

Received: 1 เม.ย. 2569

Revised: 4 มิ.ย. 2569

Accepted: 15 มิ.ย. 2569

การพัฒนาชุดทดสอบและการประเมินความสามารถในการเข้าถึงสำหรับระบบการจัดการปัญหา
และงานสนับสนุนภายในองค์กร

Development of an Automated Testing Suite and Accessibility Evaluation for an
Internal Issue and Support Management System

ศิริวิทย์ หาญณรงค์, ก่องกาญจน์ ดุลยไชย, อลงกต กองมณี และ สมนึก สินธุพาน*

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Sirawit Harnnarong, Kongkan Dulyachai, Alongkot Kongmanee and

Somnuek Sinthupuan*

Department of Computer Science, Faculty of Science, Maejo University

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: somnuk@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดทดสอบอัตโนมัติสำหรับประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบการจัดการปัญหาและงานสนับสนุนภายในองค์กร โดยใช้ Playwright ร่วมกับแนวคิด Page Object Model และ 2) ประเมินและเปรียบเทียบความสามารถในการเข้าถึงของระบบตามมาตรฐาน Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 ระดับ AA โดยใช้การทดสอบอัตโนมัติร่วมกับการตรวจสอบด้วยตนเอง การวิจัยดำเนินการกับระบบของบริษัท ลูกส์สแตรททิจ จำกัด ครอบคลุม 2 โมดูลหลัก ได้แก่ หน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการ และหน้าการแจ้งรายงานปัญหา การประเมินดำเนินการตลอดระยะเวลา 6 เดือน โดยเก็บข้อมูลทุก 2 เดือน รวม 3 รอบ ใน 6 ประเด็น ได้แก่ ป้ายกำกับของฟอร์ม การเข้าถึงด้วยแป้นพิมพ์ ลำดับการโฟกัส การแจ้งเตือนสถานะ อัตราส่วนความต่างสี และการใช้สีในการสื่อสารข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและ Friedman test ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละความสำเร็จโดยรวมเพิ่มขึ้นจาก 54.25 ในเดือนที่ 2 เป็น 79.25 ในเดือนที่ 4 และ 94.75 ในเดือนที่ 6 ขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจาก 14.88 เป็น 7.98 และ 3.70 ตามลำดับ ผลการทดสอบ Friedman test พบว่าผลการประเมินทั้ง 3 รอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($\chi^2 = 12.00$, $df = 2$, $p = 0.002$) ข้อค้นพบแสดงให้เห็นว่า การบูรณาการ Playwright, Page Object Model และการตรวจสอบด้วยตนเอง เป็นแนวทางเชิงวิธีวิทยาที่เอื้อต่อการประเมินความสามารถในการเข้าถึงแบบต่อเนื่องในระบบองค์กรภายในได้อย่างเป็นระบบ

คำสำคัญ: การทดสอบอัตโนมัติ; Playwright; Page Object Model; WCAG 2.1; ความสามารถในการเข้าถึง

Abstract

This research aimed to (1) develop an automated testing suite for evaluating the accessibility of an internal Issue and Support Management System using Playwright integrated with the Page Object Model, and (2) evaluate and compare the system's accessibility based on the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 Level AA through automated testing combined with manual inspection. The study was conducted on the internal system of Lucas Strategy Co., Ltd. and covered two main modules: project creation and issue reporting. The evaluation was carried out over a six-month period, with data collected every two months for a total of three rounds. Six accessibility aspects were assessed: form labels, keyboard accessibility, focus order, status messages, contrast ratio, and the use of color for conveying information. The data were analyzed using descriptive statistics and the Friedman test. The results showed that the overall average success rate continuously increased from 54.25% in month 2 to 79.25% in month 4 and 94.75% in month 6, while the standard deviation decreased from 14.88 to 7.98 and 3.70, respectively. The Friedman test revealed statistically significant differences among the three evaluation rounds at the .05 level ($\chi^2 = 12.00$, $df = 2$, $p = 0.002$). The findings indicate that integrating Playwright, the Page Object Model, and manual inspection provides a systematic methodological approach for continuous accessibility evaluation in internal organizational systems.

Keywords: *Automated Testing; Playwright; Page Object Model; WCAG 2.1; Accessibility*

1. บทนำ

ซอฟต์แวร์มีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินงานขององค์กร โดยเฉพาะระบบสารสนเทศที่ใช้ในการบริหารจัดการงานภายใน ซึ่งจำเป็นต้องมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และพร้อมใช้งานอย่างต่อเนื่อง บริษัท ลูคัส สแตรทิจี จำกัด ได้พัฒนาระบบการจัดการปัญหาและงานสนับสนุนภายในองค์กร (Issue and Support Management System) เพื่อใช้ติดตาม จัดการ และประสานงานเกี่ยวกับปัญหาภายในองค์กรอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม กระบวนการทดสอบเดิมยังอาศัยการทดสอบแบบแมนนวลเป็นหลัก ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดด้านระยะเวลา ความสม่ำเสมอของผลการทดสอบ และความ

เสี่ยงจากข้อผิดพลาดของมนุษย์ โดยเฉพาะเมื่อระบบมีการปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้และฟังก์ชันการทำงานอย่างต่อเนื่อง

นอกจากความถูกต้องของการทำงานแล้ว ความสามารถในการเข้าถึงของระบบ (Accessibility) เป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพซอฟต์แวร์ เนื่องจากระบบสารสนเทศภายในองค์กรควรรองรับผู้ใช้ที่มีความต้องการแตกต่างกัน รวมถึงผู้ใช้ที่มีข้อจำกัดด้านการมองเห็น การรับรู้สี หรือการใช้งานผ่านแป้นพิมพ์ หากระบบไม่ได้รับการออกแบบและทดสอบให้สอดคล้องกับหลักการเข้าถึง ย่อมส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้งาน ความเท่าเทียมของผู้ใช้ และคุณภาพโดยรวมของระบบ ดังนั้น การประเมินตามมาตรฐาน Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 ระดับ AA จึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานจริง เช่น ป้ายกำกับของฟอร์ม การเข้าถึงด้วยแป้นพิมพ์ ลำดับการโฟกัส การแจ้งเตือนสถานะ อัตราส่วนความต่างสี และการใช้สีในการสื่อสารข้อมูล

แม้งานวิจัยและแนวทางปฏิบัติด้านการทดสอบซอฟต์แวร์จะกล่าวถึงการทดสอบอัตโนมัติ และการทดสอบแบบ End-to-End อย่างกว้างขวาง แต่งานที่เน้นการประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบองค์กรภายในแบบต่อเนื่องหลายรอบยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะงานที่ผสมผสานการทดสอบอัตโนมัติด้วย Playwright โครงสร้างชุดทดสอบแบบ Page Object Model (POM) และการตรวจสอบด้วยตนเองตามเกณฑ์ WCAG 2.1 ในบริบทของระบบที่มีองค์ประกอบเชิงโต้ตอบ เช่น ฟอร์ม ตารางข้อมูล dialog และ toast message ช่องว่างดังกล่าวสะท้อนความจำเป็นของงานวิจัยนี้ซึ่งมุ่งเสนอแนวทางการประเมินที่สามารถติดตามพัฒนาการของระบบได้อย่างต่อเนื่องและตรวจสอบซ้ำได้

จากข้อจำกัดของการทดสอบแบบเดิม งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาชุดทดสอบอัตโนมัติด้วย Playwright ร่วมกับแนวคิด Page Object Model เพื่อประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบอย่างเป็นระบบ Playwright มีความเหมาะสมต่อการจำลองพฤติกรรมผู้ใช้ในเว็บแอปพลิเคชัน ขณะที่ POM เอื้อต่อการแยกองค์ประกอบของหน้าจอออกจากตรรกะการทดสอบ ส่งผลให้ชุดทดสอบมีโครงสร้างที่ชัดเจน ลดความซ้ำซ้อน และบำรุงรักษาได้สะดวกเมื่อส่วนติดต่อผู้ใช้เปลี่ยนแปลง

การวิจัยครั้งนี้มีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ ในเชิงวิชาการ งานวิจัยนำเสนอแนวทางการบูรณาการ Playwright, POM และการตรวจสอบด้วยตนเองเพื่อประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบตาม WCAG 2.1 ระดับ AA อย่างต่อเนื่อง ส่วนในเชิงปฏิบัติ ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบภายในองค์กรให้มีคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ และความพร้อมใช้งานสำหรับผู้ใช้ที่หลากหลายมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาชุดทดสอบอัตโนมัติด้วย Playwright ร่วมกับแนวคิด Page Object Model สำหรับการประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบการจัดการปัญหาและงานสนับสนุนภายในองค์กร

2) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบความสามารถในการเข้าถึงของระบบตามมาตรฐาน WCAG 2.1 ระดับ AA โดยการใช้การทดสอบอัตโนมัติร่วมกับการตรวจสอบด้วยตนเอง

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) งานด้านการทดสอบซอฟต์แวร์ การทดสอบแบบ End-to-End และ Playwright 2) งานด้าน Page Object Model และการบำรุงรักษาชุดทดสอบ และ 3) งานด้านความสามารถในการเข้าถึง มาตรฐาน WCAG และข้อจำกัดของเครื่องมืออัตโนมัติ

3.1 การทดสอบซอฟต์แวร์ การทดสอบแบบ End-to-End และ Playwright การทดสอบซอฟต์แวร์เป็นกระบวนการสำคัญในการประกันคุณภาพซอฟต์แวร์ โดยมีบทบาททั้งในการตรวจสอบความถูกต้องของระบบตามข้อกำหนดและการยืนยันว่าระบบตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม แนวคิดด้านการทดสอบครอบคลุมหลายระดับ เช่น การทดสอบหน่วย การทดสอบการบูรณาการ การทดสอบระบบ และการทดสอบการยอมรับ ซึ่งแต่ละระดับมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันในการค้นหาข้อบกพร่องและยืนยันคุณภาพของซอฟต์แวร์ (Pressman & Maxim, 2020) สำหรับระบบที่มีลำดับการทำงานหลายขั้นตอน การทดสอบแบบ End-to-End (E2E) มีความเหมาะสม เนื่องจากจำลองลำดับการทำงานของผู้ใช้ตั้งแต่ต้นจนจบ และตรวจสอบความถูกต้องของระบบภายใต้บริบทการใช้งานจริงได้ครอบคลุมมากกว่าการทดสอบเฉพาะหน่วยย่อย Playwright เป็นเฟรมเวิร์กที่ออกแบบมาสำหรับการทดสอบเว็บสมัยใหม่ รองรับ Chromium, WebKit และ Firefox รวมทั้งสามารถใช้งานได้ทั้งในสภาพแวดล้อม local และ continuous integration จึงเหมาะสมต่อการพัฒนาชุดทดสอบอัตโนมัติสำหรับระบบเว็บภายในองค์กร (Kinsbruner, 2018; Microsoft, 2025a)

3.2 Page Object Model และการบำรุงรักษาชุดทดสอบ การทดสอบอัตโนมัติที่ไม่มีการจัดโครงสร้างอย่างเหมาะสมมักเกิดปัญหาเมื่อส่วนติดต่อผู้ใช้เปลี่ยนแปลง เนื่องจากตัวระบุตำแหน่งองค์ประกอบและตรรกะการทดสอบกระจายอยู่ในหลายไฟล์ ส่งผลให้การแก้ไขและบำรุงรักษาทำได้ยาก แนวคิด Page Object Model จึงถูกนำมาใช้เพื่อแยกองค์ประกอบของหน้าจอและพฤติกรรมของผู้ใช้ออกจาก test case โดยให้แต่ละหน้าของระบบถูกแทนด้วย page object ที่รับผิดชอบเฉพาะองค์ประกอบและเมธอดที่เกี่ยวข้อง

งานศึกษาเชิงอุตสาหกรรมของ Leotta et al. (2013) ชี้ให้เห็นว่า page object pattern มีบทบาทในการเพิ่ม maintainability ของชุดทดสอบ โดยเฉพาะเมื่อส่วนติดต่อผู้ใช้งานมีการเปลี่ยนแปลง ขณะที่เอกสารทางการของ Playwright สนับสนุนการใช้ POM เพื่อจัดโครงสร้างชุดทดสอบให้ชัดเจน เขียนซ้ำได้น้อยลง และดูแลรักษาง่ายขึ้น (Leotta et al., 2013; Microsoft, 2025b) ดังนั้น POM จึงมีความเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ เนื่องจากระบบที่ศึกษาได้รับการประเมินซ้ำหลายรอบ และมีการปรับปรุงองค์ประกอบของหน้าจอระหว่างการศึกษา

3.3 ความสามารถในการเข้าถึง มาตรฐาน WCAG และข้อจำกัดของเครื่องมืออัตโนมัติ
มาตรฐาน Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 ของ World Wide Web Consortium เป็นกรอบสำคัญสำหรับประเมินว่าระบบเว็บสามารถรองรับผู้ใช้งานที่มีข้อจำกัดด้านการมองเห็น การได้ยิน การรับรู้สี หรือการใช้งานผ่านแป้นพิมพ์ได้หรือไม่ เกณฑ์ระดับ AA ได้รับการใช้เป็นแนวทางสำคัญในการออกแบบและประเมินระบบเว็บให้มีความสามารถในการเข้าถึงในระดับที่เหมาะสม (World Wide Web Consortium, 2018)

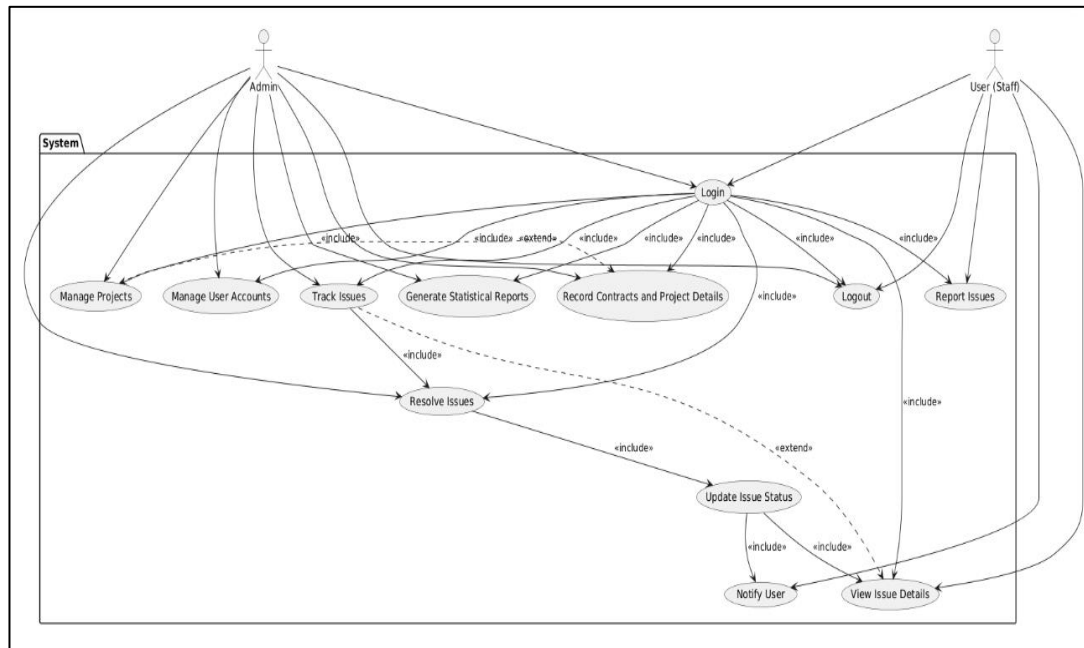
รายงาน WebAIM Million ปี 2025 สะท้อนว่าปัญหาด้านความสามารถในการเข้าถึงยังคงพบได้อย่างแพร่หลายในเว็บไซต์จำนวนมาก โดยเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับข้อความทางเลือก ความต่างสี ป้ายกำกับของฟอร์ม และการใช้ ARIA อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ WebAIM ยังระบุว่าเครื่องมืออัตโนมัติทุกชนิดมีข้อจำกัด กล่าวคือ การไม่พบข้อผิดพลาดจากเครื่องมืออัตโนมัติไม่ได้หมายความว่าเว็บไซต์มีความสามารถในการเข้าถึงอย่างสมบูรณ์ ดังนั้น การประเมินความสามารถในการเข้าถึงที่มีคุณภาพจึงควรใช้การตรวจสอบอัตโนมัติร่วมกับการตรวจสอบด้วยตนเอง (WebAIM, 2025)

งานวิจัยล่าสุดยังสะท้อนความซับซ้อนของการประเมินความสามารถในการเข้าถึงในระบบสมัยใหม่ เช่น การใช้ generative AI เพื่อตรวจจับปัญหาที่เครื่องมือเดิมอาจครอบคลุมไม่ครบ และการตรวจจับปัญหาที่เกิดจาก dynamic content changes ในแอปพลิเคชันที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะระหว่าง runtime งานของ He et al. (2025) และ Mehralian et al. (2025) จึงสนับสนุนแนวคิดว่า การประเมินความสามารถในการเข้าถึงควรพัฒนาไปพร้อมกับเทคโนโลยีของระบบ โดยเฉพาะระบบที่มี dialog, toast message, ตารางข้อมูล และการโต้ตอบหลายขั้นตอนเหมือนระบบที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

จากการทบทวนวรรณกรรมสรุปได้ว่า Playwright มีความเหมาะสมต่อการทดสอบแบบ E2E ในระบบเว็บ POM เอื้อต่อการบำรุงรักษาชุดทดสอบในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง และ WCAG 2.1 เป็นกรอบประเมินความสามารถในการเข้าถึงที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การทดสอบอัตโนมัติเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอสำหรับประเด็นที่ต้องอาศัยการตีความบริบทการใช้งานจริง จึงจำเป็นต้องบูรณาการกับการตรวจสอบด้วยตนเอง

4. ระบบที่ศึกษาและขอบเขตการวิจัย

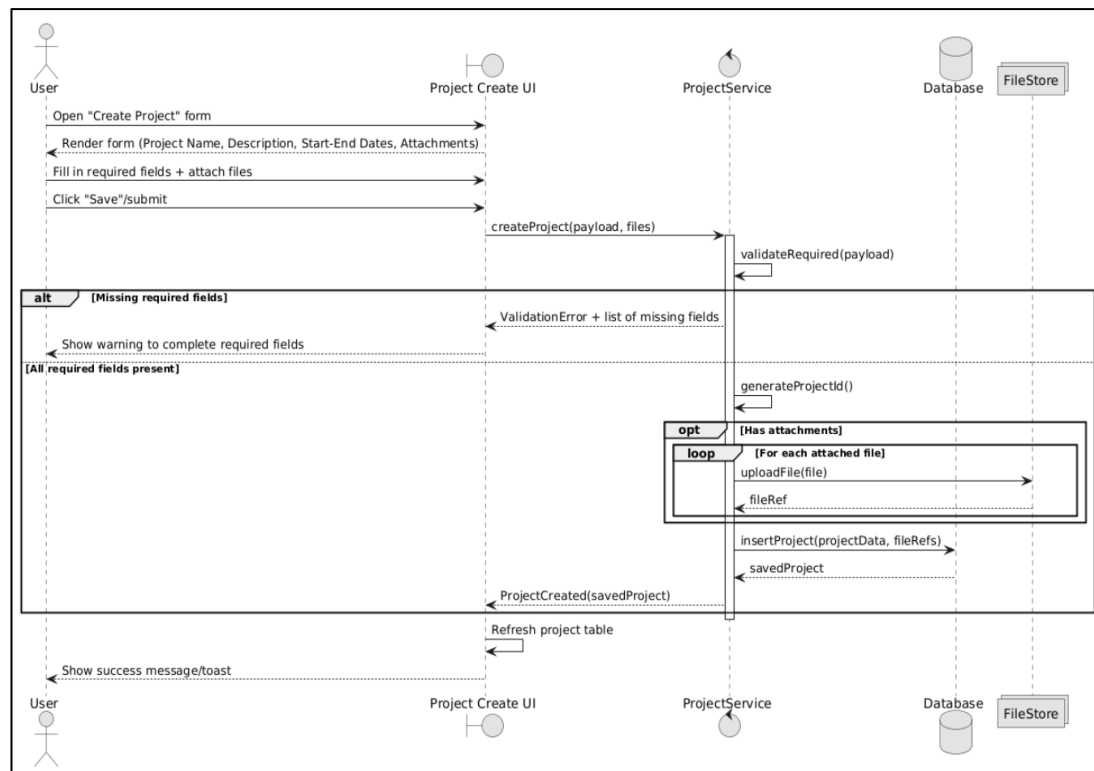
ระบบที่ใช้ในการศึกษา คือ ระบบการจัดการปัญหาและงานสนับสนุนภายในองค์กร (Issue and Support Management System) ของบริษัท ลูคัส สแตรททิจ จำกัด ซึ่งใช้สำหรับติดตามปัญหา ประสานงาน และจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานสนับสนุนภายในองค์กร ภาพรวมของระบบและบทบาทของผู้ใช้งานแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบการจัดการปัญหาและการสนับสนุนภายในองค์กร

ผู้วิจัยเลือกศึกษา 2 โมดูลหลักที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้โดยตรงและมีผลต่อความสามารถในการเข้าถึงของระบบอย่างชัดเจน ได้แก่ 1) หน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการ และ 2) หน้าการแจ้งรายงานปัญหา

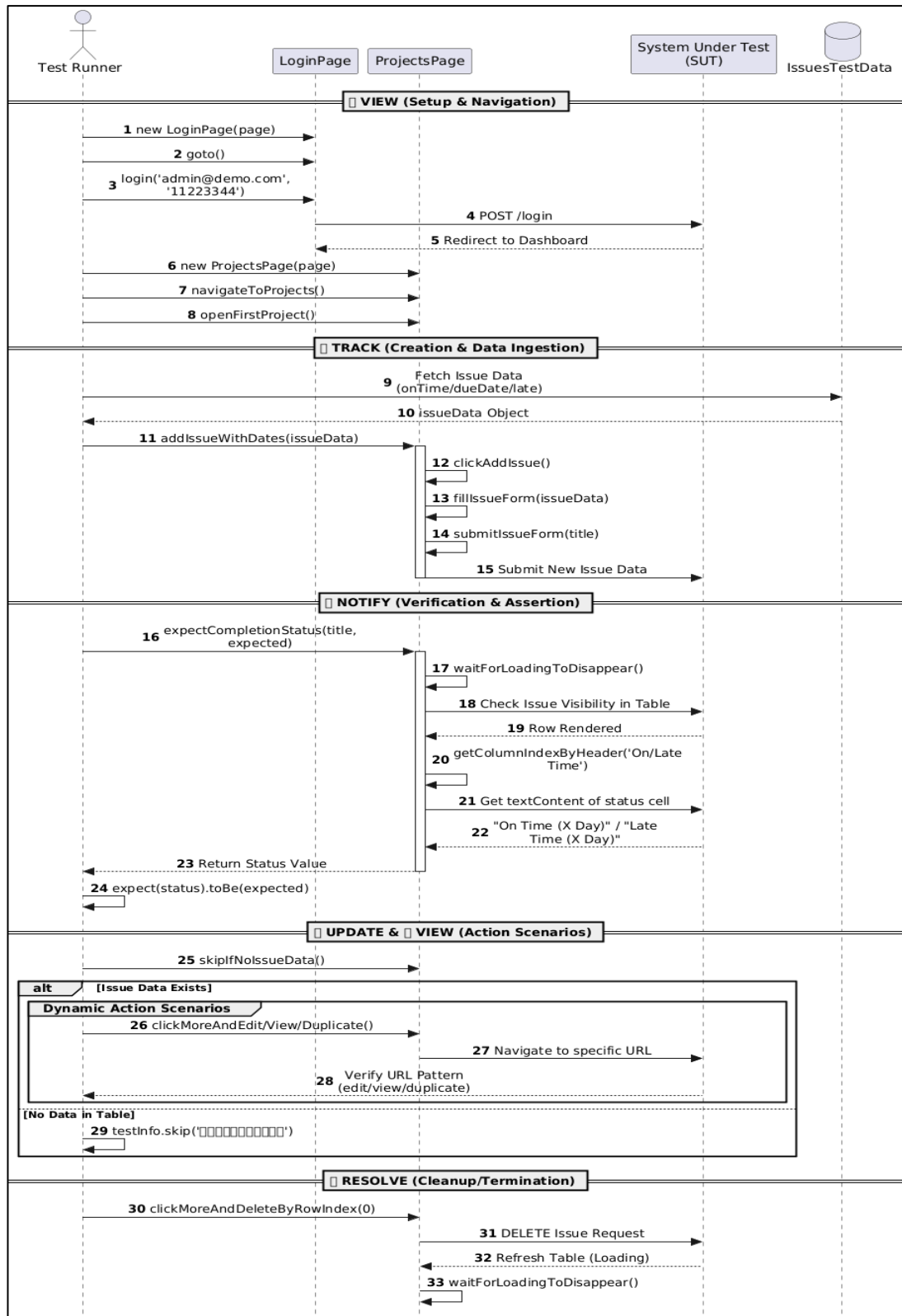
หน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการเป็นโมดูลที่ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลหลายประเภท เช่น ชื่อโครงการ รายละเอียด วันที่เริ่มต้น วันที่สิ้นสุด และไฟล์แนบ จึงเหมาะสำหรับประเมินประเด็นด้านป้ายกำกับของฟอร์ม การเข้าถึงด้วยแป้นพิมพ์ ลำดับการโฟกัส การแจ้งเตือนสถานะ และการใช้สีในการสื่อสารข้อมูล ลำดับการทำงานของโมดูลดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพลำดับการทำงานของโมดูลการเพิ่มข้อมูลโครงการ

ส่วนหน้าการแจ้งรายงานปัญหาครอบคลุมการกรอกข้อมูล การจัดการตารางรายการ เมนู คำสั่ง และข้อความแจ้งเตือน จึงเป็นโมดูลที่สะท้อนความท้าทายของความสามารถในการเข้าถึงใน บริบทการใช้งานจริงได้อย่างชัดเจน ลำดับการทำงานของชุดทดสอบอัตโนมัติสำหรับโมดูลนี้แสดงดัง รูปที่ 3

ขอบเขตของงานวิจัยจำกัดอยู่ที่การประเมินความสามารถในการเข้าถึงตาม WCAG 2.1 ระดับ AA จำนวน 6 ประเด็นที่สัมพันธ์โดยตรงกับการใช้งานของระบบ ได้แก่ ป้ายกำกับของฟอร์ม การเข้าถึงด้วยแป้นพิมพ์ ลำดับการโฟกัส การแจ้งเตือนสถานะ อัตราส่วนความต่างสี และการใช้สีใน การสื่อสารข้อมูล



รูปที่ 3 แผนภาพลำดับการทำงานของชุดทดสอบอัตโนมัติสำหรับการแจ้งรายงานปัญหาแบบ

End-to-End

5. การวิเคราะห์และออกแบบการทดสอบด้วย Page Object Model (POM)

งานวิจัยนี้ออกแบบชุดทดสอบอัตโนมัติโดยประยุกต์ใช้สถาปัตยกรรม Page Object Model เพื่อแยกส่วนขององค์ประกอบหน้าจ่ออกจากตรรกะการทดสอบอย่างชัดเจน การเลือกใช้ POM มีเหตุผลเชิงวิเคราะห์ 3 ประการ ได้แก่ modularity, maintainability และ scalability

ประการแรก POM มีลักษณะ modularity เนื่องจากแยกองค์ประกอบของแต่ละหน้าจ่ออกเป็นคลาสเฉพาะ ทำให้การจัดการตัวระบุตำแหน่งองค์ประกอบ เช่น ปุ่ม ช่องกรอกข้อมูล ตาราง และ dialog อยู่ในขอบเขตที่ชัดเจน ประการที่สอง POM เพิ่ม maintainability เนื่องจากเมื่อส่วนติดต่อผู้ใช้เปลี่ยนแปลง ผู้พัฒนาสามารถแก้ไขเฉพาะ page object ที่เกี่ยวข้อง โดยไม่จำเป็นต้องปรับแก้ test case ทั้งหมด ประการที่สาม POM มี scalability ที่เหมาะสมต่อการขยายชุดทดสอบไปยังโมดูลอื่นของระบบในอนาคต

หากเปรียบเทียบกับเขียน test script แบบรวมศูนย์ ซึ่งมักรวมตัวระบุตำแหน่งองค์ประกอบและตรรกะการทดสอบไว้ในไฟล์เดียวกัน แนวทางดังกล่าวมีข้อจำกัดเมื่อระบบมีหน้าจอจำนวนมากหรือมีการปรับปรุงบ่อยครั้ง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ UI อาจกระทบ test case หลายส่วนพร้อมกัน ในทางตรงกันข้าม POM ช่วยจำกัดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงไว้ในระดับ page object ส่งผลให้การบำรุงรักษาชุดทดสอบทำได้เป็นระบบมากขึ้น

โครงสร้างหลักของชุดทดสอบประกอบด้วยคลาสพื้นฐาน BasePage ซึ่งเก็บเมธอดพื้นฐานที่ใช้งานร่วมกัน เช่น click(), type() และ waitForVisible() เพื่อใช้เป็นมาตรฐานกลางให้คลาสย่อยเรียกใช้งานร่วมกัน จากนั้นจึงกำหนดคลาส Page Object ตามหน้าจอจริงของระบบ ได้แก่ LoginPage, ProjectCreatePage, IssueReportPage และ ProjectsPage โดยแต่ละคลาสทำหน้าที่เก็บตัวระบุตำแหน่งขององค์ประกอบบนหน้าจอและเมธอดที่สื่อถึงพฤติกรรมของผู้ใช้ เช่น การเข้าสู่ระบบ การกรอกข้อมูลโครงการ การแจ้งปัญหา การตรวจสอบข้อมูลในตาราง และการดำเนินการคำสั่งต่าง ๆ ภายในระบบ

แนวทางดังกล่าวเอื้อต่อการพัฒนาชุดทดสอบที่สามารถตรวจสอบซ้ำได้ในหลายช่วงเวลา ลดความซ้ำซ้อนของโค้ด และรองรับการปรับปรุงระบบระหว่างรอบการประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของงานวิจัยที่ต้องติดตามผลการพัฒนาความสามารถในการเข้าถึงตลอดระยะเวลา 6 เดือน

6. มาตรฐาน WCAG 2.1

การประเมินความสามารถในการเข้าถึงในงานวิจัยนี้อ้างอิงมาตรฐาน WCAG 2.1 ระดับ AA โดยคัดเลือก 6 ประเด็นที่สัมพันธ์กับบริบทของระบบและสามารถประเมินได้ทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงการใช้งานจริง ได้แก่

- 1) การกำหนดป้ายกำกับของฟอร์ม (SC 3.3.2 Labels or Instructions)

- 2) การเข้าถึงด้วยแป้นพิมพ์ (SC 2.1.1 Keyboard)
- 3) ลำดับการโฟกัส (SC 2.4.3 Focus Order)
- 4) การแจ้งเตือนสถานะของระบบ (SC 4.1.3 Status Messages)
- 5) อัตราส่วนความต่างสี (SC 1.4.3 Contrast (Minimum))
- 6) การใช้สีในการสื่อสารข้อมูล (SC 1.4.1 Use of Color)

เหตุผลที่เลือก 6 ประเด็นดังกล่าว เนื่องจากเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับองค์ประกอบหลักของระบบที่ศึกษา ได้แก่ ฟอรัมกรอกข้อมูล ปุ่มคำสั่ง ตารางข้อมูล dialog, toast message และข้อความแจ้งสถานะ นอกจากนี้ ประเด็นดังกล่าวยังสอดคล้องกับปัญหาที่พบได้บ่อยในการประเมินเว็บไซต์และเว็บแอปพลิเคชัน เช่น ป้ายกำกับฟอรัมไม่ชัดเจน อัตราส่วนความต่างสีไม่เพียงพอ การใช้สีเป็นสื่อเพียงอย่างเดียว และการรองรับการใช้งานผ่านแป้นพิมพ์ที่ไม่สมบูรณ์

ทั้ง 6 ประเด็นครอบคลุมประสบการณ์ของผู้ใช้ที่อาศัยแป้นพิมพ์ เทคโนโลยีช่วยเข้าถึง หรือมีข้อจำกัดด้านการรับรู้สีและข้อความบนหน้าจอ จึงมีความเหมาะสมต่อการประเมินระบบการจัดการปัญหาและงานสนับสนุนภายในองค์กร ซึ่งมีการโต้ตอบหลายขั้นตอนและมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของหน้าจอระหว่างการใช้งาน

7. แผนการดำเนินงานทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 รูปแบบการวิจัย งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ที่มุ่งพัฒนาชุดทดสอบอัตโนมัติและประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบเว็บภายในองค์กร โดยใช้การทดสอบอัตโนมัติร่วมกับการตรวจสอบด้วยตนเอง การประเมินดำเนินการตลอดระยะเวลา 6 เดือน เก็บข้อมูลทุก 2 เดือน รวม 3 รอบ ได้แก่ เดือนที่ 2 เดือนที่ 4 และเดือนที่ 6

7.2 โมดูลที่ใช้ในการศึกษา โมดูลที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 โมดูลหลักของระบบการจัดการปัญหาและงานสนับสนุนภายในองค์กร ได้แก่ หน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการ และหน้าการแจ้งรายงานปัญหา การเลือกทั้ง 2 โมดูลนี้พิจารณาจากลักษณะการใช้งานที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้โดยตรง และมีองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับความสามารถในการเข้าถึงหลายด้าน เช่น ช่องกรอกข้อมูล ปุ่มคำสั่ง ตารางข้อมูล ข้อความแจ้งเตือน และหน้าต่างโต้ตอบ จึงเหมาะสมต่อการใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับการประเมินตามมาตรฐาน WCAG 2.1 ระดับ AA

หน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการเป็นโมดูลที่ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลหลายประเภท เช่น ชื่อโครงการ รายละเอียดโครงการ วันที่เริ่มต้น วันที่สิ้นสุด และไฟล์แนบ รวมถึงต้องดำเนินการผ่านปุ่มคำสั่งและรับข้อความแจ้งเตือนจากระบบ โมดูลนี้จึงเหมาะสำหรับการประเมินประเด็นด้านป้ายกำกับของฟอรัม การเข้าถึงด้วยแป้นพิมพ์ ลำดับการโฟกัส การแจ้งเตือนสถานะ และอัตราส่วนความต่างสี ส่วนหน้าการแจ้งรายงานปัญหาเป็นโมดูลที่มีความซับซ้อนด้านการโต้ตอบมากกว่า เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการ

กรอกแบบฟอร์ม การจัดการข้อมูลในตาราง เมนูคำสั่ง dialog และ toast message โมดูลนี้จึงช่วยสะท้อนปัญหาความสามารถในการเข้าถึงที่เกิดขึ้นในบริบทการใช้งานจริง โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ dynamic content และการเปลี่ยนแปลงสถานะของหน้าจอระหว่างการใช้งาน

7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิจัย คือ Playwright ซึ่งใช้สำหรับพัฒนาชุดทดสอบอัตโนมัติแบบ End-to-End เพื่อจำลองพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ในลำดับงานสำคัญของระบบ เช่น การเข้าสู่ระบบ การกรอกข้อมูล การกดปุ่มคำสั่ง การแนบไฟล์ การเปิดและปิด dialog และการตรวจสอบข้อความแจ้งเตือน Playwright มีความเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ เนื่องจากสามารถควบคุมการทำงานของเว็บเบราว์เซอร์ ตรวจสอบองค์ประกอบบนหน้าจอ และรันชุดทดสอบซ้ำได้อย่างสม่ำเสมอในแต่ละรอบการประเมิน ส่งผลให้สามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบตลอดระยะเวลา 6 เดือนได้อย่างเป็นระบบ

ในการจัดโครงสร้างชุดทดสอบ ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แนวคิด Page Object Model เพื่อแยกองค์ประกอบของหน้าจอออกจากตรรกะการทดสอบ โดยกำหนด page object สำหรับหน้าจอสำคัญของระบบ เช่น หน้าการเข้าสู่ระบบ หน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการ หน้าการแจ้งรายงานปัญหา และหน้ารายการโครงการ แนวทางดังกล่าวช่วยลดความซ้ำซ้อนของโค้ด ทำให้การแก้ไขชุดทดสอบเมื่อส่วนติดต่อผู้ใช้เปลี่ยนแปลงทำได้เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้อง และเอื้อต่อการขยายชุดทดสอบไปยังโมดูลอื่นในอนาคต

นอกจากเครื่องมือทดสอบอัตโนมัติแล้ว งานวิจัยนี้ยังใช้แบบตรวจสอบตามเกณฑ์ WCAG 2.1 ระดับ AA ใน 6 ประเด็น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์กลางในการประเมินผลทั้งจากการทดสอบอัตโนมัติและการตรวจสอบด้วยตนเอง การตรวจสอบด้วยตนเองมีบทบาทสำคัญในประเด็นที่เครื่องมืออัตโนมัติไม่สามารถตัดสินได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ความเหมาะสมของลำดับโฟกัส ความชัดเจนของข้อความแจ้งเตือน และการใช้สีร่วมกับข้อความหรือสัญลักษณ์ ผู้ประเมินจึงใช้ checklist เดียวกันในการตรวจสอบแต่ละรอบ เพื่อให้ผลการประเมินมีความสม่ำเสมอและสามารถเปรียบเทียบกันได้

7.4 กรอบการประเมิน กรอบการประเมินในงานวิจัยนี้กำหนดขึ้นจากมาตรฐาน WCAG 2.1 ระดับ AA โดยคัดเลือกเกณฑ์ที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบและลักษณะการใช้งานของระบบการจัดการปัญหาและงานสนับสนุนภายในองค์กรเป็นหลัก เนื่องจากระบบที่ศึกษาเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ผู้ใช้ต้องโต้ตอบกับฟอร์ม ปุ่มคำสั่ง ตารางข้อมูล dialog และข้อความแจ้งเตือนอย่างต่อเนื่อง เกณฑ์ที่ใช้จึงต้องครอบคลุมทั้งด้านการรับรู้ข้อมูล การควบคุมการทำงานผ่านแป้นพิมพ์ การจัดลำดับการใช้งาน และการสื่อสารสถานะของระบบ

ตารางที่ 1 แสดงกรอบการประเมินตามมาตรฐาน WCAG 2.1

Test Case ID	ประเด็นที่ประเมิน	WCAG 2.1 Criteria	วิธีการทดสอบ	ผลที่คาดหวัง
ACC-01	การกำหนดป้ายกำกับของฟอร์ม (Label form)	SC 3.3.2	ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง label กับ input และทดสอบด้วย screen reader	ช่องกรอกข้อมูลทุกช่องมีป้ายกำกับหรือคำอธิบายที่ชัดเจน
ACC-02	การเข้าถึงด้วยแป้นพิมพ์ (Keyboard access)	SC 2.1.1	ใช้ Tab, Shift+Tab, Enter และ Space ทดสอบลำดับงานหลัก	ผู้ใช้งานสามารถใช้งานฟังก์ชันหลักได้โดยไม่ต้องใช้เมาส์
ACC-03	ลำดับการโฟกัส (Focus order)	SC 2.4.3	ตรวจสอบลำดับการกด Tab/Shift+Tab และการเข้าออก dialog	ลำดับโฟกัสเป็นไปอย่างมีตรรกะและไม่ทำให้ผู้ใช้สับสน
ACC-04	การแจ้งเตือนสถานะของระบบ (Status messages)	SC 4.1.3	ตรวจสอบข้อความสถานะร่วมกับ aria-live หรือ role ที่เหมาะสม	เทคโนโลยีช่วยเข้าถึงสามารถรับรู้ข้อความสถานะได้
ACC-05	อัตราส่วนความต่างสี (Contrast ratio)	SC 1.4.3	ตรวจวัด contrast ratio ของข้อความและองค์ประกอบสำคัญ	ข้อความทั่วไปมี contrast ratio ไม่น้อยกว่า 4.5:1
ACC-06	การใช้สีในการสื่อสารข้อมูล (Use of color)	SC 1.4.1	ตรวจสอบว่าระบบไม่ใช่สีเป็นสื่อเพียงอย่างเดียว	ข้อมูลสำคัญมีข้อความหรือสัญลักษณ์กำกับร่วมกับสี

การประเมินแบ่งออกเป็น 6 ประเด็น ได้แก่ การกำหนดป้ายกำกับของฟอร์ม การเข้าถึงด้วยแป้นพิมพ์ ลำดับการโฟกัส การแจ้งเตือนสถานะของระบบ อัตราส่วนความต่างสี และการใช้สีในการสื่อสารข้อมูล ประเด็นเหล่านี้ถูกเลือกเนื่องจากเกี่ยวข้องโดยตรงกับปัญหาที่มักเกิดขึ้นในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน เช่น ช่องกรอกข้อมูลไม่มีคำอธิบายที่ชัดเจน ผู้ใช้ไม่สามารถใช้งานบางฟังก์ชันด้วยแป้นพิมพ์ได้ ลำดับการกด Tab ไม่สอดคล้องกับลำดับการมองเห็นบนหน้าจอ ข้อความแจ้งเตือนไม่ถูกประกาศให้เทคโนโลยีช่วยเข้าถึงรับรู้ สีของข้อความมีความต่างไม่เพียงพอ หรือระบบใช้สีเป็นสื่อเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีข้อความหรือสัญลักษณ์กำกับ

กรอบการประเมินนี้ใช้ทั้งกับการทดสอบอัตโนมัติและการตรวจสอบด้วยตนเอง โดยประเด็นที่สามารถตรวจสอบเชิงเทคนิคได้ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่าง label กับ input การกดปุ่มผ่านแป้นพิมพ์ หรืออัตราส่วนความต่างสี จะใช้ผลจากชุดทดสอบและเครื่องมือตรวจวัดประกอบ ส่วนประเด็นที่ต้องอาศัยการพิจารณาเชิงบริบท เช่น ความสมเหตุสมผลของลำดับโฟกัส ความเข้าใจได้ของข้อความแจ้งเตือน และการใช้สีร่วมกับข้อความหรือไอคอน จะใช้การตรวจสอบด้วยตนเองร่วมด้วย ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของกรอบการประเมินที่ใช้ในงานวิจัยนี้

7.5 เกณฑ์การให้คะแนน ค่าร้อยละความสำเร็จในแต่ละประเด็นคำนวณจากสัดส่วนของรายการตรวจสอบที่ผ่านเกณฑ์ต่อจำนวนรายการตรวจสอบทั้งหมดในประเด็นนั้น ดังสมการ

$$\text{ร้อยละความสำเร็จ} = \left(\frac{\text{จำนวนรายการตรวจสอบที่ผ่าน}}{\text{จำนวนรายการตรวจสอบทั้งหมด}} \right) \times 100 \quad (1)$$

ตัวอย่างเช่น หากประเด็นการกำหนดป้ายกำกับของฟอร์มมีรายการตรวจสอบ 20 รายการ และผ่านเกณฑ์ 16 รายการ จะได้ค่าร้อยละความสำเร็จเท่ากับ 80 คะแนน วิธีการคำนวณนี้ถูกใช้กับทุกประเด็น ทุกโมดูล และทุกรอบการประเมิน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลได้อย่างสม่ำเสมอ

7.6 ความน่าเชื่อถือและความตรงของการประเมิน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการประเมินงานวิจัยนี้ใช้ test case และ checklist ชุดเดียวกันในการประเมินทั้ง 3 รอบ โดยควบคุมสภาพแวดล้อมการทดสอบให้สอดคล้องกัน ได้แก่ เบราร์เซอร์ เครื่องมือทดสอบ และข้อมูลทดสอบหลัก การตรวจสอบด้วยตนเองดำเนินการโดยผู้ประเมินจำนวน 2 ท่าน โดยใช้ checklist ที่อ้างอิงจาก WCAG 2.1 ระดับ AA ชุดเดียวกัน และบันทึกหลักฐานการทดสอบ เช่น ผลการรัน test script ภาพหน้าจอ และบันทึกข้อสังเกตจากผู้ประเมิน

ในกรณีของ manual inspection ประเด็นที่ต้องอาศัยการตีความ เช่น ความเหมาะสมของลำดับโฟกัส ความชัดเจนของข้อความสถานะ และการใช้สีร่วมกับสัญลักษณ์หรือข้อความ ถูกตรวจสอบตามรายการประเมินเดียวกันในทุกรอบ ผู้ประเมินทั้ง 2 ท่านดำเนินการตรวจสอบอย่างเป็นอิสระ จากนั้นจึงนำผลการตรวจสอบมาเปรียบเทียบกัน หากพบความเห็นไม่ตรงกัน ผู้ประเมินจะทบทวนจากหลักฐานการทดสอบ ภาพหน้าจอ และเกณฑ์ WCAG 2.1 เพื่อกำหนดผลสรุปร่วมกัน แนวทางดังกล่าวเอื้อต่อ repeatability และ validity ของผลการวิจัย

7.7 การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด เพื่อสรุปแนวโน้มของผลการประเมินในแต่ละรอบ นอกจากนี้ ผู้วิจัยใช้ Friedman test เพื่อเปรียบเทียบผลการประเมินของเกณฑ์ชุดเดิม 6 ประเด็นใน 3 ช่วงเวลา เนื่องจากข้อมูลมีลักษณะเป็นการวัดซ้ำในหน่วยเดิมหลายรอบ และ Friedman test ไม่จำเป็นต้องตั้งสมมติฐานว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จึงเหมาะสมกับข้อมูลเชิงอันดับหรือข้อมูลที่มีจำนวนหน่วยวัดซ้ำจำกัด

8. ผลการวิจัย

8.1 ผลการประเมินหน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการ ผลการประเมินหน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการแสดงให้เห็นว่าระบบมีพัฒนาการด้านความสามารถในการเข้าถึงดีขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกประเด็น โดยเฉพาะการแจ้งเตือนสถานะ ลำดับการโฟกัส และการกำหนดป้ายกำกับของฟอร์ม ซึ่งเป็นประเด็นที่พบข้อบกพร่องในช่วงต้น แต่ได้รับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในรอบถัดมา

ตารางที่ 2 การประเมินความสามารถในการเข้าถึงของหน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการ

ประเด็น	SC	เดือน (%)			ความเห็นผู้ประเมิน 1	ความเห็นผู้ประเมิน 2
		2	4	6		
Label form	3.3.2	55	80	95	ช่วงแรกบางช่องยังไม่มี label ชัดเจน	ควรเพิ่มคำอธิบายประกอบช่องกรอกข้อมูลที่จำเป็น
Keyboard access	2.1.1	85	95	100	date picker และปุ่มแนบไฟล์ถูกปรับปรุงในระยะกลาง	-
Focus order	2.4.3	45	70	90	มีปัญหา focus ข้ามและหลุดใน dialog	ควรควบคุม focus ให้อยู่ภายใน dialog จนกว่าผู้ใช้จะปิดหน้าต่าง
Status messages	4.1.3	40	75	95	ช่วงแรกข้อความ toast ยังไม่ถูกประกาศชัดเจน	ควรกำหนด aria-live หรือ role ที่เหมาะสมกับข้อความแจ้งเตือน
Contrast ratio	1.4.3	60	85	100	ปรับสีปุ่มและข้อความแจ้งเตือนในรอบถัดมา	-
Use of color	1.4.1	50	80	95	เพิ่มไอคอนและข้อความกำกับสถานะ	ควรหลีกเลี่ยงการใช้สีเพียงอย่างเดียวในการสื่อสารสถานะ

เมื่อนำผลการประเมินทั้ง 6 ประเด็นมาวิเคราะห์เชิงพรรณนา พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละความสำเร็จเพิ่มขึ้นจาก 55.83 ในเดือนที่ 2 เป็น 80.83 ในเดือนที่ 4 และ 95.83 ในเดือนที่ 6 ขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจาก 15.94 เป็น 8.61 และ 3.76 ตามลำดับ ผลดังกล่าวสะท้อนว่าการปรับปรุงระบบไม่ได้ส่งผลกระทบต่อกำหนดเฉลี่ยเท่านั้น แต่ยังส่งผลให้ผลการประเมินในแต่ละประเด็นมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ประเด็นที่มีพัฒนาการเด่นชัดคือ Status messages และ Focus order โดยการปรับปรุงข้อความแจ้งเตือนให้มี role หรือ aria-live ที่เหมาะสม ส่งผลให้เทคโนโลยี

ช่วยเข้าถึงรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสถานะได้ดีขึ้น ส่วนการปรับลำดับโฟกัสใน dialog และการคืน focus หลังปิด dialog ส่งผลให้การใช้งานผ่านแป้นพิมพ์มีความต่อเนื่องและลดความสับสนของผู้ใช้

8.2 ผลการประเมินหน้าการแจ้งรายงานปัญหา

ผลการประเมินหน้าการแจ้งรายงานปัญหาแสดงแนวโน้มที่ดีขึ้นเช่นเดียวกัน แม้ในระยะแรก โมดูลนี้มีความซับซ้อนด้านการโต้ตอบมากกว่า เช่น การใช้งานตาราง เมนูคำสั่ง และ dialog ทำให้ค่าความสำเร็จในบางประเด็นอยู่ในระดับต่ำกว่าหน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการ แต่หลังการปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง ผลการประเมินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกประเด็นแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินความสามารถในการเข้าถึงของหน้าการแจ้งรายงานปัญหา

ประเด็น	SC	เดือน (%)			การเปลี่ยนแปลงรวม	ความเห็นผู้ประเมิน 1	ความเห็นผู้ประเมิน 2
		2	4	6			
Label form	3.3.2	50	78	92	+42	บางช่องในฟอร์มแจ้งปัญหายังสื่อความหมายไม่ชัดเจนในช่วงแรก	ควรเพิ่ม label หรือคำอธิบายสำหรับช่องที่ต้องกรอก
Keyboard access	2.1.1	80	90	98	+18	การใช้งานผ่านแป้นพิมพ์ทำได้ค่อนข้างดีตั้งแต่รอบแรก	-
Focus order	2.4.3	42	68	88	+46	มีปัญหาลำดับ focus ในตารางและ dialog	ควรปรับลำดับ Tab ให้สัมพันธ์กับลำดับการมองเห็นบนหน้าจอ
Status messages	4.1.3	38	72	93	+55	toast message ยังไม่ถูกประกาศให้เทคโนโลยีช่วยเข้าถึงรับรู้ในช่วงแรก	ควรเพิ่ม aria-live และข้อความสถานะที่ชัดเจนหลังบันทึกหรือแจ้งปัญหา
Contrast ratio	1.4.3	58	82	97	+39	ข้อความบางส่วนมีความต่างสีต่ำในช่วงแรก	-
Use of color	1.4.1	48	76	94	+46	สถานะบางรายการใช้สีเป็นสื่อหลักในช่วงแรก	ควรเพิ่มข้อความหรือไอคอนประกอบสีในตารางสถานะ

เมื่อพิจารณารายประเด็นจากตารางที่ 3 พบว่า Status messages มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (+55) รองลงมาคือ Focus order และ Use of color (+46 เท่ากัน) สะท้อนว่าประเด็นด้านการแจ้งเตือนสถานะและการจัดลำดับโฟกัสเป็นจุดที่ต้องได้รับการปรับปรุงในช่วงต้น เนื่องจากหน้าการแจ้งรายงานปัญหาเมืองค์ประกอบเชิงโต้ตอบหลายส่วน เช่น dialog, toast message และตารางข้อมูล หลังจากมีการปรับ toast message ให้ประกาศสถานะได้ชัดเจนขึ้น เพิ่มข้อความหรือไอคอนประกอบสี และปรับลำดับการเคลื่อนที่ของ focus ภายใน dialog ผลการประเมินจึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในเชิงปฏิบัติ

ในทางตรงกันข้าม Keyboard access มีค่าค่อนข้างสูงตั้งแต่รอบแรกและเพิ่มขึ้นเพียง +18 แสดงว่าระบบมีพื้นฐานด้านการใช้งานผ่านแป้นพิมพ์ในระดับที่ดีอยู่แล้ว การปรับปรุงในรอบถัดมาจึงเป็นการเพิ่มความสมบูรณ์ของการเข้าถึงองค์ประกอบเฉพาะ เช่น เมนูคำสั่ง ตาราง และปุ่มภายใน dialog

8.3 ผลการวิเคราะห์ภาพรวมตลอด 6 เดือน เมื่อนำค่าร้อยละความสำเร็จของทั้ง 2 โมดูลมาวิเคราะห์ร่วมกัน พบว่าค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 54.25 ในเดือนที่ 2 เป็นร้อยละ 79.25 ในเดือนที่ 4 และร้อยละ 94.75 ในเดือนที่ 6 ขณะเดียวกันส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าระบบมีทั้งคุณภาพและความสม่ำเสมอของความสามารถในการเข้าถึงที่ดีขึ้นหลังการปรับปรุง ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ภาพรวมของทั้งสองโมดูลตลอด 6 เดือน

รอบการทดสอบ	ค่าเฉลี่ยร้อยละความสำเร็จรวม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
เดือนที่ 2	54.25	14.88	38	85
เดือนที่ 4	79.25	7.98	68	95
เดือนที่ 6	94.75	3.70	88	100

ผลในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าในเดือนที่ 2 ระบบยังมีความแตกต่างระหว่างประเด็นที่ประเมินค่อนข้างสูง โดยมีค่าต่ำสุดเพียง 38 และค่าสูงสุด 85 หลังจากการปรับปรุงในเดือนที่ 4 ค่าต่ำสุดเพิ่มขึ้นเป็น 68 และในเดือนที่ 6 เพิ่มขึ้นเป็น 88 แสดงให้เห็นว่าประเด็นที่เคยเป็นจุดอ่อนของระบบได้รับการแก้ไขจนเข้าใกล้ระดับของประเด็นที่มีคะแนนสูงอยู่เดิม การลดลงของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงสะท้อนความสม่ำเสมอของคุณภาพระบบโดยรวม

เพื่อตรวจสอบว่าความแตกต่างของผลการประเมินทั้ง 3 รอบมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ผู้วิจัยใช้ Friedman test โดยกำหนดให้หน่วยที่วัดซ้ำ คือ เกณฑ์การประเมินเดิมทั้ง 6 ประเด็น ซึ่งถูกประเมินซ้ำใน 3 ช่วงเวลา ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบ Friedman test

ตัวแปร	สถิติทดสอบ	ค่า χ^2	df	p-value	ผลการแปล
ความสำเร็จรวม 3 รอบ	Friedman test	12.00	2	0.002	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการทดสอบ Friedman test พบว่า $\chi^2 = 12.00$, $df = 2$ และ $p = 0.002$ ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าผลการประเมินความสามารถในการเข้าถึงทั้ง 3 รอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลดังกล่าวสนับสนุนข้อสรุปว่าการปรับปรุงระบบในช่วงระยะเวลา 6 เดือนส่งผลต่อระดับความสามารถในการเข้าถึงของระบบอย่างมีนัยสำคัญ

9. อภิปรายผล

ผลการวิจัยสะท้อนว่า การใช้ Playwright ร่วมกับ Page Object Model มีบทบาทสำคัญต่อการประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยเฉพาะในระบบที่มีหลายหน้าจอและมีการเปลี่ยนแปลงส่วนติดต่อผู้ใช้เป็นระยะ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานของ Leotta et al. (2013) ซึ่งพบว่า page object pattern ช่วยเพิ่มความสามารถในการบำรุงรักษาชุดทดสอบเมื่อส่วนติดต่อผู้ใช้เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ขยายข้อค้นพบดังกล่าวไปสู่บริบทของ accessibility testing โดยแสดงให้เห็นว่า POM ไม่เพียงเอื้อต่อ maintainability ของโค้ดทดสอบเท่านั้น แต่ยังเอื้อต่อการประเมินซ้ำและการติดตามพัฒนาการของผลการประเมินในหลายช่วงเวลา

เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า Status messages, Focus order และ Use of color เป็นด้านที่พัฒนาได้เด่นชัดที่สุด ข้อค้นพบนี้สะท้อนว่าปัญหาความสามารถในการเข้าถึงจำนวนมากไม่ได้อยู่ที่โครงสร้างฟอร์มหรือการใช้งานผ่านแป้นพิมพ์เพียงอย่างเดียว แต่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการใช้งานจริง เช่น การแสดง toast message การเปิดและปิด dialog การอัปเดตสถานะของข้อมูลในตาราง และการสื่อสารสถานะด้วยสี ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Mehralian et al. (2025) ที่ชี้ให้เห็นว่าปัญหา accessibility จำนวนมากเกิดขึ้นจาก dynamic content changes และพฤติกรรมระหว่าง runtime ซึ่งเครื่องมืออัตโนมัติทั่วไปอาจตรวจจับได้ไม่ครบถ้วน

ในด้านการใช้เครื่องมืออัตโนมัติ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า Playwright มีประสิทธิภาพในการจำลองพฤติกรรมผู้ใช้และตรวจสอบเส้นทางการทำงานหลักของระบบได้อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม การทดสอบอัตโนมัติเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอสำหรับประเด็นที่ต้องอาศัยการตีความเชิงบริบท เช่น ลำดับโฟกัสที่เหมาะสม ความเข้าใจได้ของข้อความแจ้งเตือน และการใช้สีร่วมกับข้อความ

หรือสัญลักษณ์ ดังนั้น การบูรณาการการทดสอบอัตโนมัติกับการตรวจสอบด้วยตนเองจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการประกันคุณภาพระบบในมิติของความสามารถในการเข้าถึง

ผลการวิเคราะห์เชิงสถิติด้วย Friedman test สนับสนุนข้อสรุปเชิงประจักษ์ว่า ผลการประเมินทั้ง 3 รอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยร้อยละความสำเร็จและการลดลงของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสะท้อนว่า การปรับปรุงระบบไม่ได้ทำให้บางประเด็นดีขึ้นเป็นรายจุดเท่านั้น แต่ยังยกระดับความสม่ำเสมอของคุณภาพระบบโดยรวม โดยเฉพาะเมื่อประเด็นที่เคยมีคะแนนต่ำ เช่น Status messages และ Focus order ได้รับการแก้ไขอย่างต่อเนื่อง

จากผลการวิจัยจึงกล่าวได้ว่า แนวทางที่นำเสนอในงานนี้มีคุณค่าทั้งในเชิงวิธีวิทยาและเชิงปฏิบัติ ในเชิงวิธีวิทยา งานวิจัยแสดงให้เห็นการบูรณาการ Playwright, POM และ manual inspection สำหรับการประเมิน accessibility แบบต่อเนื่อง ส่วนในเชิงปฏิบัติ แนวทางดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการพัฒนาระบบภายในองค์กร เพื่อให้การปรับปรุงความสามารถในการเข้าถึงเกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและตรวจสอบได้

10. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้บรรลุวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ข้อ กล่าวคือ 1) ผู้วิจัยสามารถพัฒนาชุดทดสอบอัตโนมัติด้วย Playwright ร่วมกับแนวคิด Page Object Model สำหรับประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบการจัดการปัญหาและงานสนับสนุนภายในองค์กรได้สำเร็จ โดยโครงสร้างแบบ POM ส่งผลให้ชุดทดสอบมีความเป็นระบบ ลดความซ้ำซ้อน และบำรุงรักษาได้สะดวก และ 2) การประเมินความสามารถในการเข้าถึงของระบบตามมาตรฐาน WCAG 2.1 ระดับ AA ด้วยการทดสอบอัตโนมัติร่วมกับการตรวจสอบด้วยตนเอง แสดงให้เห็นว่าระบบมีพัฒนาการดีขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 6 เดือน

ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละความสำเร็จโดยรวมเพิ่มขึ้นจาก 54.25 ในเดือนที่ 2 เป็น 79.25 ในเดือนที่ 4 และ 94.75 ในเดือนที่ 6 ขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจาก 14.88 เป็น 7.98 และ 3.70 ตามลำดับ ผลการทดสอบ Friedman test ยืนยันว่าผลการประเมินทั้ง 3 รอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงสรุปได้ว่าการปรับปรุงระบบและการใช้ชุดทดสอบอัตโนมัติร่วมกับ manual inspection มีบทบาทต่อการยกระดับความสามารถในการเข้าถึงของระบบอย่างเป็นรูปธรรม องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัยนี้ คือ แนวทางการบูรณาการ Playwright, Page Object Model และการตรวจสอบด้วยตนเองตาม WCAG 2.1 เพื่อประเมินความสามารถในการเข้าถึงแบบต่อเนื่องในระบบองค์กรภายใน โดยแนวทางดังกล่าวช่วยให้สามารถติดตามผลการปรับปรุงระบบในหลายช่วงเวลา และเชื่อมโยงผลการประเมินเชิงตัวเลขกับการปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เกิดขึ้น

11. ข้อจำกัดของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัด 3 ประการ 1) การศึกษาเน้นเฉพาะ 2 โมดูลหลักของระบบ ได้แก่ หน้าการเพิ่มข้อมูลโครงการและหน้าการแจ้งรายงานปัญหา จึงยังไม่ครอบคลุมทุกโมดูลของระบบ 2) การประเมินอ้างอิง WCAG 2.1 ระดับ AA เฉพาะ 6 ประเด็นที่สัมพันธ์กับบริบทของระบบ จึงยังไม่ครอบคลุมเกณฑ์ทั้งหมดของ WCAG 2.1 3) การประเมินใช้การทดสอบอัตโนมัติร่วมกับการตรวจสอบด้วยตนเอง แต่ยังไม่ได้รับการทดสอบกับผู้ใช้ที่มีความพิการจริง ซึ่งอาจให้ข้อมูลเชิงประสพการณ์ที่ลึกซึ้งขึ้นเกี่ยวกับการใช้งานระบบ

12. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

1) ด้านการพัฒนาในระบบภายในองค์กร นำแนวทางการทดสอบไปใช้กับระบบสารสนเทศภายในเพื่อตรวจสอบ accessibility ตั้งแต่ขั้นตอนการพัฒนา 2) ด้านการประกันคุณภาพซอฟต์แวร์ ใช้ Playwright ร่วมกับ Page Object Model เป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบซ้ำ เพื่อลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความสม่ำเสมอ 3) ด้านการปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้ นำผลประเมินไปปรับปรุง label, keyboard access, focus order, status message, contrast และ use of color 4) ด้านการกำหนดมาตรฐานองค์กร ใช้กรอบประเมินทั้ง 6 ประเด็นเป็น checklist หรือมาตรฐานขั้นต่ำในการพัฒนาระบบ 5) ด้านการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง กำหนดกรอบประเมินเป็นระยะเพื่อตรวจสอบพัฒนาการของระบบ และ 6) ด้านการสร้างความรู้ความตระหนักแก่ผู้เกี่ยวข้อง ใช้ผลวิจัยส่งเสริมให้ทีมพัฒนาเห็นว่า accessibility เป็นส่วนหนึ่งของคุณภาพซอฟต์แวร์และความเท่าเทียมในการใช้งาน

13. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

การประเมินไปยังโมดูลอื่นของระบบ เพื่อให้ได้ภาพรวมของความสามารถในการเข้าถึงทั้งระบบมากขึ้น นอกจากนี้ ควรศึกษาเกณฑ์เวอร์ชันใหม่กว่า เช่น WCAG 2.2 เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการประเมินที่ทันสมัยยิ่งขึ้น ควรพิจารณาการเปรียบเทียบผลการทดสอบอัตโนมัติ ผลการตรวจสอบด้วยตนเอง และผลการใช้งานจริงของผู้ใช้ที่มีความต้องการเฉพาะ เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างผลการทดสอบเชิงเทคนิคกับประสบการณ์ของผู้ใช้จริง นอกจากนี้ ควรศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูงหรือเทคนิคปัญญาประดิษฐ์เพื่อช่วยตรวจจับปัญหาความสามารถในการเข้าถึงที่เกิดจาก dynamic content changes ในระบบเว็บสมัยใหม่

14. เอกสารอ้างอิง

- Angelov, A. (2023). **Automated Testing Unleashed**. N.P.: Independently Published.
- Dosaj, C.R. (2020). **The Self-Taught Software Tester: A Step-by-Step Guide to Learn Software Testing Using Real-Life Projects**. N.P.: Independently Published.

- Graham, D., Black, R., and van Veenendaal, E. (2024). **Foundations of Software Testing: ISTQB Certification**. 5th ed. Andover: Cengage Learning EMEA.
- He, Z., Huq, S.F., and Malek, S. (2025). Enhancing Web Accessibility: Automated Detection of Issues with Generative AI. **Proceedings of the ACM on Software Engineering** 2(FSE): 2264-2287. Retrieved from <https://doi.org/10.1145/3729371>.
- Jirak, J. (2024). **Think Different: How Test Automation Is Changing the World of Software Development**. N.P.: Independently Published.
- Kinsbruner, E. (2018). **Continuous Testing for DevOps Professionals: A Practical Guide from Industry Experts**. N.P.: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Leotta, M., Clerissi, D., Ricca, F., and Spadaro, C. (2013). Improving Test Suites Maintainability with the Page Object Pattern: An Industrial Case Study. In **2013 IEEE Sixth International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW)** (pp. 108-113). Piscataway, NJ: IEEE. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ICSTW.2013.19>.
- Mehralian, F., He, Z., and Malek, S. (2025). Automated Accessibility Analysis of Dynamic Content Changes on Mobile Apps. In **2025 IEEE/ACM 47th International Conference on Software Engineering (ICSE)** (pp. 2689-2701). Piscataway, NJ: IEEE. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ICSE55347.2025.00039>.
- Microsoft. (2025a, June 25). **Installation**. Playwright. Retrieved from <https://playwright.dev/docs/intro>.
- Microsoft. (2025b, June 25). **Page Object Models**. Playwright. Retrieved from <https://playwright.dev/docs/pom>.
- Pressman, R.S. and Maxim, B.R. (2020). **Software Engineering: A Practitioner's Approach**. 9th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- WebAIM. (2025). **The WebAIM Million: The 2025 Report on the Accessibility of the Top 1,000,000 Home Pages**. Retrieved from <https://webaim.org/projects/million/2025>.
- Winter, A. and Meaney, R. (2021). **Team Guide to Software Testability: Better Software Through Greater Testability**. N.P.: Leanpub.
- World Wide Web Consortium. (2018). **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1**. Retrieved from <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>.