

การพัฒนาโปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้ “โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้” ด้วยหลักการสอนของกาเย่

Development of a Tutoring Program for Learning Tree Data Structure Based on Robert Gagné's Concepts of Instructional Theory

ภาคินี ชูอินแก้ว¹ ภัทรวดี แก้วอัมพร¹ และ เคือนเพ็ญ กษกรจารุพงศ์^{2*}

Pakinee Chuinkeaw¹, Pattarawadee Keawamporn¹ and Duenpen Kochakornjarupong^{2*}

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาโปรแกรมสอนเสริม เพื่อการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ โดยใช้หลักการสอนของโรเบิร์ต กาเย่ (Robert Gagné) (2) นำเสนอเนื้อหาโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ สำหรับผู้ที่สนใจในการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย และกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน (3) ประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม โปรแกรมนี้พัฒนาโดยใช้แมคโครมีเดียแฟลช ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์และแสดงผลด้วยเว็บเบราว์เซอร์ ประกอบด้วยเนื้อหา 6 บทเรียน โดยมีแบบฝึกหัดท้ายบทแต่ละ 10 ข้อ และแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทั้งหมดอย่างละ 30 ข้อ ผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนได้ ผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยผู้เรียนเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

คำสำคัญ : โปรแกรมสอนเสริม โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ ประสิทธิภาพ

¹ นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2552 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

² อาจารย์ คร. สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

* Corresponding author : โทรศัพท์ 074-693 955 Email: Duenpen@tsu.ac.th

Abstract

The objectives of this experimental research were (1) to develop a Tutoring Program for Learning Tree Data Structure based on Robert Gagné's concepts of instructional theory, (2) to present contents of tree data structure for people who are interested in learning this topic with understandable format to motivate students to learn, (3) to assess program efficiency under Microsoft Window operating system and display the output on the web browser. It contains 6 lessons, 10 exercise items for each lesson and 30 items of pretest and posttest. In general the result of testing the program with experts showed that the quality of developed program was good and could use the program to improve teaching and learning. The result of assessing program efficiency was presented according to the defined criteria.

Keywords : Tutoring Program, Tree Data Structure, Efficiency

คำนำ

โปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้จัดเป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้มีการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสนใจ เพื่อเพิ่มความก้าวหน้าทางการศึกษาหรือบทเรียน ช่วยทบทวนความรู้ ทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการเลือกเรียน เช่นเดียวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั่วไปการสร้างโปรแกรมสอนเสริมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยการเขียนโปรแกรมเป็นเพียงอย่างเดียวสามารถทำได้ง่ายโดยไม่ต้องอาศัยแนวคิดในการออกแบบบทเรียน แต่การออกแบบและพัฒนาบทเรียนที่ดีจำเป็นต้องทราบพื้นฐานทางด้านทฤษฎีการสอน ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างเพียงพอก่อนที่จะออกแบบบทเรียน เช่น แนวคิดกับการแยกย่อยเนื้อหาการประมาณที่ละเอียด การทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย ให้มีการตอบสนองต่อความต้องการต่อผู้เรียน แนวคิดของโรเบิร์ตกาเย่ (Robert Gagné) 9 ประการ เป็นที่นิยมในกลุ่มนักการศึกษา หรือผู้ออกแบบโปรแกรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน [1-2] และในปัจจุบันแนวคิดนี้ได้ถูกนำมาบรรจุอยู่ในบางหลักสูตรสำหรับการสอนเพื่อการออกแบบบทเรียนหรือโปรแกรมช่วยสอนในระดับอุดมศึกษา

โรเบิร์ต กาเย่ (Robert Gagne') ได้นำเอาแนว

ความคิด 9 ประการ มาใช้ประกอบการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้บทเรียนที่เกิดจากการออกแบบในลักษณะการเรียนการสอนจริง โดยยึดหลักการนำเสนอเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์หลักการสอนทั้ง 9 ประการ [1-2] ได้แก่

1. เร่งเร้าความสนใจ (Gain Attention) ก่อนที่จะเริ่มการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน ควรมีการจูงใจและเร่งเร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียน เช่น การใช้ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว และ/หรือการใช้เสียงประกอบบทเรียนในส่วนบทนำ
2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives) วัตถุประสงค์ของบทเรียนนับว่าเป็นส่วนสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้ทราบถึงความคาดหวังของบทเรียนจากผู้เรียน
3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) การทบทวนความรู้เดิมก่อนที่จะนำเสนอความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน เช่น การทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test)
4. นำเสนอเนื้อหา (Present the Content) หลักสำคัญในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ ควรนำเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบกับคำอธิบาย สั้น ๆ
5. ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)

ตามหลักการและเงื่อนไขการเรียนรู้ (Condition of Learning) ผู้เรียนจะจำเนื้อหาได้ดี เช่น ยกตัวอย่างเปรียบเทียบ

6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน (Elicit Performance) เช่น ถามคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนตอบในระหว่างเรียนบทเรียน ดังนั้น การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับตรงกับระดับและขั้นตอนของการประมวลผลข้อมูล

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น เช่น การตอบกลับเมื่อผู้เรียนตอบถูกต้องหรือผิด ในขณะที่เรียนหรือทำแบบฝึกหัด

8. ทดสอบความรู้ใหม่ (Assess Performance) การทดสอบความรู้ใหม่หลังจากศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรียกว่าการทดสอบหลังบทเรียน (Post-test)

9. สรุปและนำไปใช้ (Review and Transfer) การสรุปและนำไปใช้ จัดว่าเป็นส่วนสำคัญในขั้นตอนสุดท้ายที่บทเรียนจะต้องสรุปมโนคติของเนื้อหาเฉพาะประเด็นสำคัญ ๆ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบัน ได้มีผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมสอนเสริมหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่

ทองสุข [3] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดและทฤษฎีของโรเบิร์ต กาเย เรื่อง “การใช้ CAI และการเสริมแรงในการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์” ผลการวิจัยพบว่า การสร้างสื่อ CAI ร่วมกับแบบฝึกทักษะการใช้โปรแกรม Power Point ใช้ได้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นอย่างดี โดยดูจากผลคะแนนของนักเรียนที่ค่อนข้างสูง จึงสรุปว่าการเสริมแรงด้วยการให้คำชมเชยทำให้นักเรียนมีกำลังใจและทำคะแนนได้ดีขึ้น ผู้เรียนมีความสนใจและเรียนรู้ได้ดีขึ้น

กิตติชัย [4] พัฒนาชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์

ช่วยสอน รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 MAT เพื่อทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมศึกษาสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 60 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนปกติ จำนวน 30 คน และกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำนวน 30 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 MAT เรื่องสำนวนสุภาษิต คำพังเพย อย่างละเอียดรัดกุม มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของเมกุยแกนส์ โดยมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 1.019 สูงกว่าเกณฑ์ 1.000 ตามเกณฑ์ของเมกุยแกนส์ [5]

วรฤทธิ์ [6] ได้พัฒนา e-learning อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษา ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญ ได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เนื้อหาบทเรียน และวัตถุประสงค์ (การเรียนรู้) แบบฝึกหัด ที่สามารถดูผลเฉลยได้ การประเมินผลการทดสอบที่ระบุว่าถูกหรือผิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ภาวดี [7] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับช่วงชั้นที่ 4 (รายวิชา คณิตศาสตร์ ค43204 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดสุทธิวรากรม) ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 70/70 โดยใช้เกณฑ์การประเมินผลผู้เรียนหลังจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับช่วงชั้นที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70 และผู้วิจัยสรุปว่าบทเรียนดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนได้

ธีระ [8] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการระดับโดยวิธีทางตรงสำหรับนักศึกษาและผู้สนใจในงานระดับ ซึ่งเป็นบทเรียนทางด้านวิศวกรรมโยธา โดยใช้หลักการออกแบบบทเรียนตามแนวคิดของ

โรเบิร์ต กาเย ผลการวิจัยพบว่าคุณภาพของเนื้อหา มีค่าเท่ากับ 3.89 และประสิทธิภาพของสื่อทางด้านเทคนิค การนำเสนอ มีค่าเท่ากับ 3.79 ซึ่งอยู่ในระดับดี และผู้วิจัยสรุปว่าบทเรียนดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนได้

อนุจิต [9] ได้พัฒนาโปรแกรมส่งเสริมการเรียนรู้ เรื่อง กราฟ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาช่วงชั้นที่ 3 และ 4 ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์วิซวลเบสิก บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยใช้หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของโรเบิร์ต กาเย โปรแกรมสามารถอธิบายกราฟที่ผู้เรียนสร้างขึ้น เช่น กราฟวงกลม กราฟพาราโบลา กราฟไฮเพอร์โบลา และกราฟเส้นตรง มีแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ผลการทดสอบระบบพบว่าโปรแกรมสามารถนำไปใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

อันวา และกิริมย์ยา [10] ได้พัฒนาโปรแกรมสอนเสริม เพื่อการเรียนรู้การแปลงเลขฐานคอมพิวเตอร์ โดยใช้หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของโรเบิร์ต กาเย ด้วยการนำภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียงประกอบในการสื่อความหมายผสมผสานเข้ากับเนื้อหาในรายวิชา ซึ่งจะมีแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ในโปรแกรมจะมีการแบ่งบทเรียนออกเป็น 4 บท ได้แก่ 1) ระบบเลขฐานสอง 2) ระบบเลขฐานแปด 3) ระบบเลขฐานสิบ และ 4) ระบบเลขฐานสิบหก ในแต่ละบทเรียนจะมีการแปลงเลขฐานเป็นฐานใด ๆ และการบวก ลบ คูณ หารเลขฐาน ผลการทดสอบระบบพบว่าโปรแกรมสามารถนำไปใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี

Suraweera และ Mitrovic [11] ได้พัฒนาโปรแกรม KERMIT ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์วิซวลเบสิก บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ เป็นโปรแกรมต้นแบบช่วยสอนอัจฉริยะ เรื่อง Entity Relationship data model ที่เตรียมสภาพแวดล้อมไว้ให้ผู้เรียนในระดับมหาวิทยาลัย สำหรับการออกแบบฐานข้อมูล เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการสร้าง ER diagram ผลการทดสอบระบบพบว่า KERMIT เป็น

เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเหมาะในการใช้ เพื่อประกอบการศึกษาเรื่อง ER diagram ผู้เรียนพึงพอใจในความฉลาดของระบบที่สามารถปรับตามความสามารถของผู้เรียนได้ แม้ว่าโปรแกรมนี้ไม่ได้นำเสนอเนื้อหาในการสอนเรื่อง Entity Relationship data model โดยตรง แต่ผู้เรียนสามารถฝึกทักษะในการสร้าง ER diagram ตามที่โจทย์กำหนด

CeeBot เป็นโปรแกรมส่งเสริมการเรียนรู้ ในการเขียนโปรแกรมภาษา C++, C#, และ Java ที่มีสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เป็นภาพเคลื่อนไหวสามมิติ ถูกพัฒนาโดย Roux, el al [12] โปรแกรมที่พัฒนามี 4 รุ่น เหมาะกับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา ระดับมหาวิทยาลัย และผู้สนใจทั่วไป โปรแกรมนี้ไม่ได้นำเสนอเนื้อหาในการสอนภาษา C++, C# และ java โดยตรง แต่ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการเขียนโปรแกรม เพื่อบังคับการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

Robomind เป็นโปรแกรมเพื่อการเรียนรู้สำหรับการเขียนโปรแกรมอย่างง่าย ซึ่งมีรูปแบบมาจากโปรแกรมภาษาโลโก้ เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เข้าใจพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิคการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ถูกพัฒนาด้วยภาษา Java โดย Halma [13] โปรแกรมนี้ถูกนำมาทดสอบกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 4 โรงเรียนแสงทองวิทยา จำนวน 111 คน ภายใต้การแนะนำการใช้งานของครูผู้สอน พบว่าผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 [14]

[3, 8, 9, 10] ระบุว่าได้ออกแบบโปรแกรมช่วยสอนหรือโปรแกรมสอนเสริม โดยใช้แนวคิดของโรเบิร์ตกาเย และได้ผลวิจัยออกมาในระดับดี แต่งานวิจัยดังกล่าวมิได้ระบุว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมสอดคล้องตามหลักการออกแบบบทเรียนตามแนวคิดของโรเบิร์ตกาเย หรือไม่ จากการทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมสอนเสริมและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในรายวิชาเอกบังคับในสาขาคอมพิวเตอร์ (ดูตารางที่ 1) ส่วนใหญ่ถูกออกแบบและพัฒนาไม่ครบตามแนวคิด 9 ประการจากทฤษฎีของ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบโปรแกรมสอนเสริมและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เกี่ยวข้องกับวิชาเอกบังคับ
ในสาขาคอมพิวเตอร์ตามหลักการออกแบบบทเรียนตามแนวคิดของกาเย่

ทฤษฎีของกาเย่ โปรแกรม	เร่งเร้าความสนใจ	บอกวัตถุประสงค์	ทบทวนความรู้เดิม	นำเสนอเนื้อหา	ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้	กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน	ให้ข้อมูลย้อนกลับ	ทดสอบความรู้ใหม่	สรุปและนำไปใช้
โปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้ การแปลงเลขฐานคอมพิวเตอร์	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
KERMIT	✓	✗	✗*	✗	✓	✓	✓	✗*	✗
CeeBot	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Robomind	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗

หมายเหตุ ✓ หมายถึง พบความสอดคล้องกับทฤษฎีของกาเย่

✗ หมายถึง ไม่พบความสอดคล้องกับทฤษฎีของกาเย่

* ในการทดสอบ KERMIT ใช้กระดาษคำตอบสำหรับทดสอบก่อนและหลังเรียน ซึ่งมีได้เป็นข้อสอบ
ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม

โรเบิร์ต กาเย่ ซึ่ง [3, 8, 9] ใช้หลักการสอนของโรเบิร์ต
กาเย่ แต่ไม่ได้พัฒนาบทเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิชาเอกบังคับ
ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ [10-12] มีการ
ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมตามแนวคิดของโรเบิร์ต
กาเย่บ้างแต่ไม่ครบถ้วน โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาในหัวข้อ
เรื่องโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ ซึ่งเป็นหัวข้อหนึ่งใน
วิชาโครงสร้างข้อมูล ซึ่งเป็นวิชาเอกบังคับของสาขา
คอมพิวเตอร์ที่ขาดการทำความเข้าใจ เพื่อนำไปประยุกต์
ใช้งานในการเขียนโปรแกรม (จากการสัมภาษณ์กลุ่มนิสิต
ที่ได้เรียนรายวิชาดังกล่าวมาแล้ว)

แนวคิดของกาเย่เหมาะสำหรับการออกแบบ
บทเรียนช่วยสอนหรือโปรแกรมสอนเสริม เนื่องจากเน้น

การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนและผู้เรียน มีสิ่งเร้า
หรือสิ่งที่กระตุ้นผู้เรียนให้สนใจบทเรียน และการ
ตอบสนองต่อบทเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแนวคิดนี้
ในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสอนเสริม
เพื่อการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา รวบรวมความ
ต้องการของผู้ใช้ เพื่อวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้าง
ของโปรแกรมสอนเสริม เพื่อการเรียนรู้โครงสร้าง
ข้อมูลแบบต้นไม้ตามแนวคิดของโรเบิร์ต กาเย่ โดยใช้
ผังงาน (Flowchart) ดังรูปที่ 1 ออกแบบหน้าจอและ

โพโตไทป์ โดยใช้บทดำเนินเรื่อง (Story Board) จำนวน 24 บท พัฒนาโปรแกรม โดยใช้โปรแกรม แมคโครมีเดียแฟลช ตามโครงสร้างและหน้าจอที่ได้ ออกแบบไว้ เพื่อสร้างภาพเคลื่อนไหว สร้างโปรแกรม สอนเสริม เพื่อการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ตาม แนวคิดของโรเบิร์ต กาย์ โดยเขียนโปรแกรมด้วย Action script และใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS2 เพื่อตกแต่งรูปภาพ โปรแกรมที่พัฒนาสามารถทำงาน ภายใตระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์ สามารถ แสดงผลด้วยเว็บเบราว์เซอร์

เนื้อหาวิชาโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ที่พัฒนา ประกอบด้วย 6 บทเรียนได้แก่ 1) ทรี (Tree) หรือ โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ 2) Binary Tree 3) Binary Search Tree 4) การสร้างและเพิ่มข้อมูลใน Binary Search Tree 5) การลบข้อมูลใน Binary Search Tree และ 6) การท่องไปในทรี (Tree Traversal) โดยมีการบรรยาย เนื้อหาทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ในแต่ละบทจะมี แบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน ที่สามารถสรุปผลการทดสอบ และประเมินผลของ ผู้เรียนได้ (แบบทดสอบละ 30 ข้อ) และมีแบบฝึกหัด ที่สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนได้ (บทละ 10 ข้อ) มีการบรรยายเป็นคำพูดข้อความภาพเคลื่อนไหว และเสียง ประกอบ

หลักเกณฑ์ที่ยอมรับว่าสื่อหรือนวัตกรรม การเรียนรู้ มีประสิทธิภาพ คือ ด้านความรู้ความจำ E_1/E_2 มีค่า 80/80 ขึ้นไป ด้านทักษะปฏิบัติ E_1/E_2 มีค่า 70/70 ขึ้นไป โดยมีค่า E_1/E_2 ต้องไม่แตกต่างกันเกินกว่าร้อยละ 5 [15] (E ย่อมาจาก Efficiency Criterion หมายถึง เกณฑ์ ประสิทธิภาพ)

เมื่อ E_1 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ที่เกิดจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของผู้เรียน (ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้) คำนวณ ได้จากสูตร

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times \frac{1}{A} \times 100$$

- $\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแบบฝึกหัด ระหว่างเรียนของผู้เรียนทุกคน (N คน)
- N หมายถึง จำนวนผู้เรียนที่ใช้ในการประเมิน ประสิทธิภาพของโปรแกรมในครั้งนี้
- A หมายถึง ผลรวมของคะแนนเต็มของ แบบฝึกหัดทุกชิ้น
- E_2 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่เกิด จากการทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ของ ผู้เรียน (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ การเรียนรู้) คำนวณได้จากสูตร

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times \frac{1}{B} \times 100$$

- $\sum F$ หมายถึง คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน
- N หมายถึง จำนวนผู้เรียนที่ใช้ในการประเมิน ประสิทธิภาพของโปรแกรมในครั้งนี้
- B หมายถึงคะแนนเต็มของแบบทดสอบ หลังเรียน

โปรแกรมที่พัฒนาเสร็จแล้วจะถูกนำมาทดสอบ ประสิทธิภาพ กับกลุ่มผู้เรียนซึ่งเป็นนิสิตสาขาวิทยาการ คอมพิวเตอร์ ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 23 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่ม อย่างง่าย เพื่อประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนตาม เกณฑ์มาตรฐาน 70/70 (เนื่องจากวิชาโครงสร้างข้อมูล เป็นวิชาทักษะปฏิบัติ [15]) และทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหาที่มีประสบการณ์ในการสอนเรื่องโครงสร้าง ข้อมูลแบบต้นไม้ จำนวน 5 คน เพื่อประเมินคุณภาพ ของโปรแกรมตามหลักการออกแบบบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของกาเย่ และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคจำนวน 3 คน โดยการ สร้างแบบสอบถามในการประเมินคุณภาพบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน สื่อการสอน
2. กำหนดจุดประสงค์การประเมิน ได้แก่ ด้านเนื้อหา(เช่นส่วนนำส่วนเนื้อหาและ ส่วนสรุป) ด้านกราฟิก และการออกแบบ และด้านเทคนิค
3. เลือกแบบประเมินสื่อการสอนตามแนว การออกแบบของกาเย่ [16] สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และเลือกแบบประเมิน สื่อการสอนด้านเทคนิค [17]
4. ปรับปรุงแบบประเมินสื่อการสอนที่คัดเลือก ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การประเมิน
5. กำหนดระดับของการประเมินคุณภาพ 5 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก (5 คะแนน) ระดับดี (4 คะแนน) ระดับปานกลาง (3 คะแนน) ระดับพอใช้ (2 คะแนน) ระดับควรปรับปรุง (1 คะแนน) โดยการ

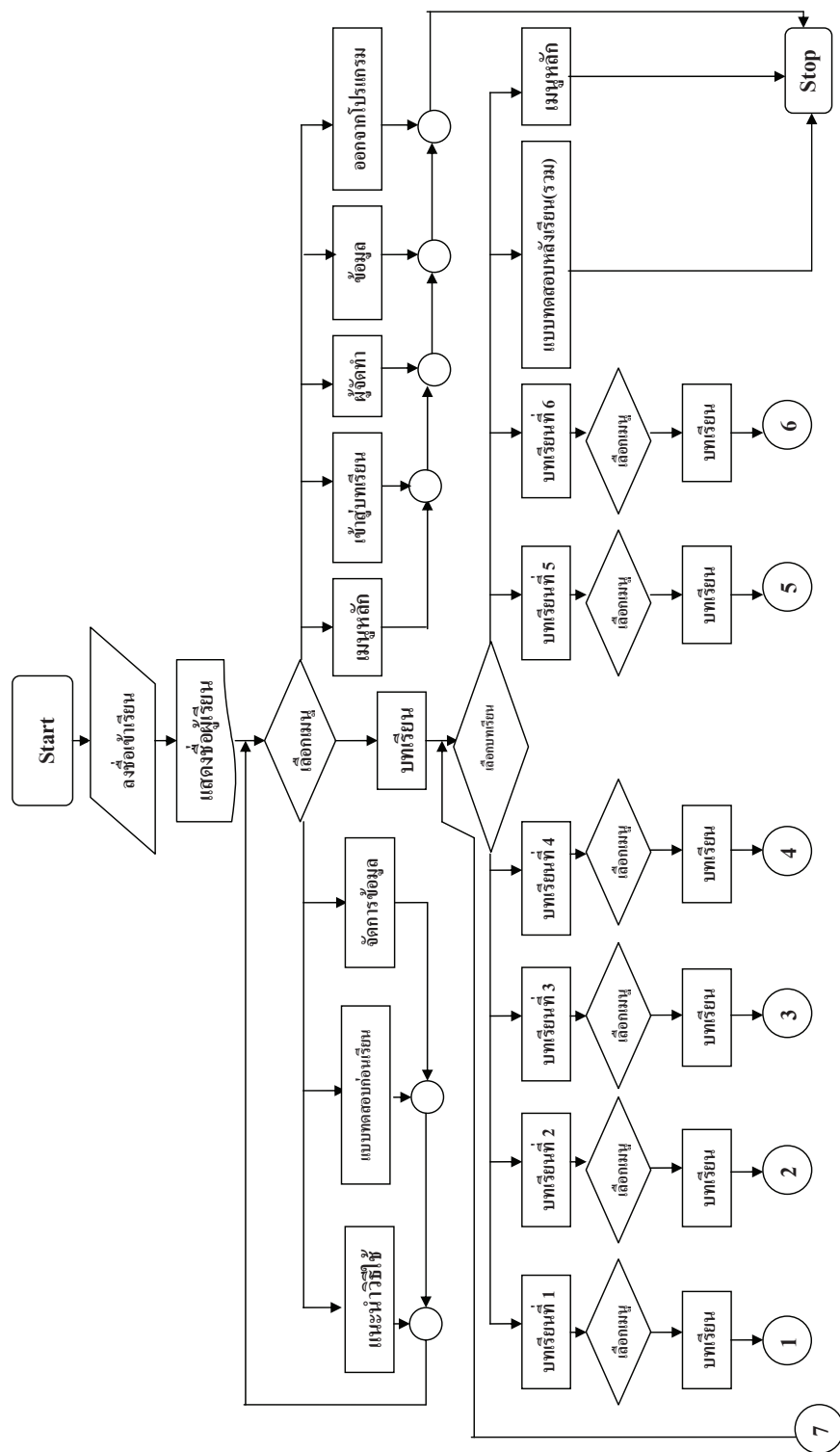
กำหนดเกณฑ์การยอมรับคุณภาพของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโปรแกรมสอนเสริม เพื่อการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ จะพิจารณา จากค่าเฉลี่ยของคำถามในแต่ละข้อ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ [8]

- 1.00 – 1.49 หมายถึง คุณภาพควร ปรับปรุงอย่างยิ่ง
- 1.50 – 2.49 หมายถึง คุณภาพควรปรับปรุง
- 2.50 – 3.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลาง
- 3.50 – 4.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดี
- 4.50 – 5.00 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

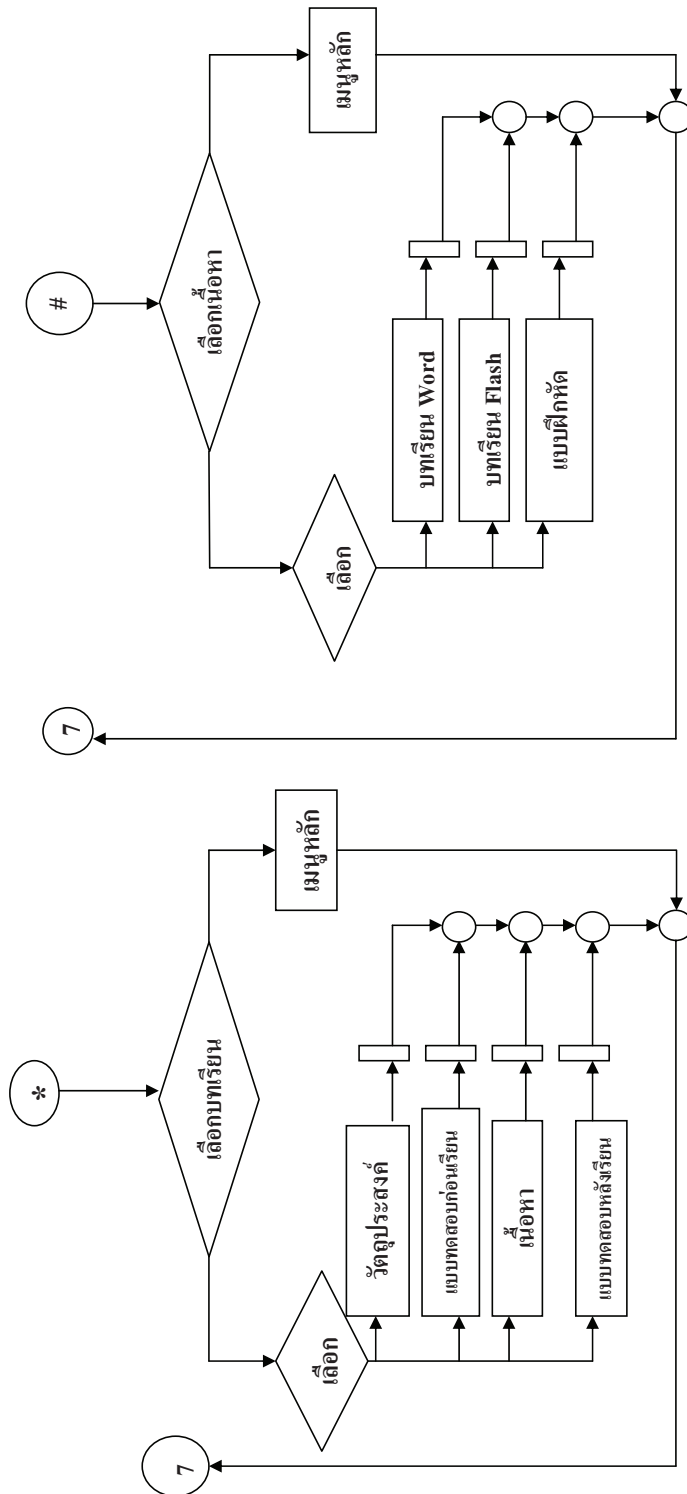
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้ใช้โปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้โครงสร้าง ข้อมูลแบบต้นไม้ตามแนวคิดของโรเบิร์ต กาเย่ มีหลาย ประเภทได้แก่นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา นักศึกษา ปวช. ปวส. และนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยรวมถึง บุคคลผู้ที่สนใจ ผู้ใช้ที่ลงชื่อเข้ามาในฐานะผู้เรียน สามารถทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนได้ สามารถดูเนื้อหาบทเรียนที่ต้องการได้ รวมถึงสามารถ ดูข้อมูลผู้เรียนได้ ส่วนผู้ใช้ในฐานะผู้ดูแลระบบ (Admin) สามารถลบข้อมูลผู้เรียนได้ โปรแกรมอนุญาต ให้ผู้เรียนลงชื่อเข้าเรียนเพื่อบันทึกข้อมูลผู้เรียนเพื่อเข้า สู่หน้าจอหลักของโปรแกรกดังรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย เมนูหลัก เข้าสู่บทเรียน ผู้จัดทำ ข้อมูลผู้เรียน รูปที่ 4 ประกอบด้วย ลำดับที่ ชื่อ-สกุล ผู้เรียน วัน เดือน ปี เวลาเข้า เวลาออก ผลการทดสอบ ก่อนเรียน และหลังเรียน ในส่วนนี้ผู้เรียนสามารถเข้ามาดูข้อมูล ผู้เรียนได้ แต่ไม่สามารถทำการลบ หรือแก้ไขข้อมูล ผู้เรียนได้ ออกจากโปรแกรมแนะนำวิธีใช้งานแบบ ทดสอบก่อนเรียน และจัดการข้อมูลผู้เรียน

โปรแกรมนี้นำเสนอเนื้อหาวิชาโครงสร้างข้อมูล แบบต้นไม้ 6 บทเรียน โดยจะมีการบรรยายเนื้อหา ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว ในแต่ละบทจะมีแบบ ฝึกหัด 10 ข้อ แบบฝึกหัดสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ ผู้เรียน มีการบรรยายเป็นคำพูด ข้อความภาพเคลื่อนไหว และเสียงประกอบ ก่อนเข้าสู่บทเรียน ผู้เรียนจะต้องทำ แบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 30 ข้อ และหลังจากเรียน ครบทุกบทแล้วผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบหลังเรียน อีก 30 ข้อ โปรแกรมนี้สามารถสรุปผลการทดสอบ (ดังรูปที่ 3) และประเมินผลของผู้เรียนได้ (ดังรูปที่ 5)



รูปที่ 1 ผลงานโครงสร้างของโปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้



รูปที่ 1 ฟังก์ชันโครงสร้างของโปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ (ต่อ)

หมายเหตุ

- * หมายถึง บทเรียนที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีการเลือกเมนูบทเรียนเหมือนกัน
- # หมายถึง บทเรียนที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีการเลือกเมนูเนื้อหาเหมือนกัน

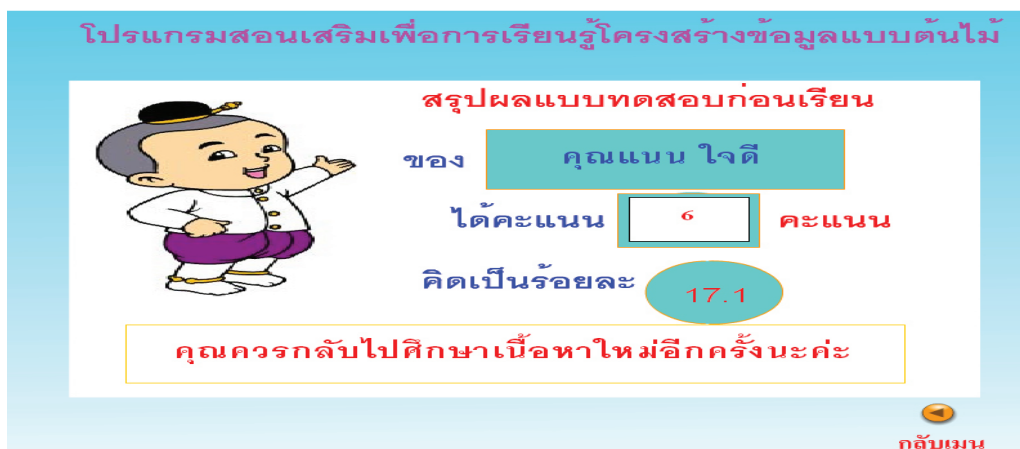
การทดสอบโปรแกรม โดยนิสิตชั้นปีที่ 2 หลักสูตร
วิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
ปีการศึกษา 2552

เมื่อนิสิตดำเนินการทดสอบโปรแกรมเสร็จสิ้น
แล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามความคิดเห็นของนิสิต
มาหาค่าประสิทธิภาพของโปรแกรม และดำเนินการ
สรุปคุณภาพของ โปรแกรมสอนเสริมเพื่อการ
เรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ นั่นคือโปรแกรม

มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 เนื่องจาก E_1/E_2
(71/68) ต่างกัน 3 % (จากการทดลองในครั้งนี้ผลจากการ
ประเมินประสิทธิภาพมาจากกลุ่มผู้เรียนที่อยู่ในระหว่าง
การลงทะเบียนเรียนวิชาโครงสร้างข้อมูล ก็ได้ทดสอบ
กับกลุ่มผู้เรียนที่เรียนผ่านมาแล้วทำให้ค่า E_1/E_2 ก่อน
ข้างต่ำ) ซึ่งไม่เกิน 5 % โดยเปรียบเทียบจากค่าผลต่าง
ของ E_1/E_2 แสดงว่าโปรแกรมที่พัฒนาสามารถนำไป
ใช้ในการเรียนการสอนได้ [15]



รูปที่ 2 หน้าจอหน้าหลักของโปรแกรม



รูปที่ 3 หน้าจอสรุปผลแบบทดสอบก่อนเรียน



รูปที่ 4 หน้าจอข้อมูลผู้เรียน



รูปที่ 5 หน้าจอตัวเลือกแบบฝึกหัด กรณีตอบถูกต้อง

ผลการทดสอบโปรแกรมกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

- ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้ง 5 ท่าน เป็นอาจารย์
จากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง และจาก

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ มี
ประสบการณ์ในการสอนเรื่องโครงสร้างข้อมูลแบบ
ต้นไม้ในระดับปริญญาตรี อยู่ในระหว่าง 5- 10 ปี

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ตาม
แนวคิดการออกแบบบทเรียนของกาเย่ โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

รายการ	ประสิทธิภาพ		
	เชิงปริมาณ ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	เชิง คุณภาพ
ด้านเนื้อหา			
<u>ส่วนนำ</u>			
1. การนำเข้าสู่บทเรียนมีความน่าสนใจ	3.6	0.55	ดี
2. บทเรียนมีการออกแบบให้ใช้ง่าย เมนูไม่สับสน	3.6	0.89	ดี
3. การแจ้งวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนทราบน่าสนใจ	3.4	0.55	ปานกลาง
4. การแจ้งความคิดรวบยอดของเนื้อหาสามารถเข้าใจได้ง่าย	3.6	0.55	ดี
<u>ส่วนเนื้อหา</u>			
5. เนื้อหาบทเรียนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	3.6	0.55	ดี
6. บทเรียนมีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	3.8	0.45	ดี
7. บทเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนตลอดการเรียนรู้	3.8	0.45	ดี
8. การใช้ภาษาสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	3.6	0.55	ดี
9. บทเรียนมีการยกตัวอย่างในปริมาณและโอกาสที่เหมาะสม	3.6	0.55	ดี
<u>ส่วนสรุป</u>			
10. บทเรียนมีการสรุปเนื้อหาในแต่ละตอนอย่างเหมาะสม	3.4	0.55	ปานกลาง
11. ความเหมาะสมของจำนวนข้อสอบ หรือข้อทดสอบ	4	0	ดี
ด้านกราฟิกและการออกแบบ			
12. การออกแบบหน้าจอมีความสวยงาม	3.8	0.84	ดี
13. รูปภาพประกอบสามารถสื่อความหมาย และมีความ สอดคล้องกับเนื้อหา มีความชัดเจน	2.8	1.1	ปานกลาง
14. ตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	4	0	ดี
15. เสียงประกอบ และเสียงบรรยายมีความเหมาะสม ชัดเจน	3.8	0.45	ดี
16. ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียน	3.4	0.89	ปานกลาง
17. มีส่วนชี้แนะหรือให้ความช่วยเหลือเมื่อผู้เรียนต้องการ	3.2	0.45	ปานกลาง
ด้านเทคนิค			
18. บทเรียนมีการออกแบบทางเทคนิคที่ดี	3.8	0.84	ดี
19. บทเรียนใช้หลักการของการออกแบบการสอนที่ดี	3.8	0.84	ดี
20. การพัฒนาโปรแกรมมีความคิดสร้างสรรค์ ใช้แนวคิดใหม่ ๆ	3.6	0.89	ดี
สรุปคะแนน	3.61	0.60	ดี

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ โดย
กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค

รายการ	ผู้เชี่ยวชาญ		ผลการประเมิน
	Mean	S.D.	
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง			
1.1 ความตรงตามเนื้อหาของภาพที่นำเสนอ	4.00	0.00	ดี
1.2 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบบทเรียน	4.00	0.00	ดี
1.3 ภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ประกอบบทเรียน	3.67	0.58	ดี
1.4 เสียงดนตรีที่ใช้ประกอบบทเรียน	4.33	0.58	ดี
1.5 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน	3.67	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	3.93	0.35	ดี
2. ตัวอักษรและสี			
2.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	3.67	0.58	ดี
2.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้	4.00	0.00	ดี
2.3 สีของตัวอักษร โดยภาพรวม	3.67	0.58	ดี
2.4 สีของพื้นหลังบทเรียน โดยภาพรวม	3.67	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	3.75	0.44	ดี
3. การจัดการกับบทเรียน			
3.1 การนำเสนอชื่อเรื่องหลักของบทเรียน	4.00	0.00	ดี
3.2 การออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม	3.67	0.58	ดี
3.3 การรายงานผลคะแนนแต่ละข้อของแบบทดสอบ	3.67	0.58	ดี
3.4 การสรุปผลคะแนนรวมหลังแบบทดสอบ	3.67	0.58	ดี
3.5 ความน่าสนใจชวนให้ติดตามบทเรียน	3.67	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	3.73	0.46	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมของแบบสอบถาม	3.81	0.42	ดี

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมด้วยแบบสอบถามตามแนวคิดการออกแบบบทเรียนของกาเย่ เรื่องโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ จากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา พบว่า ความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.61 คะแนนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60 และได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับโปรแกรม ได้แก่ “ควรมีความดึงดูดใจมากกว่านี้ และมีแบบฝึกหัดหลายประเภท” “รูปภาพ ไม่ชัดเจน (ควรสร้างภาพในรูปแบบกราฟิกที่น่าสนใจกว่านี้ เพราะเป็นจุดเด่นของเรื่อง) แบบทดสอบไม่จับเวลา ปุ่มที่ให้คลิกคำตอบเล็กเกินไป เมื่อเทียบกับปุ่ม ก ข ค ง และอยู่ในตำแหน่งที่กดปุ่มยาก” “คำพูดได้ปุ่มไม่ถูกต้อง” “วัตถุประสงค์ที่เสนอในบทเรียน ยังไม่ครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเสี่ยงที่ใช้ประกอบในส่วนของตัวอย่าง ควรเน้นให้มีจังหวะสูงต่ำจะเพิ่มความน่าสนใจ ส่วนตัวอย่างควรมีคำอธิบายให้มากกว่านี้ เช่น บอกวัตถุประสงค์ของตัวอย่างและอธิบายแต่ละขั้นให้ละเอียด” นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอจุดเด่นของโปรแกรมที่น่าสนใจ ได้แก่ “นำเสนอเนื้อหาค่อนข้างครบถ้วน” “ขนาดตัวอักษรและพื้นหลังชัดเจน อ่านง่าย” “มีเนื้อหาครบถ้วน” “มี interactive ทำให้การเรียนรู้ดูน่าสนใจ”

• ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค

ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคทั้ง 3 ท่านเป็นนักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่มีประสบการณ์ในด้านเทคนิคในการใช้โปรแกรมแมคโครมีเดียแฟลช การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และ E-Learning เป็นอย่างดี ผลการประเมินโปรแกรมด้วยแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค จากตารางที่ 2 พบว่า ระดับความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคอยู่ในระดับดี โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.81 คะแนนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.42 และได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับโปรแกรม ได้แก่ “เหมาะสม

กับเนื้อหาที่ทำ นำเสนอได้เข้าใจง่าย” “การใช้คำบางคำอาจต้องปรับปรุงบ้างเล็กน้อย และการใช้ตัวอักษรการวางตำแหน่ง ของข้อความ ภาพ ปรับปรุงเล็กน้อยแต่โดยภาพรวมถือว่าดีแล้ว” “แบบทดสอบควรใช้คำที่สื่อความหมายให้ชัดเจนกว่านี้” อย่างไรก็ตามผู้พัฒนาได้ทำการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมตามที่คุณเรียน และผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำไว้แล้วในปัจจุบัน ซึ่งสามารถนำโปรแกรมนี้มาทดสอบกับนักเรียนกลุ่มใหม่ในอนาคตได้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ตามแนวคิดของโรเบิร์ต กาเย่ เป็นการนำเสนอเนื้อหาเรื่องโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้สำหรับผู้สนใจในการเรียนรู้วิชาโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย นำศึกษาค้นคว้า เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการศึกษามากขึ้น โดยการใช้ภาพกราฟิก เสียง สี และตัวอักษร นำเสนอเนื้อหาเป็นภาพเคลื่อนไหว และเสียงประกอบเพื่อเพิ่มความดึงดูดใจและการจดจำเนื้อหาได้มากยิ่งขึ้น ผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคพบว่าอยู่ในระดับดี ผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมโดยผู้เรียนเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สามารถนำโปรแกรมไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนได้

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมในอนาคต

1. การเขียนโปรแกรมด้วยแอคชันสคริปต์ (Action Script) สำหรับโปรแกรมแมคโครมีเดียแฟลช ไม่มีการตรวจสอบไวยากรณ์ก่อนประมวลผล เมื่อมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น โปรแกรมจะไม่แจ้งเตือนว่าผิดพลาดที่จุดใด ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมจะต้องทำการติดตามผลการทำงาน (Trace) เพื่อดูค่าของตัวแปรต่างๆ เพื่อให้

ทราบได้ว่าโปรแกรมผิดพลาดที่จุดใด

2. การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือโปรแกรมทางด้านมัลติมีเดียมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากจะต้องใช้ภาพเคลื่อนไหว และเสียงประกอบการบรรยาย

3. ในการพัฒนาโปรแกรม ควรจะมีการเลือกปูมอย่างเป็นขั้นตอน เช่น ผู้เรียนจะต้องคลิกปุ่มเพื่ออ่านวัตถุประสงค์ก่อนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ก่อนเรียนเนื้อหา และก่อนทำแบบทดสอบหลังเรียน

4. ในการพัฒนาโปรแกรมควรจะมีการเก็บข้อมูลของผู้เรียนทุกบทเรียนไว้ในหน้าเดียวกัน เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลของผู้เรียน

5. โปรแกรมสอนเสริมวิชาโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ควรมีการจัดเก็บข้อมูลของผู้ใช้ ว่าเคยเรียนบทใดไปบ้างแล้ว ควรจะมีการเปรียบเทียบกับผู้เรียนคนอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดแรงกระตุ้นในการเรียนมากยิ่งขึ้น

6. ในการพัฒนาแบบฝึกหัดของโปรแกรม เมื่อผู้เรียนตอบผิด ควรจะมีเฉลย แจ้งคำตอบที่ถูกต้องด้วย

7. โปรแกรมควรมีความสามารถในการเพิ่มแบบฝึกหัด เพื่อความหลากหลายในการทดสอบ ความน่าสนใจในเนื้อหา

8. ในส่วนของแบบทดสอบในอนาคต อาจให้โปรแกรมสามารถสุ่มข้อสอบแต่ละข้อได้เองโดยอัตโนมัติ

9. ในการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม (E_1/E_2) ควรมีการแบ่งย่อยในระดับบทเรียน เพื่อให้สามารถวัดประสิทธิภาพของบทเรียนได้ด้วย

10. เนื้อหาที่นำเสนอในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องกระชับ เหมาะสม ถ้าเนื้อหายาวหรือมากเกินไปจะทำให้ผู้เรียนรู้สึกเบื่อกับการเรียน ดังนั้นการเลือกเนื้อหาและออกแบบการนำเสนอเนื้อหาต่าง ๆ จึงมีความสำคัญมาก ผู้ออกแบบจะต้องหาวิธีการอธิบายเนื้อหาให้ผู้เรียนเข้าใจง่ายที่สุด และจำเป็น

ต้องตัดบางส่วนของเนื้อหาที่ไม่จำเป็นออก เพื่อไม่ให้เนื้อหามากจนเกินไป

11. นำโปรแกรมมาทดลองสอนกับนิสิตที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือนิสิตที่ได้ลงทะเบียนเรียนวิชาโครงสร้างข้อมูลผ่านมาแล้ว เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม นำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขปัญหาให้ดีขึ้นหลังจากแก้ไขโปรแกรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเทคนิคและด้านเนื้อหา นำโปรแกรมมาทดลองสอนก่อน แล้วจึงแก้ไขข้อบกพร่องอีกครั้ง เพื่อให้ได้โปรแกรมที่เหมาะสมแล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญสำหรับการตรวจสอบอีกครั้งเพื่อประเมินหาค่าประสิทธิภาพของโปรแกรม พัฒนาแบบทดสอบโดยการหาความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ [18] ก่อนนำไปทดสอบกับผู้เรียน นำโปรแกรมที่แก้ไขข้อบกพร่องหลังจากนำไปทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งแล้วมาทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ลงทะเบียนในรายวิชาโครงสร้างข้อมูล เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณวิทยาเขตพัทลุง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัย และขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และสำนักงานส่งเสริมอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์แห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยบางส่วน จากการแข่งขันโครงการการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 (NSC2010) ในรอบที่ 1 (ข้อเสนอโครงการ) และรอบที่ 2 (นำเสนอโปรแกรม)

เอกสารอ้างอิง

- [1] รุจิโรจน์ แก้วอุไร.(2545). หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของกาเย่. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2545 จาก <http://www.edu.nu.ac.th/wbi/355542/teachtheory.htm>

- และสืบค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2553 จาก thaicai.com.
- [2] Gagné, Robert M. (1985). **The conditions of Learning and the Theory of Instruction** (4th ed.), New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- [3] ทองสุข เอี่ยมศิริ. (2549). การใช้ CAI และการเสริมแรงในการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์. สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2553 จาก <http://www.krutong.net/22549.do>.
- [4] กิตติชัย สี่รุ่งนาวารัตน์ (2550). การเปรียบเทียบความสามารถทางการเรียน ระหว่างการสอนด้วยชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 MAT กับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [5] เสาวณีย์ สิกขามันจิต (2528). เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [6] วรฤทธิ์ ก่อปรสิริพัฒน์. (2552). **E-learning อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษา**. สืบค้นเมื่อ 9 กรกฎาคม 2552 จาก http://www.nrru.ac.th/learning/science/sc_006/01/index.html.
- [7] ภาวดี แสงสร. (2553). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียเรื่องทฤษฎีกราฟเบื้องต้น รายวิชาคณิตศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2553 จาก http://kroobannok/board_view.php?id=19329_id=16.
- [8] ชีระ ลาภิศขยกุล. (2550). บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการระดับโดยวิธีทางตรง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ปีที่ 26 (1), 71-80.
- [9] อนุชิต ภูเก็ม. (2552). โปรแกรมส่งเสริมการเรียนรู้เรื่อง กราฟ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาช่วงชั้นที่ 3 และ 4. รายงานโครงการงานทางวิทยาการคอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [10] อันวา ชีเซ็ง และภิรมย์ยา นิยมเดชา. (2552). โปรแกรมสอนเสริมเพื่อการเรียนรู้การแปลงเลขฐานคอมพิวเตอร์. รายงานโครงการงานทางเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [11] Suraweera, P. and Mitrovic, A. (2004). An Intelligent Tutoring System for Entity Relationship Modelling. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 14(3), 375-417.
- [12] Roux, D., Dumoulin, D., Kölbl, O., Walz, M. (2010). **CeeBot**. Retrieved on 27 August 2010 from <http://www.ceebot.com/ceebot/load-e.php>.
- [13] Halma, A. (2008). **Robomind**. Retrieved on 27 August 2010 from <http://robomind.net/en/index.html>.
- [14] เจษฎา ประवालปัทมกุล. (2552). เทคนิคเชิงประสิทธิภาพสำหรับการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรม. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [15] ปรีชา เหล่าพินนา. (2553). การหาประสิทธิภาพของการสอน และประสิทธิภาพของสื่อการสอน. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2553 จาก <http://203.114.106.149/topics1/testing/main.htm>.
- [16] แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวการออกแบบของกายะ ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. สืบค้นเมื่อ 19 สิงหาคม 2553 จาก <http://www.edu.nu.ac.th/wbi/355542/evaluate.html>.

[17] นรารัตน์ วรรณเสถียร. (2550). การพัฒนา
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับปรับ
พื้นฐาน ความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์. วิทยา
นิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต.
กรุงเทพ ฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ.

[18] มนต์ชัย เทียนทอง. (2545). การออกแบบและ
พัฒนาคอร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอน. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.