การพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกราช ธรรมษา[1] และณัฏฐ์ ดิษเจริญ[2*]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา และ [2]ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วารินชำราบ อุบลราชธานี 34190
[*]E-mail: nadh.d@ubu.ac.th

รับบทความ: 10 กุมภาพันธ์ 2564 แก้ไขบทความ: 27 มิถุนายน 2564 ยอมรับตีพิมพ์: 18 กรกฎาคม 2564

บทคัดย่อ

การเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความสำคัญสำหรับนักศึกษาโดยเฉพาะสาขาคอมพิวเตอร์ ที่มีความรู้พื้นฐานเริ่มต้นและทักษะการเขียนโปรแกรมที่แตกต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องมีระบบที่ช่วยปรับทักษะของนักศึกษาให้สามารถบรรลุเป้าหมายในการเรียนได้ บทความวิจัยนี้นำเสนอผลการพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะ (ITSAT) สำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียนและเจตคติของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะที่ได้พัฒนาขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบแบบปรับเหมาะ และแบบสอบถามเจตคติ ระบบสอนเสริมอัจฉริยะพัฒนาบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาพีเอชพี ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล จาวาสคริปต์ และเฟรมเวิร์คบูสแตรบ กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัยและทดสอบระบบ คือ นักศึกษาสาขาคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 17 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน และความก้าวหน้าทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่าระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 63.83/59.61 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (60/60) (±2.50) ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.01$) ผลเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติรายชั้นมีค่าเท่ากับ 0.45 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง นักศึกษามีเจตคติต่อการเรียนผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.43 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.65) อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ระบบสอนเสริมอัจฉริยะ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การทดสอบแบบปรับเหมาะ

Development of Intelligent Tutoring System Based on Adaptive Testing for Learning Computer Programming

Ekarach Thammasa[1] and Nadh Ditcharoen[2*]

[1]Program Study of Science Education, and [2]Department of Mathematics, Statistics and Computer, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Warinchamrab, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

[*]E-mail: nadh.d@ubu.ac.th

Received: 10 February 2021 Revised: 27 June 2021 Accepted: 18 July 2021

Abstract

Learning computer programming is nowadays essential for students especially majoring in computer science. However, students' prior knowledge and programming skills are different. It's required the system to help adapt their skills to accomplish the study goals. This paper presents the development of Intelligent Tutoring System Based on Adaptive Testing (ITSAT) for learning computer programming, investigation of students' learning achievement and learning gain from learning by using ITSAT and studying students' satisfaction toward ITSAT. The research instruments consisted of adaptive tests, and questionnaires. The ITSAT was developed in form of a web application using PHP, MySQL database, Javascript and Boostrap framework. The ITSAT was tested by a sample of 17 university students majoring in computers selected by purposive sampling. They were studying at a university in Ubon Ratchathani Province. The data were analyzed by mean, standard deviation, dependent samples *t*–test, and normalized gain. The result showed that the efficiency (E1/E2) of the developed ITSAT was 63.83/59.61 which met the specified criteria (60/60). The average of post–learning achievement score was statistically higher than that of the pre–learning achievement score ($p < 0.01$). The average of the normalized gain of the class was 0.45 which was at the medium level. The average of students' satisfaction toward ITSAT for learning computer programming was 3.43 (SD = 0.65) which was at the high level.

Keywords: Intelligent tutoring system, Learning management process, Computer programming, Adaptive testing

บทนำ

ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีอุปกรณ์สื่อสารมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์ ทั้งการทำงาน รวมไปถึงการจัดการเรียนการสอนของทั้งโรงเรียนและสถาบันอุดมศึกษา ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ทุกที่ทุกเวลา ดังจะเห็นได้จากมีการพัฒนาแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์เพิ่มมากขึ้น สิ่งเหล่านี้นำไปสู่การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ออนไลน์เป็นจำนวนมากซึ่งจะสนับสนุนการแก้ปัญหาของการเรียนสร้างกิจกรรมนอกห้องเรียน ผ่านเครื่องมือและกิจกรรม พร้อมทั้งกระตุ้นและสร้างปฏิสัมพันธ์ (active learning) ที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้และทักษะ (Castro–Schez *et al*., 2020) การจัดกิจกรรมการสอนภายนอกห้องเรียนให้เหมือนห้องเรียนนั้นจะต้องนำระบบที่มีความฉลาดที่สามารถดำเนินกิจกรรมเหมือนกับผู้สอน เช่น ระบบสอนเสริมอัจฉริยะ (intelligent tutorial systems: ITS) ซึ่งเป็นการนำความสามารถของปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการจัดการระบบเพื่อใช้เป็นสื่อแทนหนังสือหรือการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน โดยการนำเสนอเนื้อหาสู่ผู้เรียนตั้งแต่เริ่มต้นของการเรียน และการออกแบบสื่อการเรียนรู้เพื่อสนับสนุนการเรียนในส่วนของการฝึกปฏิบัติ เช่น โจทย์ปัญหา แบบฝึกหัด อาจกล่าวได้ว่าเสมือนเป็นผู้ช่วยในการทำการบ้าน โดยสื่อเหล่านี้มักเป็นส่วนเติมเต็มของการเรียนการสอนที่มีอยู่ (Chodnok and Whattananarong, 2014) ช่วยทำหน้าที่เติมเต็มแทนผู้สอน โดยการดำเนินการเรียนรู้หรือกระบวนการเรียนรู้ มีองค์ประกอบหลักที่ขาดไม่ได้คือ ฐานข้อมูล ซึ่งจะบันทึกรายละเอียดผู้เรียน และข้อมูลที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียน ระบบจะต้องมีขั้นตอนวิธี (algorithm) ในการประเมินและเลือกกระบวนการแก้ปัญหาในระหว่างการเรียนรู้ของผู้เรียนควบคู่กันไป (Paneque *et al*., 2017)

ระบบสอนเสริมอัจฉริยะได้มีการนำเทคนิควิธีหลากหลายรูปแบบมาจัดกระบวนการของการเรียน เพื่อตัดสินใจในการกำหนดจัดกิจกรรมให้กับผู้เรียนแต่ละบุคคล สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญในการตัดสินใจในการกำหนดกิจกรรมก็คือผลคะแนนที่ได้จากการวัดและประเมินผล ซึ่งเป็นตัวกำหนดการตัดสินใจดังกล่าว การทดสอบอาจมีเทคนิควิธีการหลายวิธี แต่วิธีการที่นิยมคือการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ (computerized adaptive testing) โดยมีหลักการในการบริหารจัดการข้อสอบที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้สอบ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญได้แก่ การกำหนดจุดเริ่มต้นการสอบ การเลือกข้อสอบ การประเมินความสามารถและกฎของการหยุดการสอบ (Chaimongkol *et al*., 2016) การทดสอบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการทดสอบที่เหมาะสมกับการวัดระดับความรู้ ความสามารถของผู้สอบ โดยการตัดสินใจในการเลือกข้อสอบที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับผลการตอบของข้อสอบที่ผ่านมา ตามทฤษฎีของการตอบสนองข้อสอบ (item response theory) ซึ่งการทดสอบแบบปรับเหมาะแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างข้อสอบ การคัดเลือกข้อสอบข้อเริ่มต้น การคัดเลือกข้อสอบข้อถัดไป การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ และการยุติการสอบ (Kornpetpanee *et al*., 2016) ทั้งนี้การที่จะทำให้ได้มาซึ่งการวัดผลได้ตรงกับผู้เรียนมากที่สุดก็คือ คลังข้อสอบ

(Chodnok and Whattananarong, 2014) โดยคลังข้อสอบ เกิดจากกระบวนการสร้างข้อสอบและนำข้อสอบที่ได้นั้นไปเก็บข้อมูลผ่านการสอบของผู้เรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อแยกข้อสอบที่มีคุณภาพ และดำเนินการจัดกลุ่มของข้อสอบให้อยู่หลายระดับ เช่น ง่าย ปานกลาง และยาก (Charernmool *et al*., 2015) แล้วเก็บในคลังข้อสอบไว้ใช้ในการนำไปทดสอบต่อไป ในการเริ่มทำข้อสอบควรเริ่มจากข้อสอบที่มีระดับปานกลาง หรืออาจทำข้อสอบจากคลังข้อสอบเทียม เพื่อวัดระดับในการเลือกข้อสอบข้อแรกให้กับผู้สอบ และการตอบข้อสอบจะมีผลต่อการเลือกข้อสอบข้อถัดไป ซึ่งดูผลการตอบจากข้อที่ผ่านมา โดยใช้หลักการถ้าตอบผิด จะลดระดับความยากง่ายของข้อสอบลง และถ้าตอบถูกจะเพิ่มระดับความยากง่ายของข้อสอบขึ้น (Čisar *et al*., 2016) การประเมินผลผู้สอบและยุติการสอบนั้น อาจถูกกำหนดด้วยกฎ เช่น ลักษณะที่ผู้สอบทำการสอบให้ครบตามจำนวนข้อสอบที่กำหนดและทำการประเมิน เรียกว่า กฎความยาวคงที่ (Charernmool *et al*., 2015) หรือลักษณะที่ผู้สอบทำข้อสอบไม่หมดตามจำนวนของข้อสอบทั้งหมด ซึ่งขึ้นอยู่กับการกำหนดเงื่อนไขของการทำข้อสอบ เช่น การกำหนดเปอร์เซ็นต์ของการทำข้อสอบ โดยถ้าทำข้อสอบที่ยากที่สุดถูกต่อเนื่องจากข้อสอบทั้งหมดตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนด จะถือว่าผู้สอบนั้นมีความรู้เก่งมาก หรือผู้สอบทำข้อสอบที่มีระดับง่ายมากผิดต่อเนื่องตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนด จะแปลความหมายว่า ผู้เรียนนั้นมีระดับความรู้ที่ต่ำมาก ลักษณะนี้เรียกว่า กฎความยาวแปรผัน ซึ่งผู้เรียนไม่จำเป็นต้องทำข้อสอบหมดทุกข้อ (Chodnok and Whattananarong, 2014)

ถึงแม้ว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจะเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน ยังพบรูปแบบการสอนที่เน้นผู้สอนเป็นศูนย์กลาง อาจเนื่องมาจากความพร้อมของผู้สอนหรือข้อจำกัดด้านเวลา ซึ่งรูปแบบการสอนดังกล่าวไม่สามารถตอบสนองความแตกต่างของผู้เรียนที่มีพื้นฐานเริ่มต้นที่ไม่เท่ากัน การใช้วิธีการดั้งเดิมดังกล่าวนี้เป็นเรื่องยากที่จะส่งเสริมความคิดทางด้านตรรกะของผู้เรียนได้ (Mohamed and Lamia, 2018) ซึ่งถือว่ามีความสำคัญมากสำหรับการจัดการเรียนการสอนรายวิชาด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยจะต้องมีทักษะทางด้านการแก้ปัญหา ขั้นตอนวิธี ซึ่งเป็นทักษะที่มีความซับซ้อนเป็นอย่างมาก การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหามีความยาก เพราะต้องมีความเข้าใจแก่นแท้ในการแก้ไขปัญหา ที่จะต้องแปลออกมาด้วยคำสั่งทางคอมพิวเตอร์ (Mingoc and Sala, 2019) การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น ผู้ที่จะสามารถแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาได้ จะต้องเกิดจากการฝึกฝนการเขียนโปรแกรมแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ที่ได้จากความรู้ ความเข้าใจ หลักการและทฤษฎีทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะหลักการของการเขียนโปรแกรม ผู้ศึกษาจะต้องมีความเข้าใจโครงสร้างพื้นฐานที่ควบคุมเส้นทางการทำงานของโปรแกรม ซึ่งเป็นรากฐานที่จะต่อยอดในการเขียนโปรแกรมในขั้นสูงต่อไป ซึ่งจากการศึกษาปัญหาที่เกิดจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาทางด้านคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานีที่ผู้วิจัยสอน พบว่า ผู้เรียนมีผลคะแนนในเรื่องของการเขียนโปรแกรมแบบวนซ้ำ

ต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่าปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานเริ่มต้นในระดับที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากได้รับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบวิธีเดียวกันตั้งแต่เริ่มต้น อาจส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถพัฒนาทักษะของตนเองได้ตามที่มุ่งหวัง

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงออกแบบและพัฒนาระบบเสริมอัจฉริยะบนฐานของการทดสอบแบบปรับเหมาะ โดยประยุกต์ใช้วิธีความยาวแปรผันในขั้นตอนการทดสอบแบบปรับเหมาะ ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถจัดกลุ่มผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่น และนำหลักการตอบสนองการทำข้อสอบตามระดับขั้นความรู้ของผู้เรียนที่มีลักษณะรูปแบบการทดสอบชุดแรกจะอยู่ในระดับเดียวกัน การทำข้อสอบชุดต่อไปจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระดับของผู้เรียนมาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมให้แก่ผู้เรียน พร้อมทั้งพัฒนาระบบให้อยู่ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันที่ตอบสนองการใช้งานตามอุปกรณ์เพื่อให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์พกพาหน้าจอสัมผัส การทดสอบประสิทธิภาพของระบบสอนเสริมอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นนี้ โดยการใช้จัดการเรียนรู้รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเป็นเครื่องมือควบคุมการจัดการเรียนรู้ตามสภาพความรู้และความสามารถรายบุคคล โดยให้ระบบมาช่วยในการจัดการเรียนการสอนแทนผู้สอน ควบคุมการเรียนผ่านเนื้อหาและกิจกรรมที่กำหนดตามจุดประสงค์ ที่ผู้เรียนจะสามารถเข้าถึงได้ทุกสถานที่และทุกเวลา

วัตถุประสงค์

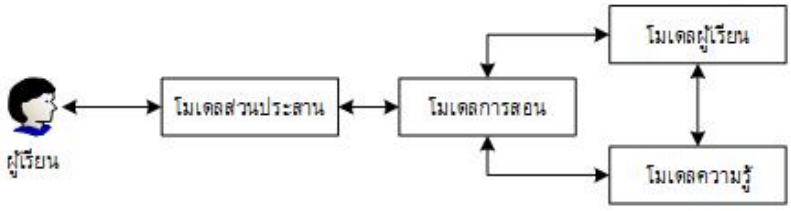
1. พัฒนาและหาประสิทธิภาพของระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2. ศึกษาผลการเรียนรู้และความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะที่ได้พัฒนาขึ้น

3. ศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อการเรียนผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

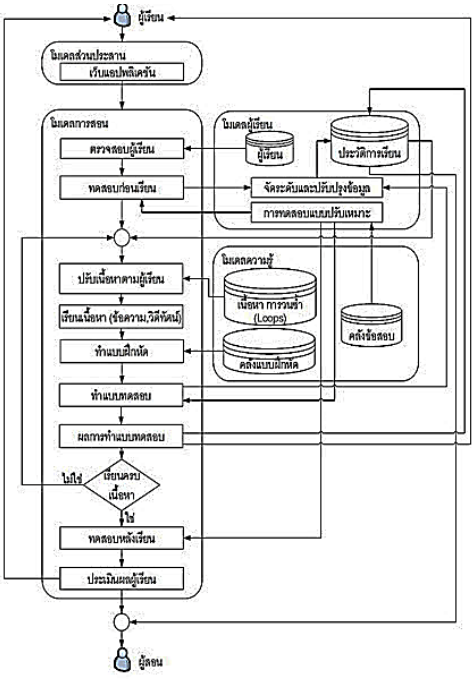
ระบบสอนเสริมอัจฉริยะ

โดยทั่วไประบบสอนเสริมอัจฉริยะมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ โมเดลความรู้ (domain model) โมเดลผู้เรียน (student model) โมเดลการสอน (pedagogical model) และโมเดลส่วนประสาน (user interface model) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบสอนเสริมอัจฉริยะ
ที่มา: Alhabbash *et al*., 2016

โมเดลความรู้หรือฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ใช้สอน ถามคำถามเพื่อให้หาคำตอบหรือให้ปัญหาที่จะให้แก้ปัญหา ซึ่งทั้งหมดเป็นแหล่งความรู้สำหรับผู้เรียน โมเดลผู้เรียนคือรูปแบบที่เสนอกระบวนการเรียนรู้ เช่น การแก้ปัญหา การค้นหาข้อมูลโดยการเรียนรู้จากความผิดพลาด การจัดระดับของผู้เรียนและรูปแบบการเรียน โมเดลการสอนคือการจะสอนผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างไร โดยความรู้จะมีความสัมพันธ์กับกฎในการสอนของแต่ละหัวข้อ และโมเดลส่วนประสานคือรูปแบบที่ผู้เรียนจะมีปฏิสัมพันธ์และสื่อสารกับระบบสอนเสริมอัจฉริยะ (Alhabbash *et al*., 2016) จากโครงสร้างการทำงานดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบส่วนประกอบระบบสอนเสริมดังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพส่วนประกอบของระบบสอนเสริมอัจฉริยะ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้นำหลักการของเอ็ดดี้โมเดล (ADDIE Model) มาใช้เป็นขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ การวิเคราะห์ (analysis: A) การออกแบบ (design: D) การพัฒนา (development: D) การนำไปใช้ (implement: I) และการสรุปผล (evaluation: E) (Durak and Ataizi, 2016) รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ (A)

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้ในการเรียนรายวิชาที่เกี่ยวกับพื้นฐานการเขียนโปรแกรมของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งประกอบด้วย

1.1 การวิเคราะห์ความต้องการ จากการศึกษาผลการเรียนและการตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

1.2 การวิเคราะห์ผู้เรียน คุณลักษณะและภูมิหลังของผู้เรียนที่จบมา ส่วนมากผู้เรียนมีระดับผลการเรียนที่ไม่สูงและผ่านการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์มาก่อนในระดับน้อย ควรต้องเพิ่มกระบวนการหรือเครื่องมือให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

1.3 การวิเคราะห์เนื้อหา จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการตอบแบบสอบถาม ผู้เรียนมีผลคะแนนและความเข้าใจต่ำกว่ามาตรฐานในเรื่องการเขียนโปรแกรมแบบวนซ้ำ ซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยจึงได้นำเนื้อหานี้มาศึกษาในครั้งนี้ โดยพิจารณาเนื้อหาอ้างอิงกับการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน

1.4 การวิเคราะห์เครื่องมือ พิจารณาถึงความสะดวกต่อการศึกษาของผู้เรียน โดยเครื่อง-

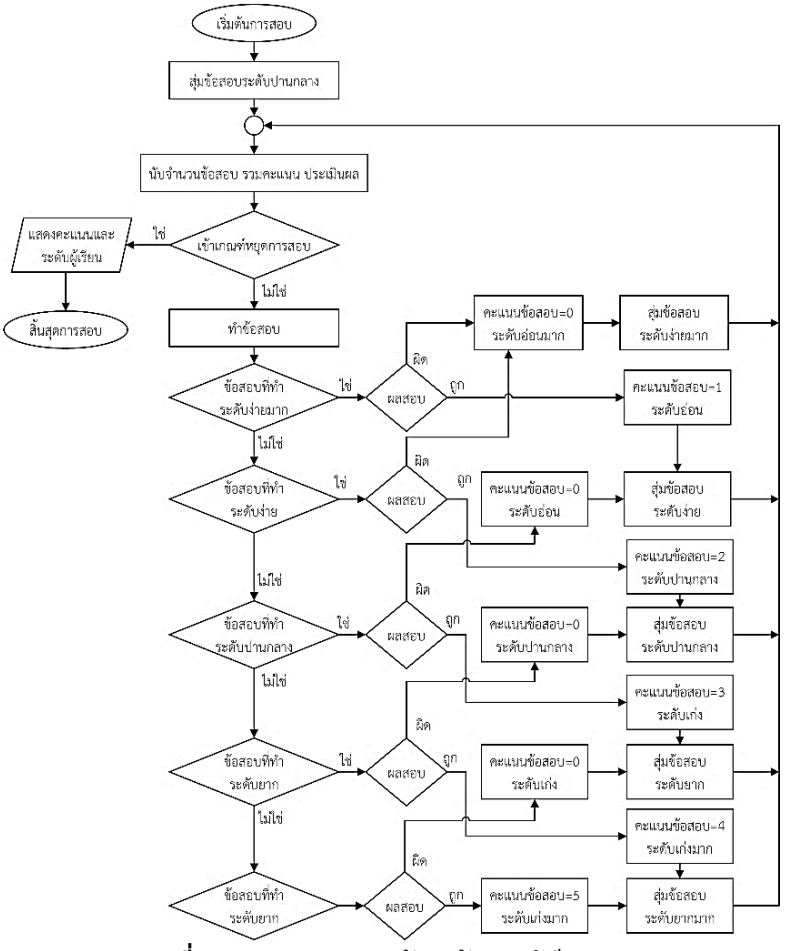
มือที่ใช้เป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คอมพิวเตอร์พกพา หรืออุปกรณ์พกพาซึ่งโปรแกรมภาษาไพธอนสามารถตอบสนองได้ทุกอุปกรณ์

1.5 การวิเคราะห์โครงสร้างและสภาพแวดล้อม ปัจจุบันการเรียนผ่านระบบออนไลน์มีความเหมาะสม สามารถศึกษาและทบทวนได้ทุกที่ทุกเวลา มีการตอบสนองและแจ้งผลในทันที มีสภาพแวดล้อมและเทคโนโลยีนำมาใช้จำนวนมาก

2. การออกแบบ (D)

ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนแรกมาพิจารณาออกแบบระบบสอนเสริมอัจฉริยะ เพื่อใช้สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนตั้งแต่เริ่มต้นไปจนสิ้นสุด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การออกแบบวิธีการวัดระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยประยุกต์ใช้วิธีการทดสอบแบบปรับเหมาะ (adaptive testing) ด้วยความยาวคงที่และความยาวแปรผัน (Thammasa, 2019) ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 3

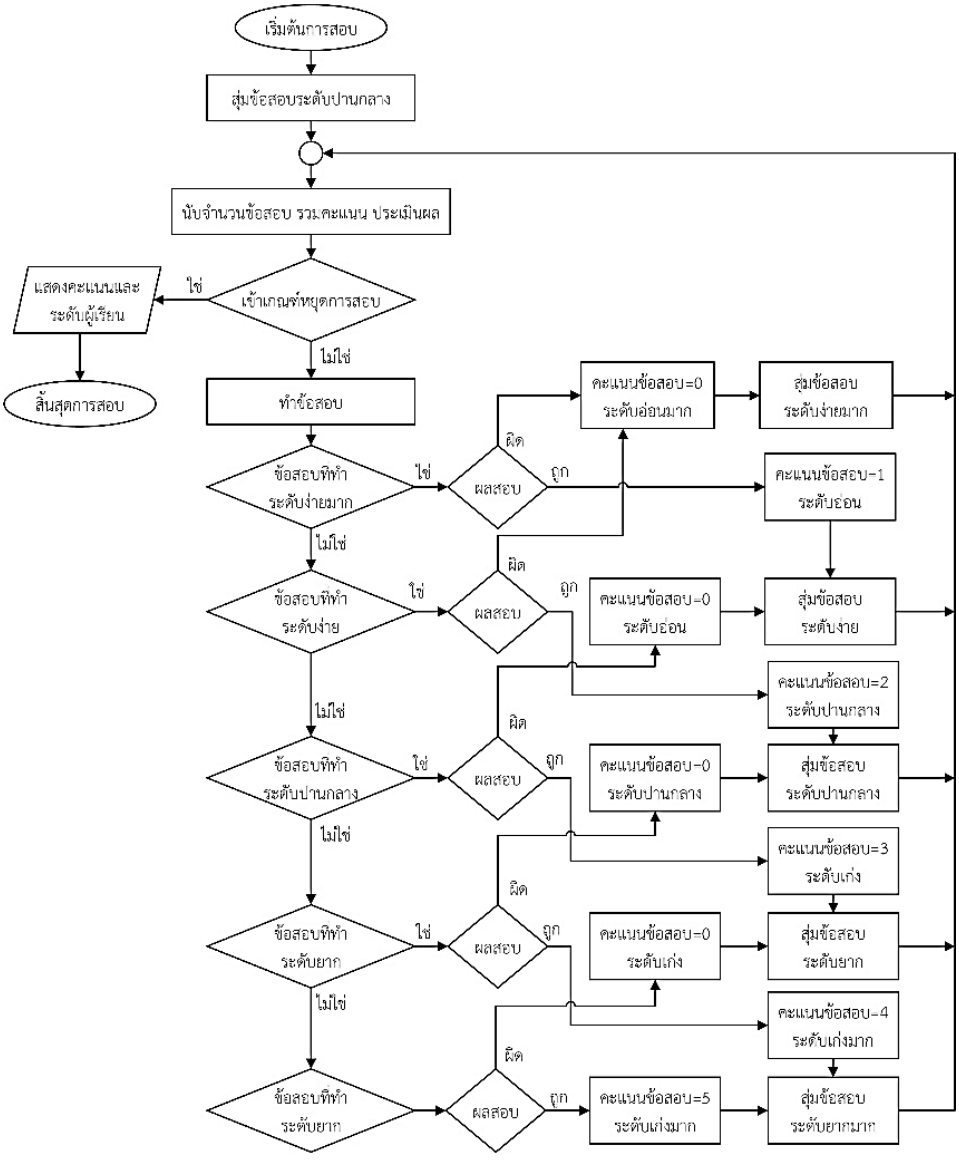


ภาพที่ 3 การออกแบบการวัดระดับของผู้เรียน

ที่มา: Thammasa (2019)

การวัดระดับของผู้เรียนนี้มีความสำคัญมาก เนื่องจากคะแนนที่ได้และระดับความรู้ของผู้เรียนที่ได้ จะนำไปพิจารณาจัดสรรเนื้อหาและกิจกรรมของผู้เรียนต่อไป

2.2 การออกแบบบทเรียน จากผลการวิเคราะห์เนื้อหา ผู้วิจัยได้ออกแบบเนื้อหาเรื่องการเขียนโปรแกรมแบบวนซ้ำ (loop) ด้วยโปรแกรมภาษาไพธอน แบ่งบทเรียนออกเป็น 5 เรื่อง ได้แก่ 1) หลักการพื้นฐานการวนซ้ำ 2) คำสั่ง while 3) คำสั่ง for 4) คำสั่ง break continue pass else และ 5) การวนซ้ำแบบซ้อน โดยมีเงื่อนไขของการเรียนและการทำกิจกรรม ดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การออกแบบกิจกรรมการเรียน

2.3 ออกแบบกิจกรรมการเรียน โดยพิจารณาจากการประเมินระดับความรู้ของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน ผลการประเมินที่ได้จะแปลความหมาย กำหนดเนื้อหาเริ่มต้นเรียนและกิจกรรมการเรียน รายละเอียดดังในตาราง 1

ตาราง 1 เงื่อนไขกิจกรรมของการเรียน

ข้อสอบระดับสุดท้าย	แปลความหมาย	เนื้อหาที่ได้รับ	กิจกรรมการเรียน	
ยากที่สุด หรือ ทำถูกต่อเนื่องร้อยละ 20 จากข้อสอบทั้งหมด	เก่งมาก	การวนซ้ำแบบซ้อน	คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 50 (ข้อความ วีดิทัศน์)	คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไป (ข้อความ วีดิทัศน์ แบบฝึกหัด)
ยาก	เก่ง	คำสั่ง break continue pass else	คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 50 (ข้อความ วีดิทัศน์)	คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไป (ข้อความ วีดิทัศน์ แบบฝึกหัด)
ปานกลาง	ปานกลาง	คำสั่ง for	คะแนนน้อยกว่า 50% (ข้อความ วีดิทัศน์)	คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไป (ข้อความ วีดิทัศน์ แบบฝึกหัด)
ง่าย	อ่อน	คำสั่ง while	คะแนนน้อยกว่า 50% (ข้อความ วีดิทัศน์)	คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไป (ข้อความ วีดิทัศน์ แบบฝึกหัด)
ง่ายมาก หรือทำผิดต่อเนื่อง 20% จากข้อสอบทั้งหมด	อ่อนมาก	การทำงานแบบวนซ้ำ	คะแนนน้อยกว่า 50% (ข้อความ วีดิทัศน์)	คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไป (ข้อความ วีดิทัศน์ แบบฝึกหัด)

เงื่อนไขกิจกรรมการเรียน (ตาราง 1) ใช้ในการตรวจสอบจำนวนข้อสอบในระดับนั้นและคำนวณสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของการทำข้อที่ถูก ตามที่ผู้วิจัยออกแบบไว้ดังในสมการที่ (1)

$$P_g = \sum \frac{I_c}{I_t} \times 100 \quad \text{- - - (1)}$$

ซึ่ง P_g คือ คะแนนที่ได้ (%)

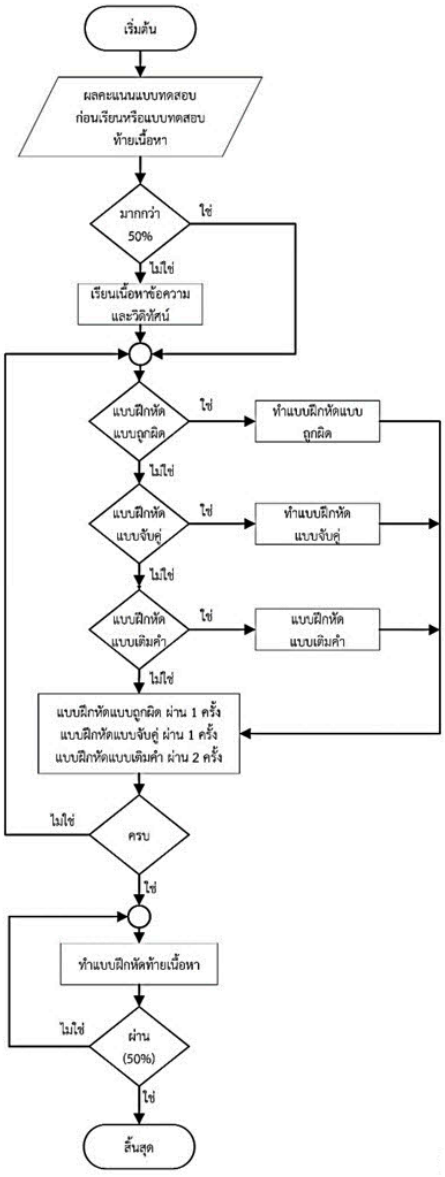
I_c คือ ระดับคะแนนของข้อสอบนั้นที่ทำถูก

I_t คือ ระดับคะแนนของข้อสอบ

โดย ข้อสอบระดับยากมาก เท่ากับ 5 คะแนน
ข้อสอบระดับยาก เท่ากับ 4 คะแนน
ข้อสอบระดับปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน
ข้อสอบระดับง่าย เท่ากับ 2 คะแนน
ข้อสอบระดับง่ายมาก เท่ากับ 1 คะแนน

ตัวอย่างเช่น หากผู้เรียนผ่านการประเมินอยู่ในระดับอ่อน ข้อสอบระดับง่ายที่ทำถูก จะถูกใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยภายในกลุ่มของข้อสอบง่ายทั้งหมด ถ้าคะแนนที่ได้มากกว่าร้อยละ 50 จะอนุญาตให้ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ทันที แต่หากผู้เรียนมีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 จะไม่เปิดให้ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัด ผู้เรียนต้องเรียนเนื้อหาข้อความและวีดิทัศน์ที่เตรียมไว้ให้ จึงอนุญาตให้ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ (ภาพที่ 5)

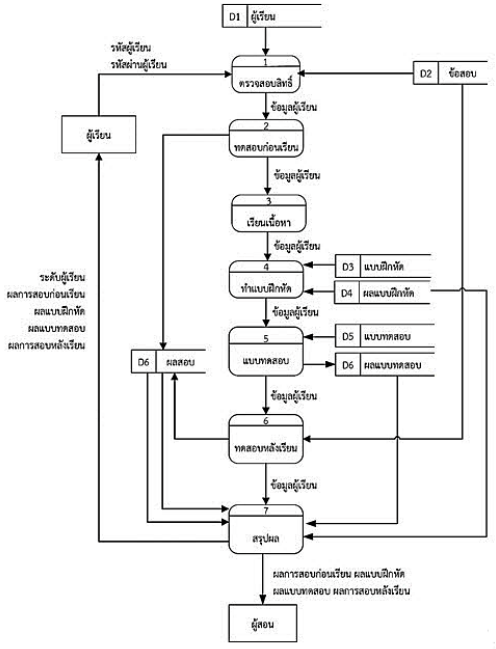
การเรียนของผู้เรียนเมื่อผ่านการศึกษาจากเนื้อหาข้อความและวีดิทัศน์ ผู้เรียนจะต้องทำแบบฝึกหัดซึ่งประกอบด้วย แบบฝึกหัดแบบถูกผิด แบบฝึกหัดแบบเติมคำ และแบบฝึกหัดแบบ



ภาพที่ 5 กิจกรรมแต่ละเนื้อหา

จับคู่ โดยการทำแบบฝึกหัดต้องผ่านตามเงื่อนไข จึงจะสามารถทำแบบทดสอบท้ายเนื้อหาได้ โดยมีเงื่อนไข คือ จะต้องทำแบบฝึกหัดแบบถูกผิดและจับคู่เกินร้อยละ 50 ผ่านอย่างน้อย 1 ครั้ง และทำแบบฝึกหัดแบบเติมคำผ่าน 2 ครั้ง จึงจะถือว่าผ่านการทำแบบฝึกหัดและทำแบบทดสอบท้ายเนื้อหาได้ การทำแบบทดสอบท้ายเนื้อหาจะเป็นการทดสอบเพื่อประเมินความรู้เพื่อข้ามเนื้อหา โดยมีหลักเกณฑ์ คือ จะต้องมีระดับการประเมินความรู้อยู่ในเกณฑ์ปานกลางขึ้นไป หรือได้คะแนนรวมเฉลี่ยร้อยละ 50 ขึ้นไป จึงถือผู้เรียนมีความรู้มากพอที่จะสามารถผ่านการเรียนในเนื้อหานั้นและสามารถข้ามไปยังเนื้อถัดไปได้

2.4 การออกแบบระบบสอนเสริมอัจฉริยะด้วยแผนภาพการไหลของข้อมูล (data flow diagram) ซึ่งอธิบายขั้นตอนการทำงานและเส้นทางการไหลของข้อมูลภายในระบบ มีรายละเอียดดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพการไหลของข้อมูล (DFD level 0) ของระบบ

2.5 การออกแบบคลังข้อสอบ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญหนึ่งในระบบการทดสอบแบบปรับเหมาะ

ที่ใช้ในการวัดระดับผู้เรียน ผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบแล้วนำมาใช้ทดสอบจริงกับนักศึกษาที่ได้เรียนในภาคการศึกษาก่อนหน้า จากนั้นวิเคราะห์ความเชื่อมั่นและความยากง่ายของข้อสอบ โดยเลือกข้อสอบที่มีระดับความยากง่ายอยู่ที่ 0.20–0.80 การวิเคราะห์ข้อสอบใช้สูตร KR–20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Quaigrain and Arhin, 2017) เลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้งสิ้น 100 ข้อ โดยจัดกลุ่มข้อสอบระดับความยากง่ายกลุ่มละ 20 ข้อ มาใช้ในการสร้างคลังข้อสอบ

3. การพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะ (D)

ระบบสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้พัฒนาระบบในรูปแบบของเว็บไซต์ที่สามารถปรับเปลี่ยนการแสดงผลตามขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ที่ใช้ (web responsive) คุณสมบัตินี้จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ให้คุณภาพการแสดงผลดีที่สุด หรืออุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตได้ ทั้งนี้ระบบจะแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้วิจัยพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะนี้ โดยใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) ควบคุมโครงสร้างการทำงาน ร่วมกับฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) ที่ใช้เก็บข้อมูลการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด และส่วนประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (GUI) ประกอบด้วย JavaScript CSS และ Bootstrap framework

4. การนำไปใช้ (I)

ระบบสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เลือกนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มนักศึกษาที่ศึกษาในสาขาคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 17 คน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ก่อนนำไปใช้ได้ชี้แจงให้ผู้เรียนได้เข้าใจและขอคำยินยอมตามข้อตกลงในการเรียน ดำเนินการทดลองให้ผู้เรียนศึกษาภายในระบบเนื้อหาจำนวน 5 เรื่อง ประกอบด้วย 1) หลักการพื้นฐานการวนซ้ำ 2) คำสั่ง while 3) คำสั่ง for 4) คำสั่ง break continue pass else และ 5) การวนซ้ำแบบซ้อน โดยการเรียนผู้เรียนศึกษาผ่านเนื้อหาข้อความที่เป็นใบความรู้และวีดิทัศน์ที่บันทึกด้วยผู้สอน ทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ กำหนดระยะเวลาให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมให้เสร็จสิ้นภายในระบบเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และผู้สอนติดตามกิจกรรมและให้คำแนะนำต่อผู้เรียนผ่านระบบ

5. การประเมินผล (E)

5.1 ระบบที่พัฒนาขึ้น ได้ผ่านการประเมินและทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านสาขาคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน (IOC = 0.82) และปรับแก้ตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

5.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ ประกอบด้วย 1) การหาประสิทธิภาพของระบบด้วย E1/E2 ดังในสมการที่ (2)–(3) โดยผู้วิจัยกำหนดมาตรฐานไว้ที่ 60/60 โดยประเมินจากคะแนนระหว่างเรียนและหลังเรียน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ทั้งนี้คะแนนบวกหรือลบไม่เกิน 2.50 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเป็นขั้นต่ำของการประเมินที่นำไปใช้ (Nuansaard *et al*., 2020) 2) การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้และความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนด้วย dependent sample *t*–test และ normalized gain (Nissen *et al*., 2018) และ 3) การสอบถามเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อระบบสอน เสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ด้วยแบบสอบถามโดยใช้การประเมินตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท (Harpe, 2015)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100 \quad \text{- - - (2)}$$

ซึ่ง E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ (efficiency of process)

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนกิจกรรมระหว่างเรียนของผู้เรียนทุกคน (N คน)

N คือ จำนวนผู้เรียนที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการสอน

A คือ คะแนนเต็มของกิจกรรมระหว่างเรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad \text{- - - (3)}$$

ซึ่ง E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ (efficiency of product)

$\sum F$ คือ ผลรวมของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทุกคน (N คน)

N คือ จำนวนผู้เรียนที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการสอน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะ

การทำงานของระบบมีขั้นตอนสรุปพอสังเขปดังต่อไปนี้

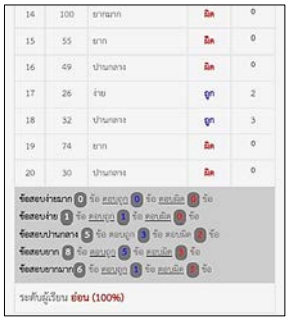
1. การเข้าระบบและการทดสอบก่อนเรียน ผู้เรียนต้องใช้สิทธิ์เพื่อเข้าระบบและทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดระดับความรู้ก่อนเรียน ซึ่งจะมีผลต่อการจัดเนื้อหาตามระดับที่ได้ของแต่ละบุคคล มีรายละเอียดดังภาพที่ 7

การทดสอบก่อนเรียน ผู้เรียนเข้าสู่ระบบโดยใช้รหัสผู้ใช้และรหัสผ่าน (ภาพที่ 7ก) เมื่อเข้า

(ก)

(ข)

(ค)



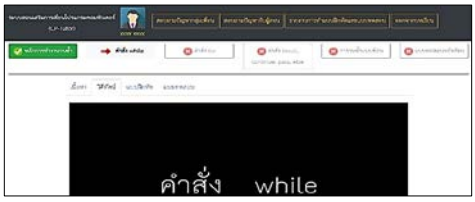
(ง)

(จ)

ภาพที่ 7 ขั้นตอนของระบบการทำงานระบบสอนอัจฉริยะฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะ (ก) การเข้าสู่บทเรียน (ข) การทดสอบก่อนเรียน (ค) การยุติการสอบ (ง) การแสดงระดับของผู้เรียน และ (จ) การเริ่มเรียนในเนื้อหาตามระดับของผู้เรียน

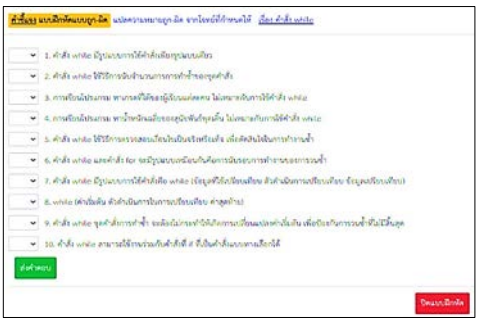
สู่ระบบจะเริ่มต้นสุ่มข้อสอบจากคลังข้อสอบในระดับปานกลางให้ผู้เรียนก่อนเป็นลำดับแรก ผู้เรียนต้องทำข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก (ภาพที่ 7ข) ต่อเนื่องไปจนกระทั่งยุติการสอบ (ภาพที่ 7ค) เมื่อสิ้นสุดการสอบระบบจะแจ้งระดับผลการสอบ (ภาพที่ 7ง) และให้เนื้อหาตามระดับของผู้เรียนที่ได้เพื่อเริ่มต้นในการเรียน (ภาพที่ 7จ)

2. การเรียนเนื้อหา ผู้เรียนจะได้รับเนื้อหาตามระดับความรู้ของผู้เรียนหลังจากทำแบบทดสอบก่อนเรียน ซึ่งระบบจะวิเคราะห์ผลที่ได้และนำเสนอเนื้อหาเริ่มต้นในการเรียน มีรายละเอียดดังในภาพที่ 8



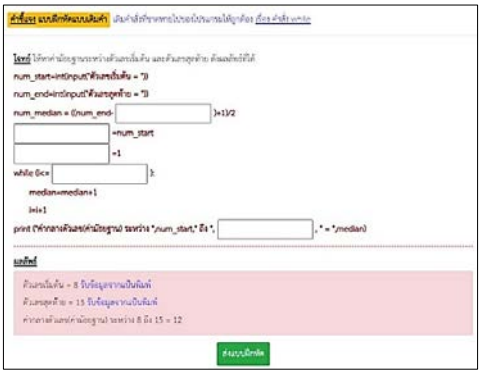
(ก)

(ข)



(ค)

ภาพที่ 8 การเรียนเนื้อหา (ก) การได้รับเนื้อหาตามระดับผู้เรียน (ข) การเลือกทำแบบฝึกหัด (ค) แบบฝึกหัดแบบถูก–ผิด (ง) แบบฝึกหัดแบบเติมคำ (จ) แบบฝึกหัดแบบจับคู่ (ฉ) ประวัติการทำกิจกรรม (ช) การทำแบบ ทดสอบท้ายเนื้อหา และ (ซ) การเรียนตามลำดับเนื้อหาบทเรียน



(ง)

(จ)

ลำดับ	กิจกรรม	เนื้อหา	ผลคะแนนที่ได้	สถานะ	วันและเวลา
6	แบบฝึกหัดแบบจับคู่	คำสั่ง while	8/10 (80%)	ผ่าน	31 พฤษภาคม 2563, 22:49 น.
5	แบบฝึกแบบถูกผิด	คำสั่ง while	6/10 (60%)	ผ่าน	31 พฤษภาคม 2563, 22:43 น.
4	แบบทดสอบ	หลักการทำงานวนซ้ำ	เก่งมาก (66%)	ผ่าน	31 พฤษภาคม 2563, 21:35 น.
3	แบบฝึกแบบถูกผิด	หลักการทำงานวนซ้ำ	6/10 (60%)	ผ่าน	31 พฤษภาคม 2563, 20:59 น.
2	แบบฝึกแบบถูกผิด	หลักการทำงานวนซ้ำ	4/10 (40%)	ไม่ผ่าน	31 พฤษภาคม 2563, 20:46 น.
1	แบบทดสอบก่อนเรียน	-	อ่อนมาก (71%)		28 พฤษภาคม 2563, 15:45 น.

(ฉ)

(ช)

(ซ)

การเริ่มต้นการเรียนขึ้นอยู่กับผลการประเมินจากแบบทดสอบก่อนเรียน โดยผลที่ได้อาจไม่ต้องเริ่มต้นเรียนเนื้อหาตั้งแต่เริ่มแรก (ภาพที่ 8ก) การดำเนินกิจกรรมการเรียนนั้น ผู้เรียนสามารถกลับไปเรียนเนื้อหาในระดับต่ำกว่าได้ แต่ไม่สามารถเรียนเนื้อหาที่ระดับสูงกว่าได้ และผลจากการทำแบบทดสอบ จะพิจารณาหากผู้เรียนอยู่ในระดับปานกลางขึ้นไปหรือได้คะแนนร้อยละ 50 ของระดับนั้น จะถือว่าผู้เรียนมีความรู้เกินครึ่งสามารถทำแบบฝึกหัดได้ แต่ถ้าไม่ถึงผู้เรียนต้องเรียนผ่านวีดีทัศน์ก่อนจึงจะสามารถทำแบบฝึกหัดได้ โดยแบบฝึกหัดประกอบด้วยแบบฝึกหัดแบบถูก–ผิด (ภาพที่ 8ข) แบบฝึกหัดแบบเติมคำ (ภาพที่ 8ค) และแบบฝึกหัดแบบจับคู่ (ภาพที่ 8ง) ผู้เรียนสามารถตรวจสอบประวัติการทำกิจกรรมได้ (ภาพที่ 8จ) เมื่อเรียนและทำแบบฝึกหัดผ่านตามเงื่อนไข ผู้เรียนสามารถทำแบบทดสอบท้ายเนื้อหา (ภาพที่ 8ช) เพื่อประเมินความรู้ในการข้ามเนื้อหา หากผลการประเมินได้ระดับปานกลางขึ้นไปหรือตอบถูกมากกว่าร้อยละ 50 จะถือว่าผู้เรียนได้ผ่านเกณฑ์ สามารถข้ามไปยังเนื้อหาถัดไปได้ (ภาพที่ 8ซ)

3. การทดสอบหลังเรียน เมื่อสิ้นสุดการเรียนผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อประเมินระดับความรู้หลังเรียนจากเนื้อหาทั้งหมด มีรายละเอียดดังในภาพที่ 9

การทดสอบหลังเรียนข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก (ภาพที่ 9ก) จะถูกดำเนินการเมื่อผู้เรียนได้เรียนผ่านครบเนื้อหาทั้งหมด เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบเสร็จสิ้น ระบบจะทำการประเมินระดับความรู้ที่ได้ รายงานผลการทำกิจกรรมทั้งหมด และแจ้งเตือนการสิ้นสุดการเรียน (ภาพที่ 9ข) ระบบจะทำการยุติกิจกรรมการเรียนและไม่ให้ผู้เรียนกลับไปทำรายการก่อนหน้าได้ ซึ่งถือว่าเป็นการสิ้นสุดการเรียน

(ก)

(ข)

ภาพที่ 9 (ก) การทดสอบหลังเรียน และ (ข) การสิ้นสุดการเรียน

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยค่า E1/E2

ผลการศึกษา พบว่า มีค่าเท่ากับ 63.83/59.61 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 60/60 ซึ่งมีค่าแตกต่างจากเกณฑ์ได้ที่ ±2.50 (Asanok, 2018; Nuansaard *et al*., 2020)

ผลการเรียนรู้และความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนจากคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยคะแนนก่อนเรียน 0.00 หมายถึง ผู้เรียนทำผิดทุกข้อ ผลการเรียนรู้และความก้าวหน้าทางการเรียน (ตาราง 2) พบว่า ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแตกต่าง นำคะแนนที่ได้นี้ไปแจกแจงความถี่เพื่อหาการกระจายของข้อมูลด้วยความเบ้ (skewness: S_k) และความโด่ง (kur-

tosis: k) ผลที่ได้พบว่า มีการกระจายของคะแนนทั้งก่อนเรียน (S_k = –0.92, K = 0.35) และหลังเรียน (S_k = –1.00, K = –0.59) มีค่าความเบ้และความโด่งอยู่ในช่วง ±1.96 ซึ่งถือว่ามีการกระจายแบบโค้งปกติ (Tiantong, 2005) สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี dependent sample *t*–test ได้ดังตาราง 3

ตาราง 2 ผลการทดลองกับกลุ่มที่ศึกษา

คนที่	ร้อยละคะแนน		การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น	การเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้น	ความก้าวหน้าทางการเรียน	ร้อยละกลุ่มความก้าวหน้าผู้เรียน
	ก่อนเรียน	หลังเรียน				
1	00.00	74.00	74.00	100.00	0.74	สูง
2	14.29	73.86	59.57	85.71	0.70	11.77
3	25.00	76.19	51.19	75.00	0.68	
4	00.00	66.67	66.67	100.00	0.67	
5	24.00	73.24	49.24	76.00	0.65	
6	16.00	60.71	44.71	84.00	0.53	
7	23.33	63.16	39.83	76.67	0.52	ปานกลาง
8	30.77	64.00	33.23	69.23	0.48	52.94
9	34.00	63.16	29.16	66.00	0.44	
10	30.77	59.26	28.49	69.23	0.41	
11	42.19	61.54	19.35	57.81	0.33	
12	29.03	49.32	20.29	70.97	0.29	
13	20.00	41.27	21.27	80.00	0.27	
14	45.24	58.82	13.58	54.76	0.25	ต่ำ
15	24.24	42.86	18.62	75.76	0.25	35.29
16	35.29	49.30	14.01	64.71	0.22	
17	21.43	36.07	14.64	78.57	0.19	
$\bar{x}$	24.45	59.61	35.17	75.55	0.45	100

ตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบการเรียนรู้ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	N	$\bar{x}$	SD	*t*	Sig
ก่อนเรียน	17	24.45	12.39	7.474	.000**
หลังเรียน	17	59.61	12.13		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลการเปรียบเทียบการเรียนรู้ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (ตาราง 3) จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 17 คน พบว่า คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน โดยหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$=59.61, SD=12.13) ที่สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{X}$=24.45, SD=12.39) แตกต่างกัน ($p < 0.01$)

ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยวิธี normalized gain (Hake, 1998) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (4)

$$\langle g \rangle = \frac{\%posttest - \%pretest}{100 - \%pretest} \times 100 \quad - - - (4)$$

ซึ่ง <*g*> คือ ความก้าวหน้าทางการเรียน

%posttest คือ ร้อยละคะแนนสอบหลังเรียน

%pretest คือ ร้อยละคะแนนสอบก่อนเรียน

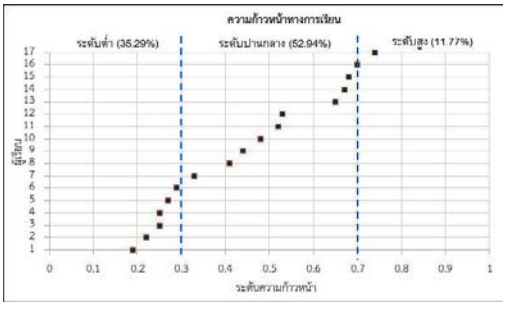
โดย ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นดังนี้

<*g*> ≥ 0.7 มีความก้าวหน้าระดับสูง (high gain)

0.3 ≤ <*g*> < 0.7 มีความก้าวหน้าระดับปานกลาง (medium gain)

<*g*> < 0.3 มีความก้าวหน้าระดับต่ำ (low gain)

จากผลคะแนนที่ได้จากการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน (ตาราง 2) พบว่า กลุ่มของผู้เรียนมีคะแนนความรู้ที่เพิ่มขึ้น (actual gain = %posttest–%pretest) เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 35.17 การเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้น (maximum possible gain=100–%pretest) เฉลี่ยเท่ากับ 75.55 และความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 ซึ่งถือว่าภาพรวมผู้เรียนมีก้าวหน้าในการเรียนรู้ในระดับปานกลาง จากข้อมูลดังกล่าว นำไปจัดกลุ่มระดับความก้าวหน้าทางการเรียน ผลที่ได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ความก้าวหน้าทางการเรียน

จากการจัดกลุ่มระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคน (ภาพที่ 10) พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำคิดเป็นร้อยละ 35.29 ระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 52.94 ระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 11.17 และภาพรวมผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 45

ผลการประเมินเจตคติของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะสำหรับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ท และผลการประเมิน (ตาราง 4) ดังนี้

มาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ท มีเกณฑ์การให้คะแนนเจตคติดังนี้

ระดับเจตคติมากที่สุด	ให้	5 คะแนน
ระดับเจตคติมาก	ให้	4 คะแนน
ระดับเจตคติปานกลาง	ให้	3 คะแนน
ระดับเจตคติน้อย	ให้	2 คะแนน
ระดับเจตคติน้อยที่สุด	ให้	1 คะแนน

เกณฑ์การแปลความหมาย เพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยของช่วงคะแนนที่ได้ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
4.21–5.00	มีเจตคติที่ดีต่อระบบระดับมากที่สุด
3.41–4.20	มีเจตคติที่ดีต่อระบบระดับมาก
2.61–3.40	มีเจตคติที่ดีต่อระบบระดับปานกลาง
1.81–2.60	มีเจตคติที่ดีต่อระบบระดับน้อย
1.00–1.80	มีเจตคติที่ดีต่อระบบระดับน้อยที่สุด

จากผลการประเมินเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะ พบว่า ผู้เรียนมีเจตคติต่อการใช้งานผ่านระบบสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้เป็นอิสระ สะดวกและง่ายต่อการเรียนในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.29, SD=0.49) และผู้เรียนมีเจตคติต่อรูปแบบการเรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้ดีเพิ่มมากขึ้นในระดับน้อยที่สุด ($\bar{X}$=3.14, SD=0.90) และภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.43, SD=0.65) ซึ่งถือว่าผู้-

ตาราง 4 ผลการประเมินเจตคติของผู้เรียนต่อการเรียนผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะ

หัวข้อ	$\bar{X}$	SD	ความหมาย
1. รูปแบบการเรียน มีความสนใจและสร้างแรงจูงใจให้สนใจเรียนเพิ่มมากขึ้น	3.43	0.53	มาก
2. การเรียนผ่านระบบมีขั้นตอนในการเรียนเข้าใจง่าย ทำให้การเรียนสะดวกและง่ายขึ้น	3.14	0.38	ปานกลาง
3. การเรียนผ่านระบบมีรายละเอียดเนื้อหาเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย ทำให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น	3.29	0.49	ปานกลาง
4. การเรียนผ่านระบบมีการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบข้อความ รูปภาพและวีดีโอ ทำให้เกิดความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น	3.43	0.53	มาก
5. การเรียนผ่านระบบมีแบบฝึกหัดให้ทำที่หลากหลาย ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกเกิดการเรียนรู้เข้าใจเพิ่มมากขึ้น	3.43	0.53	มาก
6. มีการประเมินจากแบบทดสอบแต่ละเนื้อหาในระบบ ทำให้มีความพยายามเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น	3.57	0.53	มาก
7. การใช้งานผ่านระบบสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้เป็นอิสระ สะดวกและง่ายต่อการเรียน	4.29	0.49	มากที่สุด
8. การเรียนผ่านระบบมีการสอบถามปัญหาระหว่างเพื่อนและผู้สอน ทำให้ได้คำตอบ เข้าใจเนื้อหาเพิ่มขึ้น	3.29	0.95	ปานกลาง
9. รูปแบบการเรียน สามารถทำให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้น	3.14	0.90	ปานกลาง
10. รูปแบบการเรียนนี้ทำให้ผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรมแก้โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้น	3.29	0.49	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	3.43	0.65	มาก

เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะ ซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสูงขึ้นได้

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบสอนเสริมอัจฉริยะสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เมื่อผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วในภาพรวมมีคุณภาพทั้งในด้านเนื้อหาและการทำงานระบบอยู่ในเกณฑ์ดี (IOC = 0.82) และเมื่อนำไปทดลองใช้ พบว่ามีประสิทธิภาพที่ 63.83/59.61 ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 2) การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนผ่านระบบสอนเสริมอัจฉริยะมีความแตกต่างกัน โดยหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.01$) และผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 45 และ 3) ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อระบบสอนเสริมอัจฉริยะอยู่ในระดับมาก จึงสรุปได้ว่า ระบบสอนเสริมอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้พัฒนาความรู้และทักษะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งยังสามารถส่งเสริมให้เกิดเจตคติที่ดีการเรียนรู้ต่อการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เนื่องจากระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะประกอบด้วยส่วนของกิจกรรมการเรียนที่ออกแบบให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านเนื้อหาข้อความ วีดิทัศน์ และทำแบบฝึกหัดภายในระบบ

ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันแบบ responsive ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลายช่องทางได้ทุกที่ทุกเวลา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chodnok and Whattananarong (2014) ที่พัฒนารูปแบบการเรียนแบบปรับเหมาะที่มีปฏิสัมพันธ์ผ่านคอมพิวเตอร์พกพาหน้าจอสัมผัสมีประสิทธิภาพ ทำให้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน ส่วนของการประเมินใช้วิธีการทดสอบแบบปรับเหมาะที่มีประสิทธิภาพในการวัดระดับผู้เรียนได้สอดคล้องกับความรู้เบื้องต้นของแต่ละบุคคล ส่งผลให้ผู้เรียนได้เนื้อหาและพัฒนาการเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตน และงานวิจัยที่ใช้วิธีการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ จำแนกผู้เข้ารับการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบความยาวแปรผัน (Charernmool *et al*., 2015) และใช้รูปแบบการตอบสนองการทำข้อสอบตามระดับขั้นความรู้ของผู้เรียน (Chaimongkol *et al*., 2016) สามารถจัดกลุ่มผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่น จากการสังเกตผู้เรียนมีการตอบสนองต่อระบบอยู่ในระดับดี โดยเข้าไปดำเนินกิจกรรมการเรียนภายในเวลาที่กำหนดและครบทุกกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับการนำระบบสอนเสริมอัจฉริยะไปใช้กับผู้เรียนสาขาทางด้านคอมพิวเตอร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ active learning (Castro–Schez *et al*., 2020) เช่น การจัดการเรียนรู้ตรรกศาสตร์คอมพิวเตอร์ไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนแบบกลับด้าน (Mohamed and Lamia, 2018) ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะพื้นฐานทางด้านคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและมีเจตคติต่อการเรียน นอกจากนี้การใช้ระบบสอนเสริมอัจฉริยะมาช่วยในการจัดการเรียนรู้ ยังเป็นการกระตุ้นผู้เรียนที่ต้องมีความกระตือรือร้นศึกษาด้วยตนเองผ่านเครื่องมือและเทคโนโลยีที่มีในปัจจุบัน ผู้เรียนจึงมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ในรูปแบบนี้

การวิจัยครั้งนี้ประสิทธิภาพของการใช้ระบบไม่สูงมากนัก เนื่องจากเนื้อหามีความซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจและต้องใช้เวลาในการศึกษา การทำให้ระบบมีความอัจฉริยะเพิ่มขึ้นโดยสามารถวิเคราะห์เชิงลึกความรู้แต่ละหัวข้อของบทเรียน ตอบสนองให้เนื้อหาและกิจกรรมต่อผู้เรียนที่มีรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น พร้อมทั้งรายงานข้อมูลให้ผู้สอนได้ทราบเป็นรายบุคคลเพื่อหาแนวทางในการแก้ไข และการสร้างปฏิสัมพันธ์ในกิจกรรมของการเรียนเนื้อหาหรือกิจกรรมการทำแบบฝึกหัดให้อยู่ในรูปแบบที่ดึงดูดความสนใจเพิ่มมากขึ้น สามารถทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้สูงขึ้นได้ เพื่อความเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในเนื้อหาอื่นหรือวิชาแขนงอื่นที่มีความเกี่ยวข้องกันได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกรินทร์ วทัญญูเลิศสกุล อาจารย์ณัฐวัฒน์ คมเฉียบและอาจารย์ปิยวัฒน์ อัฒจักร สังกัดคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในงานวิจัยครั้งนี้

การขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การวิจัยการพัฒนาระบบสอนเสริมอัจฉริยะบนฐานการทดสอบแบบปรับเหมาะสำหรับ

การเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ผ่านการขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานส่งเสริมบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี หมายเลขใบรับรอง UBU–REC–65/2562

เอกสารอ้างอิง

Asanok, M. (2018). Development, efficiency and effectiveness of innovation for self–learning Model. **Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University (JETC)** 1(2): 9–18. (in Thai)

Alhabbash, M. I., Mahdi, A. O., and Naser, S. S. A. (2016). An Intelligent tutoring system for teaching grammar English tenses. **European Academic Research** 4(9): 7743–7757.

Castro–Schez, J. J., Glez–Morcillo, C., Albusac, J., and Vallejo, D. (2021). An intelligent tutoring system for supporting active learning: A case study on predictive parsing learning. **Information Sciences** 544: 446–468.

Chaimongkol, N., Pasiphol, S., and Kanjanawasee, S. (2016). Computerized adaptive testing with reflective feedback: A conceptual framework. **Procedia–Social and Behavioral Sciences** 217: 806–812.

Charernmool, P., Visutsak, P., and Mingkhwan, A. (2015). The Classification examinee by using variable–length with item selection testing. **Information Technology Journal** 11(2): 17–23. (in Thai)

Chodnok, T., and Whattananarong, K. (2014). Development of an adaptive learning model with interactions on tablets. **Journal of Technical Education Development** 27(92): 23–31. (in Thai)

Čisar, S. M., Čisar, P., and Pinter, R. (2016). Evaluation of knowledge in object oriented programming course with computer adaptive tests. **Computers & Education** 92: 142–160.

Durak, G., and Ataizi, M. (2016). The ABC's of online course design according to Addie model. **Universal Journal of Educational Research** 4(9): 2084–2091.

Harpe, S. E. (2015). How to analyze Likert and other rating scale data. **Currents in Pharmacy Teaching and Learning** 7(6): 836–850.

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.

Kornpetpanee, S., Tinnaworn, P., and Sukhanonsawat, S. (2016). Development of a computerized adaptive testing program for O–NET. **Research Methodology and Cognitive Science** 14(1): 14–31. (in Thai)

Mohamed, H., and Lamia, M. (2018). Implementing flipped classroom that used an

intelligent tutoring system into learning process. **Computers & Education** 124: 62–76.

Mingoc, N. L., and Sala, E. L. R. (2019). Design and development of learn your way out: A gamified content for basic Java computer programming. **Procedia Computer Science** 161: 1011–1018.

Nissen, J. M., Talbot, R. M., Thompson, A. N., and Van Dusen, B. (2018). Comparison of normalized gain and Cohen's d for analyzing gains on concept inventories. **Physical Review Physics Education Research** 14(1): 010115.

Nuansaard, N., Hajisalah, S., Kongthip, Y. and Janjaroon, A. (2020). The Development of geometrical learning activities by connecting with real–life situations for eighth grade students. **Journal of Industrial Education** 19(1): 47–55. (in Thai)

Paneque, J. J., Cobo, P., and Fortuny, J. M. (2017). Intelligent tutoring and the development of argumentative competence. **Technology, Knowledge and Learning** 22(1): 83–104.

Quaigrain, K., and Arhin, A. K. (2017). Using reliability and item analysis to evaluate a teacher–developed test in educational measurement and evaluation. **Cogent Education** 4(1): 1301013.

Tiantong, M. (2005). **Statistics and Research Methodology for Information Technology**. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)

Thammasa, E. (2019). The development of adaptive testing for intelligent tutoring systems by using fixed length and variable length. **Proceeding of 2019 Rajabhat University Nation Conference** (pp 388–389). Pathumthani, Thailand: Sri–Ayutthaya Cluster. (in Thai)