วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2560), 28(3), 1-13

การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา

Design and Development of Constructivist Web-Based Learning Environment Model to Foster Mathematical Problem Solving and Metacognition for Elementary Students

วัชราภรณ์ ถ้ำกลาง และ สุมาลี ชัยเจริญ*

Watcharaporn Thamklang and Sumalee Chaijaroen*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Educational Technology, Faculty of Education, Khon Kaen University

*ติดต่อผู้เขียน sumalee@kku.ac.th

ส่งบทความ 1 สิงหาคม 2559 | แก้ไข 30 กันยายน 2559 | ตอบรับ 3 ตุลาคม 2559 | เผยแพร่ 23 พฤศจิกายน 2560

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา กลุ่มเป้าหมายได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มอดินแดง) ปีการศึกษา 2558 จำนวน 68 คน สำหรับสำรวจบริบทการจัดการเรียนการสอน ผู้ออกแบบ 1 คน ผู้พัฒนา 1 คน และผู้เชี่ยวชาญ 6 คน รูปแบบการวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ คือ การวิจัยโมเดล (model research) ในระยะที่ 1 การพัฒนาโมเดล (model development) ซึ่งประกอบด้วยวิธีการศึกษาหลายรูปแบบ ได้แก่ การวิจัยเอกสาร (document analysis) การวิจัยเชิงสำรวจ (survey) ผลการวิจัยพบว่า โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบที่สำคัญ คือ 1) สถานการณ์ปัญหา 2) กรณีใกล้เคียง 3) แหล่งการเรียนรู้ 4) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 5) ศูนย์ส่งเสริมการกำกับกระบวนการคิด 6) ฐานการช่วยเหลือ 7) การร่วมมือกันแก้ปัญหา 8) ศูนย์ให้คำแนะนำ และผลการประเมินโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ มีความเหมาะสมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหามีความเหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ ด้านสื่อบนเครือข่าย มีความเหมาะสมช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ง่ายต่อการเข้าถึงสารสนเทศ และด้านการออกแบบ ทั้ง 8 องค์ประกอบ มีการออกแบบที่สอดคล้องกับหลักการพื้นฐานเชิงทฤษฎี

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้, คอนสตรัคติวิสต์, การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์, เมตาคอกนิชัน

Abstract

The Purposes of this research was to design and develop constructivist web-based learning environment model to foster mathematical problem solving and metacognition for elementary students. The target group consisted of 68 of sixth grade, the Demonstration School of Khon Kaen University (Mordindang) during 2016 academic year in order to explore the context for teaching and learning, 1 of designer, 1 of developer and 6 of experts. The research design was model research in phase 1 model development, Several methods used in this study were document analysis and survey. The result revealed that: The constructivist web-based learning environment model to foster mathematical problem solving and metacognition of learning comprise of 8 components as following: 1) Problem base, 2) Related case, 3) Resources, 4) Fostering mathematical problem solving center, 5) Fostering metacognition center, 6) Scaffoldings, 7) Collaboration and 8) Coaching center. And the efficiency of the constructivist web-based learning environment model to foster mathematical problem solving and metacognition of learning showed 3 the appropriated dimensions: The content is appropriate for learning. The characteristic of web base was appropriate for supporting the learners to learn and access information easily. The design of eight components were congruent with underlined theories.

Keywords: learning environment model, Constructivist, problem solving, metacognition, mathematics, web base

บทนำ

การเรียนรู้ในกระแสโลกาภิวัตน์ยุคศตวรรษที่ 21 เน้นการจัดการศึกษาที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้โอกาสผู้เรียนทุกคนได้มีโอกาสรับรู้ เพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ ตลอดจนพัฒนาศักยภาพของแต่ละคนให้ได้มากที่สุด โดยปราศจากข้อจำกัดทั้งระดับสติปัญญา ความสามารถในการรับรู้ (สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ, 2553) ทักษะด้านการเรียนรู้ที่สำคัญของศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ ครูต้องออกแบบการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตัวเอง ให้การเรียนรู้สนุกและกระตุ้นให้อยากเรียนรู้ต่อไปตลอดชีวิต (วิจารณ์ พานิช, 2555) แนวทางจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 กล่าวไว้ว่า การจัดการศึกษายึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ ผู้เรียนต้องสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อแก้ปัญหา ครูเป็นผู้จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) ทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องและช่วยส่งเสริมให้เกิดคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้นได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (constructivist theories) ที่มุ่งเน้นการสร้างมากกว่าการรับรู้ การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน โดยมีผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (construct) องค์ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีมาก่อน โดยพยายามทำความเข้าใจกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนเองพบมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) หรือที่เรียกว่าสกีมา (schema) และคอนสตรัคติวิสต์ยังเชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเสาะแสวงหาและสร้างความรู้มากกว่าการรับรู้ และเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้จะสนับสนุนการสร้างมากกว่าความพยายามในการถ่ายทอดความรู้ ดังนั้นคอนสตรัคติวิสต์จะมุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคล (สุมาลี ชัยเจริญ, 2551)

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาคนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาความเจริญในด้านต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการคิด การสร้างองค์ความรู้และการทำงาน การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ จึงเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญประการหนึ่งของการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้และทักษะดังกล่าวไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นวิชาที่ช่วยพัฒนากระบวนการคิดของคนให้คิดเป็น คิดอย่างมีเหตุผล และยังช่วยสร้างเสริมคุณลักษณะสำคัญที่จำเป็นในการดำรงชีวิต (จันทร์ขจร มะลิจันทร์, 2554) ถึงแม้ว่าคณิตศาสตร์จะเป็นวิชาที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ แต่ความสามารถในการคิด การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับที่ต่ำ ดังจะเห็นได้จากแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 11 พ.ศ. 2555-2559 ที่กล่าวถึงคุณภาพการจัดการศึกษาที่ผ่านมาว่ายังไม่เป็นที่พอใจของสังคม เด็กวัยเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาหลักของระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (O-Net) มีค่าคะแนนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งจากผลการสอบในปีการศึกษา 2557 พบว่าคะแนนเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาในรายวิชาคณิตศาสตร์ ที่เป็นวิชาที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาคนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาความเจริญในด้านต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการคิดการสร้างองค์ความรู้ พบว่า คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 38.06 ในระดับจังหวัด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 35.71 และในระดับโรงเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 52.83 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2558) การที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำนั้นอาจเกิดจากหลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุหนึ่งเกิดจากการที่นักเรียนประสบปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากงานวิจัยของ มัณฑนา พรมรักษ์(2557) พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ง่าย แต่เมื่อเผชิญกับโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหา ไม่สามารถอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองได้ นักเรียนก็จะไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหานั้นได้

นอกจากนี้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากงานวิจัยพบว่า เมตาคอกนิชัน (metacognition) จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการกำกับตนเองในการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น (จันทร์ขจร มะลิจันทร์, 2554) สอดคล้องกับ Flavell (1979) ที่กล่าวว่า เมตาคอกนิชันเป็นวิธีการกำกับและควบคุมความคิดของตนเองในการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างมีจุดหมาย มีการพิจารณาถึงความรู้ที่ตนเองมีอยู่และบอกได้ว่ามีความรู้มากน้อยเพียงใดเกี่ยวกับสิ่งนั้น และหากต้องการแก้ปัญหาจะมีการรวบรวมข้อมูลและหาวิธีการแก้ปัญหา ตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเองทุกระยะ หรือกล่าวได้ว่าเป็นสิ่งที่ช่วยให้แต่ละคนควบคุม

กำกับกระบวนการทางปัญญาของตนได้ เมตาคอกนิชันจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ควบคู่กับส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น

ยิ่งกว่านั้นคุณลักษณะของสื่อ (media attribution) และระบบสัญลักษณ์ของสื่อ (media symbol system) เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยตอบสนองต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่เทคโนโลยีในด้านต่างๆ มีความเจริญก้าวหน้าอย่างมาก ส่งผลให้เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทกับชีวิตอย่างมาก ทำให้การติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนความรู้แนวคิดและประสบการณ์ผ่านสื่อทางไกลได้อย่างรวดเร็ว (สุชาติ วัฒนชัย, สุมาลี ชัยเจริญ, และ ชาลิสา โพธิ์นิ่มแดง, 2553) การนำสื่อบนเครือข่ายมาผนวกกับการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ในลักษณะที่เป็นสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ โดยออกแบบการเรียนรู้ที่นำคุณลักษณะของสื่อบนเครือข่าย การเชื่อมโยงหลายมิติ (hyperlink) สามารถนำเสนอได้ทั้งภาพเคลื่อนไหว ภาพกราฟิก ตัวอักษร เสียง โดยเฉพาะถ้าภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดี รวมทั้งส่งเสริมการแก้ปัญหามากขึ้น รวมทั้งรูปแบบของข้อความหลายมิติ (hypertext) ที่สามารถเชื่อมโยงโหนดความรู้แต่ละโหนดบนเครือข่าย จะช่วยสนับสนุนการสร้างความรู้โดยผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงโหนดของความรู้เพื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจ เป็นการให้ทางเลือกที่หลากหลายกับผู้เรียนในการแสวงหาความรู้ ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้จากการพัฒนาประสบการณ์จากการได้ลงมือปฏิบัติที่ผ่านกระบวนการคิด การร่วมมือแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่รับมาใหม่ ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว ตลอดจนนำประสบการณ์เดิมมาช่วยในการสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง (สุมาลี ชัยเจริญ, 2551) ซึ่งจากคุณสมบัติของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่นำเสนอได้ทั้งภาพเคลื่อนไหว ภาพกราฟิก ตัวอักษร และเสียง จะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ที่ดี เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Samat & Chaijaroen, 2015)

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นต้องออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยอาศัยพื้นฐานในการพัฒนาจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี (theoretical framework) และกรอบแนวคิดการออกแบบ (designing framework) ที่ได้จากหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและจากการศึกษางานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการสร้างความรู้ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน และนำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาพร้อมกับการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของผู้เรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ได้แก่ ด้านเนื้อหาเพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหา จำนวน 2 ท่าน ด้านการออกแบบการสอนเพื่อตรวจสอบคุณภาพการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ จำนวน 2 ท่าน และด้านสื่อเพื่อตรวจสอบคุณภาพของสื่อบนเครือข่าย จำนวน 2 ท่าน 2) นักเรียน ประกอบด้วยนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มอดินแดง) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 68 คน สำหรับสำรวจบริบทการจัดการเรียนรู้ 3) ผู้ออกแบบโมเดลฯ ซึ่งเป็นผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 คน และ 4) ผู้พัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ จำนวน 1 คน

ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาคณิตศาสตร์ (ค16101) เรื่อง บทประยุกต์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มอดินแดง) ปีการศึกษา 2558

ขอบเขตตัวแปรที่ศึกษา

วิธีการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

วิธีการออกแบบที่อาศัยพื้นฐานทฤษฎี (ID theory)

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยในการศึกษาในครั้งนี้ คือ การวิจัยโมเดล (model research) (Richey & Klein, 2007) โดยแบ่งระยะการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนาโมเดล (model development) ระยะที่ 2 การตรวจสอบความตรงของโมเดล (model validation) ระยะที่ 3 การใช้โมเดล (model use) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษากระบวนการออกแบบและพัฒนาโมเดล ระยะที่ 1 การพัฒนาโมเดล (model development) ประกอบด้วย วิธีการศึกษาหลายรูปแบบ ได้แก่ การวิจัยเอกสาร (document analysis) และ การวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบบันทึกการตรวจสอบและวิเคราะห์เอกสาร เพื่อสร้างกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี สำหรับการพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ

2. แบบสำรวจความคิดเห็นผู้เรียนเกี่ยวกับบริบทการจัดการเรียนการสอน ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามแบบปลายเปิด โดยมีประเด็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน รวมทั้งการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่าย

3. แบบบันทึกการสังเคราะห์เพื่อสร้างกรอบแนวคิดการออกแบบ สำหรับการพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ

4. แบบประเมินโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ สำหรับผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อบนเครือข่าย ด้านการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ และด้านประเมินผล

5. แบบสำรวจคุณลักษณะของผู้มีส่วนร่วม คือ ผู้ออกแบบ ผู้พัฒนา ผู้สอน และผู้เรียนที่สร้างโดยอาศัยพื้นฐานจากคุณลักษณะของผู้มีส่วนร่วมของ Richey และ Klein (2007)

6. แบบสัมภาษณ์ผู้ออกแบบและพัฒนาเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาสิ่งแวดล้อมฯ ที่สร้างโดยอาศัยพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาของ Richey และ Klein (2007)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. การวิจัยเอกสาร ศึกษา วิเคราะห์ หลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทฤษฎีกลุ่มพุทธิปัญญานิยม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน ศาสตร์การสอน ทฤษฎีสื่อและเทคโนโลยีบนเครือข่าย และบริบทของการเรียนการสอนเพื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีสำหรับการพัฒนาโมเดลฯ ทำการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีที่ได้จากการวิเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น ทำการบันทึกในแบบบันทึกการตรวจสอบและวิเคราะห์เอกสาร

2. ศึกษาสภาพบริบทเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนทำแบบสำรวจความคิดเห็นสำหรับผู้เรียนเกี่ยวกับสภาพบริบทการจัดการเรียนการสอนและนำผลดังกล่าวมาเป็นพื้นฐานในการสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ

3. สังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยอาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี และการศึกษาสภาพบริบทเกี่ยวกับการเรียนการสอน และทำการบันทึกในแบบบันทึกการสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบฯ หลังจากนั้นนำกรอบแนวคิดในการออกแบบโมเดลฯ เสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงหลักการทฤษฎีขององค์ประกอบทั้งหมดของโมเดลฯ

4. ออกแบบและสร้างโมเดลสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ที่อาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดในการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ และทำการบันทึกในแบบบันทึกการออกแบบและพัฒนาโมเดล ตรวจสอบคุณภาพของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ นำเสนอโมเดลฯ ต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบด้านความตรงของโมเดลฯ ด้านสื่อบนเครือข่าย ด้านการออกแบบ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

5. นำโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ เสนอผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ เพื่อตรวจสอบคุณภาพการออกแบบ จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อเพื่อตรวจสอบคุณภาพของสื่อบนเครือข่ายฯ จำนวน 2 ท่าน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละด้านบันทึกผลการประเมินโมเดลฯ ในแต่ละด้านและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

6. สำรวจคุณลักษณะของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบและการพัฒนา คือ ผู้ออกแบบ ผู้พัฒนา ผู้เรียน ผู้สอน โดยให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบและพัฒนาทำแบบสำรวจคุณลักษณะของผู้ออกแบบ ผู้พัฒนา ผู้เรียน และผู้สอน ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์จากข้อมูลเกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การวิจัยเอกสาร และจากการวิเคราะห์เอกสารจากข้อมูลการบันทึกในแบบบันทึกการตรวจสอบเอกสาร

2. สภาพบริบทเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์ จากข้อมูลการทำแบบสำรวจความคิดเห็น สำหรับผู้เรียนเกี่ยวกับสภาพบริบทการจัดการเรียนการสอน

3. กรอบแนวคิดการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์ จากข้อมูลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดในการออกแบบโมเดล

4. การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความและบรรยายเชิงวิเคราะห์ จากข้อมูลจากการบันทึกในแบบบันทึกการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ

5. คุณลักษณะของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ ซึ่งได้แก่ ผู้ออกแบบ ผู้พัฒนา ผู้เรียน และผู้สอน ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความข้อมูลที่ได้จากการทำแบบสำรวจคุณลักษณะของผู้ออกแบบ ผู้พัฒนา ผู้เรียน และผู้สอน

6. การประเมินของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสรุปตีความ และบรรยายเชิงวิเคราะห์ จากข้อมูลที่ได้จากการประเมิน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ และด้านการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย

ผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ในการศึกษาครั้งนี้ จะนำเสนอผลเป็น 5 ส่วน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี จากการวิจัยเอกสารต่างๆ พบว่า กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีประกอบด้วยพื้นฐานเชิงทฤษฎีที่สำคัญ 5 พื้นฐาน คือ 1) พื้นฐานด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ที่สำคัญ ได้แก่ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทฤษฎีกลุ่มพุทธิปัญญานิยม 2) พื้นฐานด้านศาสตร์การสอนที่สำคัญ ได้แก่ การออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ และกลยุทธ์ของการเรียนรู้ คือ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน 3) พื้นฐานด้านทฤษฎีสื่อที่สำคัญ ได้แก่ ระบบสัญลักษณ์ของสื่อ 4) พื้นฐานด้านเทคโนโลยีที่สำคัญ ได้แก่ การเรียนบนเครือข่าย และ 5) พื้นฐานด้านบริบทที่สำคัญ ได้แก่ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ แนวทางการจัดการเรียนการสอนและสาระสำคัญของรายวิชาคณิตศาสตร์

2. ผลการศึกษาสภาพบริบทเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียน พบว่า ผู้เรียนยังไม่เคยมีประสบการณ์การเรียนการสอนบนเครือข่าย และกิจกรรมที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำพื้นฐานบริบทดังกล่าวมาจัดประสบการณ์ดังกล่าวข้างต้นที่นักเรียนยังไม่ได้รับ ได้แก่ การเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่าย การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา

3. ผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบโมเดลฯ จากผลการศึกษากรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีและการศึกษาสภาพบริบท สามารถนำมาเป็นพื้นฐานในการสังเคราะห์กรอบแนวคิดในการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ได้ดังนี้ คือ

3.1 การกระตุ้นโครงสร้างทางปัญญาและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการสร้างความรู้ มีพื้นฐานแนวคิดมาจาก cognitive constructivism ของ Piaget (1964) ที่เชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) หรือเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (disequilibrium) ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่เรียกว่า สถานการณ์ปัญหา โดยมุ่งเน้นการออกแบบที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจจากการเผชิญบริบทจริง ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวจะต้องส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนตามกรอบแนวคิดของ Polya (1973) โดยใช้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ มาสร้างเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน และกำหนดภารกิจให้ผู้เรียนแก้ปัญหาตามกรอบแนวคิดดังกล่าวข้างต้นนำทฤษฎีสู่การปฏิบัติในทุกความคิดรวยยอดของเนื้อหาการเรียนรู้ สังเคราะห์เป็นองค์ประกอบที่เรียกว่า สถานการณ์ปัญหา

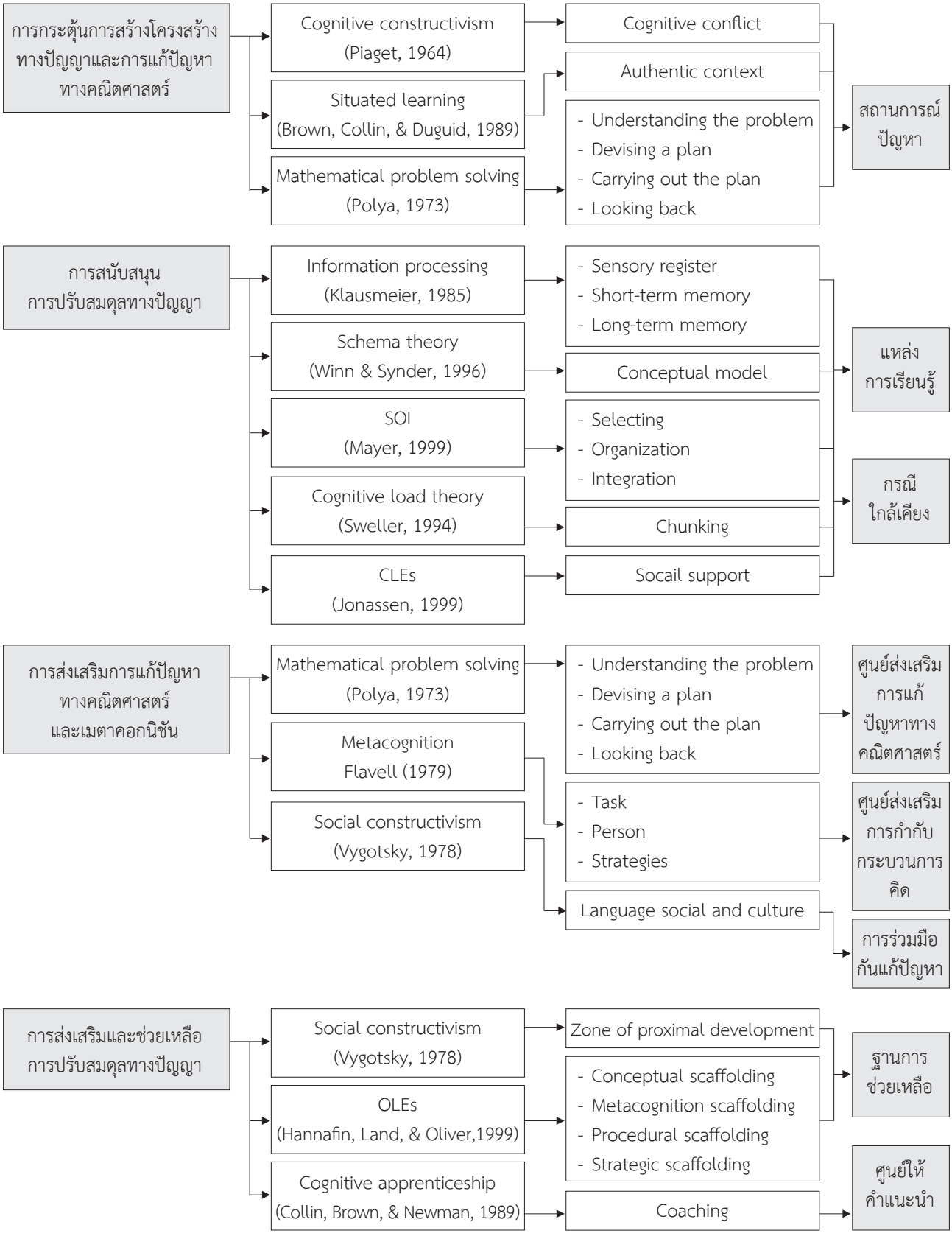
3.2 การสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา มีพื้นฐานแนวคิดจากหลักการ cognitive constructivism ของ Piaget (1964) ที่เชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา และผู้เรียนจะพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสู่ภาวะสมดุล โดยใช้วิธีการดูดซึม คือ การรับข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญาหรือการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา คือ การเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิม

หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับสารสนเทศใหม่ จนกระทั่งผู้เรียนสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาพสมดุล โดยจัดแหล่งการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมาได้ หรือเกิดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ แหล่งการเรียนรู้ และกรณีใกล้เคียง เพื่อให้นักเรียนสามารถถ่ายโยงการแก้ปัญหาไปใช้ในบริบทอื่น

3.3 การส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของผู้เรียน ผู้วิจัยได้ออกแบบเพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาโดยอาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดของ Polya (1973) โดยมีขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้น คือ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนแก้ปัญหา 3) ดำเนินการตามแผน 4) ตรวจสอบผลเฉลย และเมตาคอกนิชันโดยอาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดของ Flavell (1979) โดยผู้เรียนจะควบคุมและประเมินการคิดของตนเองประกอบด้วยปัจจัย 3 อย่าง คือ 1) ด้านบุคคล 2) ด้านงาน 3) ด้านกลยุทธ์ และการสนับสนุนให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์กันระหว่างผู้เรียน ผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ ขยายมุมมองของการคิด และเกิดการคิดไตร่ตรอง ทั้งยังช่วยในการปรับเปลี่ยนและป้องกันความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในขณะที่เรียนรู้โดยอาศัยพื้นฐานแนวคิดของ social constructivism ของ Vygotsky (1978) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ศูนย์ส่งเสริมการกำกับกระบวนการคิด และการร่วมมือกันแก้ปัญหา

3.4 การส่งเสริมและการช่วยเหลือการปรับสมดุลทางปัญญา สำหรับการส่งเสริมและช่วยเหลือการปรับสมดุลทางปัญญาอาศัยพื้นฐานหลักการ zone of proximal development ของ Vygotsky (1962) จะช่วยเหลือผู้เรียนที่ต้องการรับความช่วยเหลือ โดยให้นักเรียนได้ใช้ความพยายามในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น และการโค้ชซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตลอดชีวิตและปรับเปลี่ยนความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนให้กับผู้เรียนได้ ผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบที่สำคัญ 2 องค์ประกอบ คือ ฐานการช่วยเหลือและศูนย์ให้คำแนะนำ

ผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดในการออกแบบ (designing framework) ของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยอาศัยพื้นฐานจากการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี (theoretical framework) ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการทฤษฎีลงสู่การปฏิบัติ และได้ออกแบบเป็นองค์ประกอบ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



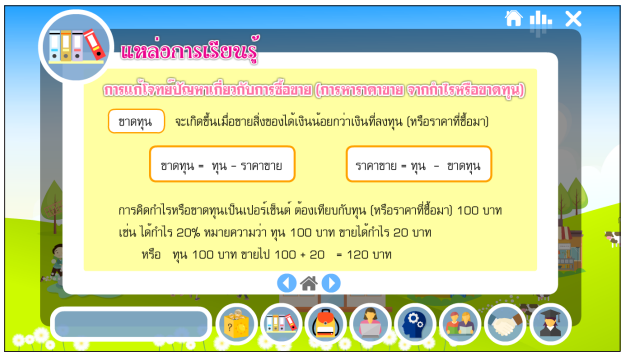
แผนภูมิที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา

4. ผลการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ในระยะที่ 1 การพัฒนาโมเดล (model development) ผลที่ได้ประกอบด้วย ผลการออกแบบและพัฒนากระบวนการพัฒนา คุณลักษณะของผู้มีส่วนร่วมในการออกแบบและพัฒนา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ พบว่า สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ที่ได้ออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยอาศัยพื้นฐานจากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี และกรอบแนวคิดการออกแบบ และนำทฤษฎีสู่การปฏิบัติ โดยการออกแบบองค์ประกอบต่างๆ และนำไปพัฒนาโดยอาศัยพื้นฐานดังกล่าวข้างต้น ซึ่งประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) สถานการณ์ปัญหา 2) แหล่งการเรียนรู้ 3) กรณีใกล้เคียง 4) ฐานการช่วยเหลือ 5) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 6) ศูนย์ส่งเสริมการกำกับกระบวนการคิด 7) การร่วมมือกันแก้ปัญหา และ 8) ศูนย์ให้คำแนะนำ แสดงผลการออกแบบและพัฒนาดังแสดงในภาพที่ 1-8

ภาพที่ 1 โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา

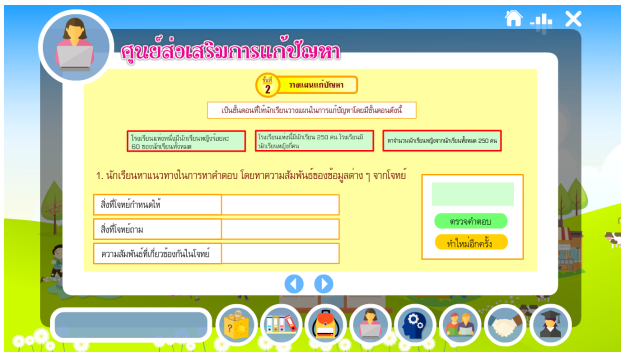
ภาพที่ 2 แสดงหน้าจอหลักของสถานการณ์ปัญหา



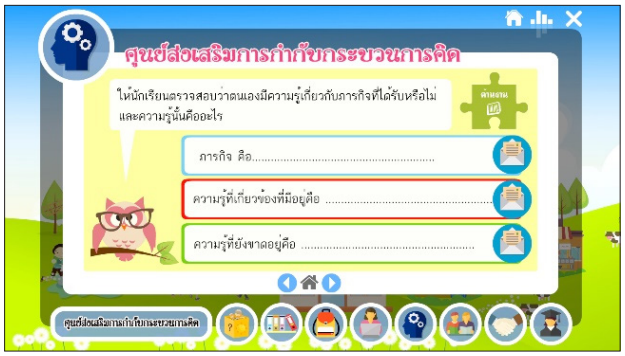
ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอหลักของแหล่งการเรียนรู้

ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอหลักกรณีใกล้เคียง

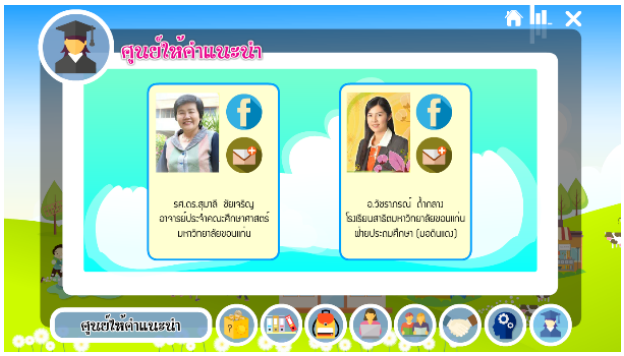
ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอหลักของฐานการช่วยเหลือ



ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์



ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอศูนย์ส่งเสริมการกำกับกระบวนการคิด (เมตาคอกนิชัน)



ภาพที่ 8 แสดงหน้าจอศูนย์ให้คำแนะนำ

4.2 กระบวนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ พบว่า หลังจากที่ผู้ออกแบบดำเนินการออกแบบแต่ละองค์ประกอบ และได้นำไปพัฒนาโดยพัฒนาโมเดลตามกรอบแนวคิดการออกแบบ และตามผลการออกแบบแต่ละองค์ประกอบโดยผู้วิจัย ทั้ง 8 องค์ประกอบ ซึ่งมีกระบวนการพัฒนาดังนี้ คือ 1) การวิเคราะห์องค์ประกอบ ได้แบ่งงานเป็น 4 ส่วน คือ งานด้านรูปภาพ งานด้านภาพเคลื่อนไหว งานเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม งานเกี่ยวกับเสียง 2) การพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ในแต่ละองค์ประกอบพร้อมกับกำหนดเวลาที่ส่งงาน 3) การนำเสนองานให้ผู้ออกแบบตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

4.3 คุณลักษณะของผู้มีส่วนร่วมในการออกแบบและพัฒนา คุณลักษณะสำคัญที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบ คือ เป็นผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ และกำลังศึกษาในระดับปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีการศึกษา มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบที่ใช้ทฤษฎีการออกแบบการสอน (ID theory) ทำการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ และออกแบบองค์ประกอบทั้ง 8 ออกแบบหน้าจอในทุกองค์ประกอบ จำนวน 1 คน และผู้พัฒนาโปรแกรมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ มีหน้าที่หลักในการรับผิดชอบการสอนรายวิชาคอมพิวเตอร์มีประสบการณ์ในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย ผลงานในการพัฒนาสื่อประมาณ 30 ผลงาน ผู้เรียนเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสบการณ์เกี่ยวกับพื้นฐานทางด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่างๆ เช่น การใช้อินเทอร์เน็ต การสื่อสารบนเครือข่าย (e-mail, chat, facebook) และมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ด้วยการเรียนกิจกรรมกลุ่มและการเรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่าย ซึ่งคุณลักษณะต่างๆ เช่น คุณวุฒิ ความรู้ ประสบการณ์การสอนของผู้ออกแบบที่มีความเข้าใจในเนื้อหาที่ลึกซึ้งและมีความรู้เกี่ยวกับการนำทฤษฎีมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ อาจส่งผลในการออกแบบโมเดลได้ตรงตามทฤษฎี รวมทั้งการออกแบบการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์นอกจากนี้คุณลักษณะต่างๆ ของผู้พัฒนา เช่น คุณวุฒิ ความรู้ ประสบการณ์การพัฒนา รวมถึงการที่ผู้พัฒนามีพื้นฐานทางด้านโปรแกรมสำหรับการพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ อาจส่งผลให้ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ได้ตรงตามเป้าประสงค์ในการออกแบบและมีประสิทธิภาพตามกรอบแนวคิดที่นำมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนา และคุณลักษณะของผู้เรียนที่ไม่มีประสบการณ์ในการเรียนบนเครือข่าย ทำให้

ส่งเสริมการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมบนเครือข่ายฯ ข้อมูลต่างๆ ผู้วิจัยได้นำไปเป็นพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ซึ่งอาจทำให้ได้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ที่ตรงตามความต้องการและมีประสิทธิภาพที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ผลการประเมินประสิทธิภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาและเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การประเมินกรอบแนวคิดการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยผ่านการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบ ผลการประเมินพบว่า มีความตรงเชิงทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกรอบแนวคิดการออกแบบและการออกแบบในทั้ง 8 องค์ประกอบของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ซึ่งประกอบด้วย 1) พื้นฐานด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ 2) พื้นฐานด้านศาสตร์การสอน 3) พื้นฐานด้านทฤษฎี 4) พื้นฐานด้านเทคโนโลยี และ 5) พื้นฐานด้านบริบท ผลปรากฏว่า การออกแบบในแต่ละองค์ประกอบของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ มีการนำหลักการทฤษฎีที่ใช้มาเป็นพื้นฐานซึ่งปรากฏอย่างเด่นชัดและอาศัยหลักการที่ระบุข้างต้นทุกองค์ประกอบ

5.2 การประเมินผลผลิต การตรวจสอบการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ อาศัยพื้นฐานของ สุมาลี ชัยเจริญ (2557) โดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ (expert reviewer) ด้านต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ ด้านเนื้อหา พบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง บทประยุกต์ ที่นำเสนอในโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ มีความถูกต้องเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ของผู้เรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความชัดเจน ครอบคลุมตรงตามหลักสูตรและเอื้อต่อการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ของผู้เรียน ภาษาที่ใช้เข้าใจได้ง่าย มีการนำเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจ เช่น การใช้ตัวหนังสือที่มีการเน้นสี การนำเสนอด้วยภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และการนำเสนอที่มีการจัดเป็นหมวดหมู่ทำให้สามารถประมวลสารสนเทศได้ง่าย ด้านสื่อบนเครือข่าย พบว่า การออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ความเหมาะสมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาที่มีประสิทธิภาพโดยมีการแบ่งเนื้อหาออกเป็นลำดับก่อนหลัง ทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และง่ายต่อการเข้าถึงสารสนเทศและมีสารสนเทศเพียงพอต่อการเรียน มีการออกแบบเครื่องหมายนำทางที่สามารถควบคุมสารสนเทศได้ตามความต้องการ ขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม องค์ประกอบทางศิลปะ ด้านการออกแบบ พบว่า การออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ เป็นไปตามหลักการทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบโดยภาพรวมมีความเหมาะสมและช่วยส่งเสริมการสร้างความรู้ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของผู้เรียน

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา พบว่า กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี ประกอบด้วย 5 พื้นฐาน ได้แก่ พื้นฐานด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ (psychological base) พื้นฐานด้านศาสตร์การสอน (pedagogical base) พื้นฐานด้านทฤษฎีสื่อ (media theory base) พื้นฐานด้านเทคโนโลยี (technological base) และพื้นฐานด้านบริบท (contextual base) และกรอบแนวคิดในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ได้แก่ 1) การกระตุ้นโครงสร้างทางปัญญาและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) การสนับสนุนการปรับสมดุลทางปัญญา 3) การส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของผู้เรียน และ 4) การส่งเสริมและการช่วยเหลือการปรับสมดุลทางปัญญา และผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพทั้ง 3 ด้าน พบว่า มีความเหมาะสมทั้ง 3 ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านการออกแบบ ซึ่งปรากฏว่าผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีและกรอบแนวคิดการออกแบบ มีความตรงเชิงทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานที่สำคัญ และพบว่า โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ สถานการณ์ปัญหา แหล่งการเรียนรู้ กรณีใกล้เคียง ฐานการช่วยเหลือ ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ศูนย์ส่งเสริมการกำกับกระบวนการคิด การร่วมมือกันแก้ปัญหา และศูนย์ให้คำแนะนำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Petchtone และ Chaijaroen (2012) Samat และ Chaijaroen (2012) Samat และ Chaijaroen (2015) สุชาติ วัฒนชัย และคณะ (2553) สุมาลี ชัยเจริญ, ปรมะ แขวงเมือง, ปรัชญา แก้วแก่น, และ จารุณี ชามาตย์ (2559) และ อุษณีย์ มณีรัตน์ และ สุมาลี ชัยเจริญ (2559) ที่ได้นำทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ มาออกแบบและพัฒนาเพื่อส่งเสริมการสร้างความรู้ การส่งเสริมกระบวนการทางปัญญาของผู้เรียน อย่างไรก็ตามงานวิจัยในครั้งนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยข้างต้น คือ การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นการออกแบบองค์ประกอบที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาที่มีพื้นฐานเชิงทฤษฎีที่สำคัญ 5 พื้นฐาน และ

มุ่งเน้นการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1973) และยังมีองค์ประกอบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ที่ช่วยส่งเสริมเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ที่ออกแบบโดยอาศัยแนวคิดของ Flavell (1979) นอกจากนี้ พบว่า การประเมินโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย 1) การประเมินกรอบแนวคิดการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยผ่านการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความตรงเชิงทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ 2) การประเมินผลผลิต เป็นการตรวจสอบคุณภาพการออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านเนื้อหา (2) ด้านสื่อบนเครือข่าย (3) ด้านการออกแบบ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับสุมาลี ชัยเจริญ และคณะ (2559) ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมทางปัญญาที่ส่งเสริมการประมวลสารสนเทศ โดยการบูรณาการระหว่างศาสตร์การสอนกับประสาทวิทยาศาสตร์ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ มีความสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐาน และมีการออกแบบโดยส่งเสริมช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการแก้ปัญหาตามกรอบแนวคิดการแก้ปัญหาของ Polya (1973) มีการออกแบบที่ช่วยให้ผู้เรียนควบคุมกำกับกระบวนการคิดของตนเอง ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ประสบความสำเร็จสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการศึกษาครั้งนี้ที่ปรากฏข้างต้น อาจเนื่องมาจากวิธีการออกแบบที่อาศัยพื้นฐานทฤษฎี (ID theory) โดยอาศัยพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการสร้างความรู้ของผู้เรียน ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน ลงสู่การปฏิบัติในการออกแบบในทุกองค์ประกอบของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยใช้รูปแบบการวิจัยโมเดล (model research) โดยทำการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีและการออกแบบฯ โดยเชื่อมโยงหลักการ ทฤษฎีต่างๆ ที่เป็นพื้นฐานสู่การออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยอาศัยพื้นฐานเชิงทฤษฎีที่สำคัญ ได้แก่ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทฤษฎีกลุ่มพุทธิปัญญานิยม รวมทั้งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน เนื้อหาที่นำมาใช้ทำการศึกษาและรวบรวมเอกสารและบริบทที่เกี่ยวข้อง และนำทฤษฎีสู่การปฏิบัติโดยการออกแบบเป็นองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมฯ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ส่งผลต่อความตรงของกรอบแนวคิดการออกแบบและกรอบแนวคิดในการออกแบบที่ส่งผลต่อการออกแบบและพัฒนาโมเดลฯ ที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งประสานร่วมกับคุณลักษณะของสื่อ (media attribution) และระบบสัญลักษณ์ของสื่อ (media symbol system) บนเครือข่าย ที่มีการเชื่อมโยงหลายมิติ (hyperlink) สื่อหลายมิติ (hypermedia) ข้อความหลายมิติ (hypertext) การแสดงภาพ เสียง ตัวอักษร แสดงความเป็นรูปธรรม มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ นอกจากนี้ คุณลักษณะของผู้ออกแบบที่มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาคณิตศาสตร์ และมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบที่อาศัยพื้นฐานทฤษฎี (ID theory) สามารถนำหลักการทฤษฎีลงสู่การปฏิบัติในทุกองค์ประกอบของโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ เช่น ออกแบบศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ออกแบบให้ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางการแก้ปัญหาของ Polya (1973) นอกจากนี้คุณสมบัติของผู้พัฒนา ที่มีคุณวุฒิและประสบการณ์ด้านคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะการจัดทำภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว การเขียนโปรแกรมบนเว็บ และมีความรู้พื้นฐานทางการศึกษา มีความสามารถในการสร้างและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ได้ตรงตามเป้าประสงค์ในการออกแบบ รวมไปถึงนักเรียนที่ขาดประสบการณ์เกี่ยวกับพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ อาจส่งผลให้การพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการส่งเสริมประสบการณ์การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชัน ดังกล่าวข้างต้น จะแสดงให้เห็นว่าการออกแบบและการพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ มีประสิทธิภาพ ช่วยส่งเสริมและพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya (1973) และส่งเสริมเมตาคอกนิชัน ตามแนวคิดของ Flavell (1979) อันจะก่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทางคณิตศาสตร์ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

1. ควรศึกษาการออกแบบที่มุ่งเน้นส่งเสริมกลไกในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา

2. ควรศึกษาการใช้เมตาคอกนิชันในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และ

เมตาคอกนิชันของนักเรียนระดับประถมศึกษา

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

ผู้ที่ต้องการนำโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ไปใช้ควรคำนึงถึงความสอดคล้องกับสภาพบริบทของผู้เรียน สถานศึกษา เนื้อหาวิชาและคุณลักษณะของสื่อที่มีความเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางปัญญา มหาวิทยาลัยขอนแก่น จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

จันทร์ขจร มะลิจันทร์. (2554). *ผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความตระหนักในการรู้คิดและการกำกับตนเองในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

มัณฑนา พรมรักษ์. (2557). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21.* กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2558). ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET). สืบค้นจาก http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/MainSch/MainSch.aspx

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

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

สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ. (2553). การเปลี่ยนแปลงโลกของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และการพัฒนา สู่ “ครูมืออาชีพ”. ใน สุดาพร ลักษณียนาวิน (บรรณาธิการ), *การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง สมาคมเครือข่ายการพัฒนาวิชาชีพอาจารย์และองค์กรอุดมศึกษาแห่งประเทศไทย* (น. 7-12). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

สุมาลี ชัยเจริญ. (2551). *เทคโนโลยีการศึกษา: หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ.* ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

_____. (2557). *การออกแบบการสอน หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ (Instructional design: Principles and theories to practices).* ขอนแก่น: แอนนาออฟเซต.

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

อุษณีย์ มณีรัตน์, และ สุมาลี ชัยเจริญ. (2559). กรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ 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.

Collin, A., Brown, J. S., & Newman, S. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robret Glaser* (pp.453-494). New Jersey: Erlbaum.

Flavell, J. H. (1979). *Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. American Psychologist, 34*(10), 906-911.

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environment. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models volume II: A new paradigm of instructional theory* (pp. 215-239). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (1999). Open learning environment: Foundations, Methods, and models. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models volume II: A new paradigm of instructional theory* (pp. 115-140). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Klausmeier, H. J. (1985). *Learning and human ability: Educational psychology* (5th ed.). New York: Harper & Row.

Mayer, R. E. (1999). Designing instruction for constructivist learning. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models volume II: A new paradigm of instructional theory* (pp. 141-159). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Petchtone, P., & Chaijaroen, S. (2012). The development of web-based learning environments model to enhance cognitive skills and critical thinking for undergraduate students. *Procedia -Social and Behavioral Sciences, 46*, 5900-5904.

Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching, 2*, 176-186.

Polya, G. (1973). *How to solve it: A New Aspect of mathematical method. Princeton,* New Jersey: Princeton University Press.

Richey, R. C., & Klein, J. (2007). *Design and development research.* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Samat, C., & Chaijaroen, S. (2012). Design and development of constructivist multimedia learning environment to enhance computer skills for computer education learners. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 46*, 3000-3005.

_____. (2015). Design and development of learning environment to enhance creative thinking and innovation skills for teacher training in the 21st Century. Proceedings of *the 23rd International Conference on Computers in Education* (667-672). of Asia-Pacific Society for Computers in Education, China.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction, 4*(4), 295-312.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Winn, W., & Synder, D. (1996). Cognitive perspectives in psychology. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communication and technology* (pp. 112-142). New York: Association for Educational Communication and Technology.