การออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Design of the Constructivist Web-Based Learning Environment to Enhance Learners' Problem Solving in Mathematics for the Seventh-Grade Students in the Democratic Republic of Laos

ปินา สุขเจริญ และ สุมาลี ชัยเจริญ*

Pyna Soukchaleun and Sumalee Chaijaroen*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Educational Technology, Faculty of Education, Khon Kaen University

*ติดต่อผู้เขียน sumalee@kku.ac.th

ส่งบทความ 31 พฤษภาคม 2560 | แก้ไข 24 พฤศจิกายน 2560 | ตอบรับ 14 ธันวาคม 2560 | เผยแพร่ 19 กรกฎาคม 2561

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นปัญหาการเรียนการสอนที่สำคัญ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยมีกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนก้าวหน้า อำเภอจันทบุรี นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 36 คน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงพัฒนา (developmental research) Type 1 ซึ่งใช้วิธีการศึกษาหลายรูปแบบ ได้แก่ การวิจัยเอกสาร (document analysis) การวิจัยเชิงสำรวจ (survey) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากการบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกฯ แบบสำรวจความคิดเห็น แบบสัมภาษณ์และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์

ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบและการพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ประกอบด้วย การสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบที่อาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี และ ออกแบบและพัฒนา 6 องค์ประกอบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ได้แก่ 1) สถานการณ์ปัญหา (problem bases) 2) แหล่งการเรียนรู้ (resources) 3) การร่วมมือกันแก้ปัญหา (collaboration) 4) ฐานความช่วยเหลือ (scaffoldings) 5) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา (center for enhancing problem solving) และ 6) การโค้ช (coaching) ผลการประเมินประสิทธิภาพสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ พบว่า มีคุณภาพทั้ง 4 มิติ ประกอบด้วย 1) กรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ 2) ผลผลิต: สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ 3) บริบทการใช้ และ 4) ความคิดเห็นของนักเรียน

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนา, สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้, คอนสตรัคติวิสต์, การสร้างความรู้, การแก้ปัญหา, คณิตศาสตร์

Abstract

Mathematical problem solving is the critical problem in Mathematics instruction. The purpose of this research was to design and develop the constructivist web-based learning environment to enhance learners' problem solving. The target group consisted of the first year students of Kao-Na Secondary School at Chanthabouly District, Vientiane Capital, Lao PDR of 36 seventh-grade students who studied Mathematics subject in first semester in academic year 2015. The developmental research type I, development phase was employed in study. Several methods used in this study were document analysis and survey research.

The result revealed that the development of the constructivist web-based learning environment to enhance learners' problem solving were as following processes: to synthesize designing framework based on theoretical framework and instructional contextual study and then design and develop 6 components of the learning environment as follows: 1) Problem bases 2) Resources 3) Collaboration 4) Scaffoldings 5) Center for enhancing problem solving and 6) Coaching. And then the efficiency of the constructivist web-based learning environment was evaluated by experts. The efficiency of the constructivist web-based learning environment was shown in the 4 dimensions of quality including:

1) The designing framework of the constructivist web-based learning environment 2) The product: The constructivist web-based learning environment 3) The context of utilization 4) The learners' opinions toward the constructivist web-based learning environment.

Keywords: design and development, learning environment, constructivism, knowledge construction, problem solving, Mathematics

บทนำ

ในปัจจุบันกระแสการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้เข้ามามีบทบาทและมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตนับวันจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้น การศึกษาจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงให้ทันกับสภาพการณ์และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของชาติและสังคมโลกอยู่ตลอดเวลา (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557) ซึ่งส่งผลกระทบให้การจัดการศึกษาต้องเตรียมผู้เรียนที่มีคุณลักษณะที่สนองตอบต่อความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ซึ่งได้แก่ การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นการส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์รวมทั้งการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Trilling & Fadel, 2009)

กอปรทั้งการปฏิรูปการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ครูต้องปรับเปลี่ยนบทบาทจากครูผู้สอนเป็นผู้จัดประสบการณ์เรียนรู้ที่หลากหลายและเหมาะสมกับนักเรียน รวมทั้งเป็นผู้ช่วยและสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนครบทุกด้าน (กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว, 2546) รวมทั้งการสร้างเงื่อนไขและส่งเสริมให้สถาบันการศึกษาต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถยกระดับบุคลากรในทุกระดับ เกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการเรียนการสอนตามความเหมาะสม อย่างไรก็ตามยังปรากฏว่าเดิมครูมีความจำกัดด้านคุณภาพการสอนโดยมุ่งเน้นความรู้แบบท่องจำหลักเกณฑ์มากกว่าวิธีการคิดและกระบวนการ หากแต่มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์ และยังขาดการส่งเสริมให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการศึกษายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร รวมทั้งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต่ำ และนโยบายแห่งชาติลาวด้านเทคโนโลยีสื่อสารและข้อมูลข่าวสาร จึงได้ปรับใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบค้นพบความรู้โดยนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อให้นักเรียนสามารถคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น เห็นคุณค่าของการเรียนรู้และสามารถใช้เทคโนโลยีในการเสาะแสวงหาและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว, 2548; กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว, 2551; สำนักงานนายกรัฐมนตรี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว, 2552)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณลักษณะที่ตอบสนองและทันต่อความเปลี่ยนแปลงการจัดการศึกษา จึงต้องมุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการคิดและสร้างความรู้ด้วยตนเอง สำหรับการที่จะบรรลุจุดมุ่งหมายดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำทฤษฎีทางจิตวิทยาการเรียนรู้มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่แล้วขยายโครงสร้างทางปัญญาของตนเอง ซึ่งครูผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนได้ แต่จะสามารถจัดสภาพการณ์ให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดสภาวะเสียสมดุลทางปัญญา (disequilibrium) ซึ่งประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม นักเรียนต้องพยายามเสาะแสวงหาสารสนเทศใหม่มาปรับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมและสร้างเป็นความรู้ใหม่ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557)

จากหลักการและทฤษฎีการเรียนรู้ดังกล่าว ได้มีนักการศึกษานำมาออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยการประสานร่วมระหว่างทฤษฎีการเรียนรู้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์กับคุณลักษณะและระบบสัญลักษณ์ของสื่อมาทำการออกแบบที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในการเสาะแสวงหาสารสนเทศและสร้างความรู้ที่เรียกว่า สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557) มีนักการศึกษาหลายท่าน ดังเช่น Hannafin, Land, และ Oliver (1999) และ Jonassen (1999) ได้เสนอแนะหลักการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่เน้นการส่งเสริมและพัฒนาการแก้ปัญหาที่ไม่ใช่เป็นเพียงรูปแบบของบทเรียนที่ป้อนข้อมูลและผู้เรียนรอรับสารสนเทศหรือความรู้เท่านั้น หากแต่เป็นการออกแบบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำการเรียนรู้โดยการกระตุ้นให้นักเรียนได้ สืบเสาะสารสนเทศ ใช้กระบวนการคิดต่างๆ เช่น การคิดอเนกนัย การแก้ปัญหา รวมทั้งการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความสนใจและความสามารถของตนเอง

อย่างไรก็ตามจากสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ที่ผ่านมา ครูผู้สอนส่วนใหญ่ยึดแบบเรียนเป็นหลัก โดยครูจะบรรยายให้นักเรียนฟังและยกตัวอย่าง 2-3 ตัวอย่างบนกระดานแล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดจากแบบเรียน นักเรียนต่างคนต่างทำงานไม่ได้ฝึกการทำงานร่วมกัน นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาโดยทำตามตัวอย่างที่ครูสอน ไม่มีวิธีการคิดที่หลากหลายและไม่กล้าคิดหาคำตอบที่แตกต่างจากครู กิจกรรมยังขาดการส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดหรือแก้ปัญหา รวมทั้งไม่สนใจในการเรียนคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยจึงได้ใช้การแก้ปัญหาที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya (1957) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (understanding problem) 2) ขั้นวางแผนการคิดแก้ปัญหา (devising a plan) 3) ขั้นการดำเนินการตามแผน (carrying out the plan) และ 4) ขั้นตรวจสอบผล (looking back) ซึ่งนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์โดยอาศัยประสบการณ์และความรู้ใหม่จากแหล่งความรู้ต่างๆ ดังเช่น สื่อบนเครือข่าย (web base) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะและระบบสัญลักษณ์ของสื่อ (media symbol system) สนับสนุนการสร้างความรู้ของนักเรียนไม่ว่าจะเรียนเป็นกลุ่มหรือเรียนด้วยตนเองทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อที่มีคุณลักษณะหลายมิติ (hypermedia) ข้อความหลายมิติ (hypertext) ที่ประกอบด้วยโหนด (node) ของความรู้ทั้งโหนดหลักและโหนดย่อยที่การเชื่อมโยงแต่ละโหนดของความรู้ที่เรียกว่าการเชื่อมโยงหลายมิติ (hyperlink) เป็นสื่อที่มีศักยภาพในการสื่อสารสูงและรวดเร็ว ผู้ใช้สามารถรับส่งข้อมูลได้หลายรูปแบบเป็นแหล่งเรียนรู้ที่ตอบสนองการเรียนรู้ได้ดีที่เปิดโอกาสและเอื้อให้นักเรียนหรือผู้สนใจเข้าไปศึกษาได้ทุกสถานที่ ทุกเวลา สามารถสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายทั่วโลก ทำให้มีแหล่งเรียนเพิ่มขึ้นในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังมีคุณลักษณะเชิงปฏิสัมพันธ์กันที่เปิดโอกาสให้ผู้สอนและนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ตอบโต้กันได้ตลอดเวลาทั้งในและนอกชั้นเรียน เช่น การตอบคำถามหรือการปรึกษาผ่านเครือข่ายหรือสื่อสังคมออนไลน์ ทำให้นักเรียนและผู้สอนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กัน ในลักษณะของการให้คำแนะนำและคำปรึกษาผ่านเครือข่ายได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะของเนื้อหาเป็นนามธรรมที่ยากต่อการทำความเข้าใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้โจทย์ปัญหา สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องอัตราส่วน เพราะเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะซับซ้อนและต้องแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนและพัฒนากระบวนการทางพุทธิปัญญา

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญในการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องอัตราส่วน เพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่เป็นแนวทางในการพัฒนาส่งเสริมและสนับสนุนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว)

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอน-สตรัคติวิสต์ฯ ซึ่งประกอบด้วย 3 กระบวนการ ดังนี้ 1) กระบวนการออกแบบ 2) กระบวนการพัฒนา และ 3) กระบวนการประเมิน

รูปแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ การวิจัยเชิงพัฒนา (developmental research) รูปแบบที่ 1 (ประยุกต์จาก Richey, Klein, & Nelson, 2004) ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ดังนี้ 1) กระบวนการออกแบบ 2) กระบวนการพัฒนา และ 3) กระบวนการประเมิน

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินกรอบแนวคิดการออกแบบและการออกแบบองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ จำนวน 5 คน ในกระบวนการออกแบบ (design process)

2. ผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ จำนวน 6 คน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบ

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนก้าวหน้า อำเภอจันทบุรี นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 36 คน ใช้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล บริบท

การเรียนการสอน บริบทการใช้และสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ในกระบวนการประเมิน (evaluation process)

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กระบวนการออกแบบ (design process)

1.1 ทบทวนวรรณกรรม (literature review) ศึกษาวิเคราะห์ หลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ โดยศึกษาหลักการและทฤษฎี ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้ประกอบด้วย 1) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ทั้งเชิงปัญญาและเชิงสังคม 2) ทฤษฎีพุทธิปัญญานิยม ได้แก่ ทฤษฎีการประมวลสารสนเทศและโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ รวมทั้งคุณลักษณะและระบบสัญลักษณ์ของสื่อมัลติมีเดีย เพื่อนำมาเป็นพื้นฐานการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ และบันทึกในแบบบันทึกการตรวจสอบเอกสาร และสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี (theoretical framework) จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในข้อที่ 1 ที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยสรุปตีความและการบรรยายเชิงวิเคราะห์ ประกอบด้วย 4 พื้นฐาน ดังนี้ 1) พื้นฐานทางด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ 2) พื้นฐานทางศาสตร์การสอน 3) พื้นฐานทางด้านบริบท และ 4) พื้นฐานทางด้านเทคโนโลยี

1.2 ศึกษาสภาพบริบท (contextual study) ของโรงเรียน ได้แก่ สภาพการจัดการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย วิธีการจัดการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยสำรวจสภาพบริบทจริงในการจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และสัมภาษณ์เชิงลึก ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์

1.3 สังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบ (designing framework) ที่อาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี (theoretical framework) และการศึกษาสภาพบริบท (contextual study) และบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกการสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบฯ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์

1.4 สังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่อาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดในการออกแบบฯ โดยแปลงทฤษฎีลงสู่การปฏิบัติที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นการออกแบบในแต่ละองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ

1.5 นำกรอบแนวคิดในการออกแบบและการออกแบบองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ เสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่าง หลักการ ทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานการออกแบบ กับกรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ รวมทั้งการออกแบบในแต่ละองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการวิพากษ์และประเมิน และนำข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

2. กระบวนการพัฒนา (development process)

2.1 สร้างสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ โดยอาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดการออกแบบฯ (designing framework) และการออกแบบทั้ง 6 องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบการออกแบบและการพัฒนาในทุกองค์ประกอบ ทั้งด้านการออกแบบที่มีลักษณะสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้และด้านสื่อ และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.2 นำสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญฯ เพื่อตรวจสอบด้านต่างๆ ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านสื่อ 3) ด้านการออกแบบ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.3 ศึกษาบริบทการใช้ โดยนำสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วมาทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อศึกษาจำนวนนักเรียนในกลุ่มในการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ โดยจัดนักเรียนให้เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้แบ่งเป็นกลุ่มละ 2 คน 3 คน 4 คน 5 คน ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน และสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับบริบทการใช้ พร้อมทั้งสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ โดยใช้แบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ รวมทั้งข้อมูลจากการบันทึกการสังเกตการศึกษาบริบทการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์

3. กระบวนการประเมิน (evaluation process)

คณะผู้วิจัยได้นำสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญในระยะที่ 1 กระบวนการออกแบบ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายเพื่อศึกษาบริบทการใช้ในระยะที่ 2 กระบวนการพัฒนา เพื่อศึกษาจำนวนผู้เรียนในการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่มี

ประสิทธิภาพ หลังจากนั้นนำสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้มาใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อศึกษาบริบทการใช้ ทำการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุง วิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์

ผลการวิจัย

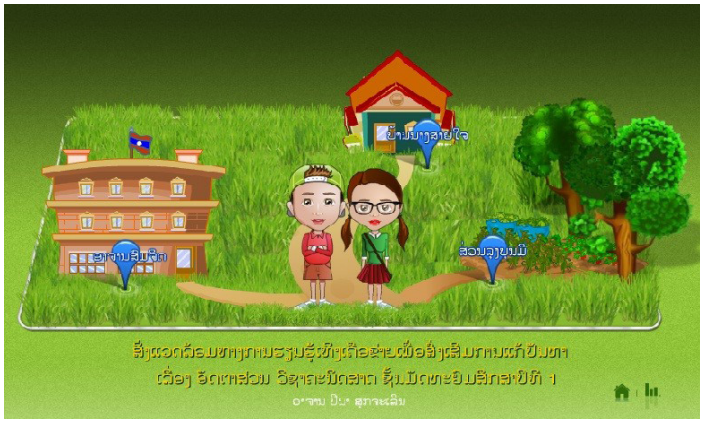
การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย 3 กระบวนการดังกล่าวข้างต้น และเพื่อการนำเสนอที่สามารถแสดงผลในกระบวนการออกแบบและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยเป็น 2 ระยะ คือ กระบวนการออกแบบและพัฒนาและกระบวนการประเมิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กระบวนการออกแบบและพัฒนา (design and development process)

สำหรับการออกแบบและพัฒนาได้ดำเนินการศึกษาวิเคราะห์หลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสังเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี และนำมาเป็นพื้นฐานการสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบ (designing framework) สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วย 1) การกระตุ้นโครงสร้างทางปัญญาและส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 2) การสนับสนุนการปรับโครงสร้างทางปัญญาและการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 3) การส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาและส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 4) การช่วยเหลือการปรับสมดุลทางปัญญาและการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (expert reviewer) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ผลปรากฏว่ากรอบแนวคิดการออกแบบฯ มีความตรงเชิงทฤษฎี และมีความสอดคล้องกับการออกแบบของแต่ละองค์ประกอบ จากนั้นนำทฤษฎีสู่การปฏิบัติโดยออกแบบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ คือ 1) สถานการณ์ปัญหา 2) แหล่งการเรียนรู้ 3) การร่วมมือกันแก้ปัญหา 4) ฐานความช่วยเหลือ 5) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา และ 6) การโค้ช ดังมีรายละเอียดในการออกแบบและพัฒนา ต่อไปนี้

1.1 สถานการณ์ปัญหา (problem bases) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ เพราะเป็นองค์ประกอบแรกที่จะนำผู้เรียนเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ที่เป็นการกระตุ้นโครงสร้างทางปัญญา ทำการออกแบบโดยอาศัยพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (cognitive constructivism) ของ Piaget (1965) ที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้ของผู้เรียน โดยเชื่อว่าถ้าผู้เรียนได้รับการกระตุ้นที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา จะต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสู่ภาวะสมดุล (equilibrium) โดยวิธีการดูดซึม (assimilation) หรือการปรับสมดุลทางปัญญาจากหลักการทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยได้แปลงทฤษฎีลงสู่การปฏิบัติโดยออกแบบและพัฒนา เป็นสถานการณ์ปัญหาที่มาจากบริบทตามสภาพจริง เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยการเชื่อมโยงสารสนเทศใหม่กับประสบการณ์เดิมของตนเอง และผนวกกับการออกแบบโดยอาศัยทฤษฎีพุทธิปัญญานิยม มุ่งเน้นการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของ Polya (1957) ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการตามแผน และ 4) ขั้นตรวจสอบผล เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับการออกแบบและพัฒนาองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหาเรื่อง อัตราส่วน ประกอบด้วย 3 สถานการณ์ ได้แก่ การเปรียบเทียบปริมาณของอัตราส่วน อัตราส่วนพ้วพันและการหาพจน์ที่ยังไม่ทราบของอัตราส่วนพ้วพัน ซึ่งจะช่วยกระตุ้นนักเรียนเข้าไปเรียนรู้และแก้ปัญหา ดังแสดงในภาพที่ 1-2

1.2 แหล่งเรียนรู้ (resources) เป็นแหล่งรวบรวมสารสนเทศ ที่นักเรียนจะใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนได้เผชิญด้วยตนเอง สำหรับการออกแบบและพัฒนาองค์ประกอบแหล่งเรียนรู้ของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้ โดยการเสาะแสวงหาสารสนเทศที่หลากหลาย โดยการจัดแหล่งเรียนรู้ไว้ภายในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ เช่น สาระความรู้เกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง อัตราส่วน และวิธีการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่อาศัยการแก้ปัญหาตามหลักการของ Polya (1957) ที่ได้เสนอการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 การวางแผนการแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล ดังนั้น การออกแบบแหล่งเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการประมวลสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเน้นสารสนเทศที่สำคัญ เช่น การใช้สี การใช้ขนาดตัวอักษร รวมทั้งการใช้ตัวกระพริบ ตัวเอน เพื่อให้ผู้เรียนใส่ใจสารสนเทศที่ต้องการเกิน 3 วินาที สารสนเทศจะสามารถถ่ายโยงและบันทึกในความจำระยะสั้นและออกแบบ



ภาพที่ 1 หน้าจอหลักของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ

ภาพที่ 2 หน้าจอสถานการณ์ปัญหา เรื่องอัตราส่วน

เพื่อช่วยในการเข้ารหัสสารสนเทศนั้นโดยใช้การจัดหมวดหมู่ (organization) เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถบันทึกในความจำระยะยาวและค้นคืนสารสนเทศกลับมาใช้ได้ รวมทั้งการใช้กราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และการจัดกลุ่ม (chunking) เพื่อช่วยในการลดคอกนิทีฟโหลด (cognitive load) ที่เป็นการลดข้อจำกัดของการทำงานของความจำขณะทำงาน อันจะส่งผลต่อการประมวลสารสนเทศในการสร้างความรู้ของผู้เรียน เป็นต้น

1.3 ฐานความช่วยเหลือ (scaffolding) ซึ่งประกอบด้วย 4 ฐานโดยอาศัยพื้นฐานจากฐานความช่วยเหลือเป็นองค์ประกอบที่ช่วยในการปรับสมดุลทางปัญญาที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิดทฤษฎีของ Vygotsky (1962) ที่มีแนวคิดเกี่ยวกับศักยภาพในการพัฒนาพุทธิปัญญาที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับช่วงของการพัฒนาที่เรียกว่า Zone of proximal development ที่เชื่อว่าถ้านักเรียนอยู่ต่ำกว่าช่วงของการพัฒนาของโซนดังกล่าว จำเป็นจะต้องได้รับการช่วยเหลือในการเรียนรู้ ที่เรียกว่า scaffolding สำหรับการศึกษาครั้งนี้ในการจัดชั้นเรียนและจัดกลุ่มที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ เป็นการจัดนักเรียนที่มีความสามารถคละกัน ได้แก่ เก่ง ปานกลาง และอ่อน ซึ่งสามารถสนองตอบเกี่ยวกับช่วงของการพัฒนาที่เรียกว่า Zone of proximal development เช่นเดียวกับ สำหรับการช่วยเหลือในฐานนี้จะมุ่งเน้นการสนับสนุนนักเรียนในการใช้ความพยายามในการเรียนรู้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสร้างความรู้ของนักเรียนโดยผู้เรียนเลือกเข้ามาใช้ฐานนี้เอง เมื่อยังไม่สามารถปฏิบัติภารกิจการแก้ปัญหาหรือประเมินตนเองว่าต้องการการช่วยเหลือในด้านต่างๆ เช่นการสร้างความคิดรวบยอด ดังจะกล่าวรายละเอียดข้างล่าง ดังนั้นจะเห็นว่าในการให้ความช่วยเหลือซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ มุ่งเน้นการออกแบบที่มุ่งเน้นการช่วยเหลือในการสร้างความรู้และการแก้ปัญหา จากโมเดลสิ่งแวดล้อมแบบเปิดของ Hannafin, Land, และ Oliver (1999) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

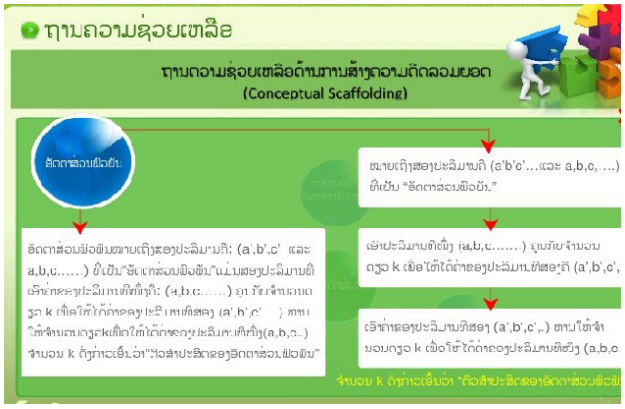
1) ฐานความช่วยเหลือการสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual scaffolding) จะช่วยเหลือนักเรียนในการสร้างความคิดรวบยอดของเนื้อหาเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำทฤษฎีสู่การปฏิบัติโดยทำการออกแบบและพัฒนาฐานความช่วยเหลือนี้ ในลักษณะของแผนผังมโนมติที่แสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอด หรือนำเสนอมโนมติในประเด็นสำคัญต่างๆ ของเนื้อหา ดังแสดงการออกแบบหน้าจอในภาพที่ 3

2) ฐานความช่วยเหลือด้านความคิด (meta-cognition scaffolding) เป็นการแนะนำวิธีการกำกับติดตามกระบวนการทางพุทธิปัญญาของตนเองในขณะเรียนรู้ การจัดการเกี่ยวกับการคิดของแต่ละบุคคล ซึ่งออกแบบโดยอาศัยพื้นฐานเมตะคอกนิชันของ Flavell (1979) ฐานนี้จะแนะนำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิธีการคิดในระหว่างการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้กำกับ ตรวจสอบ และตระหนักรู้ รวมทั้งประเมินเพื่อปรับแนวทางเกี่ยวกับวิธีการคิดของตนเองตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการแก้ปัญหา ดังแสดงในภาพที่ 4

3) ฐานความช่วยเหลือด้านกระบวนการ (procedural scaffolding) เป็นการแนะแนวทางวิธีการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ในทุกองค์ประกอบ ได้แก่ สถานการณ์ปัญหา แหล่งการเรียนรู้ การร่วมมือกันแก้ปัญหา กรณีที่เกี่ยวข้อง การโค้ช และเครื่องมือต่างๆ ภายในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่าย รวมทั้งกระบวนการทั้งหมดของการใช้เครื่องมือแต่ละชนิด เช่น กระดานสนทนา ลิงค์ที่เกี่ยวข้องจะอธิบายเกี่ยวกับวิธีการใช้งานเครื่องมือนี้ ดังแสดงในภาพที่ 5

4) ฐานความช่วยเหลือด้านกลยุทธ์ (strategic scaffolding) แนะแนวทางเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ไข

ปัญหา เช่น การสนับสนุนการวิเคราะห์ปัญหา ประเด็นหลักของปัญหา คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แนวทางการสืบค้นสารสนเทศเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และเชื่อมโยงระหว่างสารสนเทศที่สืบค้นมาได้กับแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการส่งเสริมกลยุทธ์ หรือวิธีการสำหรับผู้เรียนเพื่อนำไปใช้เมื่อเผชิญกับปัญหาและสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 3 ฐานความช่วยเหลือการสร้างความคิดรวบยอด

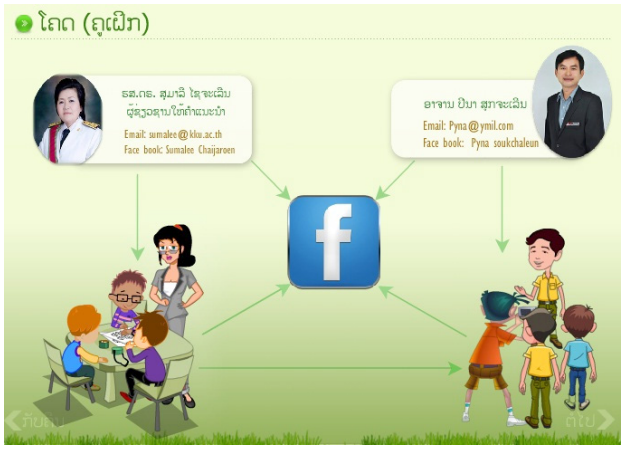
ภาพที่ 4 ฐานความช่วยเหลือด้านความคิดกระบวนการ

ภาพที่ 5 ฐานความช่วยเหลือด้านกระบวนการ

ภาพที่ 6 ฐานความช่วยเหลือด้านกลยุทธ์

ภาพที่ 7 การร่วมมือกันแก้ปัญหา

ภาพที่ 8 ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา



ภาพที่ 9 การโค้ช

1.4 การร่วมมือกันแก้ปัญหา (collaboration) เป็นองค์ประกอบที่ช่วยในการส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญา เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีแนวทางในการร่วมมือกันแลกเปลี่ยนความรู้และร่วมมือกันแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนมุมมอง แนวคิด ที่มีจุดมุ่งหมายที่คล้ายคลึงกันเพื่อการแก้ปัญหา ผู้วิจัยออกแบบโดยอาศัยหลักการของเครื่องมือ (tools) ของสิ่งแวดล้อมแบบเปิด (OLEs) (Hannafin, Land, & Oliver, 1999) เกี่ยวกับเครื่องมือเพื่อการสื่อสาร (communication tools) และผู้วิจัยได้นำทฤษฎีลงสู่การปฏิบัติ โดยออกแบบให้นักเรียนร่วมมือกันแก้ปัญหาโดยอาศัยสมรรถนะของเทคโนโลยี หรือสื่อสังคมออนไลน์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นและได้แลกเปลี่ยนการเรียนรู้ เช่น Social Network-Facebook ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างนักเรียน ผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญ จัดให้มีการสื่อสารแบบประสานเวลา (synchronous) และไม่ประสานเวลา (asynchronous) เช่น การสนทนาผ่าน Facebook ที่นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นมุมมองระหว่างทั้งเพื่อนในชั้น อาจารย์ผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญ ตลอดเวลาทั้งในการเรียนรู้ในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน ดังแสดงในภาพที่ 7

1.5 ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา (center for enhancing problem solving) เป็นองค์ประกอบที่ช่วยส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญา เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยอาศัยหลักการแก้ปัญหาของ Polya (1957) มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผนและขั้นตรวจสอบผล โดยออกแบบและพัฒนาในรูปแบบการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามหลักการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของ Polya (1957) พร้อมทั้งลงมือปฏิบัติในการคิดไตร่ตรอง พินิจ พิเคราะห์ปัญหาเพื่อทำความเข้าใจ วางแผนแก้ปัญหา ลงมือแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจสอบผล โดยต้องลงมือปฏิบัติทุกขั้นตอน เช่น การเติมคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา เช่น ข้อความลงในช่องว่าง ซึ่งการออกแบบบางส่วนมีการกระตุ้นให้คิด ชี้แนะแนวทางที่ไม่ใช่การเฉลยคำตอบในกระบวนการฝึกการแก้ปัญหาและลงมือกระทำ ดังแสดงในภาพที่ 8

1.6 การโค้ช (coaching) เป็นองค์ประกอบที่ช่วยส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญา ออกแบบโดยอาศัยพื้นฐานจากหลักการฝึกงานทางปัญญา (cognitive apprenticeship) ของ Brown, Collins, และ Duguid (1989) ที่ได้เสนอแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่เปลี่ยนบทบาทของครูที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดความรู้มาเป็นการโค้ชหรือชี้แนะที่จะช่วยกระตุ้นนักเรียนให้เสาะแสวงหาและค้นหาความรู้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และช่วยลดการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (misconception) ในกระบวนการเรียนรู้หรือการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยได้แปลงทฤษฎีสู่การปฏิบัติโดยการออกแบบในลักษณะการโค้ช (coaching) โดยอาศัยทั้งใช้สื่อสังคมออนไลน์ เช่น เฟซบุ๊ก รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ในกระบวนการเรียนรู้ในขณะเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ ดังแสดงในภาพที่ 9

2. *กระบวนการประเมิน (evaluation process)*

ในการประเมินสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยอาศัยพื้นฐานที่ประยุกต์จากการประเมินสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ของ สุมาลี ชัยเจริญ (2557) ประกอบด้วย 1) การประเมินกรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ 2) การประเมินผลผลิต 3) การประเมินบริบทการใช้ 4) การประเมินด้านความคิดเห็นของนักเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การประเมินกรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาโดยผ่านการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ (expert reviewer) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐาน ในการออกแบบ ผลการศึกษาพบว่า มีความตรงเชิงทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกรอบแนวคิด ประกอบด้วย 1) การกระตุ้นโครงสร้างทางปัญญา 2) การสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา 3) การส่งเสริมการสร้างความรู้ 4) การช่วยเหลือและสนับสนุนการสร้างความรู้ และการออกแบบในแต่ละองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ มีการนำหลักการ

ทฤษฎีที่ใช้มาเป็นพื้นฐานซึ่งปรากฏอย่างเด่นชัดและอาศัยหลักการที่ระบุข้างต้นทุกองค์ประกอบ

2) การประเมินผลผลิต เป็นการตรวจสอบคุณภาพของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งมุ่งเน้นการประเมินเพื่อพัฒนาผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่าการออกแบบกรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ มีความตรงเชิงทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานและองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ คือ ประกอบด้วย 1) สถานการณ์ปัญหา 2) แหล่งการเรียนรู้ 3) การร่วมมือกันแก้ปัญหา 4) ฐานความช่วยเหลือ 5) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา และ 6) การโค้ช สำหรับการออกแบบใน 6 องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ มีการนำหลักการทฤษฎีที่ใช้มาเป็นพื้นฐานมีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิดในการออกแบบฯ รวมทั้งการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ทั้ง 6 องค์ประกอบ อย่างไรก็ตามได้มีการนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการปรับปรุง ได้แก่ ด้านการออกแบบ ปรับการออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้เพิ่มระดับการกระตุ้นทางพุทธิปัญญาของผู้เรียนเพิ่มมากขึ้น และภารกิจที่ช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้ตรงตามกรอบของ Polya การปรับการออกแบบหน้าจอในลักษณะสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ ที่แตกต่างจากการออกแบบหน้าจอที่เป็นบทเรียนบนเว็บ ปรับไอคอนให้สื่อความหมาย ปรับการใช้สีที่หลากหลายเกินไป ปรับปรุงการออกแบบที่ส่งเสริมการประมวลสารสนเทศ ได้แก่ เพิ่มความใส่ใจ ได้แก่ ใช้ตัวหนา ตัวเอน หรือเน้นสี การจัดหมวดหมู่เพื่อเน้นให้ผู้เรียนเข้ารหัสสารสนเทศและค้นคืนสารสนเทศนั้นกลับมาใช้ได้ เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะที่ได้รับเพื่อนำไปศึกษาบริบทการใช้ต่อไป

3) การประเมินบริบทการใช้ เป็นการศึกษาบริบทการใช้สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่มีประสิทธิภาพ จากผลการศึกษาโดยการสัมภาษณ์ผู้เรียน พบว่า บริบทการใช้สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่มีการจัดกลุ่มของนักเรียนในการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ขนาดของกลุ่มที่เหมาะสมคือ 3 คน โดยผู้เรียนระบุเหตุผลว่า กลุ่มละ 3 คน ทำให้สามารถคิดร่วมกันและร่วมมือกันเรียนรู้ได้ดีและช่วยกันปฏิบัติภารกิจการแก้ปัญหาร่วมกันได้เสร็จทันเวลา เมื่อมีปัญหาก็มีบุคคลที่สามที่ทำให้สามารถตกลงกันได้ หากสองคนอาจปฏิบัติกิจไม่ทันเวลาเพราะจำนวนคนช่วยกันน้อยเกินไป หากเป็นสี่หรือห้าคน อาจมากเกินไป ทำให้บางคนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้น้อยเกินไป นอกจากนี้ยังพบว่า ถ้ามากกว่า 3 คน จะทำให้มีปัญหาในการมองหน้าจอคอมพิวเตอร์ไม่เห็นอย่างชัดเจน เพราะนักเรียนร่วมกันเรียนรู้และแก้ปัญหา โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องต่อกลุ่มที่ติดตั้งสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ และบางครั้งอาจทำให้ขาดการมีส่วนร่วมในการเรียนและร่วมมือกันทำงานเป็นทีม โดยนักเรียนร่วมกันเรียนรู้และแก้ปัญหา โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องต่อกลุ่มที่ติดตั้งสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ซึ่งเริ่มต้นด้วยนักเรียนเข้าไปศึกษาสถานการณ์ปัญหา ซึ่งมีภารกิจที่ต้องสืบเสาะและแก้ปัญหา และสามารถร่วมมือกันเสาะแสวงหาสารสนเทศและความรู้ ทำความเข้าใจ ถกปัญหาและแก้ปัญหา โดยเข้าศึกษาในองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ได้แก่ แหล่งการเรียนรู้ ฐานความช่วยเหลือ ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา รวมทั้งการโค้ชที่เป็นทั้งครูผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญที่สามารถชี้แนะได้ทั้งในขณะการเรียนรู้ขณะปฏิบัติภารกิจเป็นกลุ่มในชั้นเรียนและการเรียนรู้ทางออนไลน์ โดยการร่วมมือกันแก้ปัญหาผ่านทางเฟซบุ๊ก นอกจากนี้บริบทการใช้ยังมุ่งเน้นกระบวนการในการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ได้แก่ การร่วมมือในการแก้ปัญหา การร่วมมือกันเสาะแสวงหาสารสนเทศ แลกเปลี่ยนเรียนรู้และร่วมกันทำงานเป็นทีม และทุกคนช่วยกันทำงาน มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งพบว่าการปฏิบัติภารกิจการแก้ปัญหาดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและทันเวลาที่กำหนด

4) การประเมินด้านความคิดเห็นของนักเรียน การศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่ได้จากแบบสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมุ่งเน้นการนำผลการสำรวจความคิดเห็นมาใช้ในการปรับปรุงเพื่อพัฒนา จึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระตามประเด็นต่างๆ รวมทั้งผลการสัมภาษณ์นักเรียน ซึ่งปรากฏว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้ 1) ด้านเนื้อหา พบว่า เนื้อหาของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน มีความถูกต้อง และเหมาะสมกับระดับของนักเรียน ไม่ยากและไม่ง่ายเกินไป มีความน่าสนใจ มีความเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้ ในวิชาคณิตศาสตร์ช่วยในการศึกษาค้นคว้าหาสารสนเทศ การสร้างความรู้และการแก้ปัญหาของนักเรียน 2) ด้านสื่อ พบว่า มีการออกแบบเครื่องนำทาง (navigator) ช่วยในการค้นหาสารสนเทศได้ง่ายขึ้นและตรงตามความต้องการของนักเรียนรวมทั้งมีความคงที่คือใช้สัญลักษณ์ที่เหมือนกันและตำแหน่งเดียวกัน ช่วยให้สามารถเข้าถึงและค้นหาสารสนเทศได้ง่าย และการออกแบบสัญลักษณ์ที่เป็นไอคอน (icon) สามารถสื่อความหมายเกี่ยวกับแหล่งสารสนเทศต่างๆ มีการเชื่อมโยง (link) ช่วยให้สามารถเข้าถึงสารสนเทศต่างๆ การสนทนา (post)

แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านเฟซบุ๊กช่วยให้การสื่อสารกันได้สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน การออกแบบองค์ประกอบทางศิลปะมีความเหมาะสม สะดุดตา น่าสนใจ ภาพกราฟิกที่ใช้ประกอบมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ภาพที่ใช้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและขนาดของตัวอักษรเหมาะสม ช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้และแก้ปัญหา การใช้สีมีความเหมาะสม กลมกลืน ดึงดูดความสนใจ 3) ด้านการออกแบบ พบว่า ทุกองค์ประกอบในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ มีการออกแบบที่ช่วยกระตุ้นและส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เข้าไปสืบเสาะหาความรู้

สรุปผลการวิจัย

ผลการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ พบว่า มีกระบวนการดังต่อไปนี้ ศึกษาวิเคราะห์หลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสังเคราะห์เป็นการสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบ (designing framework) ที่อาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีและผลการศึกษาบริบทการเรียนการสอน และนำมาเป็นพื้นฐานการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่ประกอบด้วย 1) การกระตุ้นโครงสร้างทางปัญญาและส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 2) การสนับสนุนการปรับโครงสร้างทางปัญญาและการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 3) การส่งเสริมการขยายโครงสร้างทางปัญญาและส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 4) การช่วยเหลือการปรับสมดุลทางปัญญาและการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และนำทฤษฎีสู่การปฏิบัติโดยการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) สถานการณ์ปัญหา 2) แหล่งการเรียนรู้ 3) การร่วมมือกันแก้ปัญหา 4) ฐานความช่วยเหลือ 5) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา และ 6) การโค้ช และพบว่า มีประสิทธิภาพทั้ง 4 มิติ โดยการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญ (expert reviewer) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุชาติ วัฒนชัย, สุมาลี ชัยเจริญ, และ ชาลิสา โพธิ์นิ่มแดง (2553) Saman และ Chaijaroen (2015) Somabut และ Chaijaroen (2015) สุมาลี ชัยเจริญ, ปรมะ แขวงเมือง, ปรัชญา แก้วแก่น, และ จารุณี ซามาตย์ (2559) Chaijaroen, Khangmuang, Samat, Kunjug, และ Somabut (2016) ที่ได้นำทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาเพื่อส่งเสริมการสร้างความรู้ และส่งเสริมกระบวนการทางพุทธิปัญญา ได้แก่ การคิดเชิงวิทยาศาสตร์ การประมวลสารสนเทศ และการแก้ปัญหาทั้งวิชาภาษาอังกฤษ วิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า ช่วยส่งเสริมกระบวนการทางพุทธิปัญญาดังกล่าวจากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นมีความแตกต่างจากงานวิจัยในครั้งนี้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พร้อมกับการพัฒนาการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการรู้ทางพุทธิปัญญา (cognitive process) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งข้อค้นพบที่ได้รับจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพของนักเรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่สามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถแสดงผลปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทางปัญญา พบว่า การเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ช่วยในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ วัชราภรณ์ ถ้ำกลาง และ สุมาลี ชัยเจริญ (2560ข) ที่ได้ศึกษาผลการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้มีความแตกต่าง คือ การออกแบบและพัฒนา และนำไปใช้ในบริบทของประเทศสาธารณรัฐประชาชนลาว ที่มีความแตกต่างเชิงบริบท เช่น ความพร้อมทางด้านการใช้เทคโนโลยี รวมทั้งความแตกต่างเชิงวัฒนธรรมการเรียนการสอน ซึ่งผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนของประเทศสาธารณรัฐประชาชนลาวที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของ Polya (1957) ดังแสดงได้จากผลการสัมภาษณ์ผู้เรียนที่ว่า “สถานการณ์ปัญหามีลักษณะที่เป็นบริบทจริง ทำให้ได้ฝึกการแก้ปัญหาที่มีลำดับขั้นตอน ซึ่งมีส่วนช่วยในการนำไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาจริงได้ ถ้าไม่มีสถานการณ์ปัญหา เราต้องอ่านและทำตามเนื้อหาในหนังสือ ทำให้จำได้ไม่ได้นาน แต่ได้ฝึกจากสถานการณ์ปัญหาทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นเพราะว่ามีลักษณะเป็นขั้นตอนที่ได้ลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาซึ่งทำให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้” และ “สถานการณ์ปัญหาที่ให้มามีข้อมูลช่วยให้เรามีกระบวนคิดของเราเองที่เป็นขั้นตอน มีการสมมติเป็นสถานการณ์ปัญหามาจะเริ่มทำซึ่งต้องเรียงลำดับจากการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล และภารกิจเป็นแนวทางในการให้เราได้คิดแก้ปัญหาตามลำดับและพยายามให้เราหาสาเหตุและฝึกให้เราหาเหตุผล สนับสนุนความคิดของเรา ถ้าไม่มีสถานการณ์ปัญหามาให้ ก็คงเหมือนกับการทำตามหนังสือธรรมดาไม่ต้องคิดอะไรมากได้แต่จำๆ ไปก็คงจำไม่ได้นาน แต่ถ้าเป็นความเข้าใจที่เกิดจากการที่เราได้ฝึกคิดแก้ปัญหาจะจำได้นานกว่าและการที่เราลงมือปฏิบัติและไปดูข้อมูลทำให้เราเข้าใจได้มากกว่าและสามารถแก้โจทย์ปัญหาอื่นๆ ได้”

นอกจากนี้ยังพบว่า การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ โดยอาศัยพื้นฐานของการประเมินตามสภาพจริง (authentic assessment) ซึ่งประกอบด้วย 4 มิติ ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สามารถยืนยันว่าสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพ โดยเริ่มตั้งแต่ประเมิน 1) กรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ และ 2) ประเมินผลผลิตซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้โดยการผ่านผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านเนื้อหา ด้านสื่อ ด้านการออกแบบ ซึ่งพบว่า มีความตรงเชิงทฤษฎีที่นำมาใช้เป็นพื้นฐานการออกแบบและช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 3) การประเมินบริบทการใช้ พบว่า จำนวนนักเรียน 3 คนต่อกลุ่มมีความเหมาะสมกับการเรียนด้วย 4) การประเมินด้านความคิดเห็นของนักเรียน พบว่า มีความเหมาะสมทั้งสามด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบ

ผลการศึกษาที่ปรากฏดังกล่าว อาจเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ อาศัยหลักการออกแบบที่อาศัยพื้นฐาน การออกแบบการสอนที่ใช้ทฤษฎีเป็นฐาน (ID Theory) ที่นำทฤษฎีมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบในทุกองค์ประกอบ เช่น การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยการนำทฤษฎีทางพุทธิปัญญามาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติ (practice) ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะช่วยส่งเสริมในกระบวนการคิดที่ผู้เรียนใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการออกแบบ ผู้วิจัยได้นำหลักการแก้ปัญหาของ Polya (1957) มาเป็นพื้นฐานและเป็นการออกแบบที่ส่งเสริมกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้กระบวนการคิดในการแก้โจทย์ปัญหา ไม่เพียงแต่ทำตามลำดับขั้นตอนเท่านั้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้จะช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดแก้ปัญหา และเป็นหลักการและแนวทางที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ต่อไป ดังตัวอย่าง เช่น การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนต้องพิจารณาว่าปัญหาสำคัญ คืออะไร เช่น ต้องพิจารณาว่าโจทย์ต้องการให้หาอะไร สิ่งที่โจทย์กำหนดมีอะไรบ้าง ต้องการข้อมูลอะไรที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดอะไรบ้าง ข้อมูลอะไรที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหานั้น ข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้มาเพียงพอที่จะแก้ปัญหานั้นหรือไม่ หรือให้ข้อมูลที่เกินความจำเป็นหรือไม่ หรือมีข้อมูลที่ขัดแย้งกันหรือไม่ 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา นักเรียนอาจพิจารณาว่าเคยพบปัญหานั้นมาก่อนหรือไม่ หรือเคยแก้ปัญหาที่เหมือนๆ กันหรือคล้ายคลึงกันบ้างหรือไม่ เห็นความเกี่ยวข้องในปัญหานั้นหรือไม่จะนำหลักการ หรือทฤษฎี อะไรที่จะนำมาช่วยในการแก้ปัญหาหรือไม่ พิจารณาสิ่งที่โจทย์ถามหรือตัวไม่ทราบค่า เปรียบเทียบกับปัญหาที่คุ้นเคยที่มีตัวไม่ทราบค่าเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน เชื่อมโยงว่าจะนำปัญหาที่คุ้นเคยนั้นมาช่วยในการแก้ปัญหาใหม่ได้หรือไม่และอย่างไร หรือจะนำผลที่ได้จากปัญหาที่ผ่านมามาใช้ในการแก้ปัญหาใหม่นี้ได้หรือไม่ นักเรียนจะใช้วิธีอะไรและระบุสิ่งที่จะสามารถนำมาช่วยแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนดำเนินการตามแผนโดยเริ่มตรวจสอบแต่ละขั้นของแผนที่กำหนดไว้ อาจมีการปรับปรุง แล้วลงมือปฏิบัติจนสามารถหาคำตอบได้ 4) ขั้นตรวจสอบผล กล่าวคือ นักเรียนสามารถตรวจสอบการดำเนินการแต่ละขั้นและผลลัพธ์ว่าถูกต้องหรือไม่ สามารถตรวจสอบว่ามีเหตุผลสนับสนุนหรือไม่ ได้รับผลแตกต่างกันหรือไม่ พบความคลาดเคลื่อนต่างๆ หรือไม่ สามารถใช้ผลลัพธ์หรือวิธีการนั้นกับปัญหาอื่นๆ ได้หรือไม่

นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงพัฒนาที่มุ่งเน้นกระบวนการต่างๆ ในการพัฒนา ได้แก่ กระบวนการออกแบบ กระบวนการพัฒนาและกระบวนการประเมิน ซึ่งเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นการนำผลการประเมินมาปรับปรุงแก้ไขสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ในกระบวนการดังกล่าวจะมีลักษณะย้อนกลับไปมา (recursive) ทำให้นำผลด้านต่างๆ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบ และด้านสื่อมาพัฒนาปรับปรุงตลอดกระบวนการ รวมทั้งกระบวนการต่างๆ ในการพัฒนาที่มุ่งเน้นการตรวจสอบอย่างละเอียดถี่ถ้วนทุกกระบวนการ อาจส่งผลที่ทำให้สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ มีประสิทธิภาพมากเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วัชราภรณ์ ถ้ำกลาง และ สุมาลี ชัยเจริญ (2560ก) อุษณีย์ มณีรัตน์ และ สุมาลี ชัยเจริญ (2559) ที่มีการประเมินประสิทธิภาพสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ โดยอาศัยพื้นฐานของการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งประกอบด้วย 4 มิติ ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สามารถยืนยันประสิทธิภาพของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางปัญญา มหาวิทยาลัยขอนแก่น จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. (2551). *แผนยุทธศาสตร์ปฏิรูประบบการศึกษาแห่งชาติ 2006-2015.* นครหลวงเวียงจันทร์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว: โรงพิมพ์กระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. (2548). *แผนปฏิบัติงาน แห่งชาติการศึกษาเพื่อทุกคน 2013-2015.* นครหลวงเวียงจันทร์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว: โรงพิมพ์กระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. (2546). *แผนปฏิบัติงานการศึกษาแห่งชาติลาว.* นครหลวงเวียงจันทร์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว: โรงพิมพ์กระทรวงศึกษาธิการ.

วัชราภรณ์ ถ้ำกลาง, และ สุมาลี ชัยเจริญ. (2560ก). การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม, 7*(2), 64-71.

_____. (2560ข). การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 28*(3), 1-13.

สำนักงานนายกรัฐมนตรี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. (2552). *นโยบายแห่งชาติลาวด้านเทคโนโลยีสื่อสารและข้อมูลข่าวสาร.* นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว: ม.ป.พ.

สุชาติ วัฒนชัย, สุมาลี ชัยเจริญ, และ ชาลิสา โพธิ์นิ่มแดง. (2553). การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาและการถ่ายโยงการเรียนรู้. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 21*(3), 46-67.

สุมาลี ชัยเจริญ. (2557). *การออกแบบการสอน หลักการ ทฤษฎี สู่การปฏิบัติ.* ขอนแก่น: โรงพิมพ์เพ็ญพรินท์ติ้ง.

สุมาลี ชัยเจริญ, ปรมะ แขวงเมือง, ปรัชญา แก้วแก่น, และ จารุณี ชามาตย์. (2559). การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมทางปัญญาที่ส่งเสริมการประมวลสารสนเทศโดยการบูรณาการระหว่างศาสตร์การสอนกับประสาทวิทยาศาสตร์. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 27*(2), 37-50.

อุษณีย์ มณีรัตน์, และ สุมาลี ชัยเจริญ.(2559) กรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายพัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 27*(1), 1-8.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and culture of learning. *Educational Researcher, 18*(1), 32-42.

Chaijaroen, S., Kwangmuang, P., Samat, C., Kanjug, I., Somabut, A. (2016, November 28-December 2). *The design and development of the cognitive innovation to enhance problem solving.* Proceeding of The 24th International Conference on Computers in Education. Mumbai, India.

Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive development inquiry. *American psychologist,* 34, 906-911.

Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (1999). Open learning environments: Foundations, methods, and models. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models Volume II: A new paradigm of instructional theory.* New Jersy: Lawrence Erlbaum Associates.

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (pp. 215-39). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Piaget, J. (1965). *Judgment and reasoning in the child*, Translated by Marjorie Warden. London: Routledge & Kegan Paul.

Polya, G. (1957). *How to solve it.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Richey, R. C., Klein, J., & Nelson, W. (2004). Developmental research: Studies of instructional design and development. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (2nd ed.) (pp. 1099-1130). Mahwah, New Jersy: Lawrence Erlbaum Associates.

Saman, S., & Chaijaroen, S. (2015, November 30-December 4). *The development of rich chemistry multimedia learning environment model to foster scientific thinking: Validation phase.* Proceeding of The 23rd International Conference on Computer in Education. Hangzhou, China.

Somabut, A., & Chaijaroen, S. (2015, November 30-December 4). *The Digital learning environments to promote information literacy in higher education: Designing and instruction framework.* Proceeding of The 23rd International Conference on Computer in Education. Hangzhou, China.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *Twenty-first century skills: Learning for life in our times.* San Francisco: Jossey-Bass.

Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language.* New York: MIT Press.