ผลของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Effects of Constructivist Web-based Learning Environment to Enhance Learners' Problem-Solving in Mathematics for the 7th Grade Students in the Democratic Republic of Loas

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 7 มีนาคม 2559 | ตอบรับ 12 เมษายน 2559 | เผยแพร่ 11 พฤศจิกายน 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดเห็นของผู้เรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนก้าวหน้า อำเภอจันทบุรี นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐ-ประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) จำนวน 36 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โดยใช้รูปแบบการวิจัยก่อนการทดลองแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบหลังเรียน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

ผลการวิจัยพบว่า 1) การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่า ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ตามกรอบการแก้ปัญหาของ Polya (1957) ดังนี้ (1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (3) ขั้นดำเนินการตามแผน และ (4) ขั้นตรวจสอบผล 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 80.37 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.88 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียน ผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม และ 3) ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ พบว่า ด้านเนื้อหา ด้านสื่อบนเครือข่าย และด้านการออกแบบที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีการออกแบบที่เหมาะสมและช่วยสนับสนุนและส่งเสริมในการเสาะแสวงหาความรู้และช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

คำสำคัญ: สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่าย, คอนสตรัคติวิสต์, การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

Abstract

This study was aimed to study the problem-solving in Mathematics, learning achievement, and opinions of the Mathayomsuksa 1 students who learned with the Constructivist web-based learning environment to enhance learners' problem-solving in mathematics for the 7th Grade Students in the Democratic Republic of Laos. The target group was the 36 students in 7th grade at Kaona School, Chanthabouly District, Vientiane Capital, Lao P.D.R in the first semester of the academic year 2015. The pre-experimental design, one-shot case study was employed in this study. Both qualitative and quantitative data were collected and analyzed.

The results revealed that: 1) learners' problem-solving in mathematics consisted of the 4 procedures based on Polya's principles (1957) as followings: (1) understand the problem, (2) devise a plan, (3) carry out the plan, and (4) look back 2) learner's achievement score $\bar{X}$=80.37, S.D. 1.88 passed 70% criterion of the specified score and 3) learners' opinions toward the learning environment was found that the learning content aspect, web-based learning environments, and designing of the learners' problem-solving in mathematics appropriate and able to be used to support and foster in knowledge acquisition, and problem-solving in mathematics.

Keywords: web-based learning environments, constructivist, problem solving

บทนำ

ในปัจจุบันกระแสการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้เข้ามามีบทบาทและมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิต นับวันจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้น การศึกษาจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงให้ทันกับสภาพการณ์และสอดคล้องกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของชาติและสังคมโลกอยู่ตลอดเวลา (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557) นอกจากนี้ความเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคมและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ดังเช่นทักษะการแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Trilling & Fadel, 2009) ดังนั้น การศึกษาจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยสนองตอบในการสร้างคุณลักษณะที่สำคัญดังกล่าว เพื่อให้ทันต่อความเปลี่ยนแปลงของชาติและสังคมโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาการแก้ปัญหาของเยาวชนที่เข้าสู่การศึกษาระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศให้มีความเจริญก้าวหน้าในอนาคต อย่างไรก็ตาม พบว่า สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยังมุ่งเน้นการบรรยายที่ให้ท่องจำหลักเกณฑ์มากกว่าวิธีคิดและกระบวนการ ขาดการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะจากสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ครูผู้สอนส่วนใหญ่ยึดแบบเรียนเป็นหลัก โดยครูใช้วิธีการบรรยายและยกตัวอย่าง 2-3 ตัวอย่างบนกระดานแล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดจากแบบเรียน นักเรียนต่างคนต่างทำงานไม่ได้ฝึกการทำงานร่วมกัน นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาเพียงอย่างเดียว คือ ทำตามตัวอย่างที่ครูสอน มีวิธีการคิดที่ไม่หลากหลายและไม่กล้าคิดหาคำตอบที่แตกต่างจากครู ขาดการส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดหรือแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ขาดการทำงานร่วมกัน ขาดความสนใจในการเรียน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต่ำ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาผู้เรียนให้สามารถนักเรียนสามารถคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และเห็นคุณค่าของการเรียนรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เช่น การเรียนแบบค้นพบความรู้ที่ผู้เรียนต้องมีทักษะการเสาะแสวงหาและสามารถเรียนรู้ตลอดชีวิต ตามเป้าหมายการปฏิรูปการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการและกีฬาของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา, 2548)

การที่จะบรรลุจุดมุ่งหมายดังกล่าว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำทฤษฎีทางจิตวิทยาการเรียนรู้มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่แล้วขยายโครงสร้างทางปัญญาของตนเอง ซึ่งครูผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนได้ แต่จะสามารถจัดสภาพการณ์ให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะเสียสมดุลทางปัญญา (disequilibrium) ซึ่งเป็นภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม นักเรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม กับสารสนเทศใหม่แล้วสร้างเป็นความรู้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะที่ยากและผู้เรียนต้องมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

จากหลักการและทฤษฎีการเรียนรู้ดังกล่าวได้มีนักการศึกษานำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ ดังเช่น Hannafin, Land, & Oliver (1999) ได้เสนอแนะหลักการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเสาะแสวงหาและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผนวกกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้อาศัยพื้นฐานการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya (1957) ที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (understanding problem) 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (devising a plan) 3) ขั้นการดำเนินการตามแผน (carrying out the plan) และ 4) ขั้นตรวจสอบผล (looking back) มาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบ

นอกจากนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ดังกล่าว คุณลักษณะและระบบสัญลักษณ์ของสื่อที่สามารถสนองตอบ คือ สื่อบนเครือข่าย ที่คุณลักษณะเป็นโหนด (Node) หลักและโหนดย่อย รวมทั้งการเชื่อมโยงแต่ละโหนดซึ่งกันและกัน ที่เรียกว่า การเชื่อมโยงหลายมิติ (hyperlink) ข้อความหลายมิติ (hypertext) และสื่อหลายมิติ (hypermedia) ซึ่งสามารถช่วยส่งเสริมการสร้างความรู้ ทั้งเป็นการปูพื้นฐาน และช่วยขยายองค์ความรู้ที่มีการเชื่อมโยงแต่ละโหนดความรู้ (สุชาติ วัฒนชัย, สุมาลี ชัยเจริญ, และ ชาลิสา โพธิ์นิ่มแดง, 2553) ยิ่งกว่านั้นยังเป็นสื่อที่มีศักยภาพในการสื่อสารสูงและรวดเร็ว ผู้ใช้สามารถรับส่งข้อมูลได้หลายรูปแบบเป็นแหล่งเรียนรู้ที่ตอบสนองการเรียนรู้ได้ดี

ที่เปิดโอกาสและเอื้อให้นักเรียนหรือผู้สนใจเข้าไปศึกษาได้ทุกที่ทุกเวลา สามารถสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายไปทั่วโลก ทำให้นักเรียนมีแหล่งเรียนเพิ่มขึ้นและสื่อบนเครือข่าย มีลักษณะที่ผู้สอนและนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กัน เช่น การตอบคำถามหรือการปรึกษาผ่านเครือข่าย (post) ทำให้นักเรียนและผู้สอนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กันในลักษณะของการให้คำแนะนำและคำปรึกษาผ่านเครือข่ายได้เป็นอย่างดี ซึ่งนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์โดยอาศัยประสบการณ์และความรู้ใหม่จากแหล่งความรู้ต่างๆ (อิศรา ก้านจักร และ สุมาลี ชัยเจริญ, 2552) ดังเช่น สื่อบนเครือข่าย (web base) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะของสื่อ (media symbol system) สนับสนุนการสร้างความรู้ของนักเรียน ไม่ว่าจะเรียนเป็นกลุ่มหรือเรียนด้วยตนเองทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (สุมาลี ชัยเจริญ, 2551)

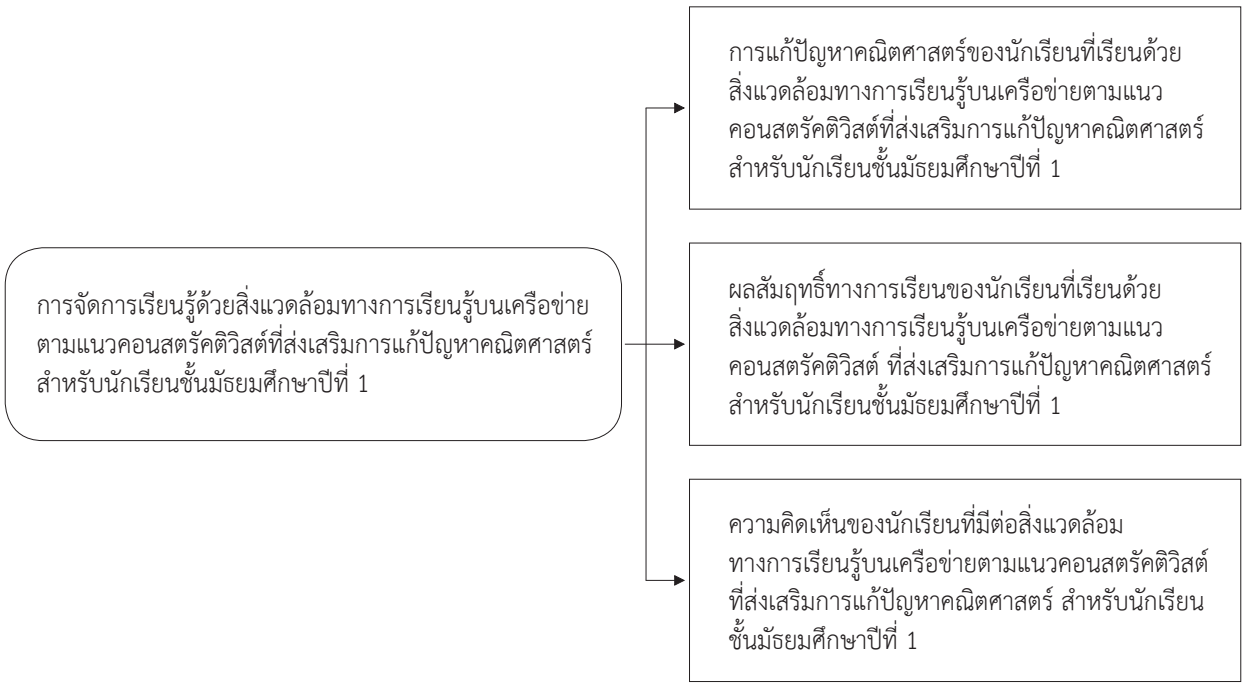
ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และศึกษาผลการใช้ เช่น การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และข้อค้นพบที่ได้จะสามารถเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ช่วยในการส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน รวมทั้งการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการปฏิรูปการเรียนรู้ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดเห็นของผู้เรียนฯ ที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามในแผนภูมิต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนก้าวหน้า อำเภอจันทบุรี นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป. ลาว) ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 36 คน

2. รูปแบบการวิจัย ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิจัยก่อนทดลอง (pre-experimental research) ที่มีแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบหลังเรียน (One shot case study) สามารถเขียนเป็นแผนภูมิ ดังต่อไปนี้ (Best & Kahn, 1993)

X O

เมื่อ X แทน วิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

O แทน การทดสอบหลังเรียน ได้แก่ การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดเห็นของนักเรียนฯ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (1) สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (2) แบบสัมภาษณ์การแก้ปัญหาของนักเรียน (3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (4) แบบสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนฯ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนก้าวหน้า อำเภอจันทบุรี นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ผู้วิจัยได้นำสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ใช้ในชั้นเรียนบริบทจริง ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

(1) ครูกระตุ้นให้นักเรียนมีความพร้อมที่จะเรียนรู้ ใส่ใจในสิ่งที่จะเรียนรู้ โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ การสนทนาเกี่ยวกับประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน การใช้คำถาม การเตรียมความพร้อมของนักเรียนเพื่อเรียนรู้ รวมทั้งอธิบายเกี่ยวกับวิธีการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ

(2) ครูจัดกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3 คน ตามพื้นฐานจากการศึกษาบริบทการใช้สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ โดยนำไปทดลองกับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย พบว่าการจัดจำนวนนักเรียนต่อกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ จำนวน 3 คนต่อกลุ่ม โดยนักเรียนให้เหตุผลว่า “จำนวนกลุ่มละ 2 คน น้อยเกินไปในการแลกเปลี่ยนแนวคิดกันและไม่มีคนตัดสิน กลุ่มละ 4 คน นอาจมากเกินไปทำให้ไม่สะดวกเวลาเรียนด้วยคอมพิวเตอร์และใช้เวลามากในการสรุปคำตอบ ตลอดจนทำให้การมีส่วนร่วมของแต่ละคนไม่ทั่วถึงและทำให้บางคนเบื่อหน่าย”

ขั้นกระบวนการเรียนรู้

ให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ดังนี้

(1) นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์ปัญหาจนกระทั่งครบทุกสถานการณ์ปัญหา โดยใช้เมาส์คลิกเลือกสถานการณ์ปัญหาที่ตนเองสนใจที่จะศึกษา นักเรียนอ่านเรื่องราวพร้อมทั้งทำความเข้าใจปัญหาที่ได้รับ

(2) นักเรียนแสวงหาคำตอบโดยสามารถศึกษาจากองค์ประกอบต่างๆ ที่จัดไว้ในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ประกอบด้วย 1) สถานการณ์ปัญหา (problem bases) 2) แหล่งเรียนรู้ (resources) 3) การร่วมมือกันแก้ปัญหา (collaboration) 4) ฐานการช่วยเหลือ (scaffoldings) 5) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา (center for enhancing problem solving) และ 6) การโค้ช (coaching)

(3) นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาละสรุปแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองในแบบบันทึกการปฏิบัติภารกิจ นำไปเสนอต่อหน้าชั้นเรียน เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนมุมมองความรู้กับเพื่อนในชั้นเรียน นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถเข้าไปศึกษาได้ตามความต้องการของตนเอง รวมทั้งการสื่อสาร การโค้ชกับผู้เชี่ยวชาญ ผ่านกระดานสนทนา เฟซบุ๊ค เป็นต้น

(4) ครูคอยให้คำแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนคิดและเข้าไปศึกษาสารสนเทศในทุกองค์ประกอบที่จัดไว้ในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ได้

ขั้นสรุป

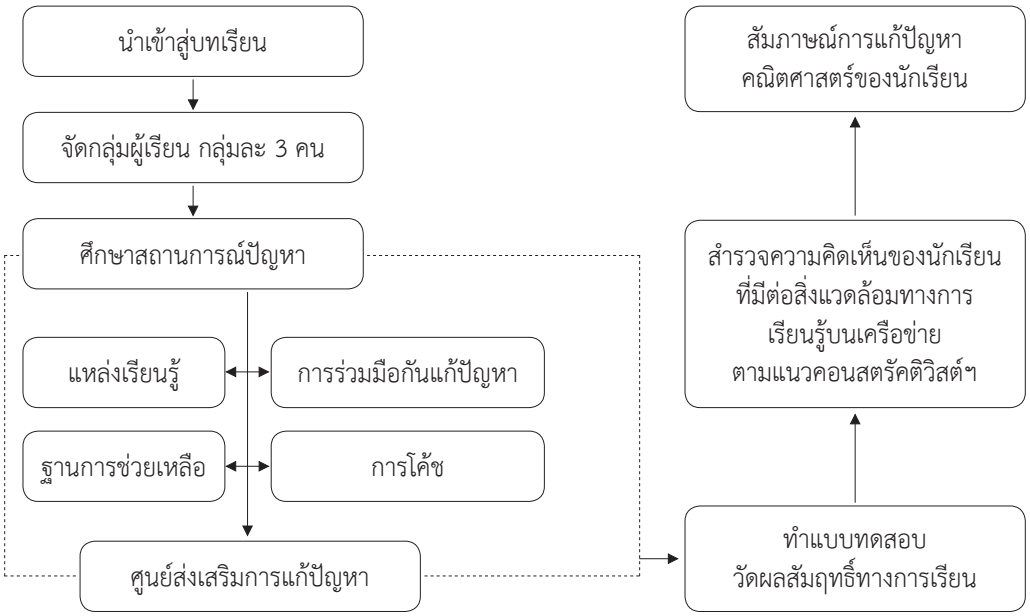
(1) ครูนำอภิปรายโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางแก้ปัญหาของตนเอง

(2) ครูกระตุ้นให้เพื่อนในชั้นเรียนร่วมกันวิพากษ์แนวทางแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่ม

(3) ครูกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปองค์ความรู้ของตนเองรวมทั้งการขยายมุมมองร่วมกับผู้อื่น

4.2 หลังจากที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ แล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสำรวจความคิดเห็นและสัมภาษณ์การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของ

นักเรียน โดยมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังแสดงในภาพต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 2 แสดงขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ดังนี้

5.1 การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์โปรโตคอล (protocol analysis) ที่ได้จากการสัมภาษณ์การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์ ซึ่งใช้กรอบแนวคิดการแก้ปัญหาของ (Polya, 1957)

5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละจากคะแนนการทดสอบหลังเรียน เรื่องอัตราส่วนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ฯ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์ที่ได้จากแบบสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนที่มีลักษณะคำถามแบบปลายเปิด

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ พบว่า ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดของ Polya (1957) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา พบว่า นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาโดยอ่านสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้เข้าใจปัญหาและวิเคราะห์ประเด็นของปัญหาได้ และสามารถแยกแยะรายละเอียดของข้อมูล เช่น สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ อัตราส่วนพื้นที่ปลูกข้าวต่อพื้นที่ปลูกมันแกว $\frac{6}{5}$ อัตราส่วนพื้นที่ปลูกมันแกวต่อพื้นที่ปลูกข้าวโพด $\frac{5}{4}$ และอัตราส่วนพื้นที่ปลูกข้าวโพดต่อพื้นที่ปลูกพืชทั้งหมด $\frac{4}{15}$ และโจทย์กำหนดให้ว่า พื้นที่ปลูกทั้งหมดมี 525 เฮกต้าร์ (Ha) และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ พื้นที่ปลูกพืชแต่ละส่วนมีเท่าไร

ขั้นที่ 2 ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์กำหนดและสิ่งต้องการทราบเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนแก้ปัญหา เช่น ทราบว่าสิ่งที่โจทย์กำหนด คือ พื้นที่ปลูกพืชทั้งหมดมี 525 เฮกต้าร์ (Ha) และมีอัตราส่วนพื้นที่ปลูกข้าวโพดต่อพื้นที่ปลูกพืชทั้งหมด $\frac{4}{15}$ และสิ่งต้องการทราบ คือ พื้นที่ปลูกข้าว มันแกว และข้าวโพด จากข้อมูลดังกล่าวทำให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดว่ามี 4 ส่วน จากพื้นที่ทั้งหมด 15 ส่วน และผู้เรียนได้นำมาวางแผนแก้ปัญหา โดยการกำหนดตัวแปรของพื้นที่ที่ปลูกพืช ได้แก่ กำหนดให้ B เป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพด P เป็นพื้นที่ปลูกมันแกว และ R เป็นพื้นที่ปลูกข้าว และนำมาสร้างเป็นสมการโดยพยายามหาค่า B ค่า P และ ค่า R โดยการนำความสัมพันธ์ที่พบข้างต้นมาใช้ในการคำนวณ คือ พื้นที่ปลูกข้าวโพด มี 4 ส่วน

จากพื้นที่ทั้งหมด 15 ส่วน จะเป็น B=$\frac{4}{15}$X พื้นที่ทั้งหมด คือ 525 เฮกตาร์ (Ha) พื้นที่ปลูกมันแกวต่อพื้นที่ปลูกข้าวโพดมี 5 ส่วน จาก 4 ส่วน และ พื้นที่ปลูกข้าวต่อพื้นที่ปลูกมันแกว 6 ส่วน จาก 5 ส่วน

ขั้นที่ 3 ขั้นการดำเนินการตามแผน นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 (ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา) เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาโดยสามารถเลือกวิธีการคิดคำนวณที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการแทนค่าในสมการที่สร้างไว้ในขั้นที่ 2 ดังตัวอย่างต่อไปนี้

กำหนดให้ B เป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพด มีพื้นที่

$$\frac{4}{15} = \frac{B}{525} \rightarrow B = \frac{4x525}{15} = 140$$

ฉะนั้น พื้นที่ปลูกข้าวโพด 140 เฮกตาร์ (Ha)

กำหนดให้ P เป็นพื้นที่ปลูกมันแกว เรามี

$$\frac{P}{B} = \frac{5}{4} \rightarrow P = \frac{140x5}{4} = 175$$

ฉะนั้น พื้นที่ปลูกมันแกว 175 เฮกตาร์ (Ha)

กำหนดให้ R เป็นพื้นที่ปลูกข้าว เรามี

$$\frac{R}{P} = \frac{6}{5} \rightarrow R = \frac{Px6}{5} = 210$$

ฉะนั้น จะได้คำตอบของสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ พื้นที่ปลูกข้าว เท่ากับ 210 เฮกตาร์ (Ha)

ขั้นที่ 4 ขั้นการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนสามารถตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยการพิจารณาและตรวจดูว่าผลลัพธ์ถูกต้องและมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือได้หรือไม่ เช่น นำพื้นที่แต่ละส่วนมาบวกกันจะได้พื้นที่ทั้งหมดเท่ากับ 525 Ha ที่โจทย์กำหนดมาให้ดังกล่าวข้างต้น จะได้พื้นที่ปลูกข้าวโพด + พื้นที่ปลูกมันแกว + พื้นที่ปลูกข้าว เท่ากับ $B+P+R$=140+175+210=525 *Ha* แสดงว่าผลลัพธ์ถูกต้อง

สามารถสรุปได้ว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สามารถแก้ปัญหาตามกรอบแนวคิดของ Polya (1957) 4 ขั้นตอน ดังกล่าวข้างต้น ผลที่ปรากฏเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ อาศัยพื้นฐานทฤษฎีมาใช้ในการออกแบบหรือเรียกว่า ทฤษฎีการออกแบบการสอน (ID theory) ดังเช่น ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ของ Polya (1957) มาเป็นพื้นฐานการออกแบบ ทั้งในสถานการณ์ปัญหาที่เป็นภารกิจให้ลงมือปฏิบัติ และศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการเรียนรู้ที่ต้องศึกษาและลงมือปฏิบัติภารกิจการแก้ปัญหาตามกรอบการแก้ปัญหาของ Polya (1957) จนสามารถหาคำตอบตามกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามผลวิจัยที่ปรากฏ และสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากผลการวิเคราะห์โปรโตคอลการสัมภาษณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ ทิวาพร สกุลฮูฮา (2552); สวิต คำภา (2550); จิตรา แก้วชัย (2553); ญาณินี ประจะเนย์ (2554) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของ Polya

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ปรากฏว่าค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 80.37 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.88 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ นักเรียนร้อยละ 70 ผ่านเกณฑ์ 70% ของคะแนนเต็ม แสดงให้เห็นได้ว่าการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดได้ ผลที่ปรากฏเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ได้มีการออกแบบที่ใช้ ID theory มาเป็นพื้นฐาน โดยอาศัยพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นการสร้างความรู้ของนักเรียน ซึ่งเกิดจากการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาโดยออกแบบเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ทำให้นักเรียนเกิดภาวะเสียสมดุลขึ้น นักเรียนต้องมีการปรับเข้าสู่ภาวะสมดุล ซึ่งก็คือ การสร้างเป็นความรู้ใหม่หรือเกิดการเรียนรู้นั้นเอง ร่วมกับการออกแบบภารกิจการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกรอบของ Polya (1957) ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหา และได้ลงมือแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในขณะเรียน นอกจากนี้คุณลักษณะและระบบสัญลักษณ์ของสื่อบนเครือข่าย ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนยังสามารถเข้าไปเรียนรู้และสามารถฝึกการแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อมได้ตามความต้องการ กี่ครั้งก็ได้ เวลาใดก็ได้ ที่บ้านหรือที่โรงเรียนก็ได้ สามารถสนองตอบต่อความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งแตกต่างจากการบรรยายในชั้นเรียน อาจไม่สามารถเรียนและทบทวน ศึกษาได้หลายรอบ ถ้าไม่เข้าใจในชั้นเรียนแล้ว อาจส่งผลที่ทำให้แก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่ได้ ทำข้อสอบไม่ได้ และผลสัมฤทธิ์ต่ำ ด้วยเหตุผลดังกล่าว อาจส่งผลให้ผู้เรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ และนำไปสู่สามารถแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งทำให้ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70

ดังหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ที่ว่า *“เมื่อเข้าไปเรียนมีสถานการณ์ปัญหา มีแหล่งการเรียนรู้ มีแนวทางการแก้ปัญหา มีศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา ซึ่งทำให้ได้ฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหา จนเกิดความเข้าใจ และสามารถแก้ปัญหาได้ รวมทั้งสามารถเข้าไปศึกษาในองค์ประกอบต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ ได้หลายครั้งตามต้องการ”* ซึ่งสอดคล้องกับ

งานวิจัยของ Abramova และ Kovriga (2008); นรวิชญ์ ภูสงัด (2553) พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือครู และการศึกษาของ อิศรา ก้านจักร (2547); Saman และ Chaijaroen (2015); สุมาลี ชัยเจริญ, ปรมะ แขวงเมือง, ปรัชญา แก้วแก่น, และ จารุณี ชามาตย์ (2559); จารุณี ชามาตย์ (2552); อุไร ทองหัวไผ่ (2553); สุมาลี ชัยเจริญ (2557); สุชาติ วัฒนชัย และคณะ (2553); Chaijaroen, Kanjug, และ Samat (2012); Deejring และ Chaijaroen (2012) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมบนเครือข่ายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

3. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นต่อการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ในด้านต่างๆ ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา พบว่า ลักษณะเนื้อหามีความเหมาะสมกับนักเรียน เข้าใจง่าย เพียงพอ และเอื้อต่อการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียนและเนื้อหามีความทันสมัย มีรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาเป็นลำดับขั้นที่สามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีและง่ายต่อการทำความเข้าใจ รูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจและช่วยในการทำความเข้าใจสารสนเทศได้ง่าย และมีความเหมาะสมของการออกแบบเนื้อหาและภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหา ภาษาที่ใช้เข้าใจได้ง่าย เหมาะสมกับนักเรียน และสามารถอ่าน ศึกษา ทำความเข้าใจได้ตามต้องการ ดังหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ที่ว่า *“บางครั้งฟังไม่ทันก็สามารถฟังใหม่ได้ครับหรืออ่านข้อความก็ได้ครับ”* 2) ด้านคุณลักษณะของสื่อ พบว่า การออกแบบสารสนเทศที่ช่วยให้นักเรียนสามารถค้นหาสารสนเทศได้ง่ายและตรงตามความต้องการ รวมทั้งมีรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาที่มีประสิทธิภาพโดยมีการแบ่งเนื้อหาออกเป็นลำดับก่อนหลัง ทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ 3) ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ มีการออกแบบเครื่องนำทาง (navigator) มีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกันและมีความคงที่ ทำให้เข้าใจได้ง่ายและยังมีการออกแบบการนำเสนอวีดิทัศน์ที่สามารถควบคุมให้หยุดชั่วคราว เดินหน้า ถอยหลัง ทำให้นักเรียนสามารถประมวลสารสนเทศได้สอดคล้องกับความสามารถของแต่ละบุคคลส่งผลที่ดีในขณะเรียนรู้ นอกจากนี้ยังมีการออกแบบเชื่อมโยง (link) ไปยังสารสนเทศต่างๆ ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการศึกษาค้นคว้าและตอบสนองความต้องการเรียนรู้ของนักเรียน สำหรับการออกแบบองค์ประกอบศิลปะมีความเหมาะสม สะดุดตา สร้างความน่าสนใจในการเรียนและใช้ตัวอักษรเหมาะสม มีความน่าสนใจ อ่านง่าย ชัดเจน รวมถึงมีการใช้สีที่มีความเหมาะสม การจัดสีกลมกลืน และการเลือกใช้สีสันสดใสที่ดึงดูดความสนใจได้ดี นอกจากนี้ยังมีภาพกราฟิกที่ใช้ประกอบมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ทำให้เข้าใจเรื่องที่เรียนได้เป็นอย่างดีและมีภาพเคลื่อนไหวที่ช่วยดึงดูดความสนใจและช่วยส่งเสริมความเข้าใจได้เป็นอย่างดีในการเรียนรู้ นอกจากนี้การออกแบบรูปแบบการสนทนาบนเครือข่ายช่วยให้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้รวดเร็ว ใช้งานได้ง่าย สะดวกในการเรียนที่ต้องใช้ในการตอบปัญหาและสามารถดูคำตอบที่หลากหลายและนำมาปรับใช้กับการแก้ปัญหาในการเรียนรู้ได้ คุณลักษณะของสื่อบนเครือข่ายช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ดังหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ ที่ว่า *“ภาพช่วยทำให้เข้าใจและกระตุ้นให้เกิดความสนใจ สามารถนำมาประกอบการแก้ปัญหาได้”* และ *“ปุ่มต่างๆ สามารถเลือกดูได้ตามต้องการ เช่น เดินหน้า ถอยหลังหรือข้ามส่วนที่ได้เคยศึกษาแล้ว”* ส่วนด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ มีการออกแบบที่ส่งเสริมการแก้ปัญหา โดยมีการออกแบบสถานการณ์ปัญหา (Problem Base) ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเข้าไปฝังตัวเป็นส่วนหนึ่งของสถานการณ์ปัญหา สามารถแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ ดังข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่ว่า *“สถานการณ์ปัญหามีลักษณะที่เหมือนบริบทจริงและพบได้บ่อย ทำให้ได้ฝึกแก้ปัญหาสามารถนำไปใช้กับการปฏิบัติจริงได้เพราะมีหลักในการทำที่เป็นขั้นตอน ส่วนภารกิจการเรียนรู้ช่วยฝึกให้คิดอย่างเป็นระบบ”* และมีการออกแบบแหล่งเรียนรู้ที่ช่วยสนับสนุนข้อมูลให้นักเรียนสามารถค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ได้ ดังหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ที่ว่า *“แหล่งเรียนรู้มีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการแก้ปัญหา”* และมีการออกแบบการร่วมมือกันแก้ปัญหา (Collaboration) เพื่อช่วยขยายแนวคิดของนักเรียน มีการออกแบบฐานความช่วยเหลือ (Scaffolding) ช่วยเหลือนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ รวมทั้งศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา (Center for enhancing problem solving) สนับสนุนให้นักเรียนลงมือกระทำโดยผ่านกระบวนการคิดมองเห็นภาพในการนำไปใช้แก้ปัญหาชัดเจน ดังหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ที่ว่า *“ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาช่วยให้เราได้ฝึกการแก้ปัญหาที่เป็นขั้นตอนดี”* และการออกแบบการโค้ช (Coaching) ที่สามารถสื่อสารและให้ข้อมูลเพื่อกระตุ้นให้นักเรียน คิดค้นหาคำตอบรวมถึงกระทำภารกิจอย่างกระตือรือร้น ผลที่ปรากฏเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการออกแบบโดยอาศัยพื้นฐานหลักการทฤษฎีและผ่านการตรวจสอบคุณภาพของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ฯ จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบ ที่พบว่า มีการออกแบบที่สอดคล้องและตรงตามหลักการทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐาน ทั้งการสร้างความรู้ตามแนวคอนสรัคติวิสต์และการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของ Polya (1957) ซึ่งสอดคล้องกับงาน

วิจัยของ สุชาติ วัฒนชัย (2553) และ สุมาลี ชัยเจริญ (2557) ที่ได้ศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบ และด้านสื่อ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ควรศึกษาเกี่ยวกับกลไกการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมบนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางปัญญา มหาวิทยาลัยขอนแก่น จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *แผนยุทธศาสตร์ปฏิรูประบบการศึกษาแห่งชาติ 2006-2015.* นครหลวงเวียงจันทร์ (สปป.ลาว): โรงพิมพ์กระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา. (2548). *แผนปฏิบัติงานแห่งชาติการศึกษาเพื่อทุกคน 2013-2015.* นครหลวงเวียงจันทร์ (สปป.ลาว): โรงพิมพ์กระทรวงศึกษาธิการ.

จารุณี ชามาตย์. (2552). *การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา.* วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จิตรา แก้วชัย. (2553). *การศึกษาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่องโจทย์ปัญหาร้อยละ สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยเน้นขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ญาณินี ประจะเนย์. (2554). *ผลของสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหา เรื่องโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* รายงานการศึกษาอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทิวาพร สกุลฮุฮา. (2552). *การพัฒนาการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นรวิชญ์ ภูสงัด. (2553). *การศึกษาทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวโดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สวิต คำภา. (2550). *ผลของชุดการสร้างความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง ดอกเบี้ย สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* รายงานการศึกษาอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุชาติ วัฒนชัย. (2553). *การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือขายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาและการถ่ายโยงการเรียนรู้.* วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

สุมาลี ชัยเจริญ. (2551). ระบบสัญลักษณ์ของสื่อกับกระบวนการทางพุทธิปัญญา. *วารสารเทคโนโลยีทางปัญญา, 3*(2), 3-9.

สุมาลี ชัยเจริญ. (2557). *การออกแบบการสอน: หลักการทฤษฎีสู่การปฏิบัติ.* ขอนแก่น: โรงพิมพ์แอนนาออฟเซต.

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

อิศรา ก้านจักร. (2547). *ผลการจัดสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนว Constructivism: Open learning Environments (OLEs) สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อิศรา ก้านจักร, และ สุมาลี ชัยเจริญ. (2552). การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่ส่งเสริมเมนทอลโมเดลแบบผู้เชี่ยวชาญ. *การประชุมทางวิชาการการวิจัยทางการศึกษาระดับชาติครั้งที่ 13* ของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 11-12 กันยายน.

อุไร ทองหัวไผ่. (2553). *การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมความเข้าใจโปรแกรม.* วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Abramova, N. A., & Kovriga, S. V. (2008). Cognitive approach to decition-maiking in illstructured situation control and the problem of risks. In *Proceedings of Conference on Human System Interaction-HIS'2008*, Krakow, Poland, pp. 83-88.

Best, J. W., & Kahn, J. V. (1993). *Research in education* (3rd ed.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice- Hall.

Chaijaroen, S., Kanjug, I., & Samat, C. (2012). Development and efficiency improvement of the learning innovations enhancing learners' thinking potential. *Procedia-Social and Behavioral Sciences 46*, 3460-3464.

Deejring, K., & Chaijaroen, S. (2012). The constructivist learning environments model enhancing cognitive flexibility for higher education: Validation phase. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 46*, 3764-3770.

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

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

Saman, S., & Chaijaroen, S. (2015). The development of rich chemistry multimedia learning environment model to foster scientific thinking: Validation phase. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education,* China, pp.210-215.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times.* San Francisco: Jossey-Bass.