



การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย
ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับ
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มอดินแดง)
Students' Mathematical Problem Solution by Using a Constructivist
Web-based Learning Environment Model to Enhance Mathematical
Problem Solving for the Sixth Grade Students in the Demonstration
School of Khon Kaen University (Mordindang)

วัชรภรณ์ ถ้ำกลาง¹ และ สุมาลี ชัยเจริญ²

Watcharaporn Thamklang¹ and Sumalee Chaijaroen²

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (มอดินแดง) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 35 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เพื่อวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ จำนวน 11 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เพื่อสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยพบว่า 1) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.77 ($\bar{X} = 83.7$, S.D. = 2.68) ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 และ 2) กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ (1) ทำความเข้าใจปัญหาโดยการอ่านและวิเคราะห์ข้อมูลและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ (2) วางแผนแก้ปัญหาโดยนำความสัมพันธ์ของข้อมูลใช้ในการวางแผนแก้ปัญหา (3) ดำเนินการตามแผนโดยใช้ทักษะและกระบวนการต่างๆ เพื่อหาคำตอบ และ (4) ตรวจสอบผลเฉลยโดยพิจารณาความถูกต้องสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

คำสำคัญ : โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย ; คอนสตรัคติวิสต์ ; การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

¹ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, Doctoral Student in Educational Technology, Faculty of Education, Khon Kaen University

² รองศาสตราจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, Associate Professor, Faculty of Education, Khon Kaen University



ABSTRACT

This study aimed to investigate: 1) students' mathematical problems solving by using a mathematical problem-solving test, and 2) students' mathematical problem solving process by using protocol analysis. The samples used in study were sixth grade students of the Demonstration School of Khon Kaen University (Mordindang) enrolled in the second semester of academic year 2015. They comprised two groups. The first one comprising 35 students who were selected by cluster random sampling for being measured of mathematical problem solving, the second one comprising 11 students who were selected by purposive sampling for being interviewed of mathematical problem solving process. The instruments used were a mathematical problem solving test and an interview of mathematical problem solving process. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation and protocol analysis.

Findings of the study were as follows. 1) Students' mathematical problem solving gained a mean score of 83.77 ($\bar{X} = 83.77$, $SD = 2.68$), which met the criterion set at 80%; and 2) students' process of mathematical problem solving comprised 4 steps, namely step 1 – understand the problem through reading and analyzing the data and find the relationship of the data given in the problem; step 2 – plan to solve the problem by integrating the relations of data into a problem-solving plan; step 3 – implement the plan by usage of skill and process to find an answer; and step 4 – examine the solution by considering the reasonableness of the answer.

Keywords : Web-based Learning Environment Model ; Constructivist ; Mathematical Problem Solving

บทนำ

การเรียนรู้ในกระแสโลกาภิวัตน์ยุคศตวรรษที่ 21 เน้นการจัดการศึกษาที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีจุดมุ่งหมายให้คนไทยได้เรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีความรู้ความสามารถให้มีความสำคัญกับเรื่องการพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างทั่วถึงให้กับผู้คนทุกช่วงชีวิต โดยมุ่งเน้นที่การพัฒนาคุณภาพครู รูปแบบการเรียนรู้การวัดผลการเรียนรู้ และการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ มีทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรม การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2557) แนวทางจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และ ที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) (พ.ศ.2553) กล่าวว่า การจัดการศึกษายึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ ผู้เรียนต้องสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองอันเกิดจากการจัดสภาพแวดล้อมสังคม การเรียนรู้และปัจจัยเกื้อหนุนให้บุคคลเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด หลักการทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องและช่วยส่งเสริมให้เกิดคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น ได้แก่ แนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theories) ที่มุ่งเน้นการสร้าง

มากกว่าการรับรู้ การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียน โดยมีผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) องค์ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีมาก่อน โดยพยายามทำความเข้าใจกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนเองมีประสบการณ์มาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือที่เรียกว่าสกีมา (Schema) และคอนสตรัคติวิสต์ยังเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการเสาะแสวงหาและสร้างความรู้มากกว่าการรับรู้และเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ จะสนับสนุนการสร้างมากกว่าความพยายามในการถ่ายทอดความรู้ ดังนั้นคอนสตรัคติวิสต์จะมุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคล (สุมาลี ชัยเจริญ, 2551)

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาคนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาความเจริญในด้านต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการคิด การสร้างองค์ความรู้ และการทำงาน การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ จึงเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญประการหนึ่งของการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้และทักษะดังกล่าวไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ทำให้มนุษย์คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถ



วิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ถึงแม้ว่าคณิตศาสตร์จะเป็นวิชาที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาในด้านต่างๆ แต่ความสามารถในการคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับที่ต่ำ ดังจะเห็นได้จากแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 11 พ.ศ.2555-2559 ที่กล่าวถึงคุณภาพการจัดการศึกษาที่ผ่านมาว่ายังไม่เป็นที่พอใจของสังคม เด็กวัยเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาหลักของระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (O-Net) มีค่าคะแนนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งจากผลการสอบ ในปีการศึกษา 2557 พบว่า คะแนนเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาในรายวิชาคณิตศาสตร์ ที่เป็นวิชาที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาคนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาความเจริญในด้านต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการคิดการสร้างสรรค์ความรู้ พบว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 38.06 ในระดับจังหวัดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 35.71 และในระดับโรงเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 52.83 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2558) การที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำนั้นอาจเกิดจากหลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุหนึ่งเกิดจากการที่นักเรียนประสบปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังไม่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา จากงานวิจัยของ มณฑนา พรหมรักษ์ (2556) พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ง่าย แต่เมื่อเผชิญกับโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนนักเรียนส่วนใหญ่ ยังไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาไม่สามารถอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองได้ นักเรียนก็จะไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหานั้นได้ การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้ผู้เรียนมีทักษะ การแสวงหาความรู้ ทักษะการใช้เทคโนโลยี รวมทั้งกระบวนการคิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น

คุณลักษณะของสื่อ (Media Attribution) และระบบสัญลักษณ์ของสื่อ (Media Symbol System) เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยตอบสนองต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และยังมี ความสำคัญในการที่จะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจและการใส่ใจต่อสื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (หงส์สุนีย์ เอื้อรัตนรักษา, 2556) การนำสื่อบนเครือข่ายมาผนวกกับวิธีการจัด

การเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ในลักษณะที่เป็นสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ โดยการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่นำเสนอได้ทั้งภาพเคลื่อนไหว ภาพกราฟิก ตัวอักษร เสียงช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น รวมทั้งช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ตลอดจนคุณลักษณะที่เป็นการเชื่อมโยงหลายมิติ (Hyperlink) ข้อความหลายมิติ (Hypertext) รวมทั้งสื่อหลายมิติ (Hyper Media) ที่สามารถเชื่อมโยงหาความรู้แต่ละโหนดบนระบบเครือข่ายได้ จะช่วยสนับสนุนการสร้างความรู้โดยผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงโหนดของความรู้เพื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจเป็นการให้ทางเลือกที่หลากหลายกับผู้เรียนในการแสวงหาความรู้ (สมาลี ชัยเจริญ, 2557) รวมถึงการออกแบบที่อาศัยพื้นฐานการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกลงมือแก้ปัญหาตามแนวทางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1973) จะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และผู้เรียนสามารถสร้างความรู้จากการพัฒนาประสบการณ์ การได้ลงมือปฏิบัติที่ผ่านกระบวนการคิด การร่วมมือแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว ตลอดจนนำประสบการณ์เดิมมาสร้างความหมายในการเรียนรู้ของตนเอง (สมาลี ชัยเจริญ, 2551) ซึ่งจากคุณสมบัติของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายที่นำเสนอได้ทั้งภาพเคลื่อนไหว ภาพกราฟิก ตัวอักษร และเสียง จะแสดงความเป็นรูปธรรมและส่งเสริมการเรียนรู้ที่พัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติฝึกการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1973) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

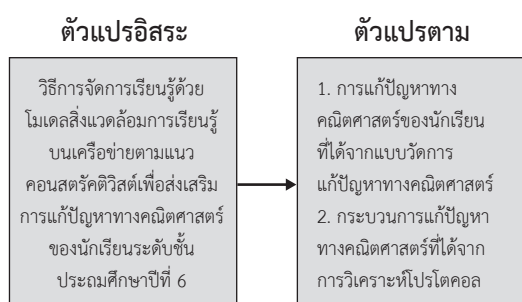
1. เพื่อศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการทำแบบวัดการแก้ปัญหา



2. เพื่อศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการสัมภาษณ์และวิเคราะห์โปรโตคอล

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ อาศัยพื้นฐานการออกแบบการสอนที่ใช้ทฤษฎีเป็นฐาน (ID Theory) ที่มุ่งเน้นพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557) และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Polya, 1973) นำไปออกแบบและพัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ และทดลองใช้โดยใช้การวิจัยแบบการวิจัยก่อนทดลอง (Pre Experimental Design) ที่มีการทดสอบหลังเรียน (One Shot Case Study) เพื่อศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายประถมศึกษา (มอดินแดง) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 154 คน และใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้อง คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 35 คน สำหรับวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และคัดเลือกนักเรียน จำนวน 11 คน โดยเลือกแบบเจาะจงจากตัวแทนแต่ละกลุ่ม เพื่อสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สร้างโดยอาศัยพื้นฐานการออกแบบการสอนที่ใช้ทฤษฎีเป็นฐาน (ID Theory) โดยอาศัยพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ ที่เน้นการสร้างความรู้ของผู้เรียน และอาศัยแนวทางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1973) ลงสู่การปฏิบัติในการออกแบบในทุกองค์ประกอบของโมเดลสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้ บนเครือข่ายฯ พัฒนาโมเดลสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้บนเครือข่ายฯ โดยใช้รูปแบบการวิจัยโมเดลที่มีกระบวนการตรวจสอบความตรงภายใน ความตรงภายนอก โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบการสอน ด้านสื่อและด้านเนื้อหา และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาผลกระทบของโมเดลฯ และทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. เครื่องมือที่ใช้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ใช้สำหรับศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนสร้างโดยอาศัยพื้นฐานแนวคิดของ Polya (1973) เป็นแบบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเท่ากับ 1 ทุกข้อ ค่าความง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.58-0.73 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.55-0.68

2.2 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก มีประเด็นคำถามเพื่อศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์จากกรอบแนวคิดของ Polya (1973) และผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความตรงของเนื้อหา ความสอดคล้องของประเด็นการสัมภาษณ์กับกรอบแนวคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความเหมาะสมของการใช้ภาษา หลังจากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความตรงของเนื้อหา ความสอดคล้องของคำถามและความเหมาะสมในการใช้ภาษาและการสื่อความหมาย ปรับปรุงแก้ไขตามผลที่ได้และนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กำหนดจำนวนผู้เรียนเป็นการจัดกลุ่มผู้เรียนเพื่อเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จัดกลุ่มผู้เรียนให้เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้จำนวน 3 คนต่อกลุ่ม (หงส์สุนีย์ เอื้อรัตนรักษา, 2556)



2. ให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้บนเครือข่าย เรื่องบทประยุกต์ อาศัยพื้นฐานจากแนวทางการใช้นวัตกรรมของสุมาลี ชัยเจริญ (2551) เริ่มจากการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะค้นหาความรู้เพิ่ม โดยนักเรียนเข้าศึกษาสถานการณ์ปัญหาและค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือคำตอบ จากองค์ประกอบต่างๆ ในโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ ที่สำคัญ คือ (1) สถานการณ์ปัญหา (2) กรณีก่อตั้ง (3) แหล่งการเรียนรู้ (4) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหา (5) ศูนย์ส่งเสริมเมตาคอนิชั่น (6) ฐานการช่วยเหลือ (7) การร่วมมือกันแก้ปัญหา (8) ศูนย์ให้คำแนะนำ หลังจากนั้นผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการเรียนรู้ และผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน โดยผู้สอนต้องทำการสรุปให้ครอบคลุมกับเนื้อหา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความคิดรวบยอดได้

3. หลังจากการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย ให้ผู้เรียนทำแบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สัมภาษณ์ผู้เรียนจากตัวแทนกลุ่มที่ครูคัดเลือกมาเพื่อศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติเชิงบรรยาย คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการสัมภาษณ์ ใช้วิธีการวิเคราะห์โปรโตคอล (Protocol Analysis) และการสรุปตีความบรรยายเชิงวิเคราะห์ ใช้พื้นฐานการวิเคราะห์ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของ Polya (1973) จากข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

สรุปผลการวิจัย

1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จากการทำแบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.77 ($\bar{X} = 83.77$, S.D. = 2.68) ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 ขึ้นไป ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
35	85.71	83.77	2.68

2. ผลการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้บนเครือข่าย ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลโดยวิธีการสัมภาษณ์ผู้เรียนจำนวน 11 คน ที่มาจากการเลือกแบบเจาะจงจากตัวแทนแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 1 คน และนำมาวิเคราะห์โปรโตคอลเพื่อศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ประยุกต์จากแนวคิดของ Polya (1973) พบว่า ผู้เรียนมีวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

2.1 การทำความเข้าใจปัญหา ผลการศึกษา พบว่า ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาโดยเริ่มต้นด้วยการอ่านโจทย์ปัญหา และทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระบุสิ่งที่โจทย์ถามได้ หลังจากนั้นนักเรียนได้ทำการวิเคราะห์เงื่อนไขหรือความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม แสดงได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ ดังผลจากการสัมภาษณ์ ตัวอย่าง เช่น เกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหา “ตอนแรกจะอ่าน และทำความเข้าใจก่อนค่ะ ถ้าอ่านแล้วไม่เข้าใจก็อ่านหลายรอบ เพื่อจะให้อ่านต้องวิเคราะห์ข้อมูลจากโจทย์อะไรบ้าง” เกี่ยวกับการระบุสิ่งที่โจทย์กำหนด “สิ่งที่โจทย์กำหนดก็คือพอซื้อจักรยานมาคันละ 2,500 บาท ต้องการขายจักรยานให้ได้กำไร 20 เปอร์เซ็นต์” เกี่ยวกับการระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ “ต้องหาว่าจะต้องทำข้อสอบให้ได้กี่คะแนน” เกี่ยวกับการระบุเงื่อนไขหรือความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม “ดูว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้และให้หาอะไร ก็คือโจทย์บอกว่าขายเสื้อไปราคาตัวละ 700 บาท ขายขาดทุน 30% สิ่งที่มีสัมพันธ์กันคือ ราคาขายเสื้อกับขาดทุนและราคาทุน ข้อมูลเพียงพอเพราะสามารถหารราคาทุนและขาดทุนจากที่บอกว่าขายเสื้อไป 700 บาทได้”

2.2 วางแผนแก้ปัญหา ผลการศึกษา พบว่า ผู้เรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ถามกับข้อมูลหรือสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และนักเรียนสามารถนำความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ถามกับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มากำหนดแนวทางในการวางแผนแก้ปัญหาได้ โดยนักเรียนนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ที่เป็นร้อยละ มาแปลความหมาย หลังจากนั้นนักเรียนจะก็นำข้อมูลมาวางแผนเพื่อหาคำตอบโดยเทียบบัญญัติไตรยางศ์



แสดงได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ ดังผลจากการสัมภาษณ์ ตัวอย่างเช่น ผลการค้นหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ถามกับข้อมูลหรือสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ “ความสัมพันธ์คือต้องหาราคาขาย เพราะโจทย์ถามสองอย่างคือ หาราคาที่บาท และขายไปกี่บาท” เกี่ยวกับการพิจารณาว่าหลักการทฤษฎีหรือวิธีการที่ใช้ในแก้ปัญหา “รู้ว่าขาดทุนคืออะไร รู้วิธีแปลความหมายเปอร์เซ็นต์ และรู้วิธีเทียบบัญชีไตรยางศ์” เกี่ยวกับการนำความสัมพันธ์มากำหนดแนวทางและวางแผนในการแก้ปัญหา “ความสัมพันธ์คือการหาราคาขายจากทุนที่โจทย์กำหนดมา แล้วนำมาราคาขายจากทุน ถ้าคำนวณออกมาก็จะรู้ว่าขายได้กำไรกี่บาทแล้วค่อยเอาไปบวกกับทุนที่ซื้อมาก็จะรู้ราคาขาย”

2.3 ดำเนินการตามแผน ผลการศึกษา พบว่า ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ เพื่อหาคำตอบของปัญหา มีการเพิ่มเติมรายละเอียดต่างๆ ในขั้นตอนการแก้ปัญหาให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้

ดังแสดงผลจากการสัมภาษณ์ที่ว่า “คำนวณได้กำไรเท่ากับ 500 บาท เสร็จแล้วเอาไปบวกกับ 2,500 ได้เท่ากับ 3,000 บาท คือต้องขายจักรยานราคา 3,000 บาท เป็นไปตามแผนที่วางไว้ เพราะคำนวณแล้วได้คำตอบที่เป็นกำไรก่อนแล้วค่อยเอามารวมกับทุนก็จะได้ราคาขาย

2.4 ตรวจสอบคำตอบเป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาพิจารณาความถูกต้องของคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหา พิจารณาว่ามีคำตอบหรือมีวิธีการแก้ปัญหาอื่นอีกหรือไม่ และพิจารณาปรับปรุงการแก้ปัญหาให้ชัดเจนเหมาะสมขึ้นกว่าเดิม

ผลการศึกษาแสดงในผลจากการสัมภาษณ์ที่ว่า “ตรวจสอบ คำตอบก็คือดูว่าที่คำนวณได้ว่าลดราคา 420 บาท เหมาะสมมั๊ย คือจากโจทย์ตั้งราคาไว้ 2,800 ลด 15% คิดเป็น 420 บาท ถือว่าเหมาะสมแล้ว และพอเอามาลบจากราคาที่ตั้งไว้ได้ 2,380 บาท ก็เหมาะสมแล้วเพราะราคาขายน้อยกว่าราคาที่ตั้งไว้ เพราะเป็นการลดราคา ใช้การเปรียบเทียบเอา คือ เปรียบเทียบลดราคากับราคาป้ายจะได้

$$\frac{\text{ลดราคา}}{\text{ราคาป้าย}} = \frac{15}{20} = \frac{\text{ลดราคา}}{2,800}$$

แล้วก็เอา 28 คูณตัวเลข เพราะส่วน 100 คูณ 28 ได้ 2,800 คูณแล้วจะได้ลดราคาเป็น 420 บาทเท่ากัน

อภิปรายผลการวิจัย

1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.77 ($\bar{X} = 83.77$, S.D. = 2.68) ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 เนื่องจากโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ มีการออกแบบเพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยอาศัยพื้นฐานการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1973) มีการนำเสนอเนื้อหาที่ชัดเจน เข้าใจง่าย น่าสนใจ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ หงส์สุนีย์ เอื้อรัตนรักษา (2556) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาโดยมีขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นที่อาศัยพื้นฐานการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1973) คือ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนแก้ปัญหา 3) ดำเนินการตามแผน 4) ตรวจสอบผลเฉลย สอดคล้องกับการศึกษาของ Petchtone & Chaijaroen (2012) ; Samat & Chaijaroen (2015) ; วัชรวิ แซงบุญเรือง (2559) ; สุมาลี ชัยเจริญ และคณะ (2559) ที่ได้นำทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ มาเป็นพื้นฐานออกแบบและพัฒนาเพื่อส่งเสริมการสร้างความรู้ของผู้เรียน ผลของการศึกษาในครั้งนี้มีความแตกต่างกับผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น คือ การศึกษาในครั้งนี้อาศัยคุณลักษณะของสื่อบนเครือข่าย (Web-based Learning) อาศัยพื้นฐานการออกแบบการสอนที่ใช้ทฤษฎีเป็นฐาน (ID Theory) ซึ่งนำทฤษฎีมาเป็นพื้นฐานที่ลงสู่การปฏิบัติในการออกแบบในทุกองค์ประกอบ มุ่งเน้นการออกแบบที่ส่งเสริมการสร้างความรู้ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และยังมีส่วนประกอบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ที่ช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ที่อาศัยแนวคิดการแก้ปัญหาของ Polya (1973) ดังปรากฏในสถานการณ์ปัญหาและกำหนดภารกิจ ที่เน้นสภาพปัญหาจริง ออกแบบให้เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และให้ผู้เรียนได้มีการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง มุ่งเน้นให้ผู้เรียนฝึกแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นการที่ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหาในศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาที่มีการออกแบบเป็นลักษณะเกมจับคู่ ก็เป็นการดึงดูดความสนใจในการฝึกแก้ปัญหาของนักเรียนมากขึ้น และคุณลักษณะของเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีการออกแบบให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบการฝึกแก้ปัญหาของตนเองได้ทันที ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้และมีความรู้ความเข้าใจสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

จากผลการนำโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ไปใช้ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง ได้คิด ได้ฝึกปฏิบัติ



การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อาจส่งผลให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงได้จากการทำแบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และจากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เรียน ผลที่ปรากฏนี้สนับสนุนหลักการที่สำคัญของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เชื่อว่าการสร้างความรู้ของผู้เรียนเกิดจากการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา โดยการจัดสถานการณ์ปัญหาที่เป็นสภาพบริบทจริง ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดภาวะเสียสมดุลขึ้น ซึ่งก็คือ การสร้างเป็นความรู้ใหม่หรือเกิดการเรียนรู้ขึ้นเอง ดังนั้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ ควรเน้นให้ผู้เรียนลงมือกระทำการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้จัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือแก้ปัญหา จากหลักฐานเชิงประจักษ์ข้างต้น แสดงให้เห็นว่าโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ที่นำแนวคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1973) มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายฯ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดที่ประยุกต์มาได้

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

ผู้สอนและผู้เกี่ยวข้องควรนำหลักการทฤษฎี ที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- _____. (2553). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553*. กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี.
- _____. (2557). *บทวิเคราะห์การศึกษาไทยในโลกศตวรรษที่ 21*. สืบค้นเมื่อ เมษายน 2558, จาก http://www.onec.go.th/onec_backoffice/uploads/Book/1279-file.pdf
- มณฑนา พรหมรักษ์. (2556). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรวิ แซงบุญเรือง. (2559, มกราคม - เมษายน). การสังเคราะห์รูปแบบสภาพแวดล้อมทางการเรียนเสมือนจริงบนเว็บตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม*, 6(1), 43 - 51.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2558). *ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน (O-NET)*. สืบค้นเมื่อ เมษายน 2558, จาก <http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/MainSch/MainSch.aspx>.
- สุมาลี ชัยเจริญ. (2551). *เทคโนโลยีการศึกษา : หลักการทฤษฎีสู่การปฏิบัติ*. ขอนแก่น : คลังนาโนวิทยา.

ของ Polya ไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอื่นๆ และควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตร

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางปัญญา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยจนสำเร็จ

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาทฤษฎีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา
2. ควรศึกษาการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยโมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา



- _____. (2557). *การออกแบบการสอน หลักการทฤษฎีสู่การปฏิบัติ (Instructional Design: Principles and Theories to Practices*.
ขอนแก่น : แอนนาออฟเซต.
- สุมาลี ชัยเจริญ และคณะ. (2559 พฤษภาคม – สิงหาคม). การออกแบบและพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการประมวลสารสนเทศ
โดยการบูรณาการระหว่างศาสตร์การสอนกับประสาทวิทยาศาสตร์. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*, 27(2), 37-50.
- หงส์สุนีย์ เอื้อรัตนรักษา. (2556). *โมเดลสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความรับผิดชอบของผู้เรียน*. ดุษฎีนิพนธ์
ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Petchtone, P. & Chaijaroen, S. (2012, February). The development of web-based learning environment model to
enhance cognitive skills and critical thinking for undergraduate students. *Procedia –Social and Behavioral
Sciences*, 46, 5900–5904.
- Polya, G. (1973). *How to solve It: A new aspect of mathematical method*. New Jersey : Princeton University Press.
- Samat, C. & Chaijaroen, S. (2015, November - December). 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. *China: Asia-Pacific Society for Computers in Education*.
667-672.

Translated Thai References

- Chaijaroen, S. (2008). *Educational technology: Principles and theories to practice*. Khon Kaen : Klangnanavittaya
Press. [in Thai]
- _____. (2014). *Instructional design: Principles and theories to practice*. Khon Kaen : Annaoffset Printing. [in Thai]
- Chaijaroen, S. et al. (2016May - August). The design and development of cognitive innovation to enhance information
processing by integration of pedagogy and neuroscience. *Academic Services Journal, Prince of Songkla
University*, 27(2), 37-50. [in Thai]
- Ministry of Education. (2008). *The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (2008)*. Bangkok : Printing House of the
Agricultural Cooperative Federation of Thailand, Ltd. [in Thai]
- _____. (2010). *National Education Act B.E. 2542 (1999) and its third amendment B.E. 2553 (2010)*. Bangkok : Cabinet
Publishing and Gazette Publishing Office. [in Thai]
- _____. (2014). An Analysis of Thai Education in the 21st Century. Retrieved April 2015, from [http://www.onec.go.th/
onec_backoffice/uploads/Book/1279-file.pdf](http://www.onec.go.th/onec_backoffice/uploads/Book/1279-file.pdf). [in Thai]
- Phomrak, M. (2013). *Effects of organizing mathematical learning activities using the problem solving model of metacognitive
process on mathematics problem solving and critical thinking abilities of eighth grade students* (Unpublished
master's thesis). Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. [in Thai]
- Saengboonrueang, V. (2016). Synthesis of virtual learning environment models on the web based on constructivist
theories for promoting critical thinking of undergraduate students. *Nakhon Phanom University Journal*, 6(1),
43 - 51. [in Thai]
- The National Institute of Educational Testing Service. (2015). *Ordinary National Educational Test (O-NET)*. Retrieved
April 2015, from <http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/MainSch/ MainSch. aspx>. [in Thai]
- Ua-rattanakraks, H. (2013). *A model of learning environments enhancing learner's critical thinking and responsibility*
(Unpublished doctoral dissertation). Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. [in Thai]