with sustainability principles achieved significantly higher System Usability Scale scores and lower Customer Effort Scores compared to the conventional design. Additionally, it reduced time on task and misclick rates by approximately ten to fifteen percent across all scenarios. These findings confirm that integrating sustainable design concepts can enhance user efficiency, effectiveness, and satisfaction, while simultaneously reducing system resource usage.

Keywords: Sustainable User Interface Design, Usability Evaluation, A/B Testing, System Usability Scale (SUS), Customer Effort Score (CES)

1. บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลพัฒนาอย่างรวดเร็ว การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และส่วนประสานงานกับผู้ใช้ได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของผลิตภัณฑ์หรือบริการดิจิทัลไม่ว่าจะเป็นเว็บไซต์ แอปพลิเคชัน หรืออุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้แต่ยังส่งเสริมให้เกิดการใช้งาน อย่างต่อเนื่องและเพิ่มความภักดีต่อแบรนด์ อย่างไรก็ตาม การออกแบบส่วนประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิม (Conventional UI Design) มักมุ่งเน้นไปที่การสร้างประสบการณ์ที่ราบรื่นและสะดวกสบายสูงสุดโดยไม่พิจารณาถึงผลกระทบด้าน สิ่งแวดล้อมเกิดจากการใช้งานระบบดังกล่าว แนวทางนี้แม้ว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้ แต่ก็นำไปสู่การใช้พลังงานและทรัพยากรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อในระยะยาวในขณะเดียวกัน แนวคิดการออกแบบที่ยั่งยืน ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นในวงการออกแบบ (Karlin et al., 2017) แนวคิดนี้มุ่งเน้นการสร้างประสบการณ์ผู้ใช้ที่ไม่เพียงตอบสนองค์ความต้องการของผู้ใช้ในปัจจุบันแต่ยังคำนึงถึงผลกระทบในอนาคตและความยั่งยืนของระบบ ซึ่งทั้งหมดนี้ไม่เพียงแต่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการพัฒนาระบบในระยะยาว อย่างไรก็ตามยังมีข้อถกเถียงเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความสามารถในการตอบสนองค์ความต้องการของผู้ใช้เมื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบ ส่วนประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิม (Conventional UI Design) ซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องการการศึกษาและวิเคราะห์อย่างละเอียดเพื่อหาข้อสรุปที่ชัดเจน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลกระทบของแนวคิดการออกแบบที่ยั่งยืน ต่อประสิทธิภาพของ ประสบการณ์ผู้ใช้ในด้าน ความสามารถในการใช้งาน (Usability) และประสบการณ์ผู้ใช้ในแง่มุมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับการนำแนวคิดความยั่งยืนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ประสบการณ์ผู้ใช้ ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้และรักษาสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเพื่อความยั่งยืน

World Commission on Environment and Development (1987) ได้นิยามการพัฒนาที่ยั่งยืนไว้ว่า “การตอบสนองค์ความต้องการของค์นรุ่นปัจจุบันโดยไม่ทำให้ความสามารถของค์นรุ่นถัดไปในการตอบสนองความต้องการนั้นลดลง” การออกแบบอย่างยั่งยืน แนวคิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในหลายมิติตั้งแต่สถาปัตยกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์ ไปจนถึงการพัฒนากระบวนการอุตสาหกรรม (McLennan, 2004) การออกแบบอย่างยั่งยืนไม่เพียงแต่เน้นที่การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังผสานเข้ากับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ โดยการสร้างสมุดลระหว่างธรรมชาติ เศรษฐกิจ และสังคม นอกจากนี้ยังยึดถือความงามและคุณค่าทางวัฒนธรรม เพื่อให้สอดคล้องกับความคาดหวังของผู้บริโภค (Chen et al., 2011)

อีกหนึ่งงานวิจัยที่กล่าในทำนองเดียวกันว่า การออกแบบเพื่อความยั่งยืนคือแนวทางในการออกแบบที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจในระยะยาว โดยเป้าหมายหลักคือการลดผลกระทบเชิงลบและส่งเสริมพฤติกรรมที่มีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม (Karlin et al., 2017) การออกแบบนี้ไม่ได้จำกัดเฉพาะผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ แต่ยงร่วมถึงการออกแบบระบบ เทคโนโลยี และประสบการณ์ผู้ใช้ที่ช่วยส่งเสริมความยั่งยืน ประโยชน์ของการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ทั้งในด้าน การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การออกแบบเพื่อความยั่งยืนจึงเป็นกระบวนการที่ต้องผสมผสานความรู้จากหลายศาสตร์ เช่น ประสบการณ์ผู้ใช้จิตวิทยา และเทคโนโลยี เพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และบริการที่มีผลกระทบเชิงบวกต่อทั้งผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

2.2 วิธีการออกแบบส่วนประสานงานกับผู้ใช้เพื่อความยั่งยืน (Sustainable UI Design)

หลักเกณฑ์ในการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ที่ยั่งยืนและมีการทดสอบแล้วว่าลดการปล่อยคาริบอนฟรุตปริ้นได้จริงไว้ ดังนี้

2.2.1 การออกแบบที่เรียบง่าย (Minimalist Design) เป็นแนวคิดที่เน้นการลดองค์ประกอบที่ไม่จำเป็นในหน้าจอเช่น การลดจำนวนภาพ วิดีโอและแอนิเมชัน รวมถึงการจัดเรียงข้อมูลให้อ่านง่ายและตรงประเด็น การออกแบบลักษณะนี้ช่วยลดปริมาณข้อมูลที่ต้องประมวลผล ลดเวลาในการโหลด และลดการใช้พลังงานในกระบวนการแสดงผลข้อมูล ทั้งยังช่วยสร้างประสบการณ์ผู้ใช้ที่ราบรื่นและชัดเจนตัวอย่างเช่น การใช้พื้นที่วางอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มความชัดเจนของเนื้อหา และการเลือกแสดงเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต่อการตัดสินใจของผู้ใช้งานเท่านั้น (Kiourtis et al., 2024)

2.2.2 การเลือกใช้โทนสีที่ประหยัดพลังงาน (Energy-Efficient Color Schemes) การเลือกใช้โทนสีที่ประหยัดพลังงานเป็นอีกหนึ่งกลยุทธ์ที่สำคัญ เนื่องจากสีบางโทน เช่น สีพื้นหลังสว่าง อาจใช้พลังงานมากกว่าสีเข้ม โดยเฉพาะเมื่อแสดงผลบนจอการปรับใช้โหมดมืด ซึ่งใช้พื้นหลังสีดำหรือสีเข้มช่วยลดการใช้พลังงานในกระบวนการแสดงผลนอกจากนี้ยังช่วยลดอาการเมื่อยล่าของสายตาในระยะยาว (Kiourtis et al., 2024)

2.2.3 ลดการใช้ภาพ และวิดีโอ เกินความจำเป็น (Optimized Images and Videos) การลดการใช้ภาพและวิดีโอเกินความจำเป็นหมายถึงการจำกัดการใช้งานสื่อประเภทนี้ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและจำเป็นเท่านั้น นอกจากนี้ยังลดการเบี่ยงเบนความสนใจจากเนื้อหาหลัก ทำให้ผู้ใช้สามารถมุ่งเน้นไปที่ข้อมูลสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.4 การให้ความรู้ในเชิงตระหนักรู้เกี่ยวกับการปล่อยคาร์บอนแก่ผู้ใช้ (User Carbon Footprint Education) การให้ความรู้แก่ผู้ใช้เป็นวิธีที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้ใช้งานมีส่วนร่วมในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น การแจ้งข้อมูลการปล่อยคาริบอนในแต่ละกิจกรรม การให้คำแนะนำเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้งานที่ช่วยลดการใช้พลังงาน และการส่งเสริมให้ผู้ใช้เลือกใช้งานโหมดประหยัดพลังงานเมื่อจำเป็น การให้ความรู้แก่ผู้ใช้ช่วยสร้างความตระหนักรู้และส่งเสริมพฤติกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Kiourtis et al., 2024)

2.2.5 ความหลากหลายและการเข้าถึง (Diversity and Accessibility) เป็นหลักการสำคัญในการออกแบบ UI เพื่อให้ผู้ใช้ทุกกลุ่ม ผู้สูงอายุและผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นสามารถใช้งานได้อย่างเท่าเทียม แนวปฏิบัติหลัก คือ 1) จัดให้มี โหมดข้อความขนาดใหญ่ (Large-Text Mode) “อ่านได้โดยไม่ต้องซูม” 2) ใช้คู่สีและข้อความที่ผ่านมาตรฐาน WCAG 2.0 เกณฑ์ 1.4.3 ระดับ AA เพื่อให้ตัวอักษรชัดเจนบนพื้นหลังทุกสภาพแสง (W3C Web Accessibility Initiative, 2018) 3) เลือกใช้ System หรือ Web-safe Font เช่น Roboto, SF Pro หรือ Inter ซึ่งถูกติดตั้งในระบบปฏิบัติการอยู่แล้ว เพื่อลดทรัพยากรดาวน์โหลดและพลังงานที่ใช้เรนเดอร์ และ 4) หลีกเลี่ยงเอฟเฟกต์ซับซ้อน เช่น drop-shadow, gradient-stroke หรือแอนิเมชันฟอนต์ งานวิจัยโดย (Kiourtis et al., 2024) ได้แสดงให้เห็นถึงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันว่า การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้อย่างยั่งยืน ตามเกณฑ์ที่กล่าวมา 5 ข้อ สามารถลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพรินต์ได้จริง โดยมีการทดลองเปรียบเทียบแอปพลิเคชันสองเวอร์ชันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตัวชี้วัดการปลดปล่อยก๊าซ CO2	ส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบดั้งเดิม	ส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบยั่งยืน
ปริมาณก๊าซ CO2 ต่อหนึ่งครั้งที่เข้าชม (กรัม)	0.05	0.03
ปริมาณก๊าซ CO2 ต่อปี (กิโลกรัม)	3.1	2.8
เทียบเท่าจำนวนขวดพลาสติกต่อปี	34	28
เทียบเท่าการเดินทางด้วยเครื่องบิน 2 ชั่วโมงต่อปี	0.08	0.06

Source: Kiourtis et al., 2024

2.3 วิธีการออกแบบส่วนประสานงานกับผู้ใช้แบบดั้งเดิม (Conventional UI Design)

ส่วนต่อประสานผู้ใช้ ซึ่งเป็นการออกแบบและจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ บนหน้าจอของแอปพลิเคชัน เว็บไซต์ หรือโปรแกรมต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบและใช้งานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ (Christensen et al .2020) การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิมมุ่งเน้นการสร้างส่วนต่อประสานงานผู้ใช้ที่ใช้งานง่าย มีประสิทธิภาพ และตอบสนองค์วามต้องการของผู้ใช้ โดยใช้หลักการสำคัญจากผู้เชี่ยวชาญในสาขาการออกแบบส่วนต่อประสานงานผู้ใช้และประสบการณ์ผู้ใช้ (Nacheva, 2015) ได้รวบรวมแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญระดับโลกที่เป็นที่ยอมรับ ได้แก่ Jakob Nielsen, Donald Norman, Ben Shneiderman และ Bruce Tognazzini โดยแต่ละแนวคิดถูกพัฒนาขึ้นจากการศึกษาความต้องการและพฤติกรรมของผู้ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1 Heuristics for User Interface Design (Jakob Nielsen) Jakob Nielsen ได้นำเสนอ 10 วิธีการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ดีซึ่งเป็นแนวทางสำคัญที่ใช้ประเมินและพัฒนาส่วนต่อประสานงานผู้ใช้ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้

2.3.1.1 Match Between System and the Real World การออกแบบควรใช้ภาษาและแนวคิดที่ผู้ใช้เข้าใจ

2.3.1.2 User Control and Freedom ให้ผู้ใช้มีทางเลือกหรือสามารถย้อนกลับไปยังจุดก่อนหน้าได้

2.3.1.3 Consistency and Standards ใช้มาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับทั่วไป

2.3.1.4 Error Prevention ป้องกันไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดตั้งแต่แรก

2.3.1.5 Recognition Rather Than Recall ลดภาระในการจดจำข้อมูลของผู้ใช้

2.3.1.6 Flexibility and Efficiency of Use รองรับทั้งผู้ใช้มือใหม่และผู้ใช้ที่มีความชำนาญ

2.3.1.7 Aesthetic ลดความซับซ้อนของหน้าจอ และหน้าใช้งาน ใช้ความสวยงามดึงดูดผู้ใช้

2.3.1.8 Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors ให้คำแนะนำที่ชัดเจนเมื่อเกิดข้อผิดพลาด

2.3.1.9 Help and Documentation มีเอกสารหรือระบบช่วยเหลือที่เข้าใจง่าย

2.3.1.10 Visibility of System Status ระบบควรแจ้งสถานะให้ผู้ใช้ทราบเสมอ

2.3.2 The Principles of Design for Usability (Donald Norman) Donald Norman เน้นความสำคัญของ Design for ความสะดวกในการใช้งาน โดยเสนอหลักการที่มุ่งเน้นการใช้งานง่ายและการสร้างประสบการณ์ผู้ใช้ที่ดี

2.3.2.1 Affordances คำจำกัดความ หมายถึงคุณสมบัติขององค์ประกอบในการออกแบบ ที่บ่งบอกถึงสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถทำได้ เช่น การคลิก การลาก หรือการปัด ตัวอย่าง ปุ่มที่มีรูปร่างเหมือนปุ่มกดชัดเจน หรือกล่องข้อความที่สามารถพิมพ์ข้อความได้

2.3.2.2 Signifiers คุณสมบัติขององค์ประกอบในการออกแบบที่บ่งบอกถึงสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถทำได้และเข้าใจความหมายของการแสดงสัญลักษณ์

2.3.2.3 Feedback การให้ผลตอบรับแบบทันทีเมื่อมีการกระทำใด ๆ เช่น เมื่อผู้ใช้คลิก “Submit” แล้วมีข้อความ “Success” หรือข้อความแจ้งเตือน

2.3.2.4 Mapping คำจำกัดความ การเชื่อมโยงระหว่างส่วนต่อประสานงานผู้ใช้และผลลัพธ์ของการกระทำของผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจการทำงาน ตัวอย่าง การหมุนลูกบิดประตูแล้วประตูเปิดไปในทิศทางที่ตรงกับการหมุน

2.3.2.5 Constraints คำจำกัดความ การกำหนดข้อจำกัดเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดหรือพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ ตัวอย่าง การกรอกข้อมูลฟอร์มที่บังคับให้กรอกเฉพาะตัวเลขในช่องที่กำหนด

2.3.2.6 Discoverability คำจำกัดความ ความสามารถในการค้นพบฟังก์ชันการทำงานหรือองค์ประกอบของระบบได้ง่ายและรวดเร็ว ตัวอย่าง การจัดวางเมนูให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาและเข้าถึงฟังก์ชันที่ต้องการได้โดยไม่ซับซ้อน

2.3.2.7 Conceptual Model คำจำกัดความ การออกแบบที่อ้างอิงความเข้าใจหรือประสบการณ์เดิมของผู้ใช้ ตัวอย่าง ไอคอนรูปแฟ้มสำหรับเก็บไฟล์ หรือถังขยะสำหรับการลบข้อมูล

2.3.3 Eight Golden Rules of Interface Design (Ben Shneiderman)

Ben Shneiderman ได้นำเสนอ Eight Golden Rules of Interface Design ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดสำหรับการออกแบบส่วนต่อประสานงานผู้ใช้

2.3.3.1 Strive for Consistency ใช้รูปแบบการออกแบบที่สอดคล้องกัน

2.3.3.2 Enable Frequent Users to Use Shortcuts รองรับการใช้งานที่รวดเร็วสำหรับผู้ใช้ที่มีความชำนาญ

2.3.3.3 Offer Informative Feedback ให้ผลตอบรับที่เหมาะสมและเข้าใจง่าย

2.3.3.4 Design Dialogs to Yield Closure สร้างขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน

2.3.3.5 Offer Simple Error Handling ลดความซับซ้อนในการแก้ไขข้อผิดพลาด

2.3.3.6 Permit Easy Reversal of Actions ให้ผู้ใช้สามารถย้อนกลับการกระทำได้ง่าย

2.3.3.7 Support Internal Locus of Control ทำให้ผู้ใช้รู้สึกควบคุมระบบได้

2.3.3.8 Reduce Short-Term Memory Load ลดความซับซ้อนในการจดจำข้อมูล

2.3.4 First Principles of Interaction Design (Bruce Tognazzini)

Bruce Tognazzini ไม่ได้มีหลักการที่เป็นทางการ แต่ได้เสนอ First Principles of Interaction Design ซึ่งครอบคลุมการออกแบบที่มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการเข้าใจ

2.3.4.1 Anticipation ระบบควรคาดเดาความต้องการของผู้ใช้ล่วงหน้า เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับประสบการณ์ที่ราบรื่นและมีประสิทธิภาพ ตัวอย่าง ระบบแนะนำสินค้าที่เกี่ยวข้องหรือฟังก์ชันการเติมข้อมูลอัตโนมัติในฟอร์ม เช่น แสดงชื่อที่อยู่ หรือข้อมูลการชำระเงินที่เคยใช้ล่าสุดในฟอร์มกรอกข้อมูล

2.3.4.2 Autonomy การให้ผู้ใช้มีอิสระในการตัดสินใจและเลือกวิธีการที่ต้องการในการใช้งาน ตัวอย่าง ให้ผู้ใช้สามารถเลือกตั้งค่าหรือปรับเปลี่ยนการตั้งค่าในแอปพลิเคชันตามความชอบ เช่น การปรับโหมดมืดหรือโหมดสว่างในแอปพลิเคชัน

2.3.4.3 Efficiency การออกแบบที่ทำให้ผู้ใช้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องเสียเวลาในการค้นหาหรือดำเนินการ ตัวอย่าง การใช้ปุ่มลัด (Shortcuts) หรือการจัดเรียงเมนูให้สามารถเข้าถึงฟังก์ชันที่สำคัญได้ภายในไม่กี่คลิก เช่น การมีเมนูการตั้งค่าที่เข้าถึงได้ง่ายจากหน้าแรก

2.3.4.4 Consistency ความสม่ำเสมอในส่วนต่าง ๆ ของระบบ เช่น การใช้สัญลักษณ์ที่เหมือนกันในทุกหน้า หรือการมีการออกแบบที่คล้ายคลึงกันในทุกฟังก์ชัน

2.3.4.5 Learnability คำจำกัดความ การออกแบบที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้ง่าย โดยการจัดทำโครงสร้างที่เข้าใจได้ง่ายและมีการให้คำแนะนำในการใช้งาน ตัวอย่าง การใช้คำแนะนำหรือคำบรรยายที่ชัดเจนในระหว่างการใช้งาน เช่น การใช้ข้อความช่วยเหลือ หรือคำแนะนำในการเริ่มต้นใช้งานแอป

2.3.4.6 Visibility คำจำกัดความ การแสดงข้อมูลที่จำเป็นให้ชัดเจนและมองเห็นได้ง่าย เพื่อให้ผู้ใช้ไม่ต้องเสียเวลาค้นหาข้อมูล ตัวอย่าง การทำให้ปุ่มหลักในแอปหรือเว็บไซต์โดดเด่นด้วยสีหรือขนาดที่แตกต่าง เช่น ปุ่ม “สมัครสมาชิก” หรือ “เข้าสู่ระบบ” ที่เห็นได้ชัดเจนบนหน้าจอ

2.3.4.7 Recoverability คำจำกัดความ ระบบควรรองรับการแก้ไขข้อผิดพลาดได้ง่าย เช่น การให้ทางเลือกในการย้อนกลับหรือการกู้คืนข้อมูลเมื่อเกิดความผิดพลาด ตัวอย่าง การให้ผู้ใช้สามารถย้อนกลับไปยังขั้นตอนก่อนหน้านี้ในฟอร์มกรอกข้อมูล หรือการแสดงข้อความแจ้งเตือนเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการดำเนินการ เช่น การกรอกข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง

2.3.5 รวบรวมและสังเคราะห์หลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้

Nacheva (2015) ได้นำหลักการจากผู้เชี่ยวชาญระดับโลกมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาความสอดคล้องและจุดร่วมในแนวคิดของการออกแบบส่วนต่อประสานงานผู้ใช้แบบดั้งเดิม ซึ่งเมื่อพิจารณาแนวคิดของ Jakob Nielsen, Donald Norman, Ben Shneiderman และ Bruce Tognazzini พบว่ามีหลายประเด็นที่มีทิศทางเดียวกัน เช่น

2.3.5.1 ความสม่ำเสมอ (Consistency) ความสม่ำเสมอในองค์ประกอบของส่วนต่อประสานงานผู้ใช้ เช่น การใช้สี ไอคอน หรือคำสั่งที่เหมือนกันในทุกส่วนของระบบ ช่วยลดระยะเวลาในการเรียนรู้การใช้งาน และทำให้ผู้ใช้สามารถคาดเดาการทำงานของระบบได้อย่างแม่นยำ ตัวอย่างเช่น การจัดวางปุ่มย้อนกลับ (Back) ให้อยู่ตำแหน่งเดียวกันในทุกหน้าจอ ซึ่งช่วยสร้างประสบการณ์ที่ราบรื่นและลดข้อผิดพลาดในการใช้งาน (Nacheva, 2015)

2.3.5.2 การป้องกันข้อผิดพลาด (Error Prevention) การป้องกันข้อผิดพลาดถือเป็นหนึ่งในหัวใจสำคัญของการออกแบบส่วนต่อประสานที่ดี ระบบควรมีการแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้งานกำลังจะทำสิ่งที่อาจส่งผลกระทบ เช่น การแจ้งเตือนก่อนลบข้อมูลสำคัญ หรือการแสดงคำแนะนำเมื่อผู้ใช้งานกรอกข้อมูลผิดพลาดในแบบฟอร์ม การออกแบบในลักษณะนี้ช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความมั่นใจให้แก่ผู้ใช้งาน (Nacheva, 2015)

2.3.5.3 การลดภาระทางความคิด (Cognitive Load Reduction) การออกแบบควรมุ่งลดภาระทางความคิดของผู้ใช้งาน โดยการจัดการข้อมูลและองค์ประกอบในลักษณะที่ง่ายต่อการเข้าใจ เช่น การจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล หรือการใช้ภาพแทนคำอธิบายที่ซับซ้อน หลักการนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถโฟกัสกับการทำงานของตนได้โดยไม่ต้องเสียเวลาในการทำความเข้าใจระบบ (Nacheva, 2015)

2.3.5.4 ความสวยงาม (Aesthetic) การออกแบบที่สวยงามช่วยสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้งาน เช่น การใช้สีที่สอดคล้องและเหมาะสม การเลือกฟอนต์ที่อ่านง่าย และการจัดวางองค์ประกอบที่สมดุล หลักการนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานและทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น (Nacheva, 2015)

2.3.5.5 การออกแบบให้รองรับผู้ใช้หลากหลายกลุ่ม (Flexibility) ระบบควรมีความยืดหยุ่นในการรองรับผู้ใช้งานที่มีความหลากหลายในด้านความเชี่ยวชาญและความต้องการ เช่น ผู้ใช้ที่มีความเชี่ยวชาญควรสามารถเข้าถึงฟังก์ชันพิเศษได้รวดเร็ว ในขณะที่ผู้ใช้มือใหม่ควรมีคำแนะนำหรือความช่วยเหลือที่เหมาะสม (Nacheva, 2015)

2.4 ความสามารถในการใช้งาน (Usability)

ความสามารถในการใช้งาน ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO 9241-11 (1998) ว่าเป็น “ระดับที่ผู้ใช้สามารถใช้งานผลิตภัณฑ์ได้สำเร็จ ภายใต้บริบทการใช้งานที่กำหนด” ประกอบด้วยสามมิติหลัก คือ Effectiveness (ประสิทธิผล) ความถูกต้องและความครบถ้วนในการบรรลุเป้าหมายของผู้ใช้ Efficiency (ประสิทธิภาพ) ทรัพยากรที่ใช้เมื่อเทียบกับความสำเร็จที่ได้รับความพึงพอใจซึ่ง ความรู้สึกพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจของผู้ใช้ระหว่างและหลังการใช้ (Lazar et al., 2017) นอกจากนี้ Nielsen (1994) ยังให้ความหมายขององค์วามสามารถในการใช้งานในเชิงปฏิบัติว่า คือ ความง่าย รวดเร็ว และความพึงพอใจที่ผู้ใช้ได้รับเมื่อโต้ตอบกับระบบ การตีความในบริบทต่าง ๆ อาจขยายไปถึงองค์ประกอบทางจิตวิทยา ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม และเทคโนโลยีที่ใช้ (Shneiderman & Plaisant, 2010; Krug, 2014)

2.5 การทดสอบตัวต้นแบบ 2 ชนิด (A/B Testing)

การทดสอบตัวต้นแบบ 2 ชนิด (A/B Testing) คือการทดสอบที่ใช้เปรียบเทียบสองเวอร์ชันของสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อดูว่าเวอร์ชันไหนมีประสิทธิภาพดีกว่า โดยการทดสอบนี้จะทำให้เราสามารถตัดสินใจได้อย่างมีข้อมูลว่าแบบไหนเหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มผู้ใช้หรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (Hynninen & Kauppinen, 2014) การทดลองนี้ช่วยให้องค์กรสามารถวัดผลลัพธ์ของการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ได้อย่างแม่นยำ และยังเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง (Kohavi et al., 2009 โดยมีความสำคัญในงานดิจิทัล ดังนี้

2.5.1 การปรับปรุงประสบการณ์ผู้ใช้ เพื่อให้ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า

2.5.2 การพัฒนาและทดสอบฟีเจอร์ใหม่ การออกแบบแคมเปญการตลาดออนไลน์ หรือการเพิ่มฟังก์ชันใหม่ในแอปพลิเคชัน เราจะได้ทดสอบและเลือกสิ่งที่ดีที่สุดให้กับลูกค้า

2.5.3 การวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงเชิงกลยุทธ์ การตั้งราคาหรือการออกแบบหน้าร้านดิจิทัล การนำการทดสอบตัวต้นแบบ 2 ชนิด (A/B Testing) มาใช้ในงานดิจิทัลช่วยให้องค์กรสามารถปรับตัวต่อความเปลี่ยนแปลงของตลาดได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Kohavi et al., 2009; Hynninen & Kauppinen, 2014)

2.6 มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale)

การใช้มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale) ในการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มาตรวัดความใช้งานของระบบเพื่อวัดระดับความสามารถในการใช้งานของระบบ (Usability) ซึ่งครอบคลุมถึงความง่ายในการใช้งาน ความสม่ำเสมอของฟังก์ชัน (Lewis & Sauro, 2009) และความมั่นใจของผู้ใช้งาน มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในแวดวง เนื่องจากความยืดหยุ่น ความเรียบง่าย และการให้ข้อมูลเชิงลึกที่มีประโยชน์สำหรับนักวิจัยและนักพัฒนาระบบ มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale) ประกอบด้วยคำถามจำนวน 10 ข้อ ที่ออกแบบมาให้ครอบคลุมมุมมองที่สำคัญเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้งาน และการออกแบบเพื่อผู้ใช้งาน (Indriana & Adzani, 2017) โดยที่ใช้ Likert Scale ในการตอบ (1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง) โดยคำถามถูกออกแบบมาให้สอดคล้องกับทั้งมิติที่เป็นบวกและลบ (Lewis & Sauro, 2009) ดังนี้ 1) ฉันคิดว่าฉันจะใช้ระบบนี้บ่อยครั้ง 2) ฉันรู้สึกว่าระบบนี้มีความซับซ้อนเกินไป 3) ฉันคิดว่าระบบนี้ง่ายต่อการใช้งาน 4) ฉันคิดว่าฉันจะต้องการความช่วยเหลือทางเทคนิคในการใช้งานระบบนี้ 5) ฉันรู้สึกว่าฟังก์ชันต่าง ๆ ในระบบนี้มีการผสานกันอย่างดี 6) ฉันรู้สึกว่าระบบนี้มีความไม่สอดคล้องกันมากเกินไป 7) ฉันสามารถเรียนรู้การใช้งานระบบนี้ได้อย่างรวดเร็ว 8) ฉันรู้สึกว่าระบบนี้ใช้งานยาก 9) ฉันรู้สึกมั่นใจในการใช้งานระบบนี้ 10) ฉันต้องเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ มากมายก่อนที่จะสามารถใช้งานระบบนี้ได้ โดยมีตารางที่ 2 แสดงวัตถุประสงค์ในการใช้มาตรวัดความใช้งานของระบบ

ตารางที่ 2 วัตถุประสงค์ในการใช้ มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale)

ความสามารถ	รายละเอียด
ประเมินความสามารถในการใช้งานของระบบ	ใช้ มาตรวัดความใช้งานของระบบเพื่อวัดระดับความง่ายในการใช้งาน ความสามารถในการเรียนรู้และประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบจากมุมมองของผู้ใช้จริง
รับข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้	ใช้ มาตรวัดความใช้งานของระบบในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อเกี่ยวกับความพึงพอใจของ ระบบ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการมากขึ้น
สนับสนุนการตัดสินใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ใช้ผลการประเมิน มาตรวัดความใช้งานของระบบเป็นข้อมูลอ้างอิงในการตัดสินใจเกี่ยวกับการ พัฒนาหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ตอบสนองต่อผู้ใช้ได้ดีที่สุด

2.7 ความแตกต่างระหว่างการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และส่วนประสานงานกับผู้ใช้

การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน และการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และส่วนประสานงานกับผู้ใช้แบบดั้งเดิม (Conventional UI Design) ความแตกต่างระหว่างหลักการการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และส่วนประสานงานกับผู้ใช้เพื่อความยั่งยืน (Sustainable UI Design) ในวิจัยของ (Kiourtis et al., 2024) และการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และส่วนประสานงานกับผู้ใช้แบบดั้งเดิม (Conventional UI Design) จากการรวบรวมแนวการออกแบบทั้งสองแบบปรากฏว่ามีหลักการที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงตารางที่ 3

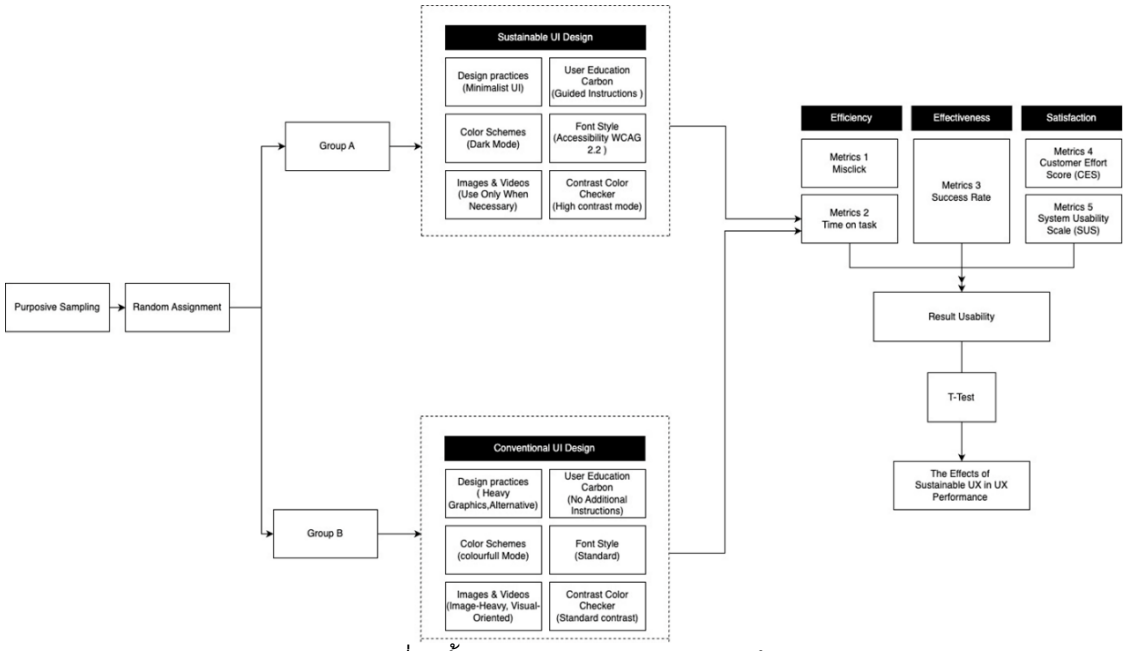
ตารางที่ 3 หลักการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้

เกณฑ์การออกแบบ	การออกแบบแบบดั้งเดิม	การออกแบบแบบยั่งยืน
แนวทางการออกแบบ	แสดงข้อมูลและรายการจำนวนมาก	ออกแบบแบบลดทอนองค์ประกอบ
แผนการใช้สี	-	โทนสีเข้ม
รูปภาพและวิดีโอ	ใช้ไฟล์ความละเอียดสูง	บีบอัดไฟล์ และหลีกเลี่ยงรูปภาพที่ไม่จำเป็น
แบบตัวอักษร	-	ใช้ขนาดตัวอักษรตั้งแต่ 16 พิกเซลขึ้นไป
การให้ความรู้แก่ผู้ใช้	-	สร้างความตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
การตรวจสอบความเปรียบต่างสี	-	ต้องเป็นไปตามแนวทางการเข้าถึงเนื้อหาเว็บระดับ AA หรือ AAA

3. วิธีการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อและวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ Usability ระหว่าง ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืนต้นแบบ A กับ ส่วนต่อประสานงานผู้ใช้แบบดั้งเดิม ต้นแบบ B โดยใช้ตัวชี้วัด มาตราวัดการใช้งานระบบ, ความพึงพอใจของลูกค้า, เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจ และ จำนวนการกดผิดพลาด ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และออกแบบต้นแบบบนแพลตฟอร์มเดียวกันพร้อมชุดภารกิจหลัก 4 ภารกิจ กลุ่มตัวอย่าง 50 คน แบ่งสุ่มเป็น A และ B คนละ 25 ราย คัดเลือกผู้มีประสบการณ์ใช้งานแอปฯ ไม่น้อยกว่า 1 ปี เก็บข้อมูลพฤติกรรมผ่าน MAZE (Clickstream, เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจ, การกดผิดพลาด) และคะแนน CES ทันทีหลังทำภารกิจ พร้อมสุ่มลำดับต้นแบบเพื่อลดอคติ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติพรรณนาและ t-test (α = .05) คำนวณคะแนน มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบตาม Brooke (1996) ดูภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนและกรอบแนวคิดงานวิจัย

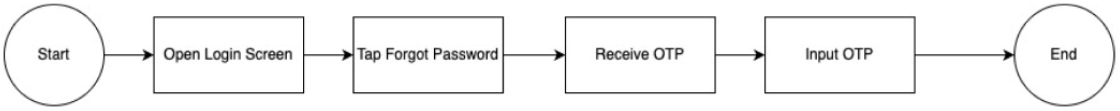
ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย ซึ่งเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรต้น (รูปแบบ UI แบบยั่งยืน/ดั้งเดิม) กับตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการใช้งาน (SUS), ความพยายามของผู้ใช้ (CES), เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจ และจำนวนการกดผิดพลาด”

3.1.1 ยุทธศาสตร์การวิจัย (Strategy) การทดลองควบคุมแบบการทดสอบต้นแบบ 2 ชนิด (A/B Testing) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งาน (Usability) ระหว่างการออกแบบส่วนประสานงานกับผู้ใช้เพื่อความยั่งยืน (Sustainable UI Design) และการออกแบบส่วนประสานงานกับผู้ใช้แบบดั้งเดิม (Conventional UI Design) โดยผู้เข้าร่วมการทดลองแต่ละคนจะถูกสุ่มแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่ม A ทำการทดลองในเวอร์ชัน A (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน) กลุ่ม B ทำการทดลองในเวอร์ชัน B (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิม) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้อย่างตรงไปตรงมา โดยจะอ้างอิงเกณฑ์วัดผลที่ชัดเจน ดังนี้ 1) เวลาที่ใช้ในการทำภารกิจ (Task Completion Time) วัดระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที) ที่ผู้ใช้ใช้จนครบกระบวนการของแต่ละภารกิจ 2) การกดผิดพลาด (Misclick Rate) วัดสัดส่วนของค์ลิกที่ผู้ใช้ไม่ตั้งใจกดนอกองค์ประกอบเป้าหมาย เมื่อเทียบกับคลิกรวมทั้งหมด 3) อัตราความสำเร็จ (Success Rate) วัดเปอร์เซ็นต์ของผู้ใช้ที่สามารถทำภารกิจให้สำเร็จโดยไม่เกิดข้อผิดพลาด 4) คะแนนความพยายามของผู้ใช้ (Customer Effort Score) วัดระดับความง่ายยากที่ผู้ใช้รับรู้ โดยให้คะแนนหลังทำภารกิจ (เช่น 1 = ง่ายมาก ถึง 6 = ยากมาก) และ 5) คะแนนมาตรวัดความสามารถในการใช้งานระบบ (System Usability Scale SUS) วัดความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบผ่านแบบสอบถาม 10 ข้อ คำนวณเป็นคะแนนระหว่าง 0-100 แสดงคุณภาพการใช้งานโดยรวม

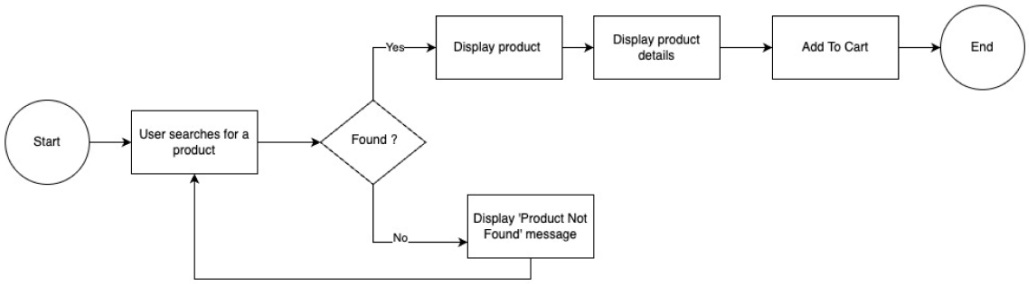
3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน ผู้วิจัยออกแบบเส้นทางผู้ใช้ (User Flow) โดยเลือกกรณีศึกษาเป็นการซื้อสินค้าออนไลน์ เนื่องจากมีความซับซ้อนของขั้นตอนและองค์ประกอบที่หลากหลาย เช่น การค้นหาสินค้า การเลือกวิธีชำระเงิน และการติดตามสถานะการสั่งซื้อ จึงเหมาะสมสำหรับการออกแบบเส้นทางผู้ใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยผู้วิจัยได้กำหนด 4 ภารกิจหลัก (Tasks) ที่ผู้ใช้ต้องดำเนินการ ซึ่งเท่ากันในกลุ่มต้นแบบ A และ B เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการใช้งานได้อย่างเป็นธรรม แสดงตารางที่ 4 และภาพที่ 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ภารกิจ ระดับความยาก และเหตุผลที่เลือก

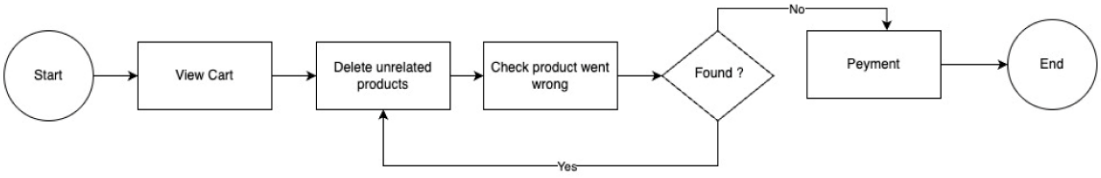
ภารกิจ	ลักษณะภารกิจ	ระดับความยาก	เหตุผลที่เลือก
1. การกู้รหัสผ่านที่ลืม	การเข้าถึงระบบ	ง่าย	เป็นฟังก์ชันพื้นฐานที่มีความสำคัญในแง่ความปลอดภัยและวามสามารถในการกลับเข้าสู่ระบบได้อย่างราบรื่นแสดงให้เห็นความชัดเจน
2. ค้นหาสินค้าและเพิ่มสินค้าในตะกร้า	การค้นหาและเริ่มต้นการสั่งซื้อ	ปานกลาง	เป็นกระบวนการหลักของการซื้อสินค้าออนไลน์ ทดสอบการใช้งาน Search Bar, Filter และปุ่ม Add ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการออกแบบระบบนำทางของข้อความ ลิงก์ และปุ่ม
3. จัดการรายการในตะกร้าสินค้าและชำระเงิน	จัดการข้อมูล	สูง	มีความซับซ้อนจากการต้องตรวจสอบข้อมูลเปลี่ยนแปลงจำนวน หรือยกเลิกรายการทดสอบความยืดหยุ่นของระบบ
4. การเพิ่มบัตรเครดิตใหม่ในการชำระเงิน	การกรอกข้อมูล	ปานกลาง	ทดสอบความสามารถในการกรอกข้อมูลและการแสดงผลของระบบฟอร์ม ตรวจสอบการสื่อสารของระบบและความต่อเนื่องของกระบวนการสั่งซื้อ



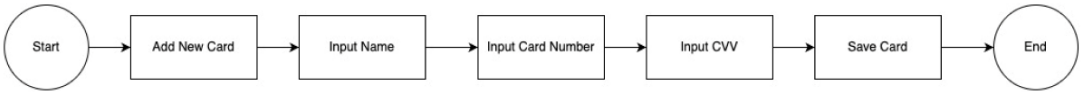
ภาพที่ 2 เส้นทางผู้ใช้การกู้รหัสผ่านที่ลืม



ภาพที่ 3 การค้นหาสินค้า ดูข้อมูลและเพิ่มสินค้าในตะกร้า



ภาพที่ 4 การจัดการรายการในตะกร้าและชำระเงิน



ภาพที่ 5 การเพิ่มบัตรเครดิตใหม่ในการชำระเงิน

3.1.2.1 การทดสอบต้นแบบ 2 ชนิด (A/B Testing)

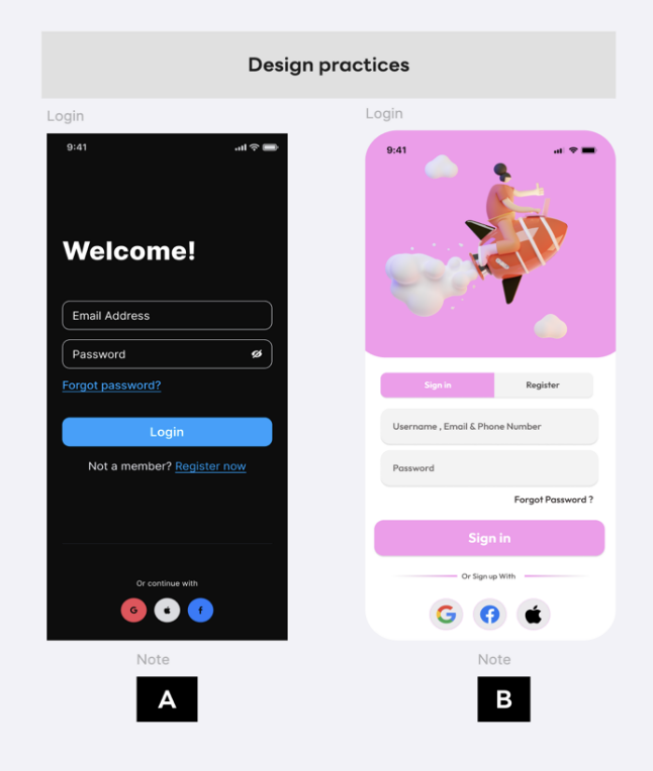
(1) การแบ่งกลุ่มผู้ใช้

ขั้นตอนที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองถูกสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากผู้ใช้งานที่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัล โดยผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามคัดกรอง (Screening Questionnaire) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกลุ่มประชากร

ขั้นตอนที่ 2 Random Assignment จะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนหลังจากที่ได้กลุ่มตัวอย่างแล้ว โดยกระบวนการนี้ใช้เพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มทดลอง (Experimental Group) และกลุ่มควบคุม (Control Group) อย่างสุ่ม เพื่อให้ทั้งสองกลุ่มมีลักษณะพื้นฐานที่ใกล้เคียงกันที่สุด ซึ่งจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดลองและเพิ่ม Internal Validity ของงานวิจัย โดยเมื่อจัดกลุ่มเสร็จแล้วจะได้ผู้เข้าร่วมการทดลองดังนี้

กลุ่ม A ทำการทดลองในเวอร์ชัน A (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน)

กลุ่ม B ทำการทดลองในเวอร์ชัน B (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิม)



ภาพที่ 6 ตัวอย่างตัวอย่างความแตกต่างด้านแนวทางการออกแบบ

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Population and Sample)

ใช้แบบสอบถามคัดกรอง (Screening Questionnaire) เช่น การใช้งานสมาร์ทโฟนและเว็บไซต์ดิจิทัลทั่วไป เพื่อประเมินความสามารถในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันและเว็บไซต์ โดยกลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่ใช้ในการทดลองถูกสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากผู้ใช้งานที่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัล โดยผู้เข้าร่วมจะต้องมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ มีประสบการณ์การใช้งานแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์อย่างน้อย 1 ปี และสามารถเข้าใจและปฏิบัติตามคำแนะนำในการทดลองได้ ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างไว้ที่จำนวน 50 คน

ซึ่งเหมาะสมสำหรับการศึกษาในลักษณะเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยจำนวนดังกล่าวเพียงพอสำหรับการเก็บข้อมูลที่ครอบคลุมและสะท้อนมุมมองของผู้ใช้งานที่หลากหลาย และสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของประสบการณ์ผู้ใช้งาน ระหว่างรูปแบบ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิมและ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน ได้อย่างมีประสิทธิภาพกลุ่มตัวอย่างมีคุณลักษณะเบื้องต้นดังนี้ 1. เพศ ชายและหญิง 2. ช่วงอายุ 20 ปีขึ้นไป 3. ประสบการณ์ มีประสบการณ์การใช้แอปพลิเคชันอย่างน้อย 1 ปี 4.ระดับการศึกษา ระดับปริญญาตรีขึ้นไป 5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะและโน้ตบุ๊ก และ6. รูปแบบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงภายในอาคารหรือ Wi-Fi ที่มีความเสถียร

4. ผลการวิจัย และอภิปรายผล

4.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมทดสอบต้นแบบระบบ จำนวน 50 คน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A และ กลุ่ม B กลุ่มละ 25 คนเท่ากัน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบง่าย (Simple Random Assignment) เพื่อควบคุมตัวแปรและลดอคติในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างสามารถสรุปได้ดังนี้

กลุ่มผู้เข้าร่วมมีทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยเพศชายมีจำนวน 27 คน และเพศหญิงจำนวน 23 คน

กลุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 50 คนมีอายุอยู่ในช่วง 21-40 ปี (range = 19 ปี) โดยมีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 30.1 ปี และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 4.7 ปี ค่ามัธยฐาน (Median) อยู่ที่ 29 ปี ขณะที่ค่าฐานนิยม (Mode) คือ 29 ปี ซึ่งบ่งชี้ว่ากลุ่มตัวอย่างกระจุกตัวอยู่ในช่วงปลายวัย 20 ปีเป็นส่วนใหญ่ เมื่อตัดแบ่งเป็นช่วงอายุพบว่ากลุ่ม 25-29 ปีมีสัดส่วนมากที่สุด (ร้อยละ 46, n = 23) รองลงมาคือ 30-34 ปี (ร้อยละ 22, n = 11) 35-39 ปี (ร้อยละ 16, n = 8) 20-24 ปี (ร้อยละ 12, n = 6) และ 40-44 ปี (ร้อยละ 4, n = 2) ตามลำดับ

การจัดสรรผู้เข้าร่วมเข้าสู่การทดสอบต้นแบบ A และ B อย่างละ 25 คนให้ค่าเฉลี่ยอายุ 29.6 และ 30.6 ปี ตามลำดับ โดยมีค่ามัธยฐานตรงกันที่ 29 ปี ความแตกต่างดังกล่าวไม่ถึงระดับที่อาจก่อให้เกิดอคติด้านอายุ (age bias) ต่อผลการทดลอง จึงสามารถสรุปได้ว่าตัวแปรอายุถูกควบคุมในระดับที่ยอมรับได้สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของต้นแบบทั้งสอง.

ด้านระดับการศึกษา ผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่จบระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า จำนวน 37 คน รองลงมาคือระดับปริญญาโท จำนวน 11 คน และระดับปริญญาเอก จำนวน 2 คน

ในส่วนของอาชีพ พบว่าผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นพนักงานบริษัท จำนวน 41 คน ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ 6 คน และประกอบธุรกิจส่วนตัวอีก 3 คน แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความหลากหลายในแง่ของลักษณะงาน และน่าจะสะท้อนพฤติกรรมของผู้ใช้ทั่วไปได้ดีในระดับหนึ่ง

สำหรับประสบการณ์ในการใช้งานแอปพลิเคชัน พบว่าผู้เข้าร่วมทั้งหมดมีประสบการณ์ใช้งานมากกว่า 5 ปี ซึ่งช่วยยืนยันว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเชี่ยวชาญและคุ้นเคยกับการใช้งานแอปพลิเคชันในระดับที่สามารถให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณภาพได้ ท้ายที่สุด กลุ่ม A และกลุ่ม B ถูกจัดสรรให้ทดสอบต้นแบบที่แตกต่างกัน โดยมีกลุ่มละ 25 คนเท่ากัน เพื่อให้การทดลองเปรียบเทียบต้นแบบทั้งสองมีความยุติธรรม และสามารถนำไปวิเคราะห์ผลได้อย่างแม่นยำ

4.2 ผลการทดสอบการใช้งาน (Usability Testing Results)

การทดสอบการใช้งาน (Usability Testing) ดำเนินการกับผู้เข้าร่วมจำนวน 50 คน โดยใช้เครื่องมือ MAZE เพื่อเก็บข้อมูลเชิงพฤติกรรมจากต้นแบบ 2 แบบ ได้แก่ แบบ A (Sustainable UI) และแบบ B (Conventional UI) โดยใช้กรอบการประเมินตามมาตรฐาน ISO 9241-11 (2018) ซึ่งประกอบด้วยการประเมินความสามารถในการใช้งานของระบบต้นแบบ (Usability Evaluation) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงแบ่งการประเมิน ความสามารถในการใช้งาน ออกเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

4.2.1 ประสิทธิผล (Effectiveness) ความสามารถของผู้ใช้ในการทำภารกิจให้สำเร็จได้อย่างถูกต้องและตัวชี้วัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ อัตราความสำเร็จในการทำภารกิจ (Success Rate) โดยมีผลออกมาดังนี้ ตัวต้นแบบประเภท A และ มี ตัวต้นแบบประเภท B พบ ความสำเร็จในการทำภารกิจร้อยละ100 ทั้ง 4 ภารกิจทั้งคู่

4.2.2 ประสิทธิภาพ (Efficiency) ทรัพยากรที่ผู้ใช้ต้องใช้ในการบรรลุเป้าหมาย เช่น เวลา ความพยายาม หรือจำนวนการคลิก ตัวชี้วัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำ และจำนวนการกดผิดพลาด (Misclick) ประสิทธิภาพสะท้อน ปริมาณทรัพยากร เช่น เวลา แรงกาย หรือ ความพยายามทางความคิดที่ผู้ใช้ต้องใช้เพื่อบรรลุเป้าหมาย ยิ่งใช้ทรัพยากรน้อย ระบบยิ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูง ในการศึกษาครั้งนี้ทีมวิจัยวัดประสิทธิภาพจากสองตัวบ่งชี้หลัก ได้แก่ ระยะเวลาที่ผู้เข้าร่วมใช้สำเร็จแต่ละภารกิจโดยเฉลี่ย และ จำนวนครั้งที่แตะผิดตำแหน่งบนหน้าจอ โดยเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำภารกิจแสดงในตารางที่ 5 ผลสรุปจำนวนการกดผิดพลาด (Misclick) ตัวต้นแบบประเภท A และ B แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำภารกิจประเภท A เปรียบเทียบกับเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำภารกิจประเภท B

ลำดับ	ภาระกิจ	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำภารกิจประเภท A	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำภารกิจประเภท B
1	การกู้รหัสผ่านที่ลืม	12.7 วินาที	19.1 วินาที
2	การค้นหาสินค้าหรือข้อมูลในระบบและเพิ่มสินค้าในตะกร้า	37 วินาที	49.6 วินาที
3	การเพิ่ม ลบ หรือแก้ไขรายการในตะกร้าสินค้า	27วินาที	32.7 วินาที
4	การเพิ่มบัตรใหม่ในการชำระเงิน	12.6 วินาที	15.7 วินาที

ตารางที่ 6 สรุปจำนวนการกดผิดพลาด (Misclick) ระหว่างตัวต้นแบบประเภท A และ B

ภาระกิจ	การกดผิดพลาด A	การกดผิดพลาด B
การกู้รหัสผ่านที่ลืม	6	8
การค้นหาสินค้าหรือข้อมูลในระบบและเพิ่มสินค้าในตะกร้า	8	27
การจัดการรายการในตะกร้าสินค้าและชำระเงิน	22	22
การเพิ่มบัตรเครดิตใหม่ในการชำระเงิน	4	14
จำนวนการกดผิดพลาดทั้งหมด	40	71

4.2.3 ความพึงพอใจ (Satisfaction)

ความพึงพอใจของผู้ใช้ (Satisfaction) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของการประเมินความสามารถในการใช้งาน (Usability) ตามกรอบแนวคิดของ ISO 9241-11 (1998) ซึ่งระบุว่า ความพึงพอใจหมายถึง “ระดับความพึงพอใจที่ผู้ใช้รู้สึกเมื่อใช้งานระบบหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ”ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ตัวชี้วัด คะแนนความพยายามของลูกค้า (Customer Effort Score) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานในการใช้งานระบบต้นแบบแต่ละแบบ โดย คะแนนความพยายามของลูกค้า มุ่งเน้นการวัดว่า ผู้ใช้ต้อง “พยายามมากน้อยเพียงใด” ในการดำเนินการหรือทำภารกิจต่าง ๆ ให้สำเร็จบนระบบ ซึ่งเป็นมุมมองที่แตกต่างจากการวัดเพียงความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบของผู้ใช้

4.2.3.1 ผลคะแนนความพยายามของลูกค้า (Customer Effort Score) ของตัวต้นแบบประเภท A

สำหรับต้นแบบระบบแบบ A จากการประเมิน คะแนนความพยายามของลูกค้ากับผู้ใช้จำนวน 25 คน พบว่า ร้อยละ 64 หรือ 16 คน ให้คะแนนว่า “ง่ายมาก” ร้อยละ 28 หรือ 7 คน ให้คะแนนว่า “ง่าย” ร้อยละ 8 หรือ 2 คน ให้คะแนนว่า “ปานกลาง” ไม่มีผู้ใช้ให้คะแนนในระดับ “ยาก” หรือ “ยากมาก” เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย คะแนนความพยายามของลูกค้า ของระบบแบบ A ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 จากคะแนนเต็ม 5 ซึ่งบ่งชี้ว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีประสบการณ์การใช้งานที่ราบรื่น และใช้ความพยายามน้อยในการทำภารกิจต่าง ๆ ให้สำเร็จข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าต้นแบบแบบ A ยังคงสามารถตอบสนองต่อความคาดหวังของผู้ใช้ได้ในระดับที่ดี และไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกซับซ้อนหรือยุ่งยากในการใช้งาน

4.2.3.2 ผลคะแนนความพยายามของลูกค้า (Customer Effort Score) ของ ตัวต้นแบบประเภท B

จากผลการประเมิน คะแนนความพยายามของลูกค้า (Customer Effort Score) ของต้นแบบระบบแบบ B ที่เก็บข้อมูลจากผู้ใช้จำนวน 25 คน พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย คะแนนความพยายามของลูกค้า ของระบบแบบ B ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 จากคะแนนเต็ม 5 ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีประสบการณ์ใช้งานที่ราบรื่นและไม่ซับซ้อน โดยผลลัพธ์สามารถแจกแจงได้ดังนี้ ร้อยละ 56 หรือจำนวน 14 คน ให้คะแนนว่า “ง่าย” ร้อยละ 20 หรือจำนวน 5 คน ให้คะแนนว่า “ง่ายมาก” ร้อยละ 24 หรือจำนวน 6 คน ให้คะแนนว่า “ปานกลาง” ไม่มีผู้ใช้งานให้คะแนนในระดับ “ยาก” หรือ “ยากมาก” ผลการ

ประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ผู้ใช้ส่วนใหญ่สามารถใช้งานระบบได้อย่างไม่ติดขัด โดยรวมแล้วกว่าร้อยละ 76 ของผู้ใช้ให้คะแนนในระดับ “ง่าย” และ “ง่ายมาก” ซึ่งถือเป็นสัญญาณเชิงบวกต่อประสบการณ์การใช้งานของระบบ ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืนโดยตรงนอกจากนี้ ระบบได้ใช้เครื่องมือ Maze เพื่อรวบรวมข้อมูล คะแนนความพยายามของลูกค้า นี้จากผู้ใช้ขณะทำภารกิจจริงบนต้นแบบ ซึ่งช่วยให้สามารถวัดความพึงพอใจเชิงปฏิบัติการได้อย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือในบริบทของการทดสอบ ความสามารถในการใช้งาน

4.2.4 ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบต้นแบบ A ด้วยแบบสอบถาม มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale) แบบสอบถาม มาตรวัดความใช้งานของระบบถูกนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน โดยมีการประมวลผลคะแนนตามแนวทางดั้งเดิมของ Brooke (1996) รวมคะแนนทั้งหมด 100 คะแนน เฉลี่ยรวมของกลุ่ม = 85.6 คะแนน เมื่อพิจารณาจากข้อมูลเชิงปริมาณประกอบกับการแปลความหมายตามแนวทางมาตรฐาน ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ระบบต้นแบบ A มีระดับความสามารถในการใช้งานอยู่ในเกณฑ์สูงมาก สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.5 ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบต้นแบบ B ด้วยแบบสอบถาม มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale) พบว่า ข้อที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ข้อที่ 5 “ฟังก์ชันต่าง ๆ ของระบบทำงานได้ดีและเข้ากันได้” โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32 คะแนน แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในด้านความครบถ้วนและการทำงานร่วมกันของฟังก์ชันในระบบ ในขณะที่ ข้อที่ 3 “ฉันพบว่าระบบนี้ใช้งานได้ง่าย” และ ข้อที่ 9 “ฉันรู้สึกมั่นใจเมื่อใช้งานระบบนี้” ก็ได้คะแนนเฉลี่ยสูงในระดับ 4.00 คะแนน และ 4.18 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนถึงความง่ายในการใช้งานและความมั่นใจของผู้ใช้ในการโต้ตอบกับระบบเมื่อพิจารณาภาพรวมของค์ะแนน มาตรวัดความใช้งานของระบบ พบว่า ระบบต้นแบบแบบ B มีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 70.1 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับ “ใช้งานได้ดี” ตามการแปลผลคะแนนของ มาตรวัดความใช้งานของระบบ ระบุว่า มาตรวัดความใช้งานของระบบ ที่อยู่ในช่วง 6880 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ “ยอมรับได้” ผลลัพธ์นี้สะท้อนให้เห็นว่า ระบบต้นแบบแบบ B มีความสามารถในการใช้งานอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ โดยผู้ใช้งานมีความมั่นใจ เข้าใจระบบได้ง่าย และสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว

4.3 การทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างต้นแบบ A และ B

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแตกต่างด้านประสิทธิภาพการใช้งานระบบ (Usability) ระหว่างต้นแบบ A (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน) และต้นแบบ B (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิม) โดยใช้การทดสอบค่าทางสถิติแบบ Independent Samples t-test ซึ่งเป็นเทคนิควิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสองกลุ่มอิสระจากกัน โดยพิจารณาจากตัวชี้วัดด้านการใช้งานหลัก 4 รายการ ได้แก่ คะแนน มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale), คะแนน คะแนนความพยายามของลูกค้า (Customer Effort Score), และ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำภารกิจ (เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจ) ผลการวิเคราะห์ด้วย Independent Samples t-test แสดงให้เห็นว่า ตัวชี้วัดทั้ง 4 ด้านมีความแตกต่างระหว่างต้นแบบ A และ B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.05$ ซึ่งสามารถแปลผลเชิงลึกได้ดังนี้

1. คะแนนมาตรวัดความใช้งานของระบบ กลุ่ม A มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 85.6 ซึ่งอยู่ในระดับคะแนนเกรด A ตามการตีความของ Bangor et al. (2009) ในขณะที่กลุ่ม B ได้เพียง 70.1 ซึ่งอยู่ในระดับ C ความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญอย่างยิ่ง ($p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าการออกแบบแบบยั่งยืนช่วยให้ผู้ใช้รู้สึกมั่นใจและพึงพอใจมากกว่าต้นแบบทั่วไป

2. คะแนนความพยายามของลูกค้า กลุ่ม A ได้คะแนนเฉลี่ย คะแนนความพยายามของลูกค้า สูงกว่ากลุ่ม B อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.002$) ซึ่งสะท้อนว่าผู้ใช้ในกลุ่ม ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืนรู้สึกว่า “ระบบใช้งานง่าย” และต้องออกแรงหรือความพยายามน้อยกว่ากลุ่ม ส่วนต่อประสานงานผู้ใช้แบบดั้งเดิม ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความคล่องตัวของการใช้งาน

3. เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจ กลุ่ม A ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 24.7 วินาที ซึ่งน้อยกว่ากลุ่ม B ที่ใช้ 35.2 วินาที โดยความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) แสดงถึงความมีประสิทธิภาพในการใช้งานของต้นแบบ A ซึ่งช่วยลดภาระทางเวลาและความซับซ้อนในกระบวนการใช้งาน

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการออกแบบส่วนต่อประสานงานผู้ใช้เพื่อความยั่งยืนต่อประสิทธิภาพการใช้งานในมิติของผู้ใช้ (User Experience Performance) โดยใช้ต้นแบบระบบ 2 แบบ ได้แก่ ต้นแบบ A (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน) และต้นแบบ B (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิม) ผ่านการทดลองแบบ การทดสอบตัวต้นแบบ 2 ชนิด (A/B Testing) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน แบ่งเป็นกลุ่มละ 25 คนการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบทั้งสองดำเนินการผ่านกรอบแนวคิด ISO 9241-11 ซึ่งเน้นการประเมินใน 3 มิติหลักของ ความสามารถในการใช้งาน ได้แก่ ความมีประสิทธิผล (Effectiveness) ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) และความพึงพอใจ (Satisfaction) โดยมีการใช้เกณฑ์ตัวชี้วัดคือ มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale), คะแนนความพยายามของลูกค้า (Customer Effort Score), เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจ และ การกดผิดพลาดRateผลลัพธ์ที่สำคัญของการวิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

มิติที่ 1 ความพึงพอใจ (Satisfaction) ในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบต้นแบบ ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามมาตรฐาน มาตรวัดความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale) และแบบวัดความพยายามในการใช้งานระบบ คะแนนความพยายามของลูกค้า (Customer Effort Score) เป็นเครื่องมือหลักในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ โดยครอบคลุมการรับรู้ของผู้ใช้งานทั้งในด้านการใช้งานระบบ การเรียนรู้การใช้งาน และความมั่นใจในระบบ ผลการประเมินจากผู้เข้าร่วมการทดลองพบว่า ต้นแบบ A (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน) ให้ระดับความพึงพอใจที่สูงกว่าต้นแบบ B (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิม) อย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ คะแนน มาตรวัดความใช้งานของระบบ ต้นแบบ A ได้คะแนนเฉลี่ย 85.6 ซึ่งอยู่ในระดับ A ตามเกณฑ์ของ Bangor et al. (2009) บ่งชี้ว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับสูงมาก ทั้งในแง่ของการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน การเรียนรู้ และความมั่นใจในการใช้งานระบบ ขณะที่ต้นแบบ B ได้คะแนนเฉลี่ย 70.1 ซึ่งอยู่ในระดับ C สะท้อนถึงระดับความพึงพอใจที่ต่ำกว่าชัดเจน คะแนน คะแนนความพยายามของลูกค้า ต้นแบบ A ได้คะแนนเฉลี่ย 4.6 จากคะแนนเต็ม 5 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ “ดีมาก” แสดงว่าผู้ใช้รู้สึกว่า “ไม่ต้องใช้ความพยายามมากนัก” ในการใช้งานระบบ ขณะที่ต้นแบบ B ได้คะแนนเฉลี่ยเพียง 4.0 ซึ่งแม้จะยังอยู่ในระดับ “ดี” แต่มีความแตกต่างเชิงคุณภาพที่ชัดเจน ผลการประเมินดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน มีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้สึกเชิงบวกต่อผู้ใช้ โดยเฉพาะในแง่ขององค์วามรู้สึกมั่นใจ (Confidence), ความสะดวก (Ease of Use), และการเข้าใจระบบได้ทันที (Immediate Comprehension) ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของประสบการณ์ผู้ใช้ นอกจากนี้ การออกแบบที่เน้นความยั่งยืนซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างที่เรียบง่าย การลดองค์ประกอบที่ไม่จำเป็น และการใช้สีที่เหมาะสม ยังส่งผลให้ผู้ใช้งานรู้สึก “ไม่ถูกครอบงำด้วยข้อมูล” และสามารถใช้งานระบบได้อย่างราบรื่น ส่งผลให้ คุณภาพของประสบการณ์ผู้ใช้ ในมิตินี้สูงกว่าอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับแนวทางการออกแบบแบบดั้งเดิมความพึงพอใจที่สูงกว่าในต้นแบบ A สะท้อนว่า การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน ไม่เพียงตอบโจทย์ด้านการใช้งานเชิงสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังมีศักยภาพในการยกระดับประสบการณ์ผู้ใช้อย่างรอบด้าน โดยเฉพาะในมิติของค์วามรู้สึกที่มีต่อระบบ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของประสบการณ์ผู้ใช้ที่มีคุณภาพ

มิติที่ 2 ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) การวัด เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจ ในแต่ละภารกิจพบว่า ต้นแบบ A ใช้เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจน้อยกว่าต้นแบบ B ทุกภารกิจ โดยเฉพาะภารกิจที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาและการเพิ่มสินค้าเข้าตะกร้า โดยเวลาที่ลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ ร้อยละ15-25 แสดงให้เห็นว่าการออกแบบตามแนวทาง การออกแบบที่ยั่งยืนมีความชัดเจน เป็นระเบียบ และสามารถลดภาระทางความคิดได้จริง ขณะเดียวกัน ระบบ Maze ยังสามารถวัด

อัตราการกดผิดพลาด (การกดผิดพลาด Rate) ได้อย่างแม่นยำ ผลการทดลองชี้ให้เห็นอย่างต่อเนื่องว่าต้นแบบ A ให้ประสบการณ์ที่คล่องตัวและเกิดความผิดพลาดน้อยกว่าต้นแบบ B เกือบทุกภารกิจ สะท้อนให้เห็นถึงการใช้เวลาโดยเฉลี่ยที่สั้นลงในการดำเนินการงานเดียวกัน โดยจำแนกเป็นรายภารกิจได้ ดังนี้ ภารกิจ 1 ลืมรหัสผ่าน ผู้ใช้ต้นแบบ A เกิดการกดผิดพลาดเพียง 6 ครั้ง เทียบกับ 8 ครั้งในต้นแบบ B ส่งผลให้ขั้นตอนรีเซ็ตรหัสผ่านดำเนินได้รวดเร็วขึ้นและลดความล่าช้าจากการย้อนกลับแก้ไข ภารกิจ 2 ค้นหาและเพิ่มสินค้าเข้าตะกร้า เป็นจุดที่เห็นความแตกต่างชัดที่สุด ต้นแบบ A มี การกดผิดพลาดเพียง 8 ครั้ง ขณะที่ต้นแบบ B สูงถึง 27 ครั้ง สะท้อนว่าองค์ประกอบนำทางในต้นแบบ A ช่วยลดความสับสนและทำให้ผู้ใช้บรรลุเป้าหมายได้เร็วกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ภารกิจ 3 จัดการตะกร้าและชำระเงิน ทั้งสองต้นแบบมี การกดผิดพลาดเท่ากันที่ 22 ครั้ง แสดงให้เห็นว่าในกระบวนการนี้ประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันมาก และภารกิจ 4 เพิ่มบัตรเครดิตใหม่ ต้นแบบ A เกิด การกดผิดพลาดเพียง 4 ครั้ง เทียบกับ 14 ครั้งในต้นแบบ B บ่งชี้ว่าต้นแบบ A ชัดเจนกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำตัวเลขทั้งหมดมาพิจารณารวมกัน จึงสรุปได้ว่าต้นแบบ A ช่วยลดภาระการกดผิดพลาด ลดการย้อนกลับแก้ไข และย่นย่อเวลาโดยรวมในการทำภารกิจ ส่งผลให้ผู้ใช้รู้สึกว่างานสำเร็จได้เร็วและมีความคล่องตัวสูงกว่าอย่างชัดเจนในภาพรวมของมิติด้านประสิทธิภาพนี้ ผลการทดลองพบว่า ต้นแบบ A (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน) สามารถลดระยะเวลาในการทำภารกิจ และลดอัตราการกดผิดพลาดได้ดีกว่าต้นแบบ B อย่างมีนัยสำคัญ ความแตกต่างนี้สะท้อนถึงศักยภาพของ ส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืนในการลดภาระทางความคิดของผู้ใช้ (Cognitive Load) อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการใช้งานเมื่อระบบหรือสภาพแวดล้อมการใช้งานช่วยลดภาระทางความคิดได้ ผู้ใช้จะสามารถจดจ่อกับเป้าหมายหลักของตนเองได้ดีขึ้น ประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว และตัดสินใจได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของต้นแบบ A ที่ออกแบบโดยคำนึงถึงโครงสร้างที่เรียบง่าย ชัดเจน และเป็นระบบการออกแบบเชิงยั่งยืนในต้นแบบ A ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถทำภารกิจได้รวดเร็วขึ้น เกิดข้อผิดพลาดน้อยลง และรู้สึกมั่นใจในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการใช้งานที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลให้ ประสบการณ์ผู้ใช้ (UX Performance) ในเชิงเวลาความแม่นยำ และความคล่องตัวดียิ่งขึ้น

มิติที่ 3 ความมีประสิทธิผล (Effectiveness) การพิจารณาประสิทธิผลของระบบต้นแบบในงานวิจัยนี้ดำเนินการผ่าน อัตราความสำเร็จในการทำภารกิจ (Success Rate) และ จำนวนข้อผิดพลาด (Misclick) ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของผู้ใช้งานในการดำเนินภารกิจได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และไม่เกิดข้อผิดพลาดที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้งาน ผลการทดลองพบว่า ต้นแบบ A (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน) และ ต้นแบบ B (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบดั้งเดิม) มีอัตราความสำเร็จ เท่ากัน กล่าวคือ ผู้เข้าร่วมสามารถทำภารกิจสำเร็จได้ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเชิงสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำ จำนวนข้อผิดพลาด (Misclick) มาวิเคราะห์เพิ่มเติม พบว่า ต้นแบบ A มีจำนวนข้อผิดพลาดน้อยกว่าต้นแบบ B อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในภารกิจที่ต้องมีการนำทางหรือคลิกเลือกองค์ประกอบย่อยบนหน้าจอ เช่น การค้นหาสินค้า หรือการเพิ่มรายการลงตะกร้า จากผลลัพธ์นี้สามารถตีความได้ว่า แม้ความสามารถในการ “ทำให้เสร็จ” จะเท่ากันในแง่ของ อัตราความสำเร็จ แต่ต้นแบบ A ช่วยให้ผู้ใช้ดำเนินภารกิจได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิผลมากกว่า กล่าวคือ ไม่จำเป็นต้องย้อนกลับ แก้ไข หรือลองผิดลองถูกหลายครั้ง ส่งผลให้ภารกิจเป็นไปโดยไม่สะดุด เพื่อยืนยันความแตกต่างของผลลัพธ์ระหว่างต้นแบบ A และ B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ด้วย Independent Samples t-test ในตัวชี้วัดหลัก 4 รายการ ได้แก่ มาตรวัดความใช้งานของระบบ, คะแนนความพยายามของลูกค้า, เวลาเฉลี่ยในการทำภารกิจ และ การกดผิดพลาด Rate โดยพบว่าทุกตัวชี้วัดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ โดยเฉพาะในตัวชี้วัดด้านความพึงพอใจ มาตรวัดความใช้งานของระบบ จำนวนการกดผิดพลาดซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหนือกว่าของต้นแบบ A อย่างชัดเจน สรุปได้ว่า ทั้ง 3 มิติของ Usability ที่ประเมินนี้ ต้นแบบ A (การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่เหนือกว่าแบบ ส่วนต่อประสานงานผู้ใช้แบบดั้งเดิมในทุกด้าน ทั้งด้านความพึงพอใจ ประสิทธิภาพ และประสิทธิผล ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการออกแบบระบบที่ดี

ในยุคใหม่ที่ต้องคำนึงถึงทั้งประสบการณ์ผู้ใช้และความยั่งยืนในระยะยาวนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Kiourtis et al. (2024) ที่ระบุว่าการออกแบบอย่างยั่งยืนช่วยลดภาระของระบบคอมพิวเตอร์ เช่น การใช้พลังงานและหน่วยความจำ รวมถึงช่วยลดความซับซ้อนของ ส่วนต่อประสานงานผู้ใช้ ส่งผลให้ผู้ใช้งานรับรู้ว่าระบบใช้งานง่ายขึ้น มีความมั่นใจในการทำภารกิจ และมีความพึงพอใจสูงขึ้น

ข้อจำกัดของการวิจัย มีดังนี้ 1) การทดลองทำในบริบทจำลองบน Maze ซึ่งอาจไม่สะท้อนประสบการณ์ใช้งานจริง ร้อยละ 100 2) ผู้เข้าร่วมทดลองส่วนใหญ่เป็นผู้ใช้งานทั่วไปในช่วงอายุใกล้เคียงกัน อาจไม่ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายอื่น เช่น ผู้สูงอายุ หรือผู้มีข้อจำกัดทางการใช้งาน 3) ไม่มีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำให้ไม่สามารถเข้าใจเชิงลึกต่อเหตุผลเบื้องหลังคะแนนความพึงพอใจได้อย่างชัดเจน 4) ระยะเวลาการทดลองสั้น ไม่สามารถวัดพฤติกรรมการใช้งานซ้ำ (Retention) หรือความภักดี (Loyalty) ได้ 5) ผู้เข้าร่วมทดสอบผ่านเว็บ Maze บนอุปกรณ์เดสก์ท็อปเท่านั้น ขณะที่ต้นแบบถูกออกแบบเป็นแอป มือถือ ทำให้พฤติกรรมการใช้งาน เช่น การเลื่อนนิ้ว การแตะ อาจไม่สอดคล้องกับบริบทจริง 6) แบบสอบถามคัดกรอง ยังไม่ตรงจุดเท่าที่ควรในส่วน ที่ 3 “ความพร้อมสำหรับการเข้าร่วม” ข้อ 1 ระบุว่า “คุณยินดีที่จะเข้าร่วมการทดลองใช้งานต้นแบบของแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์หรือไม่?” คำถามดังกล่าวกว้างเกินไปและอาจสร้างความสับสน เนื่องจากต้นแบบที่ใช้จริงเป็น แอปพลิเคชัน เท่านั้น

ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคตเชิงการออกแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบดิจิทัลในอนาคต ควรมีการผสมผสานหลักการ ประสบการณ์ผู้ใช้ ดั้งเดิมที่ผู้ใช้งานคุ้นเคยเข้ากับหลักการ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืน ซึ่งจะช่วยสร้างสมดุลระหว่าง ประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency) และ ความยั่งยืนของระบบ รวมถึงลดความผิดพลาดจากการกดผิดพลาด การพัฒนาอินเทอร์เฟซในยุคปัจจุบันไม่ควรจำกัดอยู่เพียงแค่ “ความง่ายในการใช้งาน” (Ease of Use) เท่านั้น แต่ควรคำนึงถึง “ผลกระทบระยะยาวต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม” ด้วย การผสมผสานระหว่างหลักการ ประสบการณ์ผู้ใช้ ดั้งเดิม ซึ่งเน้นความเข้าใจง่าย ความสอดคล้อง และความคุ้นเคยของผู้ใช้งาน กับแนวคิดส่วนต่อประสานผู้ใช้งานแบบยั่งยืนซึ่งเน้นการลดการใช้ทรัพยากร การออกแบบที่เรียบง่าย และสนับสนุนพฤติกรรมการใช้งานอย่างมีจริยธรรม ถือเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการพัฒนาระบบดิจิทัลที่ยั่งยืนโดยสรุป การรวมหลักการดั้งเดิมและหลักการเพื่อความยั่งยืนไม่ใช่เพียงการประนีประนอมระหว่าง “ความน่าดึงดูดในการใช้งาน” กับ “ความยั่งยืน” เท่านั้น แต่เป็นการ เสริมจุดแข็งซึ่งกันและกัน เพื่อออกแบบระบบที่ทั้ง ใช้งานง่าย ยั่งยืน และมีคุณค่าทางจริยธรรม ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานและทิศทางของโลกในอนาคต และข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคตเชิงวิชาการ ควรศึกษาพฤติกรรมการใช้งานในระยะยาว เพื่อตรวจสอบความคงทนของผลลัพธ์ เช่น ความพึงพอใจ ความสามารถในการใช้งาน และการปรับตัวของผู้ใช้งานต่อระบบที่ออกแบบแบบยั่งยืน ควรทดลองกับกลุ่มผู้ใช้ที่มีความหลากหลายมากขึ้นทั้งในด้านอายุ ความสามารถของร่างกาย และบริบททางวัฒนธรรม เพื่อเพิ่มความทั่วไปของผลวิจัยเพิ่มการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเช่น การสัมภาษณ์หลังใช้งาน หรือการสังเกตพฤติกรรมการใช้งาน เพื่อนำมาเสริมการวิเคราะห์เชิงปริมาณจากคะแนน มาตรวัดความใช้งานของระบบ หรือ คะแนนความพยายามของลูกค้า ซึ่งอาจไม่สามารถอธิบายเจตคติหรือความรู้สึกของผู้ใช้งานได้ทั้งหมดวิจัยเชิงจิตวิทยาเพื่อเปรียบเทียบ ส่วนต่อประสานงานผู้ใช้ ที่เน้น “ประสิทธิภาพ” กับ “ความยั่งยืน” โดยใช้ตัวแปรทางจิตวิทยา เพื่อวัดผลการรับรู้ของผู้ใช้ต่อรูปแบบการออกแบบที่แตกต่างกัน

บรรณานุกรม

Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, *4*(3), 114-123. from https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS_Bangor_May2009.pdf

Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, *189*(194), 4-7.

Chen, L., Zhang, F., Liu, Y., & Wang, X. (2011). Sustainable design principles and methods for product development. In *2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 17521756). IEEE. from https//doi.org/10.1109/ICIEEM.2011.6035473

Christensen, S. Y., Lin, Y., & Huynh, T. (2020). Define UX design. In *2020 Intermountain Engineering, Technology and Computing (IETC)* (pp. 15). IEEE. from https//doi.org/10.1109/IETC47856.2020.9249182

Hynninen, P., & Kauppinen, M. (2014). A/B testing A promising tool for customer value evaluation. In *2014 IEEE 1st International Workshop on Requirements Engineering and Testing (RET)* (pp. 16). IEEE. from https//doi.org/10.1109/RET.2014.6908675

Indriana, M., & Adzani, M. L. (2017, November). UI/UX analysis & design for mobile e-commerce application prototype on Gramedia. com. In *2017 4th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)* (pp. 170-173). IEEE. from https//doi.org/10.1109/CONMEDIA.2017.8266051

Karlin, B., Zinger, J. F., & Ford, R. (2017). Energy UX Leveraging multiple methods to see the big picture. In A. Marcus (Ed.), *Design, user experience, and usability Understanding users and contexts* (pp. 215226). Springer. from https//doi.org/10.1007/978-3-319-58640-3_16

Kiourtis, A., Apostolakis, I., Karkaletsis,V., & Kyriazis, D. (2024). Sustainable user interfaces: Measuring environmental impacts in digital systems. *Journal of Sustainability*, pp. 01-06

Kiourtis, A., Mavrogiorgou, A., Zafeiropoulos, N., Mavrogiorgos, K., Karabetian, A., & Kyriazis, D. (2024, June). UI/UX Sustainable Design Best Practices for Applications CO2 Emissions Reduction. In *2024 9th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)* (pp. 01-06). IEEE. from https//doi.org/10.23919/SpliTech61897.2024.10612495

Kohavi, R., Longbotham, R., Sommerfield, D., & Henne, R. M. (2009). Controlled experiments on the web survey and practical guide. *Data mining and knowledge discovery*, *18*, 140-181. from https://doi.org/10.1007/s10618-008-0114-1

Krug, S. (2014). Don't make me think, Revisited. *A Common Sense Approach to Web and Mobile Usability*, *3*.

Lazar, J., Feng, J. H., & Hochheiser, H. (2017). *Research methods in human-computer interaction*. Morgan Kaufmann.

Lewis, J. R., & Sauro, J. (2009). The factor structure of the system usability scale. In *Human Centered Design First International Conference, HCD 2009, Held as Part of HCI International 2009, San Diego, CA, USA, July 19-24, 2009 Proceedings 1* (pp. 94-103). Springer Berlin Heidelberg. from https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_12

McLennan, J. F. (2004). *The philosophy of sustainable design The future of architecture*. Ecotone.

Norman, D. A. (2004). Introduction to this special section on beauty, goodness, and usability. *HumanComputer Interaction*, *19*(4), 311-318. from https://doi.org/10.1207/s15327051hci1904_1

Nacheva, R. (2015). Principles of user interface design important rules that every designer should follow. *Izvestia Journal of the Union of Scientists-Varna. Economic Sciences Series*, *1*, 140-149. from https://su-varna.org/izdanij/2015/Econom-2015/Pages%20140-149.pdf

Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.

Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2010). *Designing the user interface strategies for effective human-computer interaction*. Pearson Education India.

Tognazzini, B. (1993, May). Principles, techniques, and ethics of stage magic and their application to human interface design. In *Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 355-362). from https://doi.org/10.1145/169059.169284

W3C Web Accessibility Initiative. (2025, April 1). *Contrast (Enhanced) (Level AAA)*. Retrieved 20 November 2024, from https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/contrast-enhanced.html

World Commission on Environment and Development (1987). Retrieved 20 November 2024, from https://www.un.org/en/academic-impact/sustainability