

Received: 17 มี.ค. 2569

Revised: 30 เม.ย. 2569

Accepted: 5 พ.ค. 2569

การพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ของสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

THE E-LEARNING PLATFORM DEVELOPMENT FOR COMPUTER SCIENCE
DEPARTMENT, MAEJO UNIVERSITY

เกียรติดีพิงษ์ วงศ์ม่วย¹, ซี โชติไพศาลกุล¹, ธนดล อินมะโน¹, ปาณิสสา สุริยะมณี¹,

สนิท สิทธิ¹, พยุงศักดิ์ เกษมสำราญ¹ และ ปวีณ เชื้อนแก้ว^{1*}

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Kiadtiphong Wongmui¹, Sea Chotepaisarnkul¹, Tanadon Inmano¹, Panisa Suriyamani¹,

Snit Sitti¹, Payungsak Kasemsumran¹ and Paween Khoenkaw^{1*}

¹Computer Science Department, Faculty of Science, Maejo University, Chaingmai,
Thailand, 50290

*Corresponding author: panutwat_m@mju.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่บูรณาการระบบจัดการรายวิชา บทเรียนเชิงโต้ตอบ และการวัดผลออนไลน์เข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบ ระบบที่พัฒนาขึ้นรองรับผู้ใช้งาน 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ผู้เรียน ผู้สอน ผู้ช่วยสอน และผู้ดูแลระบบ โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา ประกอบด้วย นุกซ์ (Nuxt) สำหรับส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ร่วมกับ เทลวินด์ (Tailwind) สำหรับการตกแต่งส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ในส่วนของการประมวลผลเซิร์ฟเวอร์พัฒนาด้วยภาษาโก (Go) ร่วมกับ ไฟเบอร์ (Fiber) และใช้ มาเรียดีบี (MariaDB) ในการจัดการฐานข้อมูล ระบบทั้งหมดทำงานบน ดอคเคอร์ (Docker) ผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถรองรับฟังก์ชันการทำงาน การสอบออนไลน์พร้อมระบบตรวจอัตโนมัติ การออกใบประกาศนียบัตรดิจิทัล ระบบจัดการบัตรกำนัลส่วนลด และการชำระเงินผ่าน พร้อมเพย์ ได้อย่างถูกต้อง ระบบนี้ได้ผ่านการประเมินประสิทธิภาพได้ผลดังนี้ การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับ ดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.33 การทดสอบหน่วยย่อย ผลออกมาสามารถทำงานได้ทุกส่วนที่ทดสอบ การทดสอบภาพรวม ผลการทดสอบระบบสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี การทดสอบสมรรถนะด้วย กราฟาน่า เคซิกซ์ (Grafana K6) , เวจิต้า (Vegeta) , ออโต้แคนนอน(Autocannon) พบว่าสามารถตอบสนองต่อโหลดได้สูงสุดไม่เกิน 7.75 วินาที จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบมีความพร้อมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้จริงในสถาบันการศึกษา

คำสำคัญ: แพลตฟอร์มการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์; การเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์; การจัดการรายวิชา; การสอบผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

This research aims to develop a systematic digital learning platform that integrates a course management system, interactive lessons, and online assessment tools. The system is designed to support four primary user roles: students, instructors, teaching assistants, and administrators. The technology stack employed in this development includes Nuxt for the user interface, styled with Tailwind CSS. The backend services are developed using Go (Golang) with the Fiber framework, utilizing MariaDB for database management, and the entire ecosystem is containerized based on Docker. The research findings indicate that the system effectively supports core functionalities, including online examinations with automated grading, digital certification, Voucher management, and integrated payments PromptPay. System evaluation results are as follows: User satisfaction was rated at a "Good" level with a mean score of 4.33. Unit testing confirmed that all individual modules function correctly, while integration testing demonstrated seamless interoperability between components. Performance benchmarking was conducted using Grafana K6, Vegeta, and Autocannon showed a maximum response time of 7.75 seconds under peak load. Consequently, this system is considered ready for the real-world deployment.

Keywords: *Digital Learning Platform; e-Learning; Course Management; e-Exam*

บทนำ

เทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงการศึกษา ทำให้ e-Learning และการเรียนออนไลน์ได้รับความนิยมมากขึ้น ช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้าถึงความรู้ได้อย่างกว้างขวางในศตวรรษที่ 21

อย่างไรก็ตาม ในบริบทของสถาบันอุดมศึกษา โดยเฉพาะในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี เช่น วิทยาการคอมพิวเตอร์ พบว่าจำนวนนักศึกษามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สถานการณ์ดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อความซับซ้อนในการบริหารจัดการเนื้อหารายวิชา เนื่องจากผู้สอนจำเป็นต้องจัดโครงสร้างบทเรียน จัดเตรียม และกระจายสื่อการเรียนรู้ให้สามารถรองรับผู้เรียนจำนวนมากที่เข้าใช้งานพร้อมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ระบบการจัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมอาจไม่เพียงพอต่อการรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้น ทั้งในด้านการบริหารจัดการเนื้อหาวิชาที่มีความซับซ้อน การวัดและประเมินผลที่มีประสิทธิภาพ การติดตามความก้าวหน้าของ

ผู้เรียนรายบุคคล รวมถึงข้อจำกัดในการสร้างพื้นที่สำหรับการปฏิสัมพันธ์เชิงวิชาการระหว่างผู้สอนและผู้เรียนอย่างทั่วถึง ปัญหาเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่บูรณาการระบบจัดการรายวิชา บทเรียนเชิงโต้ตอบ และการวัดผลออนไลน์เข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบ เพื่อลดภาระงานซ้ำซ้อนของบุคลากรและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้

ด้วยเหตุผลดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงพัฒนา "เว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning Web Application)" ที่มีความยืดหยุ่นสูงและรองรับผู้ใช้งาน 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ผู้เรียน (Student), ผู้สอน (Instructor), ผู้ช่วยสอน (Teaching Assistant) และผู้ดูแลระบบ (Admin) โดยให้ความสำคัญกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ด้วยหลักการประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience) เพื่อสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมให้เกิดการใช้งานอย่างต่อเนื่อง

ด้านสถาปัตยกรรมระบบ ผู้วิจัยออกแบบให้รองรับการขยายตัวในอนาคต (Scalability) โดยเลือกใช้ Modern Tech Stack ที่มีประสิทธิภาพสูง ประกอบด้วย Nuxt และ Tailwind CSS ในส่วนติดต่อผู้ใช้ (Frontend) เพื่อความรวดเร็วในการแสดงผล ส่วนประมวลผลฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Backend) พัฒนาด้วยภาษา Go ร่วมกับ Fiber Framework ซึ่งโดดเด่นด้านความเร็วและรองรับการทำงานแบบ Concurrency และใช้ MariaDB ในการจัดการข้อมูล ทั้งนี้ ระบบทั้งหมดทำงานภายใต้คอนเทนเนอร์ของ Docker เพื่อสร้างมาตรฐานในการปรับใช้ (Deployment) และเอื้อต่อการทำความเข้าใจในการขยายตัวของระบบ

นอกจากนี้ โครงการยังมุ่งพัฒนาฟังก์ชันการทำงานที่ครอบคลุมกระบวนการเรียนการสอนแบบครบวงจร ได้แก่ ระบบสร้างและตรวจข้อสอบอัตโนมัติ ระบบอภิปรายภาคศึนิยมบัตรดิจิทัล ระบบจัดการบัตรกำนัลส่วนลด และระบบการชำระเงินผ่าน PromptPay โดยออกแบบให้ระบบสามารถรองรับการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น แพลตฟอร์มการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาขึ้นจึงไม่เพียงเป็นเครื่องมือสนับสนุนการศึกษาที่มีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังเป็นต้นแบบ (Prototype) ที่มีความพร้อมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในสถาบันการศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยเรื่อง "การพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ของสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้" คณะผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์หลักไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้านการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning) ให้มีฟังก์ชันการทำงานที่ครบถ้วนและครอบคลุม รองรับการใช้งานจริงของผู้เรียน ผู้สอน และ

ผู้ดูแลระบบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนของสถาบันการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ให้มีความทันสมัย ใช้งานง่าย และสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ในปัจจุบัน ตามหลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience: UX) โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและเครื่องมือมาตรฐานสากล
3. เพื่อวางรากฐานสถาปัตยกรรมระบบด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เอื้อต่อการปรับขยาย (Scalability) และพัฒนาต่อยอดในรูปแบบโอเพ่นซอร์ส (Open Source) สำหรับเป็นต้นแบบให้นักพัฒนาและนักวิจัยรุ่นต่อไปนำไปศึกษาและพัฒนาต่อยอด
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาจำนวน 55 คน เพื่อวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ e-Learning ที่พัฒนาขึ้น
5. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านการทำงานและสมรรถนะของระบบ โดยใช้เครื่องมือในการทดสอบประสิทธิภาพ ได้แก่ Grafana K6, Vegeta และ Autocannon เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการรองรับโหลดและเวลาการตอบสนองของระบบ

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและอยู่บนพื้นฐานทางวิชาการ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบระบบ โดยสามารถจำแนกกลุ่มงานวิจัยออกเป็นประเด็นสำคัญได้ดังนี้

3.1 การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการศึกษา

การนำระบบสารสนเทศมาใช้ในการจัดการศึกษาช่วยลดความผิดพลาดของข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของสุรศักดิ์ สีโยธา และคณะ (2566) ขณะที่พงษ์ศักดิ์ ผกามาศ และคณะ (2565) ชี้ว่าคุณภาพของฐานข้อมูลและการออกแบบเว็บไซต์มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบระบบด้วย MariaDB บน Docker เพื่อให้มีความเสถียร มีประสิทธิภาพ และรองรับการขยายตัวในอนาคต

3.2 การออกแบบระบบเพื่อความปลอดภัยและประสบการณ์ผู้ใช้งาน

ความมั่นคงปลอดภัยและความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญของระบบ โดย อภิสิตี มณีวรรณ (2566) ชี้ว่าการกำหนดสิทธิ์แบบ Role-based Authorization ช่วยเพิ่มความปลอดภัย ผู้วิจัยจึงนำมาประยุกต์ใช้โดยแบ่งผู้ใช้งานเป็น 4 ระดับ ขณะเดียวกัน กิตติพงษ์วี นราพงศ์ (2565) เน้นการประเมินคุณภาพเว็บไซต์จากความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งผลการประเมินระบบนี้อยู่ในระดับดี (4.33) สะท้อนถึงประสิทธิภาพของการออกแบบด้วย Nuxt และ Tailwind CSS

3.3 การประยุกต์ใช้ฟังก์ชันพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในการศึกษา

งานวิจัยนี้ประยุกต์แนวคิด E-Commerce จาก ญัฐกานต์ ปัญญารงค์ (2566) เพื่อพัฒนาระบบตะกร้าสินค้า คู่มือ และการชำระเงินผ่าน PromptPay รองรับการใช้งานจริงเชิงพาณิชย์ พร้อมบูรณาการเทคโนโลยี Golang และ Nuxt เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบ

ด้านการเรียนรู้ งานของสุภาวดี วัฒนพาณิชย์ (2568ก) ชี้ว่าเทคโนโลยีดิจิทัลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และการมีส่วนร่วม รวมถึงการติดตามผลผู้เรียน ขณะที่ พิมพ์ชนก ผกามาศ และ รัฐพล ปัญจรัตนกร (2567) พบว่าการเรียนแบบผสมผสานช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่วน ธีรภัทร นพคุณวงศ์ (2568) และ ญัฐวุฒิ รอดประยูร และ ชลธิชา กรุณาสวัสดิ์ (2567) ชี้ว่าการใช้แนวคิดเชิงรุกและ AI ช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และ กมลชนก ฉัญญาหาร และคณะ (2567) พบว่าช่วยเสริมทักษะการทำงานเป็นทีม

โดยสรุป การบูรณาการระบบสารสนเทศ ความปลอดภัย และ E-Commerce ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัล ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบและส่งเสริมผลลัพธ์การเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 มาตรฐานความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศและธุรกรรม

การพัฒนาระบบธุรกรรมผ่าน PromptPay จำเป็นต้องยึดตามมาตรฐานความปลอดภัย โดยอ้างอิงหลัก CIA Triad (International Organization for Standardization [ISO], 2022) เพื่อคุ้มครองความลับ ความถูกต้อง และความพร้อมใช้งานของข้อมูล ควบคู่กับการใช้ Role-based Access Control ตาม พ.ร.บ.คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 (ราชกิจจานุเบกษา, 2562) เพื่อจำกัดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ยังอ้างอิงแนวทาง OWASP Foundation (2023) ในการป้องกันช่องโหว่ โดยเน้นการตรวจสอบข้อมูลนำเข้าและป้องกันการเข้าถึงข้อมูลข้ามสิทธิ์ เพื่อเสริมความมั่นคงปลอดภัยของระบบโดยรวม

กรอบแนวคิดและตัวแปรวิจัย

กรอบแนวคิดและตัวแปรวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษามีรายละเอียดดังนี้:

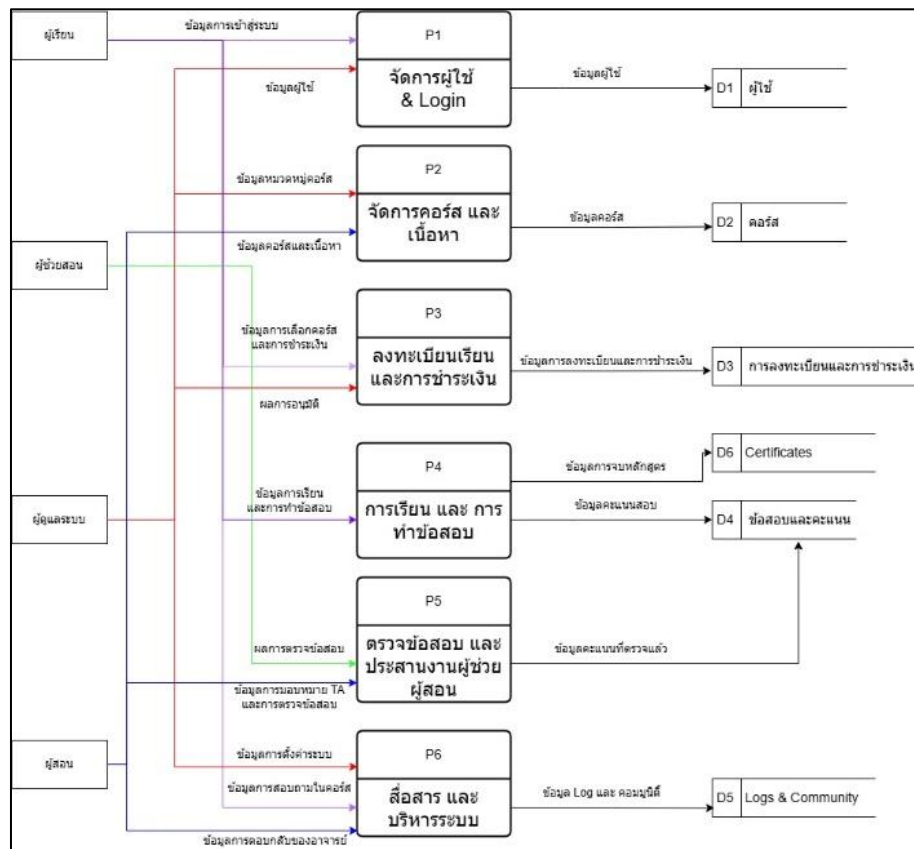
- **ตัวแปรต้น (Independent Variable):** เว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning Web Application) ที่พัฒนาขึ้น
- **ตัวแปรตาม (Dependent Variables):** ประกอบด้วย
 1. ประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (ประเมินจากการทดสอบระบบ เช่น Integration Testing และ System Response Time Testing)
 2. ความพึงพอใจของผู้ใช้งานในกลุ่มผู้เรียน (Student) ซึ่งเป็นผู้ใช้งานจริงของระบบ

- ตัวแปรควบคุม (Control Variables): ขอบเขตฟังก์ชันการทำงานหลัก ได้แก่ ระบบตรวจสอบสิทธิ์เข้าใช้งานแบบ Role-based, การจัดการข้อสอบมาตรฐาน Aiken Format และเงื่อนไขการออกใบประกาศนียบัตรดิจิทัลอัตโนมัติ

กรอบแนวคิดการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้นำหลักการของระบบจัดการการเรียนออนไลน์ (Learning Management System: LMS) มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบกระบวนการทำงานที่ครบวงจร โดยเชื่อมโยงบทบาทหน้าที่ของผู้ใช้งานแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกัน ดังนี้

- ผู้สอน (Instructor): ดำเนินการสร้างรายวิชา จัดการเนื้อหาบทเรียน และสร้างชุดข้อสอบผ่านระบบ
- ผู้เรียน (Student): ดำเนินการลงทะเบียนเรียน ชำระเงินค่าธรรมเนียม เข้าสู่บทเรียน และทำแบบทดสอบเพื่อรับใบประกาศนียบัตร
- ผู้ช่วยสอน (Teaching Assistant): สนับสนุนผู้สอนในการตรวจข้อสอบอัตโนมัติและติดตามผลการเรียน
- ผู้ดูแลระบบ (Admin): บริหารจัดการข้อมูลผู้ใช้งานและอนุมัติธุรกรรมต่างๆ ในระบบ

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหมด

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการเรียนทางอิเล็กทรอนิกส์ มีขั้นตอนการดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหาการสอนรูปแบบเดิม ทฤษฎี e-Learning และ Microlearning พร้อมวิเคราะห์เทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา (Nuxt, Go, Docker)

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์และออกแบบระบบผ่านแผนภาพ Use Case, Data Flow และการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (UI Design)

ขั้นตอนที่ 3 พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ตามที่ได้ออกแบบไว้

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบระบบ โดยผู้พัฒนา (Integration Testing และ System Response Time Testing) และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Acceptance Testing: UAT) โดยผู้เรียน จำนวน 55 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่พัฒนาขึ้นด้วย Nuxt และ Golang
2. เครื่องมือสำหรับการพัฒนาระบบ ได้แก่ Visual Studio Code, Docker, MariaDB , DBeaver, Postman และ Git
3. เครื่องมือสำหรับการทดสอบระบบ ได้แก่ Unit Testing, Integration Testing และ System Response Time Testing รวมถึงเครื่องมือทดสอบสมรรถนะ เช่น Grafana k6, Vegeta และ Autocannon
4. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ เว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์
5. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ใช้งานระบบในกลุ่มผู้เรียน (Student) จำนวน 55 คน ซึ่งใช้ในการประเมินความพึงพอใจของระบบ (User Acceptance Testing)
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

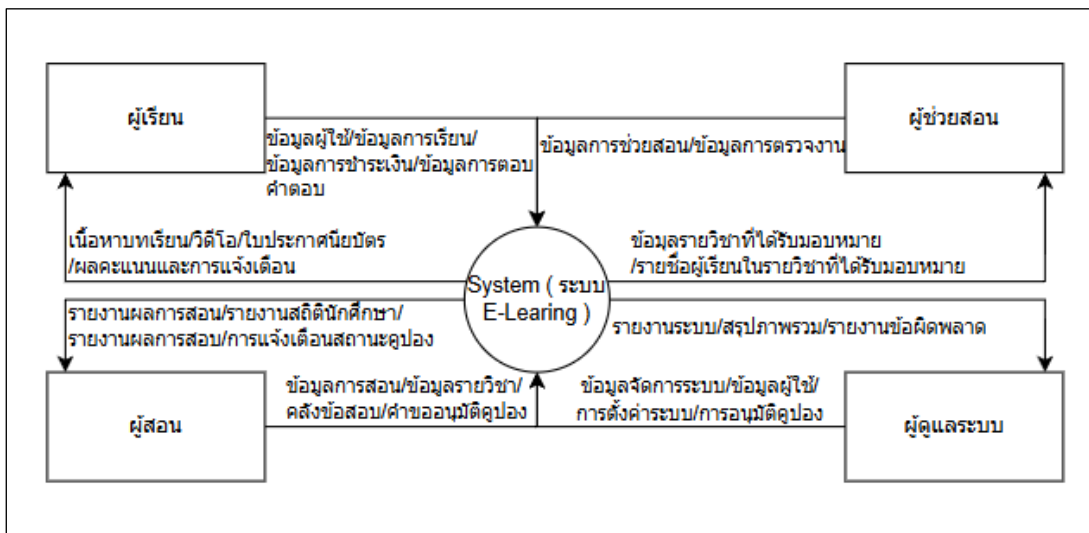
การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาระบบใช้หลัก SDLC โดยพัฒนา Frontend ด้วย TypeScript และ Nuxt และ Backend ด้วย Golang (Fiber) ใช้ฐานข้อมูล MariaDB และจำลองสภาพแวดล้อมด้วย Docker พร้อมกำหนดขอบเขตระบบในการออกแบบและพัฒนาตามกลุ่มผู้ใช้งาน จำนวน 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

1. ผู้เรียน (Student): ฟังก์ชันงานหลักคือ สมัครสมาชิก, ลงทะเบียนเรียน, ชำระเงินผ่าน PromptPay, เข้าเรียน, ทำแบบทดสอบ และดาวน์โหลดใบประกาศนียบัตร
2. ผู้สอน (Instructor): ฟังก์ชันงานหลักคือ สร้างรายวิชา, สร้างข้อสอบ (รองรับ Aiken Format/Word), ตรวจสอบข้อสอบ, ออกเกรด และขออนุมัติสร้างคูปองส่วนลด
3. ผู้ช่วยสอน (Teaching Assistant): ฟังก์ชันงานหลักคือ ช่วยตรวจข้อสอบในรายวิชาที่ได้รับมอบหมาย
4. ผู้ดูแลระบบ (Admin): ฟังก์ชันงานหลักคือ จัดการผู้ใช้งาน, อนุมัติคูปอง, และดูแลระบบช่วยเหลือ (Support)

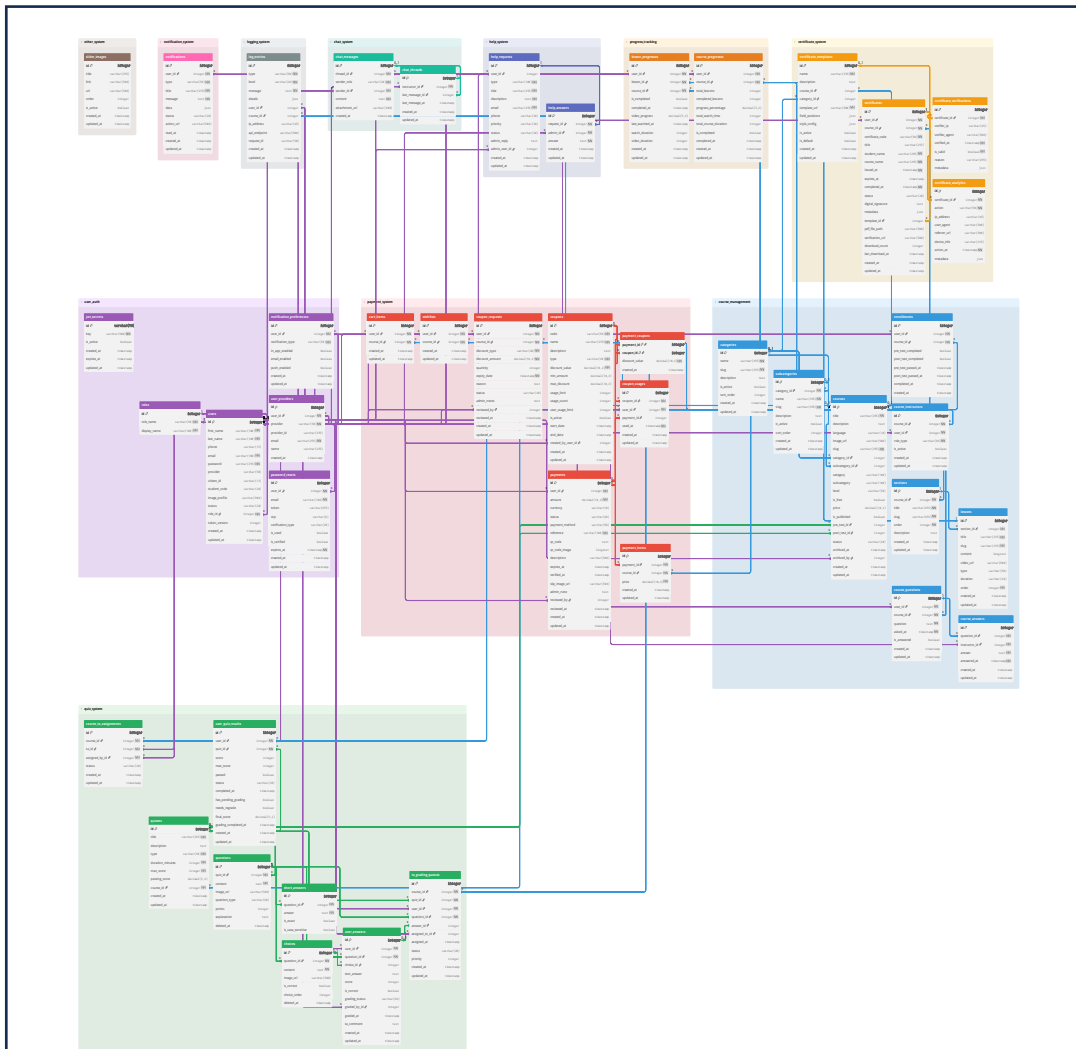
ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบการใช้งานระบบหลังจากการพัฒนา

1. ขั้นตอนแรก ทำการทดสอบโดยผู้พัฒนาระบบ (Black Box Testing) เพื่อตรวจสอบฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ เช่น การคำนวณคะแนนสอบ, การตัดเงินในระบบตะกร้าสินค้า
2. ขั้นตอนถัดไป ทำการทดสอบด้วยแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจริง



ภาพที่ 2 แผนภาพรวมการทำงานของระบบ (Context Diagram)

ภาพที่ 2 แสดงภาพรวมการทำงานของระบบ (Context Diagram) ที่แสดงถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ และข้อมูลที่ส่งเข้า-ออกจากระบบ แสดงให้เห็นถึงผู้ที่ใช้ระบบ ซึ่งประกอบด้วย ผู้เรียน, ผู้สอน, ผู้ช่วยสอน และผู้ดูแลระบบ โดยที่นักศึกษาจะส่งข้อมูลการลงทะเบียนและการทำข้อสอบเข้าสู่ระบบ ในขณะที่ผู้สอนจะป้อนข้อมูลเนื้อหาวิชาและชุดข้อสอบ ส่วนผู้ดูแลระบบทำหน้าที่จัดการสิทธิ์การเข้าใช้งานและข้อมูลหลักของระบบ



ภาพที่ 3 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity-Relationship Diagram: ER-Diagram)

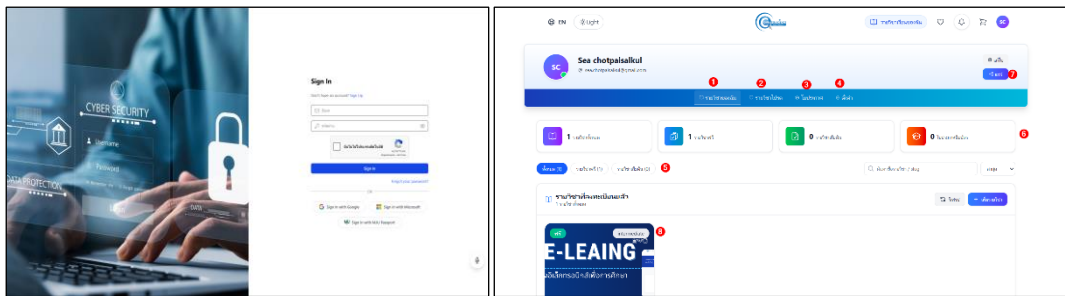
สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลตามแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (ภาพที่ 3) ถูกออกแบบตามหลักการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เพื่อรองรับการทำงานแบบครบวงจร โดยมุ่งเน้นการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและรองรับการขยายตัวในอนาคต มีรายละเอียดเอนทิตีที่สำคัญแบ่งตามโมดูลการทำงานดังนี้:

- **การจัดการผู้ใช้และสิทธิ์:** ใช้ตาราง users และ roles ควบคุมสิทธิ์การใช้งาน พร้อมระบบความปลอดภัยผ่าน jwt_secrets
- **เนื้อหารายวิชา:** ตาราง courses และ lessons จัดเก็บข้อมูลวิชาและบทเรียน โดยมีตาราง progress ติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน
- **การวัดผลและลงทะเบียน:** ใช้ตาราง enrollments เชื่อมโยงผู้เรียนกับรายวิชา และระบบ quizzes ที่รองรับการตรวจข้อสอบอัตโนมัติ
- **ธุรกรรมและการรับรอง:** จัดเก็บข้อมูลการชำระเงินผ่าน payments และระบบส่วนลด coupons พร้อมออกใบประกาศนียบัตรผ่านตาราง certificates

โดยรวม สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลชุดนี้ถูกออกแบบอย่างเป็นระบบเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดใน การบริหารจัดการข้อมูลและรองรับการขยายระบบในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัย (Research Results)

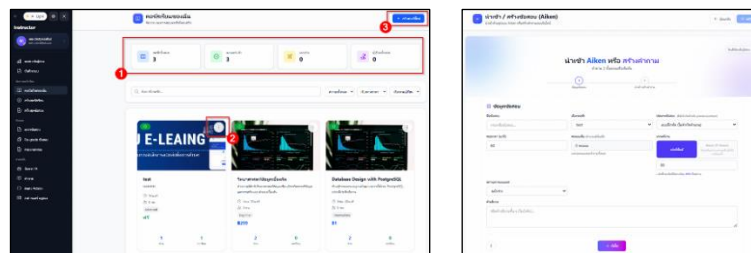
เว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (E-Learning Web Application) ได้ทำการ พัฒนาและทดสอบการทำงานของระบบ ซึ่งสามารถสรุปการทำงานของระบบโดยเบื้องต้น แสดงดัง ภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4 (ก) หน้าเข้าสู่ระบบ

ภาพที่ 4 (ข) หน้าเข้าสู่ระบบด้วยสิทธิ์ของนักศึกษา

ระบบตรวจสอบสิทธิ์และแยกหน้าหลักตามบทบาทผู้ใช้(ผู้เรียน, ผู้สอน, ผู้ช่วยสอน, ผู้ดูแลระบบ) (ภาพที่ 4 ก). สำหรับหน้าหลักของผู้เรียน (ภาพที่ 4 ข) ประกอบด้วยเมนูจัดการรายวิชาที่ ลงทะเบียน (My Courses) และระบบค้นหาเพื่อเลือกซื้อคอร์สเรียนผ่านตะกร้าสินค้า.



ภาพที่ 5 หน้าจัดการรายวิชา

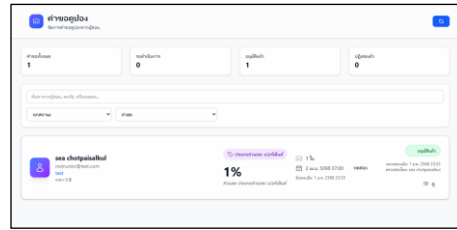
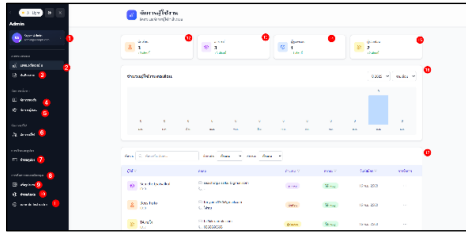
ภาพที่ 6 หน้าสร้างชุดข้อสอบ

ระบบจัดการรายวิชา (ภาพที่ 5) รองรับสื่อการสอนหลายรูปแบบ และการจัดทำข้อสอบ สำหรับผู้สอน (ภาพที่ 6) ผ่านมาตรฐาน Aiken Format เพื่อความรวดเร็วในการจัดการ



ภาพที่ 7 หน้ารายงานผลการสอบและใบประกาศนียบัตรดิจิทัล

ระบบทำการประมวลผลคะแนนอัตโนมัติและออกใบประกาศนียบัตรดิจิทัล (Digital Certificate) สำหรับดาวน์โหลดทันทีเมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์การทดสอบ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 8 หน้าจอสำหรับผู้ดูแลระบบ

ภาพที่ 9 หน้าจัดการคำขออนุมัติคูปองส่วนลด

ระบบจัดการโดยแอดมิน (ภาพที่ 8) ดูแลผู้ใช้ รายวิชา และธุรกรรม รวมถึงการอนุมัติคูปอง (ภาพที่ 9) เพื่อส่งเสริมการขายรายวิชา

ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์

การประเมินประสิทธิภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) การทดสอบเชิงเทคนิค (System Testing) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและสมรรถนะของระบบ และ 2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Acceptance Testing: UAT) เพื่อประเมินประสบการณ์การใช้งานจริง

1. ผลการทดสอบระบบเชิงเทคนิค (System Testing)

การประเมินเชิงเทคนิคครอบคลุมด้านความถูกต้อง (Unit & Integration Testing) และสมรรถนะระบบ (Response Time Testing) โดยใช้เครื่องมือทดสอบ 3 ชนิดเพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือของผลการประเมิน รายละเอียดปรากฏในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความถูกต้องของระบบ (Unit Testing และ Integration Testing)

ประเภทการทดสอบ (Test Type)	ขอบเขตการทดสอบ	จำนวน Test Case / เงื่อนไข	ตัวชี้วัด (Metrics)	ผลการทดสอบ
Integration Testing	การทำงานร่วมกันของระบบ เช่น Frontend-Backend-Database	ครอบคลุมทุก Flow สำคัญ	Data Flow Consistency	ผ่านทั้งหมด (100%)
System Testing	การทำงานของระบบทั้งระบบ (Student, Instructor, TA, Admin)	75 Test Cases	Functional Correctness	ผ่าน 75/75 (100%)

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพ (k6 , Vegeta , Autocannon)

เครื่องมือ	รูปแบบโหลด	Avg Latency	P95 Latency	Throughput	Error Rate	สรุปผล
Smoke Test						
k6	5 VUs	8.33 ms	43.49 ms	-	0.00%	ผ่าน

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพ (k6 , Vegeta , Autocannon)(ต่อ)

เครื่องมือ	รูปแบบ โหลด	Avg Latency	P95 Latency	Throughput	Error Rate	สรุปผล
Vegeta	1-5 req/s	1.26 ms	1.70 ms	1.26 req/s	0.00%	ผ่าน
Autocannon	1 Conn	0.01 ms	~0 ms	2,789 req/s	0.00%	ผ่าน
Load Test						
k6	100 VUs	7.59 ms	44.60 ms	-	9.08%	พอใช้ (เริ่มพบ Error)
Vegeta	1→100 req/s	0.86 ms	1.57 ms	41.72req/s (avg)	0.00%	ดี
Autocannon	1→100 Conns	0.11 ms	~1 ms	1,446 req/s	0.00%	ดีมาก
Spike Test						
k6	500 VUs	1.89 s	6.13 s	-	0.64%	ฟื้นตัวได้
Vegeta	500 req/s	0.56 ms	1.05 ms	254.75req/s (avg)	0.00%	ฟื้นตัว เร็ว
Autocannon	500 Conns	1.82 ms	16 ms	4,294 req/s	0.00%	ฟื้นตัว เร็วมาก
Stress Test						
k6	1,000 VUs	1.80 s	7.75 s	-	31.61%	เริ่มล่มที่ ~1,000 Users
Vegeta	1,000 req/s	0.57 ms	1.05 ms	369.58req/s (avg)	0.00%	ยังไม่เจอ จุดล่มใน test
Autocannon	1,000 Conns	54 ms → timeout	330 ms → 6s	1,531 req/s	~0.1%+(500 timeouts)	เริ่ม timeout ระดับสูง

2. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Acceptance Testing: UAT)

การประเมินประสิทธิภาพระบบดำเนินการกับผู้เรียน 55 คน โดยใช้วิธี UAT และวิเคราะห์ผลด้วยสถิติพื้นฐาน เพื่อสรุประดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานตามเกณฑ์ที่กำหนด แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์

ลำดับ	รายการประเมิน (Assessment Item)	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ระดับความ พึงพอใจ
1.ด้านฟังก์ชันการทำงาน (Functional)				
1.1	ระบบใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	4.40	0.74	ดี
1.2	เมนูในระบบเข้าใจง่ายและ จัดเรียงเหมาะสม	4.31	0.77	ดี
1.3	การเข้าถึงข้อมูลหรือเนื้อหา สะดวก	4.35	0.87	ดี
1.4	ระบบตอบสนองต่อคำสั่งได้ รวดเร็ว	4.31	0.81	ดี
1.5	ข้อมูลมีความชัดเจน อ่านง่าย	4.25	0.80	ดี
1.6	การค้นหาฟังก์ชันหรือข้อมูลทำ ได้สะดวก	4.27	0.78	ดี
1.7	ระบบช่วยให้ทำงาน/เรียนรู้ได้ รวดเร็วขึ้น	4.33	0.79	ดี
2.ด้านความใช้งานง่าย (Usability)				
2.1	หน้าเว็บมีความสวยงามและ เหมาะสมกับการใช้งาน	4.31	0.74	ดี
2.2	สีที่ใช้ไม่รบกวนสายตา	4.40	0.83	ดี
2.3	ตัวอักษรอ่านง่ายและเหมาะสม	4.33	0.82	ดี
2.4	การจัดวางองค์ประกอบดูเป็น ระเบียบ	4.40	0.71	ดี
3.ด้านประสิทธิภาพ (Performance)				
3.1	ระบบโหลดข้อมูลได้รวดเร็ว	4.25	0.78	ดี

ตารางที่ 3 ผลประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์(ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน (Assessment Item)	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ระดับความ พึงพอใจ
3.ด้านประสิทธิภาพ (Performance)				
3.2	ระบบมีความเสถียร ไม่เกิด ข้อผิดพลาดหรือปัญหาขณะใช้ งาน	4.09	0.91	ดี
3.3	ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลได้ อย่างถูกต้องและครบถ้วน	4.31	0.77	ดี
3.4	ระบบสามารถรองรับผู้ใช้งาน พร้อมกันหลายคนได้โดยไม่ช้า ลง	4.25	0.78	ดี
3.5	ไฟล์/เนื้อหาโหลดได้อย่าง รวดเร็ว	4.24	0.79	ดี
4.ด้านการจัดการข้อมูล/เนื้อหา (Content & Data Management)				
4.1	การเข้าถึงข้อมูลหรือเนื้อหาที่ ต้องใช้ทำได้ง่าย	4.38	0.68	ดี
4.2	การจัดการข้อมูล/เนื้อหาใน ระบบเข้าใจง่าย	4.44	0.69	ดี
4.3	ระบบจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็น ระเบียบ	4.40	0.71	ดี
4.4	เนื้อหา/ข้อมูลที่แสดงเหมาะสม ต่อการใช้งาน	4.31	0.77	ดี
4.5	ระบบแสดงข้อมูลอัปเดตอยู่ เสมอ	4.35	0.75	ดี
5.ระบบสื่อสารและแจ้งเตือน (Communication)				
5.1	การแจ้งเตือนชัดเจนและ ทันเวลา	4.29	0.74	ดี
5.2	ข้อมูลสำคัญถูกแจ้งเตือนอย่าง ครบถ้วน	4.18	0.80	ดี

ตารางที่ 3 ผลประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชันการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์(ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน (Assessment Item)	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ระดับความ พึงพอใจ
5.ระบบสื่อสารและแจ้งเตือน (Communication)				
5.3	ฟังก์ชันสื่อสารในระบบใช้งานง่าย	4.33	0.75	ดี
6.การเรียนรู้/การใช้งานภาพรวม (General Satisfaction)				
6.1	ระบบช่วยให้การใช้งานของท่าน สะดวกขึ้น	4.42	0.71	ดี
6.2	ระบบมีความเหมาะสมกับการใช้ งานในยุคดิจิทัล	4.38	0.73	ดี
6.3	ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการ ทำงาน/การเรียนรู้	4.45	0.66	ดี
6.4	โดยรวมแล้วท่านพึงพอใจกับระบบ นี้	4.38	0.71	ดี
6.5	ท่านมีความตั้งใจที่จะใช้งานระบบ นี้ต่อไปในอนาคต	4.36	0.73	ดี
	ผลรวมคะแนนเฉลี่ยทุกด้าน	4.33	0.76	ดี

สรุปผลการทดสอบ: ผลการประเมินพบว่าระบบมีความถูกต้องแม่นยำ 100% จากการทดสอบ Unit และ Integration Testing ด้านสมรรถนะสามารถรองรับโหลดปกติและ Spike Load ได้ดีผ่านเครื่องมือมาตรฐาน (k6, Vegeta, Autocannon) แม้จะพบข้อจำกัดในระดับ Stress Test ขณะที่ความพึงพอใจผู้ใช้งาน 55 คน อยู่ในระดับ 'ดี' ($\bar{x} = 4.33$, $S.D. = 0.76$) โดยเฉพาะด้านการเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน สรุปได้ว่าระบบมีศักยภาพและความพร้อมสำหรับการนำไปใช้งานจริง

การอภิปรายผล (Discussion): ผลการวิจัยแสดงว่าระบบมีประสิทธิภาพดี ทั้งความถูกต้อง (100%) และความพึงพอใจของผู้ใช้ (4.33) สอดคล้องกับแนวคิดของ Clark และ Mayer (2016) และ Anderson (2008) ที่ชี้ว่าระบบ e-Learning ที่ออกแบบดีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้

ระบบมีจุดเด่นเหนือแพลตฟอร์มทั่วไป เช่น Moodle (n.d.-a) และ Google Classroom (Google, n.d.) ในด้านฟังก์ชันเฉพาะ เช่น Auto-grading รองรับ Aiken และใบประกาศนียบัตรดิจิทัล ช่วยลดภาระผู้สอน อีกทั้งยังรองรับการใช้งานระดับสูงได้ดี สะท้อนถึงศักยภาพในการใช้งาน

จริง และสอดคล้องกับงานวิจัยที่ยืนยันว่าระบบที่มีคุณภาพช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของผู้เรียน

สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

ระบบบูรณาการการสอนและวัดผลบนแพลตฟอร์มเดียวด้วย Nuxt, Go และ MariaDB ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการศึกษาตามแนวคิด e-Learning สากล เช่น Moodle และ Google Classroom ผลการวิจัยพบว่า(1)ระบบมีประสิทธิภาพ สามารถลดความซับซ้อนในการสอบและตรวจข้อสอบด้วย Auto-grading และรองรับการออกไปประกาศนียบัตรดิจิทัล และ(2)ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดี(ค่าเฉลี่ย 4.33)แสดงถึงความสามารถของระบบในการตอบสนองการใช้งาน

ในด้านประสบการณ์ผู้ใช้ (UI/UX) การออกแบบด้วย Tailwind CSS ที่เน้นความเรียบง่ายและใช้งานได้จริง ช่วยให้ผู้ใช้เรียนรู้และใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดด้านการออกแบบการเรียนรู้และประสบการณ์ผู้ใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ ระบบยังมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงแบบ Role-based Authorization สำหรับผู้ใช้งาน 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เรียน ผู้สอน ผู้ช่วยสอน และผู้ดูแลระบบ ซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยและความเป็นระเบียบในการจัดการข้อมูล อีกทั้งผลการทดสอบสมรรถนะของระบบด้วยเครื่องมือ k6, Vegeta และ Autocannon ยืนยันว่าระบบรองรับโหลดระดับปกติและสูงได้ดีในระดับมิลลิวินาที และสามารถรองรับผู้ใช้งานจำนวนมากได้จนถึงขีดจำกัดสูงสุดจากการทดสอบ Stress Test

ระบบที่พัฒนาสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การวิจัยได้ครบถ้วน ทั้งด้านประสิทธิภาพ ความพึงพอใจของผู้ใช้ และการรองรับการใช้งานจริง อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในสถาบันการศึกษาและต่อยอดพัฒนาในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อยอด (Recommendations and Future Work)

- **ด้านระบบอัจฉริยะ:** ประยุกต์ใช้ AI วิเคราะห์พฤติกรรม (Learning Analytics) เพื่อสร้างการเรียนรู้ส่วนบุคคล (Personalized Learning)
- **ด้านการบริหารจัดการเชิงกลยุทธ์:** บูรณาการ Payment Gateway ที่หลากหลาย และพัฒนา Executive Dashboard (KPIs) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์
- **ด้านความมั่นคงปลอดภัย:** กระตุ้นการป้องกันข้อมูลด้วยระบบยืนยันตัวตนหลายปัจจัย (MFA) และการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) อย่างเต็มรูปแบบ

เอกสารอ้างอิง

- กมลชนก ัญญาหาร, พืพงษ์ ศรีสวัสดิ์, และ ธนฤต กาญจนนา. (2567). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมในระดับอุดมศึกษา. *วารสารวิจัยวิชาการนานาชาติ*, 6(1), 88–102.
- กิตติพงษ์วี นราพงศ์. (2565). การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้สำหรับระบบการเรียนรู้ออนไลน์. *วารสารวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์*, 10(2), 12–25.
- ณัฐกานต์ ปัญญาองค์. (2566). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบอิเล็กทรอนิกส์. *วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษา*, 11(1), 34–47.
- ณัฐวุฒิ รอดประยูร, และ ชลธิชา กรุณาสวัสดิ์. (2567). การใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความฉลาดรู้ด้านสารสนเทศ. *วารสารสังคมศาสตร์โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า*, 10(2), 55–70.
- ธีรภัทร นพคุณวงศ์. (2568). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเว็บตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางการศึกษา*, 9(1), 77–90.
- พงษ์ศักดิ์ ผกามาศ, พิมพ์ชนก ผกามาศ และรัฐพล ปัญจรัตน์กร. (2565). การออกแบบระบบฐานข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการข้อมูลผู้เรียนในยุคดิจิทัล. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 7(1), 23–35.
- พิมพ์ชนก ผกามาศ, และ รัฐพล ปัญจรัตน์กร. (2567). การพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน. *วารสารการศึกษาและการเรียนรู้แห่งเอเชีย*, 5(1), 23–37.
- พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562. (2562, 27 พฤษภาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 136 ตอนที่ 69 ก. หน้า 52-95. <https://www.ratchakitcha.soc.go.th>
- สุภาวดี วัฒนพานิชย์. (2568ก). เทคโนโลยีการเรียนรู้ดิจิทัลในระบบการศึกษาสมัยใหม่. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้และการศึกษา*, 12(1), 45–60.
- สุภาวดี วัฒนพานิชย์. (2568ข). บทบาทของเทคโนโลยีดิจิทัลต่อการกำหนดนโยบายและการบริหารการศึกษา. *วารสารสังคมศาสตร์และการบริหารเชิงนวัตกรรม*, 8(2), 101–115.
- สุรศักดิ์ สีโยธา, พงษ์ศักดิ์ ผกามาศ และกิตติพงษ์วี นราพงศ์. (2566). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ในสถานศึกษา. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา*, 8(2), 45–58.
- อภิสิทธิ์ มณีวรรณ. (2566). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการจัดการเรียนการสอนออนไลน์. *วารสารนวัตกรรมการศึกษา*, 9(1), 67–80.

- Anderson, T. (2008). *The theory and practice of online learning* (2nd ed.). Athabasca University Press.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *e-Learning and the science of instruction* (4th ed.). Wiley.
- Google. (n.d.). *Google Classroom*. https://edu.google.com/intl/ALL_us/workspace-for-education/products/classroom/
- International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems*.
- Moodle. (n.d.-a). *About Moodle*. <https://moodle.org>
- Moodle. (n.d.-b). *Moodle Statistics*. <https://stats.moodle.org>
- OWASP Foundation. (2023). *OWASP API Security Top 10 2023*. <https://owasp.org/www-project-api-security/>