Journal of Information and Learning
Volume 37, Issue 1, January - April, 2026 ■ e282132
E-ISSN 2730-2202 ■ https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jil

Research Article

Development of an Intelligent Tutoring System for SQL SELECT Statement Practice: A Case Study of Buriram Rajabhat University

การพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะเพื่อฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Wilairat Yathongchai* and Chusak Yathongchai
วิไลรัตน์ ยาทองไชย* และ ชูศักดิ์ ยาทองไชย

Department of Information Technology, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000, Thailand
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์ 31000 ประเทศไทย

*Corresponding author: wilairat.yt@bru.ac.th

Received August 26, 2025 ■ Revised November 7, 2025 ■ Accepted November 12, 2025 ■ Published April 3, 2026

Abstract

This research aims to: 1) design and develop an intelligent tutoring system (ITS) for the learners to practice SQL SELECT statement skills, 2) evaluate learning outcomes and SELECT query-writing skills after using the system, and 3) assess learners' satisfaction. The study integrated ITS design principles with the system development life cycle (SDLC). The participants were 95 undergraduate students of information technology program at Buriram Rajabhat University, selected via cluster sampling. The proposed ITS comprises four modules—User Interface, Pedagogical, SQL Knowledge Base, and Learner—leveraging an ontology with rule-based inference to select appropriate resources/practice tasks, and deliver personalized feedback. The system consists of two major functions: (a) a SELECT practice component that validates both syntax and semantics and provides progressive, effort-contingent feedback; and (b) contents for the SELECT statement. Evaluation results showed process/product efficiency scores of E_1/E_2 = 79.56/75.12 (exceeding the 75/75 criterion) and an effectiveness index of 0.633, corresponding to a medium N-gain with 93.68% of learners demonstrating medium to high progress. Log analysis indicated purposeful trial-and-error behavior; however, while success rates decreased because of task difficulty, learner engagement persisted due to the specific, timely, and incremental feedback. Learner satisfaction reached the highest level across four areas: usability, content, learning activities, and learning support. This reflects that the system is effective and efficient, and can be used to develop skills and promote learning for students.

Keywords: intelligent tutoring system, structured query language, SELECT statement, personalize learning

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาระบบการสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับฝึกทักษะคำสั่ง SELECT ใน SQL 2) ประเมินผลสัมฤทธิ์และทักษะการเขียนคำสั่ง SELECT หลังการใช้ระบบ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน โดยประยุกต์หลักการออกแบบ ITS ร่วมกับวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 95 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม ระบบที่พัฒนามีสถาปัตยกรรม 4 มอดูล ได้แก่ มอดูลติดต่อผู้ใช้ มอดูลจัดการสอน มอดูลฐานความรู้ SQL และมอดูลผู้เรียน โดยใช้ออนโทโลยีร่วมกับกฎการอนุมาน เพื่อคัดเลือกทรัพยากร/โจทย์ที่เหมาะกับผู้เรียนและออกแบบผลป้อนกลับเฉพาะบุคคล ระบบประกอบด้วย 2 ฟังก์ชันหลัก (ก) ส่วนฝึกปฏิบัติคำสั่ง SELECT ที่ตรวจสอบทั้งไวยากรณ์และความหมาย พร้อมให้ผลป้อนกลับตามลำดับความพยายาม และ (ข) ส่วนเนื้อหาคำสั่ง SELECT ผลการประเมิน พบว่า ประสิทธิภาพกระบวนการ/ผลลัพธ์ E_1/E_2 = 79.56/75.12 สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 และดัชนีประสิทธิผล 0.633 สอดคล้อง N-gain ระดับปานกลาง โดยผู้เรียนร้อยละ 93.68 มีความก้าวหน้าในระดับปานกลางถึงสูง การวิเคราะห์บันทึกการใช้งานสะท้อนการลองผิดลองถูกอย่างมีทิศทาง แม้อัตราความสำเร็จลดลงตามความยากของโจทย์ปัญหาแต่ยังคงการมีส่วนร่วม อันเป็นผลจากผลป้อนกลับที่เฉพาะเจาะจง ทันเวลา และค่อยเป็นค่อยไป ด้านความพึงพอใจต่อระบบของผู้เรียนในด้านความสะดวกในการใช้งาน เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการส่งเสริมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่า ระบบนี้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะและส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้จริง

คำสำคัญ: ระบบการสอนเสริมอัจฉริยะ, ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง, คำสั่งสอบถามข้อมูล, การเรียนรู้ส่วนบุคคล

บทนำ (Introduction)

ในยุคที่เทคโนโลยีสารสนเทศก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ผู้สอนจำเป็นต้องปรับบทบาทและนำนวัตกรรมการเรียนรู้มาประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับนโยบายการศึกษาแห่งชาติที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การจัดการเรียนการสอนจึงควรคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พร้อมส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตจริง บทบาทของผู้สอนได้เปลี่ยนจาก "ผู้ถ่ายทอดความรู้" สู่ "ผู้อำนวยความสะดวก" (Facilitator) ที่เน้นการกระตุ้น ออกแบบกิจกรรม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้เชิงปฏิบัติให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำได้ และเรียนรู้ด้วยตนเอง อันนำไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Long-life education) (Office of National Higher Education Science Research and Innovation Policy Council, 2021)

หนึ่งในนวัตกรรมที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย คือ ระบบสอนเสริมอัจฉริยะ (Intelligent tutoring system: ITS) ซึ่งเป็นการผสานพลังของปัญญาประดิษฐ์ (AI) เข้ากับเทคโนโลยี

ดิจิทัล เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคลของผู้เรียน โดยวิเคราะห์พฤติกรรมและความรู้ของผู้เรียนแบบเรียลไทม์ พร้อมการปรับเนื้อหาและวิธีสอนให้เหมาะสมรายบุคคล (Cao et al., 2021; Kumar & Ahuja, 2020) คุณลักษณะดังกล่าวช่วยจำลองบทบาทของครูผู้เชี่ยวชาญในการให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำที่ตรงกับความต้องการของผู้เรียน ยกระดับประสบการณ์การเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและเฉพาะบุคคล จึงถูกนำไปใช้ในหลายสาขา เช่น การสอนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Ahn et al., 2018; Burhan et al., 2021; Fodouop Kouam, 2024; Schez-Sobrino et al., 2020) คณิตศาสตร์ (del Olmo-Muñoz et al., 2023; Son, 2024; Spitzer & Moeller, 2023) และการเรียนภาษาอังกฤษ (Abu Ghali et al., 2018; Dahbi, 2023) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการประยุกต์ใช้ ITS ในการเรียนรู้ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง (Structure query language: SQL) บ้างแล้ว (Lavbič et al., 2016; Matek et al., 2017) แต่ส่วนใหญ่ยังมุ่งภาพรวมของภาษา มากกว่าการเน้นเชิงลึกคำสั่ง SELECT ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการสืบค้นข้อมูลในระบบฐานข้อมูล

ภาษา SQL เป็นแกนหลักของรายวิชาระบบฐานข้อมูล โดยเฉพาะคำสั่ง SELECT ที่ใช้สืบค้นและดึงข้อมูล แม้รูปแบบภาษาดูชัดเจนและไม่ซับซ้อนนัก แต่ผู้เรียนจำนวนมากยังประสบปัญหาในการทำความเข้าใจและใช้งานอย่างถูกต้อง สาเหตุสำคัญเกิดจากข้อจำกัดด้านเวลาเรียน จำนวนผู้เรียนที่มากเมื่อเทียบกับผู้สอน และไม่มีเครื่องมือสำหรับฝึกปฏิบัตินอกห้องเรียนที่มีข้อเสนอแนะรายบุคคลขณะปฏิบัติ ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดในการใช้คำสั่งได้อย่างทันท่วงที ทำให้ทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ไม่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการฝึกปฏิบัติจริง ไม่ว่าจะเป็นการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การแก้โจทย์คณิตศาสตร์ หรือการเขียนเรียงความต้องอาศัยการประเมินและให้ข้อเสนอแนะแบบรายบุคคล แต่ข้อจำกัดด้านจำนวนผู้เรียนและจำนวนผู้สอนทำให้เป็นไปได้ยาก ITS จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์คำตอบและให้ผลป้อนกลับ รวมถึงช่วยในการฝึกปฏิบัตินอกห้องเรียนทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดและสนับสนุนการฝึกปฏิบัติแบบเสมือนเรียนตัวต่อตัว

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ของ SQL ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยนำออนโทโลยีเป็นฐานความรู้สำหรับจัดเก็บและค้นคืนความรู้ตามกรอบโดเมนพร้อมนิยามคุณลักษณะของผู้เรียนและกลยุทธ์การสอนด้วยภาษา SWRL (Semantic Web Rule Language) อย่างยืดหยุ่น จากนั้นระบบจะนำเสนอโจทย์ปัญหาสำหรับการฝึกปฏิบัติที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละบุคคล พร้อมการตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่งทั้งด้านไวยากรณ์ (Syntax) และเชิงความหมาย (Semantic) ให้ผลป้อนกลับแบบเฉพาะบุคคล รวมทั้งนำเสนอเนื้อหาที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและทักษะการวิเคราะห์โจทย์ปัญหามากขึ้น ซึ่งไม่เพียงช่วยให้ผู้เรียนแก้ไขข้อผิดพลาดได้ทันที แต่ยังสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องช่วยให้ผู้เรียนสามารถฝึกปฏิบัติได้ทุกที่ทุกเวลา นอกจากนี้งานวิจัยจะประเมินประสิทธิผลของระบบทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียน เพื่อยกระดับทักษะและประสิทธิภาพการเรียนรู้คำสั่ง SELECT ใน SQL อย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objectives)

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะเพื่อฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

2. เพื่อประเมินผลการใช้ระบบสอนเสริมอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาจากความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อคำสั่ง SELECT และทักษะการเขียนคำสั่ง SELECT จากความถี่และความต่อเนื่องในการฝึกปฏิบัตินอกชั้นเรียน

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้ระบบการสอนเสริมอัจฉริยะเพื่อฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL

การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

การวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะเพื่อฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ในภาษา SQL ซึ่งเป็นแกนหลักของรายวิชาระบบฐานข้อมูล เนื่องจาก SQL เป็นภาษามาตรฐานที่ใช้ในการสืบค้นและจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Wang et al., 2021; Weston et al., 2021; Yang et al., 2021) และเป็นทักษะพื้นฐานสำคัญของผู้เรียนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ แม้ SQL จะมีคำสั่งไม่มาก แต่การเรียนรู้ให้เชี่ยวชาญกลับเป็นเรื่องท้าทาย โดยเฉพาะคำสั่ง SELECT ที่เป็นหัวใจสำคัญในการดึงและจัดการข้อมูล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเพียงเล็กน้อยอาจทำให้ได้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้องและส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปฏิบัติ ปัญหาหลักของผู้เรียนจึงมักอยู่ที่ความเข้าใจในไวยากรณ์ (Syntax) และ ความหมาย (Semantics) ของคำสั่ง หากขาดแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสมจะทำให้เกิดความผิดพลาดซ้ำซ้อน (Date, 2015)

มาตรฐานหลักสูตรสากลของ Association for Computing Machinery (ACM) และ IEEE Computer Society (Sabin et al., 2017; Kumar et al., 2023) ยืนยันความสำคัญของการเรียนรู้ SQL ในฐานะเนื้อหาหลักด้านการจัดการสารสนเทศ (Information management) ซึ่งผู้เรียนต้องมีความสามารถในการสร้าง ดัดแปลง และสอบถามข้อมูลจากฐานข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม แนวทางการสอนแบบเดียวกันสำหรับผู้เรียนทุกคน (One-size-fits-all) มักไม่ตอบโจทย์ เนื่องจากผู้เรียนมีพื้นฐานและรูปแบบข้อผิดพลาดที่แตกต่างกัน การเรียนรู้แบบปรับตามบุคคล (Personalized learning) จึงเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจ โดยระบบสอนเสริมอัจฉริยะ (ITS) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำหน้าที่เสมือน “ครูผู้ช่วย” ที่สามารถวิเคราะห์ระดับความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมของผู้เรียน แล้วปรับกลยุทธ์การสอนและให้ผลป้อนกลับ (Feedback) ที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคลในบริบทของการฝึกปฏิบัติ SQL กลไกการให้ผลป้อนกลับถือเป็นหัวใจสำคัญ เพราะผู้เรียนต้องได้รับคำแนะนำอย่างถูกต้องและทันเวลา โดยเฉพาะข้อผิดพลาด

เชิงความหมายที่ระบบฐานข้อมูลทั่วไปไม่สามารถตรวจจับได้ การให้ผลป้อนกลับมีหลายรูปแบบ เช่น แบบทันที (Immediate) แบบอธิบาย (Explanatory) และ แบบบอกเป็นนัย (Hint) เป็นต้น ซึ่งช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง (Narciss, 2008; Shute, 2008) ทั้งนี้ ระบบ ITS โดยทั่วไปประกอบด้วย 4 มอดูลหลัก ได้แก่ 1) มอดูลผู้เรียน (Learner module) สำหรับประเมินระดับความรู้และจุดอ่อนของผู้เรียน 2) มอดูลฐานความรู้ (Knowledge-base module) เพื่อกำหนดโครงสร้างความรู้และกฎการให้คำแนะนำ 3) มอดูลการสอน (Pedagogical module) สำหรับกำหนดกลยุทธ์การสอนและรูปแบบผลป้อนกลับ และ 4) มอดูลส่วนต่อประสาน (Interface module) ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงและสื่อสารกับผู้เรียน (Yathongchai et al., 2017; Alrakhawi et al., 2023; Son, 2024)

องค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่งของ ITS คือ ออนโทโลยี (Ontology) ซึ่งทำหน้าที่เป็นแบบจำลองความรู้เชิงโครงสร้าง ประกอบด้วยแนวคิด (Concepts) ความสัมพันธ์ (Relations) และกฎเชิงตรรกะ (Axioms) ที่ช่วยให้ระบบคอมพิวเตอร์เข้าใจความหมายของเนื้อหาในเชิงสัมพันธ์มากกว่าข้อความทั่วไป (Kochmar et al., 2022) การนำออนโทโลยีมาใช้ใน ITS ช่วยให้ระบบสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ วิเคราะห์ข้อผิดพลาดเชิงความหมาย และปรับเนื้อหาให้เหมาะกับผู้เรียนแต่ละคน (Son, 2024) โดยทั่วไปการแทนความรู้เชิงความหมาย (Semantic knowledge representation) นิยมใช้ภาษา เช่น RDF, RDFS และ OWL ซึ่งช่วยเชื่อมโยงความรู้ในหลายบริบทได้อย่างเป็นระบบ (Zhang et al., 2023) นอกจากนี้ ITS มักผสานกฎเชิงตรรกะ (Rule-based reasoning) เพื่ออนุมานความรู้ใหม่หรือประเมินความถูกต้องของคำตอบของผู้เรียน โดยใช้เทคโนโลยีสำคัญ เช่น OWL, SWRL, SPARQL และ Reasoners เป็นต้น

มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ ITS เช่น Kochmar et al. (2020) พัฒนา ITS ที่สร้างผลป้อนกลับโดยอัตโนมัติจากข้อมูลของผู้เรียน (Data-driven personalized feedback) พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับผลป้อนกลับเฉพาะบุคคลมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน Lai and Lin (2025) แสดงให้เห็นว่า การใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large language models: LLMs) และการออกแบบผลป้อนกลับหลายระดับช่วยลดข้อผิดพลาดซ้ำซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้จริง เช่นเดียวกับ Fodouop Kouam (2024) ที่รายงานว่า ITS สามารถเพิ่มทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียน โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีความเชี่ยวชาญระดับสูง ขณะที่ Hare and Tang (2024) ได้นำออนโทโลยีร่วมกับการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement learning) เพื่อปรับกลยุทธ์การสอนตามพฤติกรรมผู้เรียนโดยอัตโนมัติ ทำให้ระบบสามารถให้คำแนะนำตรงกับระดับความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนได้อย่างเหมาะสม และงานของ Na Nongkhai et al. (2025) ที่พัฒนาระบบสนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้ออนโทโลยีในการแทนความรู้หลายภาษาโปรแกรม ซึ่งช่วยให้ระบบเข้าใจโครงสร้างความรู้และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาได้อย่างแม่นยำ

โดยสรุป การพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะเพื่อฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมของ ITS การเรียนรู้เฉพาะบุคคล และเทคโนโลยีออนโทโลยี รวมถึงกลไกการให้ผลป้อนกลับที่มีประสิทธิภาพและการประเมินผลที่ครอบคลุม การผสานองค์ประกอบเหล่านี้อย่างเป็นระบบจะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเองให้ผู้เรียนสามารถฝึกปฏิบัติได้ทุกที่ทุกเวลา ส่งเสริมการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องของผู้เรียน

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยประยุกต์ (Applied research) ซึ่งมีกระบวนการวิจัยตามหลักการการออกแบบและพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะ ร่วมกับวงจรการพัฒนาระบบ (System development life cycle: SDLC) มาเป็นแนวทางของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

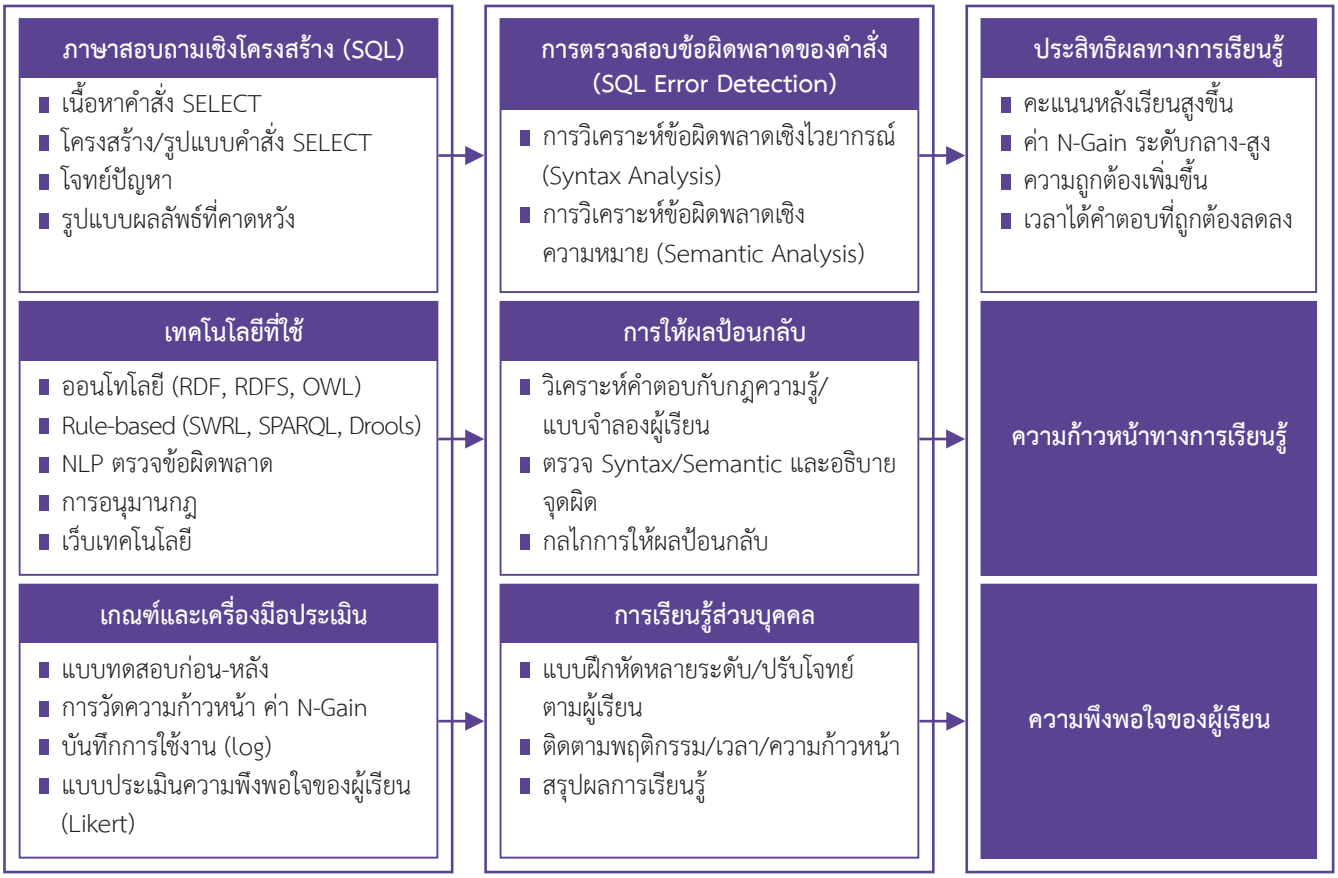
กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาระบบการจัดการฐานข้อมูล ปีการศึกษา 2566 จำนวน 95 คน 2 หมู่เรียน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้กลุ่มเรียนเป็นเกณฑ์ในการสุ่ม (Okechi et al., 2024)

กรอบแนวคิดการวิจัย

Figure 1

Conceptual Framework

กรอบแนวคิดการวิจัย



ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิจัยที่มีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาปัญหาและความต้องการในการพัฒนาระบบ โดยสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ชั้นปีที่ 2-4 จำนวน 45 คนที่เคยเรียน SQL ผ่านแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาในการฝึกปฏิบัติและความต้องการต่อระบบ ITS จากนั้นวิเคราะห์และสรุปปัญหาที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ พร้อมระบุสาเหตุด้วยแผนผังแสดงปัญหา (Cause-and-effect diagram) รวมถึงการศึกษาทฤษฎี หลักการ แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. วิเคราะห์และออกแบบกรอบการทำงานของระบบโดยใช้หลักการเชิงวัตถุ (Object-Oriented analysis and design) นำข้อมูลปัญหาและความต้องการที่ได้มาวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างระบบ ขั้นตอนการทำงาน กระบวนการ และฐานข้อมูล เพื่อให้ระบบสามารถตอบสนองต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. สร้างฐานความรู้ SQL สำหรับการฝึกปฏิบัติคำสั่ง SELECT โดยออกแบบเนื้อหาให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร ซึ่งประกอบด้วยการบรรยาย สาธิต และฝึกปฏิบัติตามโจทย์ปัญหาโดยมีผู้สอนให้คำแนะนำ ฐานความรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย เนื้อหา ตัวอย่าง และโจทย์ฝึกปฏิบัติ ครอบคลุมกรอบความรู้ 6 หัวข้อ ได้แก่ Basic SELECT statement, Using WHERE clause, Using ORDER BY clause, Using functions, Displaying data from multiple tables และ Aggregating and grouping data ทั้งนี้ฐานความรู้ดังกล่าวได้รับการประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

4. สร้างแบบจำลองผู้เรียน พร้อมกำหนดกลยุทธ์การสอนบนแนวคิดของการเชื่อมโยงความรู้/โจทย์ฝึกปฏิบัติบนความสัมพันธ์ของคุณลักษณะของผู้เรียน ซึ่งออนโทโลยีทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ดังกล่าวให้สามารถนำเสนอความรู้/โจทย์ปัญหาได้เหมาะสมตามคุณลักษณะของผู้เรียน แต่ละบุคคล โดยเงื่อนไขและกระบวนการทำงานนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาโครงสร้างออนโทโลยี และกฎการอนุมาน (Inference rules)

5. พัฒนาออนโทโลยีภาษาสอบถามเชิงโครงสร้างตามขั้นตอนการพัฒนาออนโทโลยี (Noy & McGuinness, 2001) ด้วยโปรแกรมโปรทีเจ (Protégé) ใช้ภาษาโอดับบิวแอล (OWL) และภาษาเอ็กซ์เอ็มแอล (XML) สำหรับการอธิบายออนโทโลยี และสร้างกฎด้วยเอสดับบลิวอาร์แอล (SWRL) สปาร์เคิล (SPARQL)

และภาษาเอสคิวดับบิวอาร์แอล (SQWRL) ใช้ในการสืบค้นข้อมูลในออนโทโลยี

6. กำหนดแนวทางการให้ผลป้อนกลับ โดยอ้างอิงแนวคิดของนาร์ซิส (Narciss, 2008) ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ฟังก์ชันผลป้อนกลับ เนื้อหาผลป้อนกลับ และวิธีการให้ผลป้อนกลับ โดยออกแบบรูปแบบการให้ผลป้อนกลับตามลำดับความพยายามในการแก้ไขโจทย์ของผู้เรียน จนกว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้อง (Yathongchai et al., 2018)

7. พัฒนาและทดสอบระบบ การวิจัยนี้แบ่งการพัฒนาระบบออกเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนสอนเสริมเนื้อหา และส่วนฝึกปฏิบัติคำสั่ง SELECT ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web application) โดยออกแบบเว็บแบบ Responsive ที่แสดงผลบนอุปกรณ์ทุกประเภทอย่างเหมาะสมผ่านเว็บเบราว์เซอร์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงการเรียนรู้ได้สะดวกผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยส่วนฝึกปฏิบัติคำสั่ง SELECT ออกแบบให้ตรวจสอบคำตอบทั้งในเชิงไวยากรณ์และเชิงความหมาย ดังนี้

7.1 การตรวจสอบเชิงไวยากรณ์ ที่เชื่อมต่อกับระบบจัดการฐานข้อมูลออราเคิล (Oracle DBMS) โดยส่งคำสั่งที่เป็นคำตอบของผู้เรียนไปยัง Oracle DBMS เพื่อประมวลผล จากนั้นระบบจะทำหน้าที่แสดงผลลัพธ์นั้นยังผู้เรียน และหากคำสั่งนั้นมีข้อผิดพลาดในเชิงไวยากรณ์ ระบบจะนำข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาประมวลผลเพื่อจัดการสร้างผลป้อนกลับที่เหมาะสมตามรูปแบบที่กำหนดไว้ให้กับผู้เรียนแต่ละบุคคลเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขโจทย์ปัญหาได้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง

7.2 การตรวจสอบเชิงความหมาย โดยอาศัยเทคนิคประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) เพื่อวิเคราะห์และจำแนกข้อผิดพลาดด้านความหมายอย่างละเอียด โดยกำหนดไวยากรณ์ (Grammar) ของคำตอบโจทย์ปัญหาแต่ละข้อ เพื่อนำมาตรวจสอบกับคำตอบของผู้เรียนด้วยการสร้างต้นไม้แจงส่วน (Parse Tree) มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหาแต่ละข้อจะมีรูปแบบของประโยคที่ประกอบด้วยคำ เครื่องหมาย และสัญลักษณ์ที่นำมาเรียงเข้าด้วยกันและมีลำดับที่แน่นอนตามรูปแบบของ SQL ไวยากรณ์ของคำตอบของโจทย์แต่ละข้อในงานวิจัยนี้จะกำหนดตามรูปแบบของไวยากรณ์แบบไม่พึ่งบริบท (Context-free grammar: CFG) ดังตัวอย่างการใช้คำสั่ง

โจทย์ปัญหา: แสดงชื่อพนักงานและเงินเดือนของพนักงานที่มีเงินเดือนมากกว่า $2,850

คำตอบ: SELECT ename, sal FROM emp WHERE sal > 2850

ไวยากรณ์ของคำตอบของโจทย์ปัญหา คือ

SQL{abstract Sp({@WhiteSpace | @Null}) | abstract tSel(@Sp, {/EMP./i | @Null}) | abstract Dlm(@Sp, ",", @tSel) | Select(@Sp, /SELECT/i, @WhiteSpace, Fields{(@tSel, /ENAME/i, @Dlm, /SAL/i)}, From{(@WhiteSpace, /FROM/i, @WhiteSpace, Tables(/EMP/i, @WhiteSpace))}, Where{(/WHERE/i, @WhiteSpace, Exp{({(@tSel, /SAL/i, @Sp, ">", @Sp, "2850") | Bra(Left{"("}, In{@Exp}, Right{")"})}, @Sp)})})}

โดย 1 ไวยากรณ์ สามารถกำหนดคำตอบของโจทย์แต่ละข้อได้หลายคำตอบ โดยรูปแบบของไวยากรณ์ในงานวิจัยนี้ใช้ตามรูปแบบ BNF (Backus-naur form) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สัญลักษณ์เทอร์มินอล (Terminal symbol) สัญลักษณ์นอลเทอร์มินอล (Non-terminal symbol) และโพรดักชัน (Production)

สำหรับการทดสอบระบบดำเนินการในสองระดับ คือ การทดสอบทีละหน่วย (Unit testing) โดยตรวจสอบแต่ละฟังก์ชันการทำงานเพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ และการทดสอบการทำงานร่วมกันของแต่ละส่วน (Integration testing)

8. ประเมินและสรุปผลการวิจัย งานวิจัยนี้ดำเนินการประเมินผลในสองขั้นตอน ได้แก่ การทดลองใช้ระบบในสภาพแวดล้อมจริงกับนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาระบบฐานข้อมูลและระบบการจัดการฐานข้อมูล จำนวน 30 คน (ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างหลัก) โดยจัดอบรมการใช้ ทดสอบระบบ หาข้อบกพร่อง และปรับปรุงให้สมบูรณ์ จากนั้นนำระบบไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างในชั้นเรียนปฏิบัติ การประเมินผลระบบ แบ่งออกเป็น 3 ด้านหลัก ได้แก่

8.1 ประเมินประสิทธิภาพของระบบ ตามเกณฑ์ E_1/E_2 (75/75) ด้วยคะแนนแบบฝึกปฏิบัติและแบบทดสอบหลังเรียน

8.2 ประเมินผลการใช้ระบบ โดยพิจารณาจากความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อคำสั่ง SELECT ด้วยค่าดัชนี N-gain ทั้งในระดับรายบุคคลและเนื้อหา รวมถึงทักษะการเขียนคำสั่ง SELECT จากความถี่และความต่อเนื่องในการฝึกปฏิบัติจาก Log การใช้งาน

8.3 ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อระบบใน 4 ด้าน ได้แก่ ความสะดวกในการใช้งาน เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ การส่งเสริมการเรียนรู้ และความพึงพอใจโดยรวม จากนั้นทำการสรุปผลการวิจัย

เครื่องมือวิจัย

1. โจทย์ปัญหาสำหรับการฝึกปฏิบัติเป็นโจทย์อัตนัยเกี่ยวกับ SQL โดยดำเนินการ ดังนี้

1.1 กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 6 ข้อ ตามเนื้อหาคำสั่ง SELECT และสร้างโจทย์จุดประสงค์ละ 18 ข้อ รวม 108 ข้อ

1.2 ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของโจทย์ โดยคัดเลือกเฉพาะโจทย์ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป

1.3 ทดสอบค่าความยากของโจทย์ที่ผ่านการคัดเลือกกับผู้เรียน 30 คน (นอกกลุ่มตัวอย่าง) โดยใช้เกณฑ์ค่าความยาก 0.2-0.8 จากนั้นคัดเลือกโจทย์ที่ผ่านเกณฑ์ความยาก จุดประสงค์ละ 12 ข้อ รวม 72 ข้อ และบันทึกโจทย์ที่ผ่านการคัดเลือกลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการฝึกปฏิบัติต่อไป

2. แบบทดสอบวัดความรู้ก่อน-หลังเรียนเป็นข้อสอบปรนัย

โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 6 ข้อ ตามเนื้อหาคำสั่ง SELECT และสร้างข้อสอบจุดประสงค์ละ 10 ข้อ รวม 60 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คนประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป

2.2 ทดสอบค่าความยากกับผู้เรียน 30 คน (นอกกลุ่มตัวอย่าง) โดยใช้เกณฑ์ 0.2-0.8 และคัดเลือกข้อสอบจุดประสงค์ละ 5 ข้อ รวม 30 ข้อ

2.3 บันทึกข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ต่อไป

3. แบบสอบถามเพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานระบบของผู้เรียน แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 วัดระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบใน 4 ด้าน คือ ความสะดวกในการใช้งาน เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ การส่งเสริมการเรียนรู้ และความพึงพอใจโดยรวม โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนลิเคิร์ท 5 ระดับ (5 = เห็นด้วยมากที่สุด, 4 = เห็นด้วยมาก, 3 = เห็นด้วยปานกลาง, 2 = เห็นด้วยน้อย, 1 = เห็นด้วยน้อยที่สุด) สามารถกำหนดระดับความพึงพอใจได้ ดังนี้

4.21–5.00	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
3.41–4.20	หมายถึง	พึงพอใจมาก
2.61–3.40	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
1.81–2.60	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
1.00–1.80	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนเสนอแนะการปรับปรุงและพัฒนาระบบ

ผลการวิจัย (Results)

ผลการวิจัยการพัฒนาระบบการสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับการฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับการฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ชัดเจน ประกอบด้วย 4 มอดูลหลักที่ทำงานประสานกัน ได้แก่ มอดูลติดต่อผู้ใช้ มอดูลจัดการสอน มอดูลฐานความรู้ SQL และมอดูลผู้เรียน การนำเสนอผล แบ่งออกเป็น 4 ส่วน

1.1 การออกแบบการทำงานของระบบการสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับการฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL แสดงด้วยยูสเคสไดอะแกรม โดยจำแนกฟังก์ชันหลักออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) การเข้าสู่ระบบ (Login) ประกอบด้วยฟังก์ชันยืนยันตัวตน การลืมรหัสผ่าน (RecoverPassword) และการลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่ (Register) เพื่อรองรับการเข้าถึงระบบอย่างปลอดภัยและเป็นส่วนบุคคล 2) การสร้างแบบจำลองผู้เรียน (GenerateStudentModel) ประกอบด้วย ฟังก์ชันจัดการข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน (getlearner Profiles) การจัดการประวัติการเรียนรู้ (getLearnerBackground) และการประเมินความรู้ SQL (getLearnerAbility) 3) การสร้างผลป้อนกลับ (GenerateFeedback) ประกอบด้วยฟังก์ชันการตรวจคำตอบ (AnswerChecking) ทั้งทางการตรวจไวยากรณ์ (SyntaxChecking) และการตรวจเชิงความหมาย (Semantic Checking) ควบคู่กับฟังก์ชันกำหนดกลยุทธ์การป้อนกลับ (FeedbackStrategyDetermin) และกำหนดเนื้อหาการป้อนกลับ (FeedbackContentDetermin) เพื่อให้ผลป้อนกลับที่มีความเหมาะสมและตรงประเด็น และ 4) การจัดการฐานความรู้ SQL (SQLKnowledgeManagement) ประกอบด้วย ฟังก์ชันจัดการโจทย์ปัญหาเพื่อฝึกปฏิบัติ (ProblemManagement) การจัดการเนื้อหา (ContentManagement) และการจัดการแบบฝึกปฏิบัติ (AssignmentManagement) เพื่อบริหารทรัพยากรการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ดังแสดงใน Figure 2

1.2 ผลการออกแบบออนโทโลยี SQL จากสถาปัตยกรรมระบบ ประกอบด้วย 4 มอดูลที่ทำงานร่วมกันภายใต้ออนโทโลยีช่วยจัดโครงสร้างความรู้เชิงความหมาย แยกบทบาทมอดูลอย่างชัดเจน และกำหนดการสื่อสารระหว่างมอดูลอย่างเป็นระบบ ออนโทโลยียังรองรับการปรับการเรียนรู้ให้เหมาะกับผู้เรียนรายบุคคลตามระดับความรู้และพื้นฐานที่แตกต่าง ส่งผลให้การเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคลมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างคลาสออนโทโลยีโครงสร้างฐานความรู้คำสั่ง SELECT (Figure 3) และคลาสผู้เรียน (Figure 4)

โครงสร้างความสัมพันธ์ของหัวข้อ SELECT ถูกกำหนดให้เชื่อมโยงกับหน่วยการเรียน Data Query Language ผ่านความสัมพันธ์แบบ “isTopicOf” ขณะเดียวกันหัวข้อนี้มีความสัมพันธ์แบบ “hasPrerequisite” กับเนื้อหาพื้นฐานที่ต้องเรียนมาก่อน ได้แก่ การสร้างตาราง (CREATE TABLE) และแนวคิดนิพจน์ (Expressions) และเชื่อมโยงแบบ “hasRelatedConcept” กับหัวข้อที่เกี่ยวข้อง คือ โครงสร้างไวยากรณ์พื้นฐานของคำสั่ง SELECT (SQL Syntax to Basic SELECT) การใช้เงื่อนไข WHERE การเรียงลำดับด้วย ORDER BY การใช้ฟังก์ชัน (Using Functions) การแสดงข้อมูลจากหลายตาราง (Displaying data from multiple tables) และการรวมรวมและจัดกลุ่มข้อมูล (Aggregating and Grouping Data) เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์ขององค์ความรู้คำสั่ง SELECT อย่างเป็นระบบ

Figure 2

Use Case Diagram

ยูสเคสไดอะแกรม

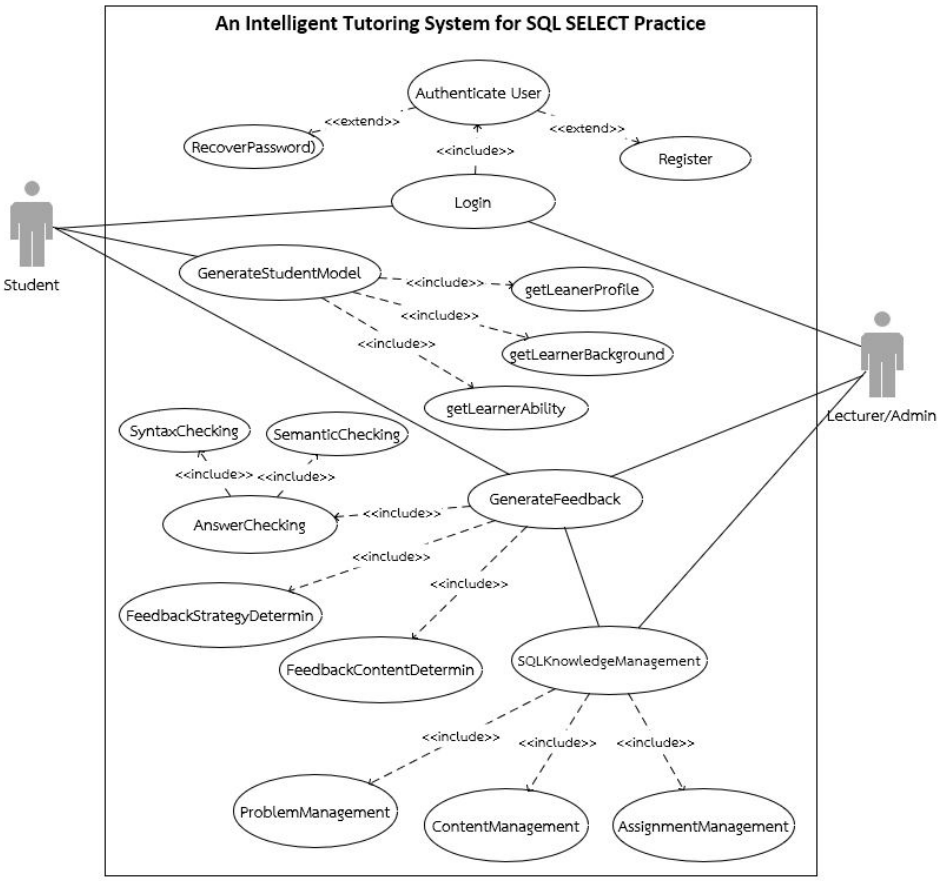


Figure 3

An excerpt of SELECT Knowledge Class Ontology of SQLOntology

ตัวอย่างโครงสร้างฐานความรู้คำสั่ง SELECT ของออนโทโลยี SQL

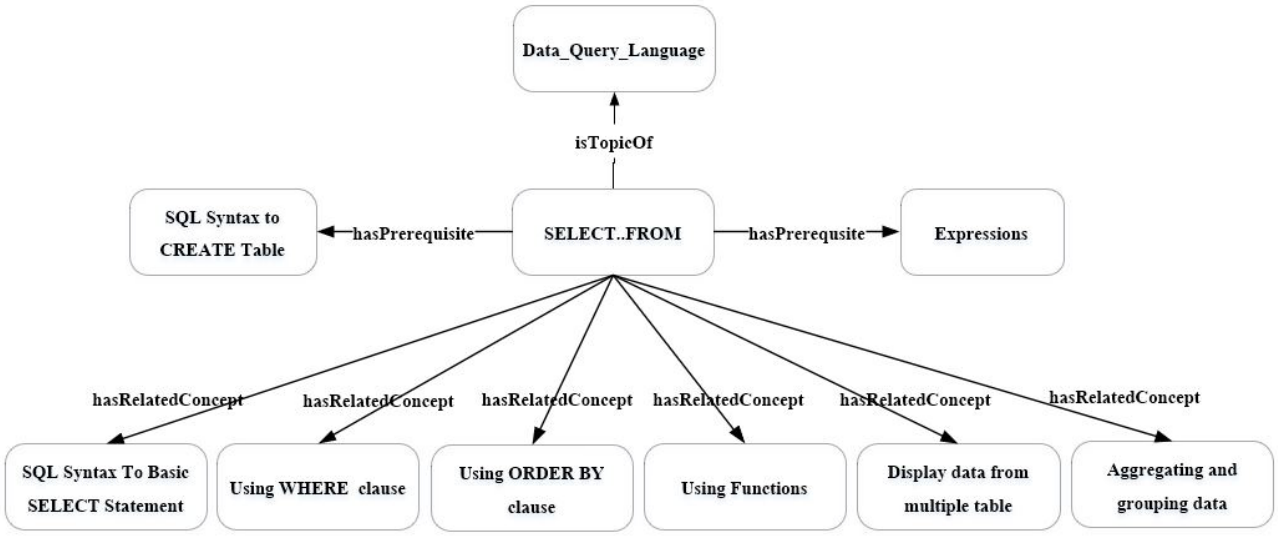
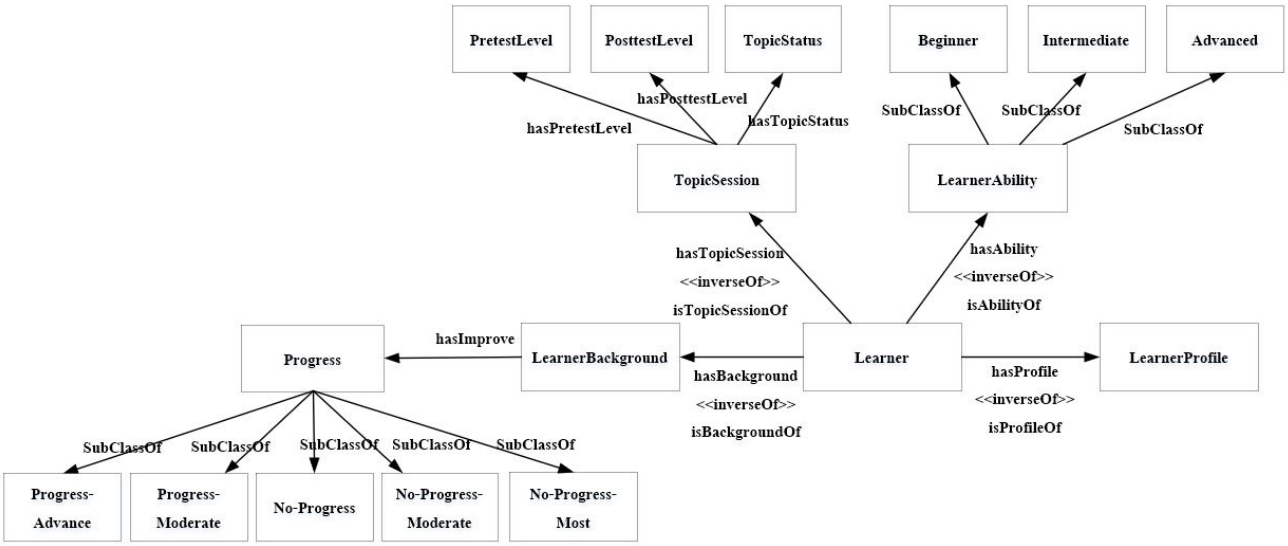


Figure 4

An Excerpt of Learner Class Ontology of SQLOntology
ตัวอย่างโครงสร้างแบบจำลองผู้เรียนของออนโทโลยี SQL

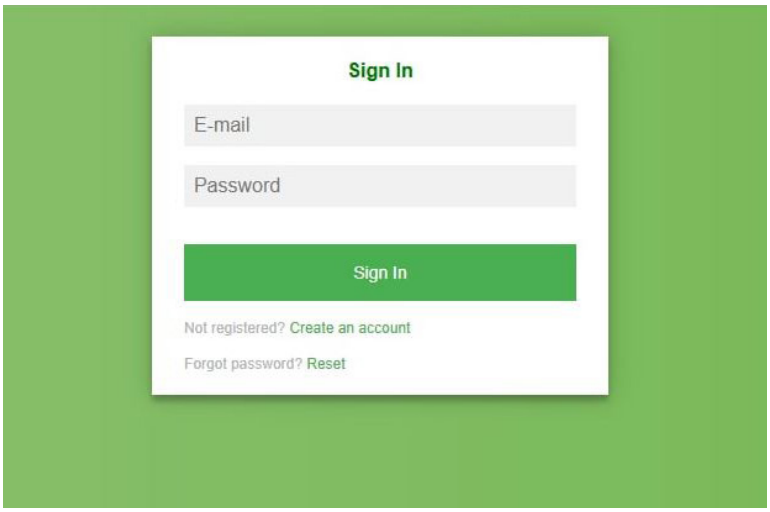


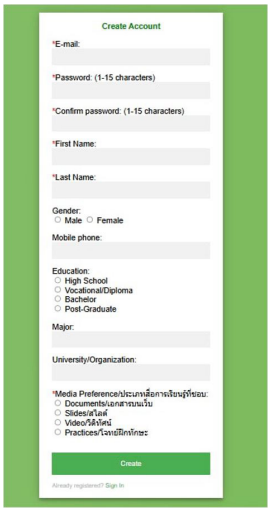
คลาสผู้เรียน ประกอบด้วย 3 คลาสหลัก คือ คลาสความสามารถ (LearnerAbility) คลาสข้อมูลพื้นฐาน (LearnerProfile) และคลาสประวัติการเรียนรู้ (LearnerBackground) เชื่อมโยงกันด้วยความสัมพันธ์ hasAbility, hasProfile และ hasBackground โดย LearnerAbility ครอบคลุมคลาสระดับผลก่อนเรียน (PretestLevel) ระดับผลหลังเรียน (PosttestLevel) และความก้าวหน้า (Improvement) โดยประเมินผ่านคลาสหัวข้อการเรียน (TopicSession) และมีคลาสย่อย ได้แก่ Beginner Intermediate และ Advanced ซึ่งคลาส LearnerProfile และ LearnerBackground เชื่อมโยงกับคลาสผู้เรียนด้วยความสัมพันธ์ hasBackground / isBackgroundOf เพื่อสะท้อนข้อมูลพื้นฐานและประวัติการเรียนของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ

1.3 การทำงานของระบบการสอนเสริมอัจฉริยะซึ่งเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้แบบส่วนบุคคล เพื่อเสริมสร้างทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL ผู้เรียนสามารถกำหนดเส้นทางการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างยืดหยุ่น เลือกเนื้อหาและแบบฝึกที่ต้องการฝึกปฏิบัติซ้ำได้ตามความถนัด พร้อมเข้าถึงแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม ระบบให้ผลป้อนกลับอย่างเป็นระบบทั้งด้านความถูกต้องของคำตอบและคำแนะนำเชิงกระบวนการ ช่วยชี้จุดผิดพลาดและแนะแนวทางการปรับแก้ เพื่อพาผู้เรียนไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง เสมือนการฝึกภายใต้การดูแลของผู้สอน ในส่วนของการใช้งาน ผู้เรียนสามารถลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบผ่านหน้าสำหรับผู้เรียน โดยมีขั้นตอนยืนยันตัวตน และสามารถสมัครสมาชิกได้เมื่อเข้าสู่ระบบครั้งแรก ดังแสดงใน Figure 5

Figure 5

Sign in Page/Create Account Page
หน้าลงทะเบียนการเข้าสู่ระบบ/หน้าสมัครสมาชิก

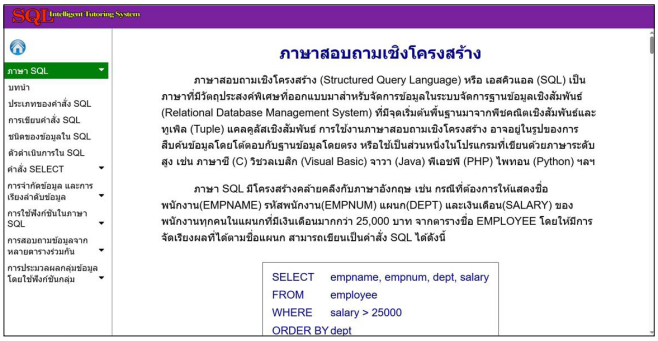




การทำงานของระบบสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับฝึกปฏิบัติคำสั่ง SELECT ใน SQL ภายใต้แนวคิดการเรียนรู้ส่วนบุคคล ถูกออกแบบให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาและกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับความสามารถและลักษณะการเรียนรู้ของตนเอง โดยโครงสร้างการทำงานแบ่งออกเป็นสององค์ประกอบหลัก คือ การนำเสนอบทเรียนสอนเสริมที่ครอบคลุมทั้งสาระทฤษฎี ตัวอย่างประกอบ และแบบฝึกหัดปฏิบัติ ซึ่งจัดลำดับจากพื้นฐานสู่ขั้นประยุกต์ โดยมีหน้าแหล่งเรียนรู้ ดังแสดงใน Figure 6

Figure 6

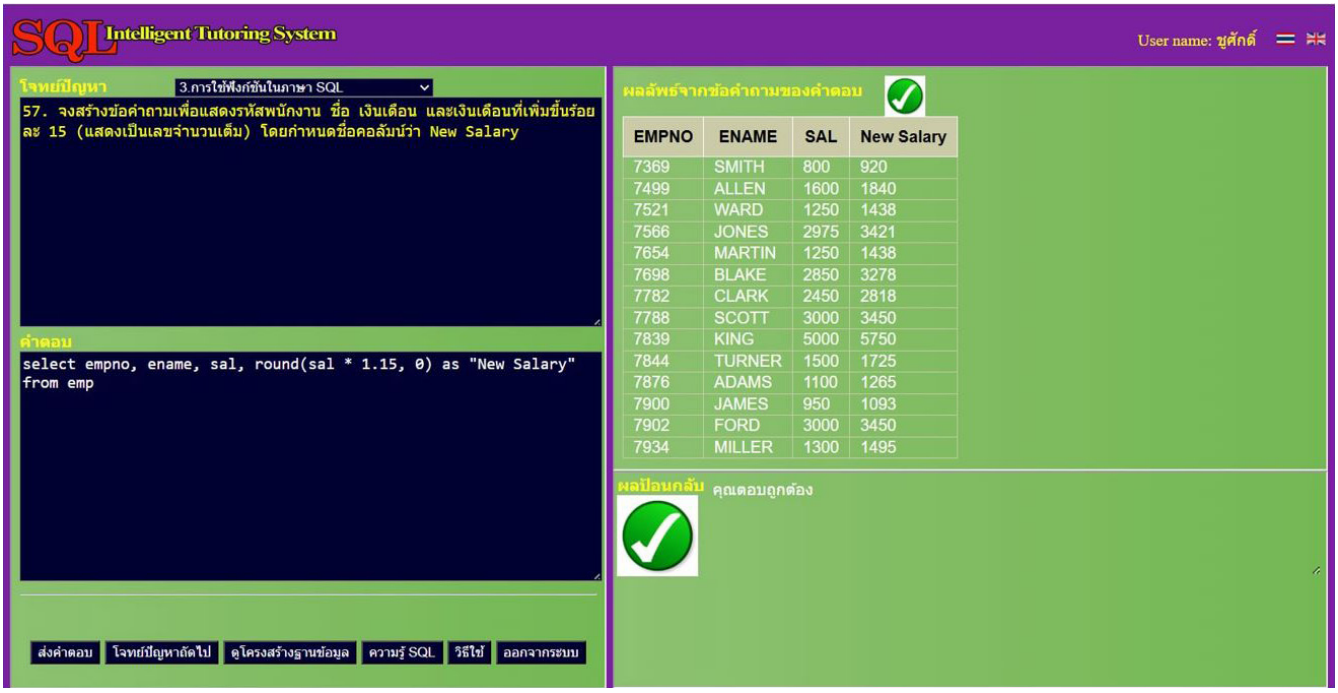
Content and Video Learning Page
หน้าแหล่งเรียนรู้ที่เป็นเนื้อหาและวิดีโอ



ส่วนฝึกปฏิบัติคำสั่ง SELECT เพื่อวิเคราะห์และจำแนกข้อผิดพลาดด้านความหมายอย่างละเอียด ในการตรวจเชิงไวยากรณ์จากคำตอบที่ถูกต้องเพื่อนำไปเทียบกับคำตอบของผู้เรียน ช่วยให้ระบุตำแหน่งและลักษณะของข้อผิดพลาดได้อย่างเป็นระบบ ระบบจึงสามารถบอกตำแหน่งที่ผิดพลาดพร้อมข้อเสนอแนะแบบทันที ในกรณีที่ผู้เรียนตอบถูก ระบบจะแจ้ง “คุณตอบถูกต้อง” แสดงผลลัพธ์ของคำสั่ง และนำทางไปยังข้อถัดไปโดยอัตโนมัติ ดังแสดงใน Figure 7

Figure 7

Practice Screen Upon Correct Problem-Solving Answer
หน้าฝึกปฏิบัติเมื่อคำตอบแก้ไขโจทย์ปัญหาถูกต้อง

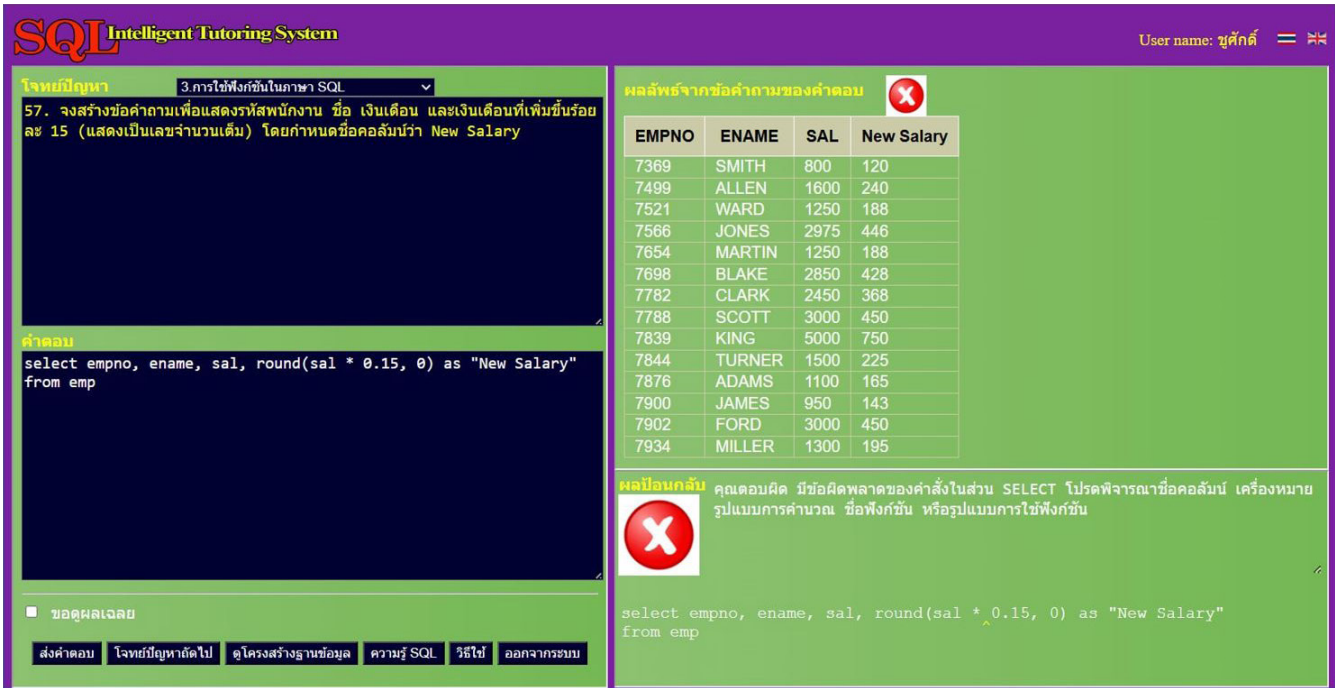


เมื่อผู้เรียนตอบผิด ระบบจะให้ผลป้อนกลับตามลำดับความพยายาม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังนี้ 1) แจ้งความถูกต้องของคำตอบ 2) ระบุตำแหน่งที่ผิด 3) บอกเป็นนัย และ 4) บอกผลเฉลย แนวทางดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนฝึกคิด แก้ไข และพัฒนาทักษะอย่างค่อยเป็นค่อยไป เสมือนมีผู้สอนคอยแนะนำแม้อยู่นอกห้องเรียน ตัวอย่างการทำงาน คือ หากตอบผิดครั้งแรก ระบบจะแจ้งเพียง “ถูก/ผิด”; เมื่อผิดครั้งที่สอง ระบบจะชี้ตำแหน่งที่ผิด; ครั้งที่สาม ระบบให้คำใบ้เพื่อชี้แนะแนวทาง; และหากยังตอบผิด ระบบจะแสดงเฉลย พร้อมพาผู้เรียนไปยังโจทย์ถัดไป โดยทุกข้อจะเริ่มกระบวนการป้อนกลับจากขั้นที่ 1 เสมอ ดังแสดงใน Figure 8

Figure 8

Practice Page With Hints

หน้าฝึกปฏิบัติพร้อมให้ผลป้อนกลับแบบบอกเป็นนัย



1.4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบขณะนำไปใช้จริงในกิจกรรมการเรียนรู้ SQL โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 75/75 เป็นตัวชี้วัด ผลการประเมินพบว่า ระบบมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 79.56/75.12 หมายความว่า คะแนนระหว่างเรียนเฉลี่ยที่ 79.56% และคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยที่ 75.12% ซึ่งทั้งสองค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (75/75) ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านความรู้และทักษะ SQL อย่างมีนัยสำคัญ โดยคะแนนทั้งระหว่างและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างชัดเจน แสดงถึงความสามารถในการทำความเข้าใจเนื้อหาและประยุกต์ใช้คำสั่ง SELECT ได้ดีขึ้นภายหลังการใช้ระบบ รายละเอียดผลการประเมินแสดงให้เห็นดัง Table 1

Table 1

Evaluation Results on the Effectiveness of the System

ผลการวัดประสิทธิภาพของระบบ

ค่าสถิติ	แบบทดสอบก่อนเรียน (30 คะแนน)	แบบทดสอบหลังเรียน (30 คะแนน)	แบบฝึกปฏิบัติระหว่างเรียน (50 คะแนน)	ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)
ค่าเฉลี่ย	9.67	22.54	39.78	
ร้อยละ	32.25	75.13	79.56	79.56/75.12
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.03	2.98	4.51	

2. ผลการประเมินผลการใช้ระบบสอนเสริมอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาจากความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อคำสั่ง SELECT และทักษะการเขียนคำสั่ง SELECT จากความถี่และความต่อเนื่องในการฝึกปฏิบัตินอกชั้นเรียน ได้ประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ในหัวข้อคำสั่ง SELECT เปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังเรียน และวิเคราะห์ความก้าวหน้าด้วยค่าความก้าวหน้าปรับเกณฑ์ (N-gain) ทั้งในระดับกลุ่มและรายบุคคล และทักษะการเขียนคำสั่งโดยอาศัยข้อมูลความถี่ และความต่อเนื่องของการฝึกปฏิบัตินอกห้องเรียน พบว่า

2.1 ผลการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนอย่างชัดเจน สะท้อนว่าระบบมีส่วนช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าดัชนีประสิทธิผลการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 0.633 จัดอยู่ในระดับปานกลาง ตามเกณฑ์ (≥ 0.60) ซึ่งถือเป็นผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจสำหรับการสอนปฏิบัติ SQL ด้วยระบบการสอนเสริมอัจฉริยะ แสดงให้เห็นถึงอัตราการเรียนรู้ที่เติบโตจากฐานความรู้เดิมของผู้เรียน รายละเอียดแสดงใน Table 2

Table 2

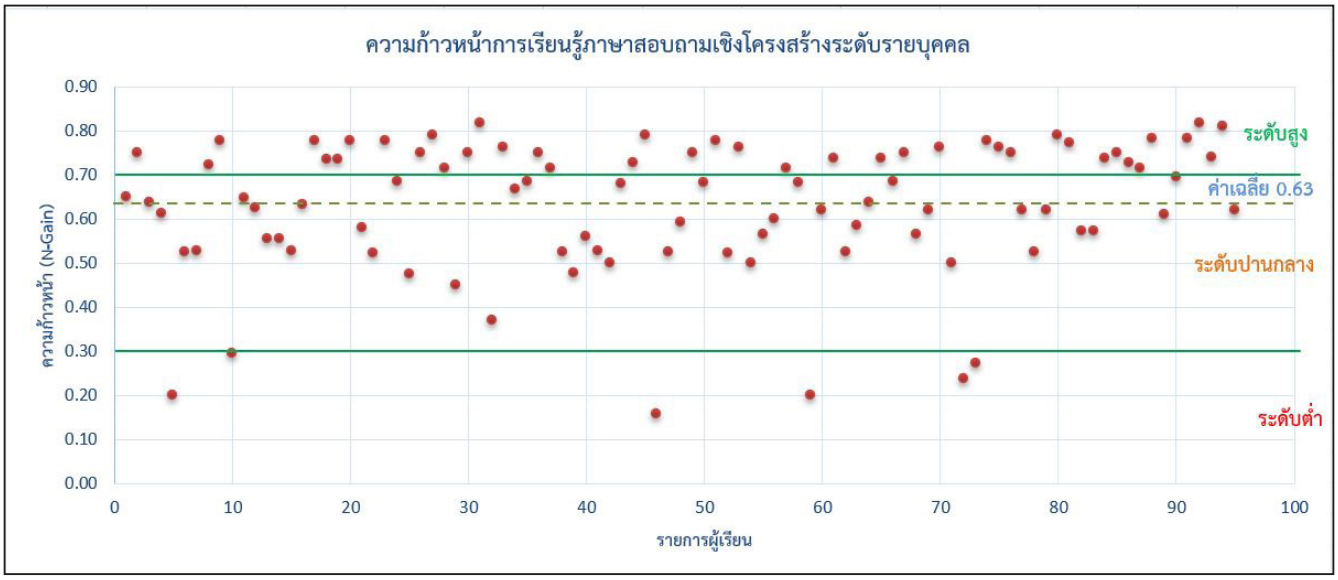
Learning Effectiveness Index of a Structured Query Language Model using SQL ITS
ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนภาษาสอบถามเชิงโครงสร้างด้วย SQL ITS

จำนวนนักศึกษา	คะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนน		ดัชนีประสิทธิผล (E.I)
		ทดสอบก่อนเรียน	ทดสอบหลังเรียน	
95	30	919	2,141	0.633

2.2 ผลการประเมินด้วยค่า N-gain เป็นตัวชี้วัดประสิทธิผลการเรียนรู้รายบุคคลที่ช่วยสะท้อนความก้าวหน้าของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน เมื่อนำเกณฑ์จัดระดับของ Hake (1998) มาประเมินผล รายบุคคล พบว่า ผู้เรียนร้อยละ 93.68 (89 คน) มีความก้าวหน้าในระดับปานกลางถึงสูง ขณะที่อีกร้อยละ 6.32 (6 คน) อยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ย N-gain ทั้งชั้นเท่ากับ 0.63 (63%) จัดอยู่ในระดับปานกลาง ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการอย่างมีนัยสำคัญหลังใช้ระบบสอนเสริมอัจฉริยะ ทั้งนี้ได้นำเสนอการกระจายตัวของค่า N-gain รายบุคคลไว้ใน Figure 9 เพื่อแสดงภาพรวมแนวโน้มความก้าวหน้าอย่างชัดเจน

Figure 9

Single Student Normalized Gain
ดัชนีความก้าวหน้าปรับเกณฑ์ระดับรายบุคคล



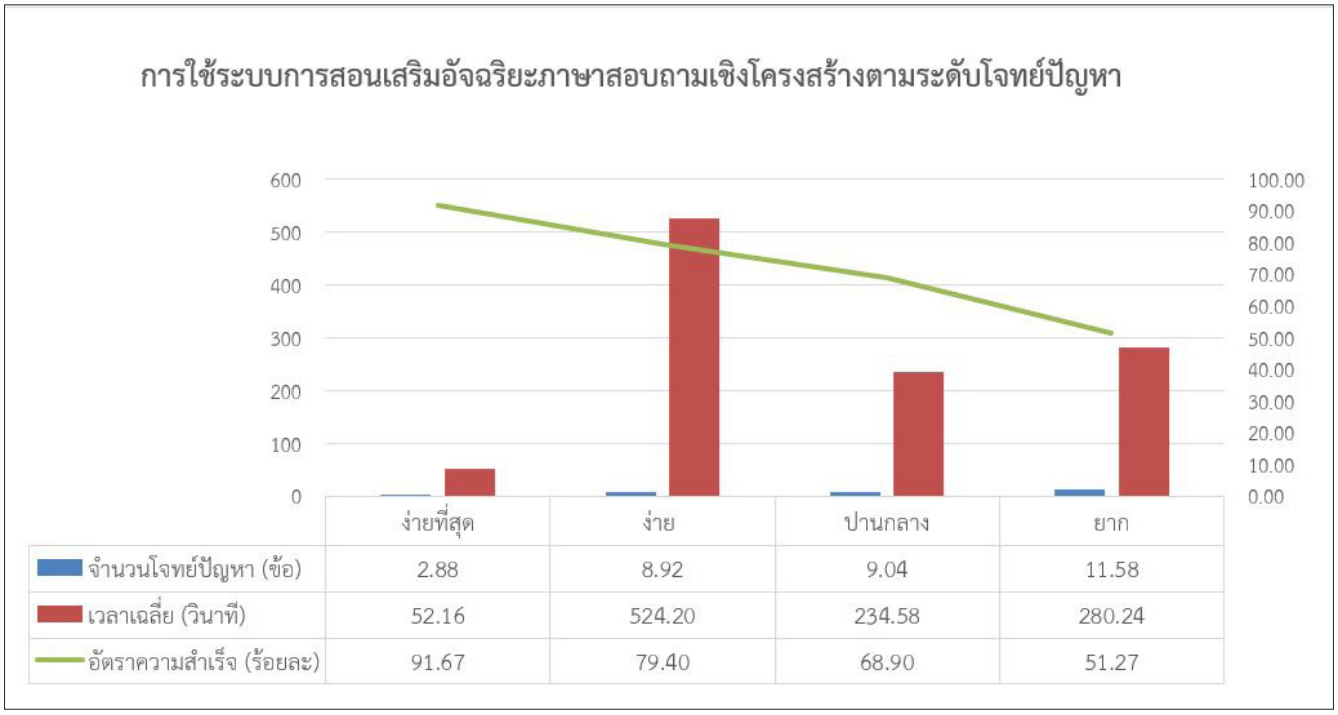
จากกราฟการกระจายตัวของความก้าวหน้ารายบุคคล พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยมีค่าเฉลี่ย N-gain รวมเท่ากับ 0.63 สะท้อนว่า ระบบสามารถยกระดับทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีความพร้อมหรือพื้นฐานดี ขณะเดียวกันยังพบผู้เรียนบางส่วนมี N-gain ต่ำกว่า 0.30 ซึ่งอาจสัมพันธ์กับ

พื้นฐานความรู้ที่จำกัด ทักษะการคิดวิเคราะห์ยังไม่พอ แรงจูงใจต่ำ ความสนใจในเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง หรืออุปสรรคในการเข้าถึงระบบ ดังนั้น การวิเคราะห์ความก้าวหน้ารายบุคคลจึงมีความสำคัญต่อการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะกับศักยภาพของผู้เรียน ใช้ค่า N-gain เพื่อติดตามและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ควบคู่กับการเสริมแรงจูงใจและสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อความสำเร็จของผู้เรียนทุกกลุ่ม

2.3 การประเมินทักษะการเขียนคำสั่ง SELECT จากพฤติกรรมการฝึกปฏิบัตินอกชั้นเรียน ทำการวิเคราะห์ Log การใช้งาน 2,105 รายการ จากผู้เรียน 24 คน ที่ลงทะเบียนและฝึกปฏิบัติตามระดับความยากของโจทย์ ผลพบว่า ผู้เรียนทำโจทย์ระดับยากมากที่สุด (เฉลี่ย 11.58 ข้อ) รองลงมาคือ ระดับปานกลาง (9.04 ข้อ) ง่าย (8.92 ข้อ) และง่ายที่สุด (2.88 ข้อ) ด้านเวลาเฉลี่ยต่อข้อ ใช้สูงสุดกับโจทย์ระดับง่าย (524.20 วินาที/ข้อ) ตามด้วยระดับยาก (280.24 วินาที) ปานกลาง (234.58 วินาที) และง่ายที่สุด (52.16 วินาที) ส่วนอัตราความสำเร็จสูงสุด คือ ง่ายที่สุด (91.67%) รองลงมา ง่าย (79.40%) ปานกลาง (68.90%) และยาก (51.27%) ผลการฝึกปฏิบัติสะท้อนว่า ผู้เรียนมีความพยายามและเรียนรู้จากผลป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อระดับความยากเพิ่มขึ้น อัตราความสำเร็จลดลงอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นถึงความท้าทายของโจทย์ที่ซับซ้อนมากขึ้น รายละเอียดปรากฏใน Figure 10

Figure 10

User Behavior Chart in SQL Intelligent Tutoring System
กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้ระบบในการฝึกปฏิบัติ



3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้ระบบการสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับการฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL โดยประเมินความพึงพอใจต่อระบบครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ ความสะดวกในการใช้งาน เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ การส่งเสริมการเรียนรู้ และความพึงพอใจโดยรวม ผลพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมากที่สุด (M = 4.50, SD = 0.64) โดยลำดับความพึงพอใจจากมากไปน้อยคือ ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ รองลงมาคือ เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ ความพึงพอใจต่อระบบและความต้องการใช้งานในรายวิชาอื่น และด้านความสะดวกในการใช้งาน รายละเอียดแสดงใน Table 3

Table 3

Evaluation Results of System Usability and User Satisfaction

ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ

ความพึงพอใจต่อระบบ	ระดับความคิดเห็น		
	M	*SD*	ระดับ
ด้านความสะดวกในการใช้งาน	4.48	0.72	มากที่สุด
ด้านเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	4.51	0.59	มากที่สุด
ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้	4.52	0.62	มากที่สุด
ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้	4.51	0.63	มากที่สุด
ภาพรวม	4.50	0.64	มากที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (*M* = 4.50, *SD* = 0.64) โดยด้านที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือ การส่งเสริมการเรียนรู้ (*M* = 4.52, *SD* = 0.62) แสดงว่าระบบช่วยพัฒนาความเข้าใจและทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ได้อย่างมีประสิทธิผล รองลงมาคือ คุณภาพของเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ (*M* = 4.51, *SD* = 0.59) และความพึงพอใจของผู้ใช้ รวมถึงความต้องการนำไปใช้ในรายวิชาอื่น (*M* = 4.51, *SD* = 0.63) สะท้อนการยอมรับและความพร้อมต่อการขยายผล ขณะที่ความสะดวกในการใช้งานได้คะแนนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกัน (*M* = 4.48, *SD* = 0.72) แต่ยังอยู่ในระดับมากที่สุด บ่งชี้ว่าส่วนติดต่อกับผู้ใช้ใช้งานได้ดีโดยทั่วไป แม้ยังมีช่องทางปรับปรุงประสบการณ์ผู้ใช้บางส่วน จากผลรวมทั้งหมด ระบบจึงมีศักยภาพสูงทั้งเชิงเนื้อหา กิจกรรม และผลต่อการเรียนรู้ พร้อมต่อยอดสู่การใช้งานในวิชาอื่นได้

สรุปและอภิปรายผล (Conclusion and Discussion)

ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้แสดงถึงความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยในการออกแบบและพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะเพื่อฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL รวมถึงการประเมินผลการใช้ระบบและศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปและอภิปรายผล ดังนี้

1. การออกแบบและพัฒนาระบบ ITS สำหรับฝึกทักษะ SELECT ใน SQL ที่มีการออกแบบสถาปัตยกรรม 4 มอดูล สอดคล้องกับกรอบมาตรฐานของ ITS ซึ่งเน้นการประเมินผู้เรียน ปรับกลยุทธ์การสอน และโต้ตอบผ่านส่วนติดต่อเพื่อรองรับการเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Alrakhawi et al., 2023; Son, 2024; Yathongchai et al., 2017) โดยการใช้ออนโทโลยีร่วมกับกฎเพื่อแทนความรู้เชิงความหมายและกฎการอนุมาน ช่วยให้ระบบเข้าใจโครงสร้าง/บริบทของโจทย์ปัญหา SELECT และเลือกทรัพยากรเรียนรู้/แบบฝึกให้เหมาะกับคุณลักษณะผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ Kochmar et al., 2022, Son, 2024, and Zhang et al., 2023 รวมถึงการผสานออนโทโลยีเพื่อปรับกลยุทธ์สอน (Hare & Tang, 2024) และระบบสนับสนุนการเรียนรู้ปรับตัวบนออนโทโลยีหลายภาษาโปรแกรม (Na Nongkhai et al., 2025) สำหรับแนวทางการให้ผลป้อนกลับในการฝึกปฏิบัติ SELECT พบว่า สามารถช่วยลดข้อผิดพลาดซ้ำรูปแบบเดิม เพิ่มความเข้าใจเชิงโครงสร้าง และส่งเสริมการฝึกนอกเวลาได้จริง (Lavbič et al., 2016; Matek et al., 2017; Wang et al., 2021; Weston et al., 2021; Yang et al., 2021)

2. การประเมินผลการใช้ระบบจากความก้าวหน้าผลสัมฤทธิ์และทักษะการเขียน SELECT ที่มีผลตัวชี้วัดของงานวิจัย คือ E_1/E_2 = 79.56/75.12 (สูงกว่าเกณฑ์ 75/75) และ E.I. = 0.633 สะท้อนความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ที่สอดคล้องเกณฑ์ N-gain ของ Hake (1998) ซึ่งนิยมใช้ประเมินการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยกิจกรรมโต้ตอบ/ปฏิบัติจริง โดยค่า N-gain เฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (0.63) และสัดส่วนผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าในปานกลาง มีค่าสูงถึงร้อยละ 93.68 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการใช้ ITS ในการสอนปฏิบัติในโดเมนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ (del Olmo-Muñoz et al., 2023; Kochmar et al., 2022; Schez-Sobrino et al., 2020; Spitzer & Moeller, 2023) และผลการวิจัยที่ชี้ว่า ผู้เรียนต่างระดับความรู้ได้รับประโยชน์แตกต่างกัน แต่โดยรวมมีแนวโน้มดีขึ้นภายใต้ ITS (Fodouop Kouam, 2024; Lai & Lin, 2025) รวมถึง Sharma and Harkishan (2022) ที่ชี้ให้เห็นว่า ระบบการสอนเสริมอัจฉริยะสามารถแก้ปัญหาการขาดโอกาสเรียนรู้แบบตัวต่อตัวและส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์พฤติกรรมจาก log แสดงถึงรูปแบบการฝึกปฏิบัติที่มีการลองผิดลองถูกอย่างมีทิศทาง ซึ่งอัตราสำเร็จลดลงตามระดับความยากแต่ยังคงการมีส่วนร่วมและความพยายาม ซึ่งเป็นผลของตรวจสอบความผิดพลาดที่มีการแนะนำที่ถูกต้องเหมาะสมผ่านการออกแบบการให้ผลป้อนกลับ ตามลำดับความพยายาม ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับทฤษฎีผลป้อนกลับเพื่อการเรียนรู้ของ Narciss (2008) และงานของ Shute (2008) ที่ชี้ว่าผลป้อนกลับที่เฉพาะเจาะจง ทันเวลา และค่อยเป็นค่อยไป

สนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และการคิดเชิงกระบวนการส่งผลต่อการคงอยู่ในการเรียนรู้และการแก้ปัญหา

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้ระบบสอนเสริมอัจฉริยะเพื่อฝึกทักษะการใช้คำสั่ง SELECT ใน SQL พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจโดยรวมระดับมากที่สุด ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ ความสะดวกในการใช้งาน เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ การส่งเสริมการเรียนรู้ และความพึงพอใจโดยรวม โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือ การส่งเสริมการเรียนรู้ สะท้อนว่าระบบช่วยยกระดับความเข้าใจและทักษะการใช้ SELECT ได้อย่างมีประสิทธิผล รองลงมาคือ คุณภาพเนื้อหาและกิจกรรม และความพึงพอใจ/ความตั้งใจนำไปใช้ในรายวิชาอื่น แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมองว่าระบบมีคุณค่าและศักยภาพในการต่อยอดหัวข้ออื่น ส่วนความสะดวกในการใช้งานได้คะแนนต่ำสุดแต่ยังอยู่ในระดับมากที่สุด บ่งชี้ว่า ระบบใช้งานได้เป็นมิตร โดยยังมีพื้นที่ให้พัฒนาประสบการณ์ผู้ใช้เพิ่มเติม ผลดังกล่าวสอดคล้องกับโมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ของ Venkatesh and Davis (2000) ที่ชี้ว่า การยอมรับขึ้นอยู่กับการรับรู้ประโยชน์ (Perceived usefulness) และความง่ายในการใช้งาน (Perceived ease of use) ซึ่งในที่นี้ ผู้เรียนรับรู้ว่าระบบช่วยพัฒนาทักษะ SQL ได้จริงและใช้งานได้สะดวก ส่งผลให้เกิดความพึงพอใจและความตั้งใจใช้งานต่อ นอกจากนี้ ยังเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานของ Hare and Tang (2024) and Kochmar et al. (2022) ที่พบว่า ITS ซึ่งผสาน AI ออนโทโลยีและ NLP ช่วยเพิ่มความเข้าใจและแรงจูงใจ ผ่านเส้นทางการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น ผลป้อนกลับเฉพาะบุคคล และการฝึกซ้ำที่มีโครงนำ ใกล้เคียงประสบการณ์เรียนแบบตัวต่อตัว

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การใช้ระบบในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลหรือการเขียนโปรแกรม โดยระบบสอนเสริมอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือเสริม ในการสอนคำสั่ง SQL โดยเฉพาะในหัวข้อ SELECT เพื่อช่วยให้นักศึกษาฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง เพิ่มทักษะในการวิเคราะห์คำสั่ง และเข้าใจตรรกะของการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

2. ระบบสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้รายบุคคลทั้งในและนอกห้องเรียน โดยให้ผู้เรียนฝึกซ้ำในประเด็นที่ตนเองยังมีข้อผิดพลาด ระบบจะช่วยให้ผลป้อนกลับ (Feedback) ที่ตรงตามระดับความสามารถของผู้เรียน

3. จากกลไกติดตามผลของระบบที่บันทึกความถี่และความต่อเนื่องในการฝึกปฏิบัติ อาจนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการประเมินพัฒนาการของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ เพื่อช่วยผู้สอนวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักศึกษาในแต่ละช่วงเวลาได้

4. ระบบสามารถขยายผลไปบูรณาการร่วมกับ LMS (Learning management system) ของมหาวิทยาลัย เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการเรียนรู้แบบออนไลน์และการติดตามผลแบบเรียลไทม์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. พัฒนามอดูลการเรียนรู้แบบปรับตัว (Adaptive learning module) วิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้ระบบสามารถปรับระดับความยากของโจทย์หรือวิธีการสอนโดยอัตโนมัติตามผลการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนไป

2. นำเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (AI) หรือการเรียนรู้ของเครื่อง (ML) มาประมวลผลพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาสร้างแบบจำลองผู้เรียน เพื่อให้ระบบสามารถปรับระดับความยาก การให้ผลป้อนกลับ และรูปแบบแบบฝึกได้ซับซ้อนและละเอียดขึ้นตามความสามารถของแต่ละบุคคล

3. ควรประยุกต์ใช้เทคนิค NLP ขั้นสูงในการตรวจจับข้อผิดพลาดเชิงความหมาย (Semantic error) และให้คำแนะนำเชิงบริบท (Context-based feedback) ได้ละเอียดมากขึ้น

4. ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายควรทดลองใช้ระบบกับนักศึกษาจากสถาบันอื่นหรือกลุ่มผู้เรียนที่มีพื้นฐานต่างกัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในบริบทที่กว้างขึ้น

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนนักวิจัยใหม่ วท. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

การมีส่วนร่วมของผู้เขียน (Author Contributions)

วิไลรัตน์ ยาทองไชย: เขียนร่างต้นฉบับบทความ ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับบทความ ออกแบบกรอบแนวคิด ดำเนินการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบวิธีการวิจัย และกำกับดูแลการวิจัย
ชูศักดิ์ ยาทองไชย: ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับบทความ ดำเนินการวิจัย พัฒนาซอฟต์แวร์ ตรวจสอบความถูกต้อง และสร้างภาพประกอบ

การประกาศผลประโยชน์ทับซ้อน (Declaration of Competing Interest)

ผู้เขียนขอประกาศว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง (References)

Abu Ghali, M., Abu Ayyad, A. A., Abu-Naser, S. S., & Abu Laban, M. (2018). An intelligent tutoring system for teaching English grammar. *International Journal of Academic Engineering Research, 2*(2), 1–6. http://ijeais.org/wp-content/uploads/2018/2/IJAER180201.pdf

Ahn, J., Chang, M., Watson, P., Tejwani, R., Sundararajan, S., Abuelsaad, T., & Prabhu, S. (2018). Adaptive visual dialog for intelligent tutoring systems. In Penstein Rosé, C., et al. Artificial Intelligence in Education. AIED 2018. *Lecture Notes in Computer Science, 10948*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93846-2_77

Alrakhawi, H. A., Jamiat, N., & Abu-Naser, S. S. (2023). Intelligent tutoring systems in education: A systematic review of usage, tools, effects and evaluation. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 101*(4), 1205–1226. https://www.jatit.org/volumes/Vol101No4/6Vol101No4.pdf

Burhan, M. I., Sediyono, E., & Adi, K. (2021). Intelligent tutoring system using Bayesian Network for vocational high schools in Indonesia. *E3S Web of Conferences, 317*, Article 05027. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131705027

Cao, J., Yang, T., Lai, I.K-W., & Wu, J., (2021). RETRACTED: Student acceptance of intelligent tutoring systems during COVID-19: The effect of political influence. *International Journal of Electrical Engineering & Education, 60*(1_suppl), 2495–2509. https://doi.org/10.1177/00207209211003270

Dahbi, M., (2023). Integrating an intelligent language tutoring system in teaching english grammar. *Arab World English Journal, 14*(4), 189–196. https://ssrn.com/abstract=4677399

Date, C. J. (2015). *SQL and relational theory: How to write accurate SQL code* (3rd edition). O'Reilly. https://www.oreilly.com/library/view/sql-and-relational/9781491941164

del Olmo-Muñoz, J., González-Calero, J. A., Diago, P. D., Arnau, D., & Arevalillo-Herráez, M. (2023). Intelligent tutoring systems for word problem solving in COVID-19 days: Could they have been (part of) the solution? *ZDM–Mathematics Education, 55*, 35–48. https://doi.org/10.1007/s11858-022-01396-w

Fodouop Kouam, A. W. (2024). The effectiveness of intelligent tutoring systems in supporting students with varying levels of programming experience. *Discover Education, 3*(278). https://doi.org/10.1007/s44217-024-00385-3

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for Introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. http://dx.doi.org/10.1119/1.18809

Hare, R., & Tang, Y. (2024). *Ontology-driven reinforcement learning for personalized student support* [Conference presentation]. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Kuching, Malaysia. https://ieeexplore.ieee.org/document/10832036

Kochmar, E., Vu, D. D., Belfer, R., Gupta, V., Serban, I. V., & Pineau, J. (2022). Automated data-driven generation of personalized pedagogical interventions in intelligent tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 32*(2), 323–349. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00267-x

Kumar, A., & Ahuja, N.J. (2020). An adaptive framework of learner model using learner characteristics for intelligent tutoring systems. In S., Choudhury, R., Mishra, R. Mishra, & A. Kumar (Eds), *Intelligent Communication, Control and Devices. Advances in Intelligent Systems and Computing, 989*, 425–433. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8618-3_45

Kumar, A. N., Raj, R. K., Aly, S. G., Anderson, M. D., Becker, B. A., Blumenthal, R. L., Eaton, E., Epstein, S. L., Goldweber, M., Jalote, P., Lea, D., Oudshoorn, M., Pias, M., Reiser, S., Servin, C., Simha, R., Winters, T., & Xiang, Q. (2023). *Computer science curricula 2023*. ACM Press, IEEE Computer Society Press and AAAI Press. https://doi.org/10.1145/3664191

Lai, C.-H., & Lin, C.-Y. (2025). Analysis of learning behaviors and outcomes for students with different knowledge levels: A case study of intelligent tutoring system for coding and learning (ITS-CAL). *Applied Sciences, 15*(4), Article 1922. https://doi.org/10.3390/app15041922

Lavbič, D., Matek, T., & Zrnec, A. (2016). Recommender system for learning SQL using hints. *Interactive Learning Environments, 25*(8), 1048–1064. https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1244084

Matek, T., Zrnec, A., & Lavbič, D. (2017). Learning SQL with artificial intelligent aided approach. *International Journal of Information and Education Technology, 7*(11), 803–808. https://doi.org/10.18178/ijiet.2017.7.11.976

Narciss, S. (2008). Feedback strategies for interactive learning tasks. In D. Jonassen, M. J. Spector, M. Driscoll, M. D. Merrill, J. van Merrienboer, & M. P. Driscoll (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (3rd ed., pp. 125–144). Routledge. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203880869-13/feedback-strategies-interactive-learning-tasks-susanne-narciss

Na Nongkhai, L., Wang, J., & Mendori, T. (2025). Development and evaluation of adaptive learning support system based on ontology of multiple programming languages. *Education Sciences, 15*(6), Article 724. https://doi.org/10.3390/educsci15060724

Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology.* Standford University. https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf

Office of National Higher Education Science Research and Innovation Policy Council. (2021, December 9). *Kan songsoem kanrianru talot chiwit (Lifelong learning) phua rong rap kan phlik chom chapphlan lae wikrittakan lok* [Promoting lifelong learning to support sudden changes and global crises]. NXPO. https://www.nxpo.or.th/th/report/9519

Okechi, K. L. Francine, N., & Etikan, I. (2024) A comprehensive analysis of cluster sampling versus multi-stage sampling techniques: methodologies, applications, and comparative insights. *Pioneer Journal of Biostatistics and Medical Research, 2*(1), 21–30. https://www.pjbmr.com/index.php/pjbmr/article/view/52

Sabin, M., Alrumaih, H., Impagliazzo, J., Lunt, B., Zhang, M., Byers, B., Newhouse, W., Paterson, B., Peltsverger, S., Tang, C., van der Veer, G., & Viola, B. (2017). *Curriculum guidelines for baccalaureate degree programs in information technology (IT2017)*. ACM. https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/it2017.pdf

Schez-Sobrino, S., Gómez-Portes, C., Vallejo, D., Glez-Morcillo, C., & Redondo, M. A. (2020). An intelligent tutoring system to facilitate the learning of programming through the usage of dynamic graphic visualizations. *Applied Sciences, 10*(4), Article 1518. https://doi.org/10.3390/app10041518

Sharma, P., & Harkishan, M. (2022). Designing an intelligent tutoring system for computer programing in the Pacific. *Education and Information Technologies, 27*, 6197–6209. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10882-9

Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research, 78*(1), 153–189. https://doi.org/10.3102/0034654307313795

Son, T. (2024). Intelligent tutoring systems in mathematics education: A systematic literature review using the substitution, augmentation, modification, redefinition model. *Computers, 13*(10), Article 270. https://doi.org/10.3390/computers13100270

Spitzer, M. W. H., & Moeller, K. (2023). Performance increases in mathematics during COVID-19 pandemic distance learning in Austria: Evidence from an intelligent tutoring system for mathematics. *Trends in Neuroscience and Education, 31*, Article 100203. https://doi.org/10.1016/j.tine.2023.100203

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science, 46*(2), 186–204. https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926

Wang, M., Sibia, N., Dema, I., Liut, M. & Suárez, C. A. (2021). *Building a better SQL automarker for database courses* [Conference presentation]. 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research. https://doi.org/10.1145/3488042.3489970

Weston, M., Sun, H., Herman, G. L., Benotman, H. & Alawini, A. (2021). *Echelon: An AI tool for clustering student-written SQL queries* [Conference presentation]. IEEE Frontiers in Education Conference, Lincoln, NE, USA,. https://doi.org/10.1109/fie49875.2021.9637203

Yang, S., Wei, Z., Herman, G. L. & Alawini, A. (2021). *Analyzing patterns in student SQL solutions via levenshtein edit distance* [Conference presentation]. Proceedings of the Eighth ACM Conference on Learning, Virtual Event, Germany. https://doi.org/10.1145/3430895.3460979

Yathongchai, C., Angsakun, T., & Angsakun, J. (2018). A design of a feedback model based on student metacognition in learning Structured Query Language. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning, 9*(1), 46–59. https://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/view/10254

Yathongchai, W., Angskun, J., & FUNG C. C. (2017). An ontology model for developing a SQL personalized intelligent tutoring system. *Naresuan University Journal: Science and Technology, 25*(4), 88–96. https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/ahstr/article/view/1679

Zhang, J., Nie, K., & Li, H. (2023). *Based on ontology construction for personalized learning resource recommendation research* [Conference presentation]. Proceedings of the 3rd International Conference on Internet Technology and Educational Informatization, Zhengzhou, China. https://doi.org/10.4108/eai.24-11-2023.2343624