OJED, Vol. 12, No. 2, 2017, pp. 32 - 49

OJED
An Online Journal of Education
http://www.edu.chula.ac.th/ojed

วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิดที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

EFFECT OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITY USING ILL-STRUCTURED PROBLEM SOLVING PROCESS AND SCAFFOLDING STRATEGY ON THE CRITICAL THINKING ABILITY OF NINTH GRADE STUDENTS

นางสาววรนิพิฎ พันธ์หนองหว้า*

Voranipid Phannongwah

รศ.ดร.อัมพร ม้าคนอง**

Assoc. Prof. Amporn Makanong, Ph.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด ก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ กับกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด 3) ศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดราชบพิธ กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 72 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง จำนวน 40 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 32 คน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นตามลำดับ

* นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Apishy_nana@hotmail.com

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Aumporn.M@chula.ac.th

ISSN1905-4491

Abstract

The purposes of this study were to: 1) compare the critical thinking ability of ninth grade students before and after being taught by using an organizing mathematics learning activity with an ill-structured problem solving process and scaffolding strategy; 2) compare the critical thinking ability of ninth grade students between two groups, one being taught by using an organizing mathematics learning activity with a conventional approach and the other using the ill-structured problem solving process and scaffolding strategy; and 3) study the development of the critical thinking ability of ninth grade students being taught by using the organizing mathematics learning activity with an ill-structured problem solving process and scaffolding strategy. The subjects were ninth grade students of Wat Rajabopit School in Bangkok in the second semester of academic year 2016. There were 72 students divided into two groups with 40 students in the experimental group and 32 students in the control group.

The results of the research revealed that: 1) the critical thinking ability of students being taught by using the organizing mathematics learning activity with an ill-structured problem solving process and scaffolding strategy was statistically higher than those before learning at a .05 level of significance; 2) the critical thinking ability of students being taught by using the organizing mathematics learning activity with an ill-structured problem solving process and scaffolding strategy was higher than those being taught by using the conventional approach at a .05 level of significance; and 3) the critical thinking ability of students being taught by using the organizing mathematics learning activity with an ill-structured problem solving process and scaffolding strategy were developed in a positive direction.

คำสำคัญ: กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์/ ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์/ กลวิธีการเสริมต่อความคิด/ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

KEYWORDS: ILL-STRUCTURED PROBLEM SOLVING PROCESS/ ILL-STRUCTURED PROBLEM/ SCAFFOLDING STRATEGY/ CRITICAL THINKING ABILITY

บทนำ

สังคมในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นสังคมแห่งข้อมูลข่าวสาร (Knowledge Based Society) ดังนั้นบุคคลจึงต้องมีการคิดที่จะคัดกรองข้อมูลข่าวสารที่มีจำนวนมากนั้น (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2555 : 3) การคัดกรองข้อมูลข่าวสาร คือ การพิจารณาว่าข้อมูลใดเป็นจริงและเป็นเท็จ ข้อมูลใดเกี่ยวข้อง หรือไม่เกี่ยวข้อง หรือหลอกล่อ ซึ่งการคัดกรองข้อมูลเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด โดยการคิดเป็นความสามารถของผู้เรียนในการหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลจากข้อมูลที่มีอยู่ (Krulik & Rundnick, อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2554 : 22) และความสามารถในการคิดเป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5 ประการ ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 อันประกอบด้วย ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้

เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 : 4) นอกจากนี้วิชาคณิตศาสตร์ก็มีบทบาทที่สำคัญยิ่งต่อการพัฒนาการคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 : 47)

แม้ว่าการคิดจะเป็นสิ่งสำคัญของสังคมยุคศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะการคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ แต่ครูก็ยังไม่เห็นความสำคัญของการพัฒนาการคิด และการเรียนการสอนในปัจจุบันของครูมักเน้นความรู้ความจำเป็นสำคัญ โดยอ้างว่ามีเนื้อหามากมายที่ต้องสอน จึงไม่สามารถแบ่งเวลาหรือให้เวลาแก่นักเรียนพัฒนาการคิดได้มากนัก (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2555 : คำนำ) อีกทั้งครูไม่ทราบวิธีการสอนให้นักเรียนเกิดการคิดและนักเรียนที่เกิดการคิดก็มักคิดโดยขาดความรู้ หลักการ ทฤษฎีบท กฎ สูตร หรือเหตุผลมารองรับ ทำให้สิ่งที่นักเรียนคิดไม่มีความหมายและไม่เกิดประโยชน์ จึงไม่สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาได้ ปัญหาเหล่านี้สะท้อนให้เห็นผ่านการศึกษาของประเทศไทย จากผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ ประจำปีการศึกษา 2555, 2556 และ 2557 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เป็นร้อยละ 26.95, 25.45 และ 29.65 ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีคะแนนต่ำมากเมื่อเทียบกับคะแนนเต็มร้อยละ 100 และในปีการศึกษา 2558 สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติใช้ข้อสอบ O-NET ตามแนวข้อสอบ PISA โดยเน้นให้นักเรียนใช้ความคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน การสอบ PISA เป็นการประเมินผลนักเรียนนานาชาติของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ OECD เพื่อสำรวจว่าระบบการศึกษาของประเทศสมาชิกมีการเตรียมเยาวชนให้พร้อมสำหรับการใช้ชีวิตและการมีส่วนร่วมในสังคมในอนาคตหรือไม่ โดยเน้นนักเรียนวัย 15 ปี ที่จะใช้ความรู้และทักษะเพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน ในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ จากผลการประเมิน PISA 2012 ในด้านคณิตศาสตร์ พบว่าประเทศไทยได้คะแนนเฉลี่ย 427 คะแนน จากค่าเฉลี่ย 494 คะแนน และอยู่ในอันดับที่ 50 จาก 65 ประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , 2556 : 7) ซึ่งถือว่าอยู่อันดับรั้งท้าย สอดคล้องกับการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ระดับนานาชาติ TIMSS 2011 สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ย 427 คะแนน จากค่าเฉลี่ย 500 คะแนน จัดอยู่ในอันดับที่ 28 จาก 45 ประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , 2556 : 10) ซึ่งหมายความว่านักเรียนไทยมีความรู้ความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ด้อยกว่าประเทศอื่นอยู่มาก

นอกจากการคิดของนักเรียนที่มักขาดเหตุผล ความรู้หรือหลักการมารองรับ ทำให้การคิดนั้นไม่เกิดประโยชน์และไม่สามารถตัดสินใจทำอะไรได้ด้วยตนเองแล้ว เมื่อต้องเผชิญหน้ากับปัญหาที่พบในชีวิตจริงซึ่งเต็มไปด้วยความซับซ้อนเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่างและมีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ประกอบกับนักเรียนใช้ชีวิตอย่างไม่มีสติและตัดสินใจตามอารมณ์ จึงทำให้นักเรียนมีความเชื่อและการกระทำที่ผิดแปลกไป หากพิจารณาสาเหตุจะพบว่านักเรียนขาดความเข้าใจเงื่อนไข ข้อจำกัดและองค์ประกอบของปัญหาอย่างลึกซึ้ง

ตลอดจนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้นได้ ซึ่งถือเป็นขั้นตอนลำดับต้น ๆ ของการแก้ปัญหา จนไปถึงไม่สามารถคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นและพิจารณาปัญหาในหลากหลายมิติจากข้อโต้แย้งที่น่าเชื่อถือได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้เนื่องมาจากนักเรียนขาดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย การให้เหตุผลแบบนิรนัย การกำหนดข้อตกลงเบื้องต้น การวิเคราะห์ การอนุมานหรือการลงความเห็นเพื่อสร้างข้อสรุป และการประเมินข้อโต้แย้ง การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังเป็นทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมที่สำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่เรียกว่า “4C” อันประกอบด้วย การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสาร การเรียนรู้แบบร่วมมือ และการคิดสร้างสรรค์ อีกทั้งยังเป็นหนึ่งในการคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยการคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ มีดังนี้ การคิดเชิงวิเคราะห์ การคิดเชิงสังเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณหรือการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ การคิดเชิงตรรกะ การคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงประมาณ และการคิดเชิงระบบ (อัมพร ม้าคนอง, 2554) การคิดอย่างมีวิจารณญาณทำให้บุคคลประสบความสำเร็จในโลกยุคใหม่ เกิดการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและมีความสำคัญในชีวิตประจำวันมากขึ้น นักเรียนเองต้องเรียนรู้ที่จะไม่หลงเชื่ออะไรง่าย ๆ มีการตรวจสอบข้อเท็จจริงของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งในโรงเรียนและในชีวิตจริง (Aizikovitsh & Amit, 2009) การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังช่วยให้นักเรียนจัดการกับตัวเองเพื่อดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย (Shakirova, 2007)

จากความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังกล่าวข้างต้น ที่ต้องการให้นักเรียนคิดก่อนตัดสินใจเชื่อหรือกระทำสิ่งใด ผ่านการวิเคราะห์ การพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล ใช้ความรู้หรือหลักการมารองรับความคิดนั้น โดยเฉพาะการคิด การตัดสินใจ เมื่อนักเรียนต้องตกอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย (Aizikovitsh & Amit, 2008) สถานการณ์ที่ซับซ้อนและเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้จริงในชีวิตประจำวัน ลักษณะของปัญหาเช่นนี้มีความคล้ายคลึงกับปัญหาที่ครูสอนในห้องเรียน ที่เรียกว่า ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (ill-structured problem) ที่มีความซับซ้อน ประกอบด้วยเงื่อนไข ข้อจำกัด มีความคลุมเครือไม่ชัดเจน เนื่องจากขาดข้อมูลที่ชัดเจนและจำเป็น จึงต้องมีการรวบรวมข้อมูลและวางแผนอย่างเหมาะสมก่อน คำตอบอาจมีหนึ่งคำตอบ มีหลายคำตอบ หรือไม่มีคำตอบ ซึ่งอาจเป็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ โดยถ้านักเรียนสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ตั้งแต่อยู่ในห้องเรียน เมื่อออกไปสู่นอกห้องเรียน นักเรียนก็จะมีทักษะเหล่านี้ติดตัวไปด้วย สอดคล้องกับที่สถาบันคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์แห่งอิลลินอยส์ (Illinois Mathematics and Science : IMSA.2009. online อ้างถึงใน ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน, 2556 : 18) กล่าวไว้ว่า ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์จะมีแนวคำตอบที่หลากหลาย นักเรียนต้องใช้ความรู้พื้นฐานในวิชา ต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบโดยครูเป็นผู้แนะนำเท่านั้น วิธีนี้จะทำให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเกิดความรับผิดชอบในการแก้ปัญหาในโลกของความเป็นจริง อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเกิดขึ้นเมื่อเผชิญกับปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (Kurfiss, 1988)

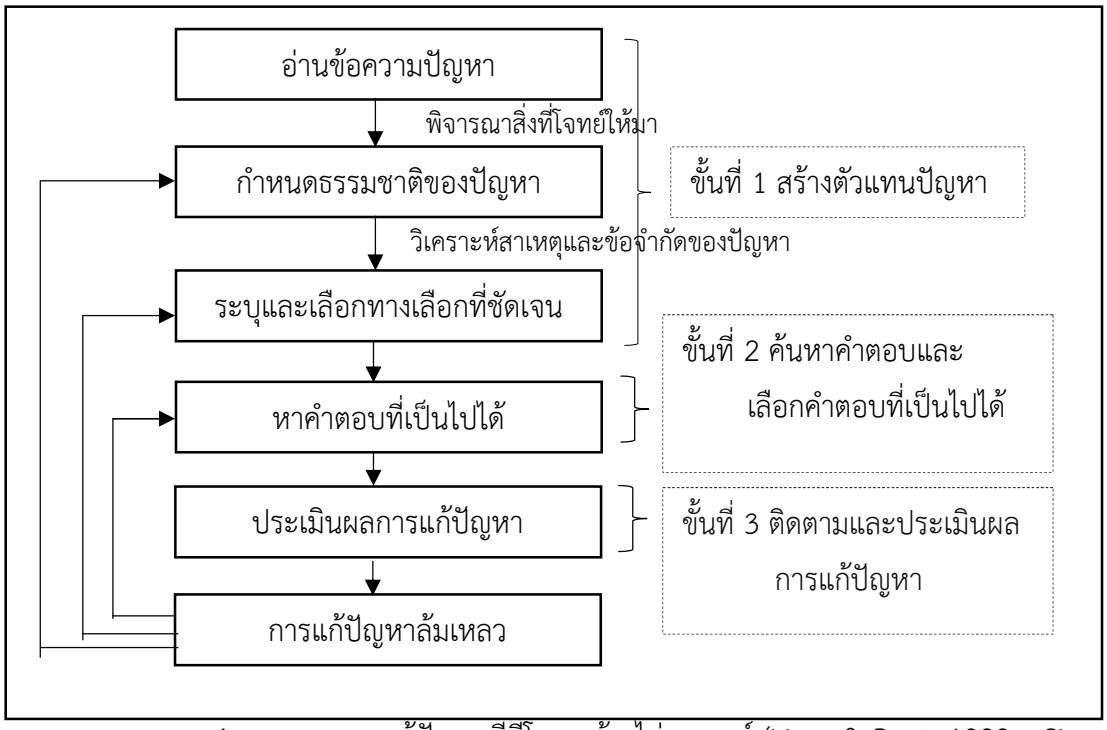
สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ มีนักวิชาการหลายท่าน อาทิ Voss, 1988 ; Voss & Post, 1988 ; Sinnott, 1989 ; Jonassen, 1997 ; Ge & Land, 2003 ได้เสนอขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ไว้ 4 ขั้น คือ 1) สร้างตัวแทนปัญหา 2) หาคำตอบของปัญหา 3) ให้เหตุผล

4) ติดตามและประเมินผล ซึ่งผู้วิจัยสนใจขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ที่ Hong (1998) สร้างขึ้นจากแนวคิดของ Voss & Post (1988) และ Sinnott (1989) โดยนำแนวคิดของทั้งสองคนมาเปรียบเทียบกันดังตาราง 1

ตาราง 1 การเปรียบเทียบกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (Voss & Post, 1988 ; Sinnott, 1989 อ้างถึงใน Hong, 1998 : 21)

Voss & Post (1988)	Sinnott (1989)
1) สร้างตัวแทนปัญหา (Represent problems) - ตรวจสอบแนวคิดและความสัมพันธ์ของปัญหา - วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและเงื่อนไข/ข้อจำกัด 2) ค้นหาคำตอบ (State solution) 3) ประเมินผล (Evaluate)	1) วิเคราะห์ปัญหา (Construct of problem spaces) 2) เลือกและค้นหาคำตอบ (Choose and generate solution) 3) ติดตาม ตรวจสอบ (monitor)

จากตาราง 1 Hong (1998) ได้สรุปเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ อิงแนวคิดของ Voss & Post (1988) และ Sinnott (1989) มี 3 ขั้น คือ 1) สร้างตัวแทนปัญหา ที่ประกอบด้วยขั้นย่อย ๆ ดังนี้ อ่านข้อความปัญหา กำหนดธรรมชาติของปัญหา ระบุและเลือกทางเลือกที่ชัดเจน 2) ค้นหาคำตอบและเลือกคำตอบที่เป็นไปได้ 3) ติดตามและประเมินผลการแก้ปัญหา โดยสามารถแสดงรายละเอียดของขั้นการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ได้ ดังแผนภาพ 1 ต่อไปนี้



แผนภาพ 1 กระบวนการแก้ปัญหาทีมีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (Voss & Post, 1988 ; Sinnott, 1989 อ้างถึงใน Hong, 1998 : 22)

หากนำขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ตามแนวคิดของ Voss & Post (1988) และ Sinnott (1989) ไปใช้ในห้องเรียนจริง อาจเกิดปัญหาที่ว่านักเรียนไม่สามารถเรียนรู้หรือดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นที่ครูกำหนดไว้ได้ การให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหาดังกล่าวให้ประสบความสำเร็จได้นั้น อาจต้องอาศัยครูและเพื่อนนักเรียนที่มีความสามารถมากกว่าให้การช่วยเหลือ สอดคล้องตามแนวคิดทางสังคมศาสตร์ของ Vygotsky (1978) ที่กล่าวว่า ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้ตามลำพังเพียงผู้เดียว แต่ต้องอาศัยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่เกิดขึ้นในบริบทที่มีความหมาย โดยเฉพาะการมีปฏิสัมพันธ์กับคนที่มีความรู้และความสามารถมากกว่า ซึ่งถือเป็นรากฐานนำไปสู่การสร้างกลวิธีการเสริมต่อความคิด (Scaffolding strategy) ที่เป็นการช่วยเหลือนักเรียนให้ประสบความสำเร็จในการทำงานที่ไม่คุ้นเคยหรือเกินกว่าความสามารถของตนเอง โดยครูและเพื่อนที่มีความสามารถมากกว่า ให้ความช่วยเหลือตามความสามารถในการทำงานของนักเรียน และค่อย ๆ ลดความช่วยเหลือลงเมื่อนักเรียนทำงานได้ดีขึ้น จนกระทั่งนักเรียนสามารถทำงานได้ด้วยตนเองก็จะยุติการให้ความช่วยเหลือนั้น ส่วนวิธีการให้ความช่วยเหลือนักเรียนนั้นมีนักวิชาการหลายท่าน อาทิ Alibali, 2006 ; Wood, 1976 ; Anghileri, 2006 ได้กล่าวไว้หลากหลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับปัญหาที่นักเรียนเผชิญอยู่ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้กลวิธีการเสริมต่อความคิดโดย การสังเกต (Noticing) ให้นักเรียนสังเกตปัญหาและถามคำถามที่สงสัยกับครู การอธิบาย แสดงตัวอย่าง และเล่าเรื่อง (Explaning : Showing and Telling) เป็นวิธีการอธิบายปัญหาของครูเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแบบฉบับของตนเอง การใช้คำถามแนะแนวทาง (Guiding) กระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ภายในองค์ประกอบทั้งหมดของปัญหา การใช้คำถามกระตุ้น (Prompts) เพื่อให้นักเรียนนึกถึงความรู้หรือประสบการณ์ที่เกี่ยวโยงกับปัญหา การยกตัวอย่างคู่ขนาน (Parallel Modeling) เป็นปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาของนักเรียน เพื่อแสดงวิธีคิดและวิธีการหาคำตอบ การให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feeding Back) การฝึกหัดนักเรียน (Apprenticing) ให้ทำหน้าที่สอนเพื่อนแทนครู เพราะการสอนจะทำให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น การใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจหรือล้วงดูสิ่งที่นักเรียนเข้าใจ (Probing) การให้นักเรียนอธิบายและแสดงความคิดเห็นของตนเอง (Students Explaning and Justifying) และสุดท้ายครูชี้ประเด็นสำคัญ (Marking Critical Features) จุดที่นักเรียนทำถูกหรือทำผิดเป็นประจำ เป็นต้น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิดเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องอสมการ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมและเอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ที่เป็นการสอนแก้ปัญหาในการเรียนการสอนปกติ และยังสามารถออกแบบเป็นโจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ได้ การวิจัยนี้จะเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิดกับกลุ่มที่รับการสอนแบบปกติในช่วงก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มทั้งสองกลุ่มในช่วงก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด

3. เพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Designs) ซึ่งทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (E) และกลุ่มควบคุม (C) โดยแบบแผนการทดลองมีลักษณะดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนการทดลอง	การทดลอง	การทดสอบหลังการทดลอง
กลุ่มทดลอง (E)	ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	X	ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
กลุ่มควบคุม (C)	ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	~~X~~	ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด

~~X~~ แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดกรุงเทพมหานคร (กศจ. กรุงเทพมหานคร) กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนวัดราชบพิธ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 (กรุงเทพมหานคร) จากการสำรวจพบว่าในปีการศึกษา 2559 โรงเรียนวัดราชบพิธ มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 ห้อง แบ่งเป็น ห้อง 1 - 8 นักเรียนคละ

ความสามารถกันคือ มีนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนดี ปานกลาง และอ่อนอยู่รวมในห้องเดียวกัน ห้อง 9 - 10 เป็นห้องเรียนพิเศษ การจัดนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยมีวิธีการดังนี้

1. นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของนักเรียนจำนวน 10 ห้อง มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S.D.*)

2. เลือกห้องที่มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S.D.*) ใกล้เคียงกันมากที่สุด จำนวน 2 ห้อง คือ นักเรียนห้อง ม. 3/1 จำนวน 40 คน และ ม. 3/8 จำนวน 32 คน

3. จากนั้นนำค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S.D.*) ของนักเรียนทั้งสองห้องเรียน มาทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) จากผลการทดสอบพบว่าความแปรปรวนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จากนั้นจึงทดสอบความแตกต่างด้วยค่าที (t-test) ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จึงถือว่านักเรียนทั้งสองห้องมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน

4. ทำการสุ่มโดยการจับสลากเพื่อจัดกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลปรากฏว่านักเรียนห้อง ม. 3/1 จำนวน 40 คน เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนห้อง ม. 3/8 จำนวน 32 คน เป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งดำเนินการสอนดังนี้

- กลุ่มทดลอง : ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด
- กลุ่มควบคุม : ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ชนิด คือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีแบบปกติ จำนวน 15 คาบ ครอบคลุมเนื้อหาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง อสมการ

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนเรียนและหลังเรียน ฉบับละ 20 ข้อ และแบบสังเกตพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยสังเกตท้ายคาบเรียนที่ 5, 9 และ 12

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอน และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีเสริมต่อความคิดสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม เนื้อหาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง อสมการ

1.2 จัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนการสอนสำหรับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม

1.3 นำหนังสือขออนุญาตจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนวัดราชบพิธ เพื่อขออนุญาตดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล

1.4 ทำการทดสอบนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มก่อนการทดลอง ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับก่อนเรียน จำนวน 20 ข้อ แล้วทำการทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) เพื่อดูว่านักเรียนทั้งสองห้องมีความแปรปรวนของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มเป็นประชากรกลุ่มเดียวกัน จากนั้นจึงนำมาทดสอบความแตกต่างโดยใช้ค่าที (t-test) เพื่อดูว่านักเรียนทั้งสองห้องมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ขั้นดำเนินการทดลอง

2.1 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีเสริมต่อความคิด และสอนนักเรียนกลุ่มควบคุมด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 ดำเนินการสอนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม กลุ่มละ 15 คาบ คาบละ 50 นาที สัปดาห์ละ 3 คาบ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 เนื้อหาที่ใช้สอนเรื่องอสมการ ในระหว่างการทดลองสอนผู้วิจัยสังเกตพัฒนาการ โดยบันทึกลงในแบบสังเกตเพื่อดูพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ท้ายคาบเรียนที่ 5, 9 และ 12

2.3 เมื่อดำเนินการทดลองสอนตามแผนที่กำหนดไว้ในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบ 15 คาบ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

2.4 นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน และทำการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ลักษณะ คือ ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนเรียน และหลังเรียน

3.2 ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมจากแบบสังเกตเพื่อดูพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยสังเกตจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน และการตอบคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียน ว่าสอดคล้องตามองค์ประกอบ 5 ข้อ ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างไร

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS ด้วยวิธีการทางสถิติ โดยมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative)

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยค่าที (t-test) ดังนี้

1. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติก่อนเรียนและหลังเรียน

2. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

3. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด กับกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative)

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากแบบสังเกตเพื่อดูพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และใบกิจกรรม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis)

จากแบบสังเกตเพื่อดูพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ วิเคราะห์ข้อมูล 3 ครั้ง คือท้ายคาบเรียนที่ 5, 9 และ 12 และสังเกตพัฒนาการของนักเรียนจากการทำใบกิจกรรม

ผลการวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นตามลำดับ

อภิปรายผล

1. จากการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด ได้ดำเนินการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ตามขั้นที่ครูกำหนดไว้ ดังนี้ เมื่อนักเรียนอ่านโจทย์ปัญหานักเรียนเกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับโจทย์เต็มไปหมด คำถามที่นักเรียนถามครูครั้งแรกที่โจทย์ คือ “โจทย์ข้อนี้จะแก้ปัญหาได้อย่างไร” ในตอนนั้นครูยังไม่ได้คำตอบของนักเรียนในทันที ครูถามนักเรียนว่าโจทย์อยากทราบอะไร นักเรียนทุกคนตอบได้ ครูแนะต่อว่า นักเรียนควรแทนสิ่งที่โจทย์อยากทราบด้วย ตัวแปร ถัดมาครูถามต่อว่า แล้วโจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้างล่ะ นักเรียนตอบคำถามตรงนี้ไม่ได้ หรือตอบได้ก็เพียงอ่านข้อความโจทย์ให้ครูฟังเท่านั้น ครูจึงเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดบนกระดาน โดยแยกออกเป็นข้อว่ามีอะไรบ้าง การให้นักเรียนบอกสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นการฝึกกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นของนักเรียน จากนั้นครูถามว่าแต่ละข้อแปลความได้ว่าอย่างไร เช่น แม่มีอายุน้อยกว่า 35 ปี แสดงว่าแม่มีอายุเป็นอะไรได้บ้าง นักเรียนทั้งห้องก็เริ่มคิด บ้างตอบ 34 ปี บ้างตอบ 33 ปี ซึ่งตรงนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้ว่า เขาต้องวิเคราะห์ความหมายของสิ่งที่โจทย์กำหนด แต่ละองค์ประกอบก่อน เพื่อนำไปเขียนเป็นความสัมพันธ์ที่โจทย์กำหนด ซึ่งตรงนี้นักเรียนจะได้ฝึกวิเคราะห์ และเขียนความสัมพันธ์ที่โจทย์กำหนดในรูปอสมการ นักเรียนบางคนเขียนอสมการเดียว นักเรียนบางคนเขียนหลายอสมการ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนรับรู้ไม่เหมือนกัน นักเรียนบางคนเรียนรู้ว่า ถ้าโจทย์อยากทราบค่าที่มากที่สุด เขาควรใช้องค์ประกอบที่โจทย์กำหนดให้ตัวใด ในขณะที่นักเรียนบางคนไม่ได้นึกไปถึงประเด็นนั้น นึกถึงว่าความสัมพันธ์ของโจทย์เป็นแบบนี้ เขาจึงสามารถหยิบองค์ประกอบใดมาคิดก็ได้ ไม่ผิดแน่นอน และเมื่อครูเฉลยครูควรใช้คำถาม ถามนักเรียนว่าเขียนอสมการเป็นแบบใดได้บ้าง จากนั้นครูเขียนอสมการที่เป็นไปได้ทั้งหมดก่อน นั่นหมายความว่านักเรียนทุกคนที่ตอบมาตอบถูกหมด ครูอธิบายต่อไปว่า อสมการที่ให้ค่าที่โจทย์ต้องการ มีเพียงอสมการเดียวเท่านั้น ซึ่งนักเรียนบางคนสามารถจับประเด็นได้ทันทีว่าถ้าอยากทราบค่ามากสุด ควรเลือกใช้สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ตัวใด นักเรียนบางคนอาจต้องใช้การเปรียบเทียบในรูปแบบของสมการดูก่อน จึงจะเข้าใจสิ่งเหล่านี้นักเรียนจะได้ฝึกการให้เหตุผลแบบนิรนัย และการวิเคราะห์ เมื่อดำเนินการแก้อสมการที่เลือกมาจนได้คำตอบ คำตอบที่นักเรียนได้นักเรียน

ต้องเลือกมาเพียงคำตอบเดียวที่สอดคล้องกับโจทย์ ตรงนี้นักเรียนจะได้ฝึกการอนุมาน เพื่อสรุปคำตอบเพียงคำตอบเดียว ขั้นตอนสุดท้ายของกิจกรรมการตรวจสอบคำตอบ โดยนำคำตอบที่ได้กลับไปแทนในโจทย์ นักเรียนบางคนแทนกลับไปในอสมการเท่านั้น ซึ่งครูอธิบายว่าการแทนกลับไปในอสมการ เป็นเพียงการบอกว่านักเรียนแก้อสมการถูกหรือไม่เท่านั้น แต่ยังไม่ได้บอกความสอดคล้องตามโจทย์ นักเรียนควรนำคำตอบแทนลงในข้อความโจทย์ ตรงนี้นักเรียนจะได้ฝึกการประเมินข้อโต้แย้ง ซึ่งมีนักเรียนที่ได้คำตอบแตกต่างกันอยู่ ขั้นนี้จะเป็นขั้นตัดสินว่าทำถูกหรือไม่ จากการให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นดังกล่าว จะเห็นว่านักเรียนได้ฝึกให้เหตุผลแบบนิรนัย กำหนดข้อตกลงเบื้องต้น วิเคราะห์ อนุมาน และประเมินข้อโต้แย้ง ครบองค์ประกอบ 5 ประการ ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิด Facione (1990) และ Watson & Glaser (2008) จึงสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. จากการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก กลุ่มทดลองได้เห็นโจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ในสัดส่วนที่มากกว่า จึงอาจเป็นการเพิ่มโอกาสในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับ ฐากร สิทธิโชค (2558 : 87) ที่กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเริ่มจากสถานการณ์ที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และจบลงด้วยสถานการณ์ที่มีการพิจารณาไตร่ตรองด้วยเหตุผล นอกจากนี้อาจเป็นเพราะ ขั้นการจัดกิจกรรมในกลุ่มทดลองแต่ละขั้น เอื้อให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กล่าวคือ ขั้นที่ 1 สร้างตัวแทนปัญหา นักเรียนกลุ่มทดลองได้ใช้เวลาอยู่กับปัญหามากพอสมควร เพื่อแยกองค์ประกอบของปัญหาออกเป็นข้อ และวิเคราะห์องค์ประกอบแต่ละข้อเหล่านั้น หาความสัมพันธ์ และพิจารณาปัญหาในหลากหลายมิติที่เป็นไปได้ ในขณะที่ห้องควบคุมจะพิจารณาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ เพื่อนำไปสู่สิ่งที่โจทย์ต้องการ โดยใช้เทคนิคหรือกลยุทธ์บางอย่างเท่านั้น ดังนั้น การที่นักเรียนได้มีเวลาคิดเกี่ยวกับปัญหานาน ๆ อาจทำให้นักเรียนเกิดความคิดอย่างมีวิจารณญาณมากขึ้น และขั้นที่ 3 การประเมินผล กลุ่มทดลองมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พูดเกี่ยวกับคำตอบของตัวเอง ซึ่งในกลุ่มทดลองคำตอบที่นักเรียนตอบได้ค่อนข้างแตกต่างกัน ในขณะที่กลุ่มควบคุมคำตอบของนักเรียนจะคล้ายกันเป็นส่วนใหญ่ เมื่อนักเรียนได้พูดถึงคำตอบของตัวเอง ครูและเพื่อนจะร่วมกันคิดว่าคำตอบของนักเรียนมีโอกาสเป็นไปได้หรือไม่ และมีข้อบกพร่องที่ใด ทำให้นักเรียนได้เปิดโอกาสรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เปิดใจในจุดบกพร่องของตัวเอง และยอมรับในคำตอบสุดท้าย สิ่งที่แตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอีกอย่างคือ ในกลุ่มทดลองครูใช้การเสริมต่อความคิด กับนักเรียนที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตัวเอง ซึ่งในการเสริมต่อความคิด อาจส่งเสริมความมั่นใจในการทำงานของนักเรียนทางอ้อมได้ จนประสบความสำเร็จ สอดคล้องกับ Cosker & Diezmann (2009 : 7 - 8) ที่กล่าวว่า การเสริมต่อความคิดส่งเสริมความมั่นใจ และเป็นตัวของตัวเองในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยครูมีหน้าที่ใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนให้อธิบายเป็นขั้น ๆ และให้นักเรียนเกิดความเข้าใจจากมุมมองของตัวเองไม่ใช่จากมุมมองของครู จึง

สรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สูงกว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

3. จากการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด มีพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ในแต่ละขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด ช่วยพัฒนาด้านต่าง ๆ ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 5 ประการ ตามแนวคิดของ Facione (1990) และ Watson & Glaser (2008) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การให้เหตุผลแบบนิรนัย : เกิดขึ้นในทุกขั้น แต่เกิดขึ้นมากในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีเสริมต่อความคิด

การกำหนดข้อตกลงเบื้องต้น : เกิดขึ้นในทุกขั้น แต่เกิดขึ้นมากในขั้นที่ 1 ของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีเสริมต่อความคิด

การวิเคราะห์ : เกิดขึ้นในทุกขั้น แต่เกิดขึ้นมากในขั้นที่ 1 ของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีเสริมต่อความคิด โดยเกิดควบคู่ไปกับการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้น

การอนุมาน : เกิดขึ้นเฉพาะในขั้นที่ 2 ของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีเสริมต่อความคิด ซึ่งหลังจากแก้อสมการจนได้คำตอบแล้ว นักเรียนต้องสรุปคำตอบที่ได้เพียงคำตอบเดียว

การประเมินข้อโต้แย้ง : เกิดขึ้นเฉพาะในขั้นที่ 3 ของกระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีเสริมต่อความคิด ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกิจกรรม

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 ในการนำโจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์มาใช้กับนักเรียนนั้น ครูต้องตระหนักเสมอว่าโจทย์ที่นำมาใช้กับนักเรียนต้องไม่ยากจนเกินไป เพราะนักเรียนจะทำไม่ได้และไม่มีกำลังใจในการทำ โดยเฉพาะในช่วงแรก ๆ ของกลุ่มทดลองนักเรียนค่อนข้างสงสัยหลาย ๆ อย่าง เกี่ยวกับโจทย์ เช่น “แก้โจทย์ได้อย่างไร” “จำนวนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงมาจากไหน” ซึ่งคำตอบของนักเรียนจะอยู่ระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นอยู่แล้ว ครูจึงไม่จำเป็นต้องรีบร้อนตอบ และควรใส่เงื่อนไขบางอย่างที่ช่วยให้นักเรียนได้คิดในหลากหลายแบบ เพราะถ้านักเรียนชอบคิดต่าง ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียน แต่การคิดต่างของนักเรียนครูพยายามให้นักเรียนบอกหลักการที่เรียนมาเข้าไปด้วย และโจทย์ปัญหาไม่ซับซ้อนในแบบที่นักเรียนต้อง

แก้ปัญหาหลายครั้ง กล่าวคือ ไม่มีการนำคำตอบของแต่ละครั้งที่คิดได้ไปเป็นส่วนหนึ่งในการคิดของครั้งถัดไป เพื่อนำไปสู่คำตอบ เพราะนั่นจะทำให้นักเรียนมุ่งไปที่วิธีการหาคำตอบมากกว่าการคิดเกี่ยวกับโจทย์ จะเห็นได้จาก ในห้องเรียนนักเรียนจะตั้งใจคิดหาตัวเลขเพื่อนำไปสู่คำตอบ มากกว่าจะเสียเวลากับการคิดวิเคราะห์ หรืออยู่กับโจทย์นาน ๆ และตัวเลขก็ไม่ควรยากมาก เพราะจะทำให้นักเรียนกังวลกับการคิดคำนวณมากจนเกินไป

1.2 โจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ที่ครูใช้ ลักษณะของโจทย์อาจเป็นแบบที่นักเรียนไม่คุ้นเคยหรือไม่เคยพบมาก่อน อิงสถานการณ์ในชีวิตจริง ครูอาจสร้างโจทย์ปัญหาโดยแบ่งตัวละครออกเป็น 3 ตัว คือ ตัวที่หนึ่ง เป็นเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของโจทย์ที่ต้องระบุให้ชัด เช่น จำนวนเงินรวมมากกว่า 500 บาท ตัวที่สองมีความคลุมเครือไม่ชัดเจน ต้องใช้การคิดวิเคราะห์ในหลากหลายแบบ เพื่อเลือกแบบเดียวที่เหมาะสม เช่น สินค้าชนิดหนึ่งราคาไม่ต่ำกว่า 100 บาท แต่ไม่เกิน 250 บาท นักเรียนอาจเลือกว่า ให้ราคาสินค้าเป็น 200 บาท ซึ่งไม่ผิด และตัวที่ 3 เป็นข้อมูลที่จำเป็นแต่ขาดหายไป นักเรียนต้องหาคำตอบ เช่น ถ้ามีสินค้าอยู่สองชนิด สินค้าอีกชนิดหนึ่งจะมีราคามากที่สุดกี่บาท

1.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ร่วมกับกลวิธีเสริมต่อความคิด เป็นกระบวนการสอนที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเป็นการสอนที่ใช้เวลาค่อนข้างนานพอสมควร โดยในขั้นที่ 1 สร้างตัวแทนปัญหา ครูควรให้เวลากับนักเรียนได้สังเกตปัญหา ตั้งคำถาม หรือครูอาจตั้งคำถามเอง ในกลุ่มทดลองช่วงแรกนักเรียนมักจะไม่กล้าถาม ครูอาจจะเริ่มถามก่อน เป็นคำถามง่าย ๆ เช่น นักเรียนเห็นอะไรในโจทย์บ้าง หรือนักเรียนตอบได้หรือไม่ว่าโจทย์อยากทราบอะไร ซึ่งขั้นตอนนี้ค่อนข้างจะใช้เวลานานพอสมควร และในขั้นที่ 3 ประเมินผล นักเรียนพูดเกี่ยวกับคำตอบของตัวเอง ซึ่งในห้องทดลองช่วงแรกนักเรียนส่วนใหญ่มักจะบอกว่าคำตอบของตัวเองเป็นเท่าไร เพราะนักเรียนยังไม่คุ้นเคย ครูอาจใช้การถาม-ตอบ เช่น เมื่อนักเรียนได้คำตอบเท่านี้แล้วน้อยที่สุดจริงหรือไม่ แล้วองค์ประกอบอื่นนักเรียนเลือกใช้ค่าเท่าไร เป็นต้น โดยอาจเลือกจากที่สมัครใจหรือสุ่มเรียก แทนการให้นักเรียนพูดเกี่ยวกับคำตอบของตัวเองยาว ๆ ซึ่งหลังจากนักเรียนคุ้นชินแล้วนักเรียนสามารถพูดเกี่ยวกับคำตอบของตัวเองได้เอง สังเกตได้ชัดเจนจากช่วงท้ายของการทดลอง นักเรียนพูดเกี่ยวกับคำตอบของตัวเองได้ดี และกระชับ ทั้งยังได้แลกเปลี่ยนคำตอบกับครู และเพื่อน ๆ ในชั้น

1.4 การสอนปัญหาปกติ และปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ในคาบเดียวกัน ครูควรเริ่มการสอนปัญหาปกติก่อนตามหนังสือเรียน สสวท. ด้วยวิธีการแก้ปัญหาแบบปกติ ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อให้นักเรียนคุ้นชินกับการแก้ปัญหา จากนั้นครูค่อยให้นักเรียนทำโจทย์ที่ยากขึ้น คือ โจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ด้วยกระบวนการแก้ปัญหาที่ครูกำหนด ซึ่งในงานวิจัยทั้งสองกระบวนการมีความคล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันตรงที่ขั้นแรกกับขั้นสุดท้าย โดยขั้นแรกนักเรียนจะได้ใช้เวลาอยู่กับโจทย์นานกว่า วิเคราะห์โจทย์ในหลากหลายแบบมากกว่า และในขั้นสุดท้ายนักเรียนได้พูดคุยเกี่ยวกับคำตอบของตัวเอง และฟังคำตอบของเพื่อน

1.5 ในชั้นเรียนเมื่อนักเรียนต้องพบปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์หลายครั้ง นักเรียนบางคนเกิดความเบื่อหน่าย ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้กับนักเรียนส่วนใหญ่ที่แก้โจทย์ไม่ได้ ครูควรให้ความสนใจกับนักเรียนกลุ่มนี้

โดยอาจเรียกถามบ่อย ๆ เป็นคำถามที่ไม่ยากมาก หรือใช้คำถามชวนคิดประมาณว่าเป็นแบบนี้ได้ไหม ถ้าแบบนี้ไม่ได้ควรเป็นแบบไหนดี และที่สำคัญครูไม่ควรรีบเฉลยคำตอบจนเกินไป แม้จะมีนักเรียนบางคนตอบได้แล้วก็ตาม ครูควรรอนักเรียนคนอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีกำลังใจและอยากคิดจนได้คำตอบเป็นผลสำเร็จ ซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจหลากหลายครูควรเปิดใจรับฟังเหตุผลของนักเรียนด้วย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 สำหรับโจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ มีความน่าสนใจทั้งในตัวโครงสร้างโจทย์ รูปแบบของโจทย์ และลักษณะโจทย์ อาจปรับเปลี่ยนได้ตามความเห็นสมควร และอาจจะทำในเนื้อหาอื่นของวิชาคณิตศาสตร์ หรือในรายวิชาอื่น ๆ เพราะโจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์หากออกแบบมาดี จะช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความคิดมากพอสมควร ทั้งนี้ควรตระหนักในเรื่องเนื้อหาที่ใช้สร้างโจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ เพราะเนื้อหาบางเรื่องไม่สามารถทำได้ อย่างงานวิจัยนี้ใช้เรื่อง อสมการ ซึ่งสามารถออกแบบเป็นโจทย์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ได้ แต่ขอบเขตในการออกแบบอาจดูไม่หลากหลาย เนื่องจากมีทฤษฎีบทอยู่ไม่มาก แต่หากเลือกเนื้อหาที่มีหลากหลายทฤษฎีบท อาจเพิ่มความหลายหลายของโจทย์ได้ด้วย เช่น เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ

2.2 ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด ในการแก้ปัญหาแบบอื่น ๆ ไม่เฉพาะแต่การแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์เท่านั้น เพราะจากการทดลอง พบว่า กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์นี้ มีความคล้ายคลึงกับกระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่ว ๆ ไป เพียงแต่เพิ่มความซับซ้อนในขั้นการสร้างตัวแทนปัญหา ที่ต้องมีการระบุและเลือกทางเลือกที่ชัดเจน ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาทั่วไปอาจจะไม่มีขั้นตอนนี้ หากมองในอีกแง่หนึ่งสามารถมองขั้นตอนนี้ เป็นขั้นการกำหนดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้การนำกลวิธีการเสริมต่อความคิดไปใช้ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาแบบอื่น ๆ ก็น่าสนใจ เพราะจากการทดลอง นักเรียนที่ได้รับการเสริมต่อความคิดไม่ว่าด้วยวิธีการใด จะมีความมั่นใจ และเชื่อมั่นในตัวเองมากยิ่งขึ้น จนทำให้การแก้ปัญหาสำเร็จ และอาจนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ ร่วมกับกลวิธีการเสริมต่อความคิด ไปใช้กับเนื้อหาอื่นของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หรือการแก้ปัญหาในรายวิชาอื่น และกระบวนการนี้เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาซับซ้อน เช่น โจทย์ปัญหาความน่าจะเป็น โจทย์ปัญหาการประยุกต์อัตราส่วนและร้อยละ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2555). *เทคนิคการใช้คำถามพัฒนาการคิด*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: บริษัท วีพรินท์ (1991) จำกัด.

ฐากร สิทธิโชค. (2558). การคิดอย่างมีวิจารณญาณในกระบวนการเรียนรู้สังคมศึกษา Critical Thinking in Social Studies Learning Process. *วารสารมนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*.

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2556). *การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ระดับอุดมศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. (ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. สมุทรปราการ: บริษัท แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส จำกัด.

_____. *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMISS 2011 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. สมุทรปราการ: บริษัท แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส จำกัด.

อัมพร ม้าคนอง. (2554). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Aizikovitsh, E. & Amit, M. (2008). *Developing critical thinking in probability lesson*. In O. Figueras, J. Cortina, S. Alatorre, T. Rojano & A. Sepulveda (Eds.), Proceedings of the 32th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (vol.2 pp. 9-13). Mexico: PME.

_____. (2009). *Promoting critical thinking abilities via probability instruction*. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou, & H. Sakonidis (Eds.), Proceedings of the Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 2, pp.17-24). Thessaloniki, Greece: Aristotle University.

Alibali, M. (2006). *Does visual scaffolding facilitate students' mathematics learning? Evidence from early algebra*. Retrieved from http://ies.ed.gov/funding/grantsearch/details.asp?ID=54.

Anghileri, J. (2006). *SCAFFOLDING PRACTICES THAT ENHANCE MATHEMATICS LEARNING*. Journal of Mathematics Teacher Education.

Cosker, N. M. & Diezmann, C. M. (2009). *Scaffolding Students' Thinking in Mathematical Investigations. Queensland University of Technology*.

Facione. (1990). *The California Critical Thinking Skills Test: College Level Technical Report #1 -- Experimental Validation and Content Validity*. Santa Clara University, The California Academic Press

Ge, X. and Land, S. M. (2003). "Scaffolding students' problem-solving processes in an ill-structured task using question prompts and peer interactions," *Educational Technology Research and Development*, 51 (1), 21-38.

Hong, N. S. (1998). *THE RELATIONSHIP BETWEEN WELL-STRUCTURED AND ILL-STRUCTURED PROBLEM SOLVING IN MULTIMEDIA SIMULATION*. The Pennsylvania State University The Graduate School College of Education. Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy

Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes," *Educational Technology Research and Development*, *45*(1), 65-94.

Kurfiss, J. G. (1988). *Critical thinking : Theory, research, practice, and possibilities*, Washington, D.C.: Association for the Study of Higher Education.

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

Shakirova D.M. (2007). Technology for the shaping of college students' and upper-grade students' critical thinking. Russ. Educ. Soc., *49*(9), 42-52.

Sinnott, J. D. (1989). *"A model for solution of ill-structured problems : Implications for everyday and abstract problem solving," in Everyday problem Solving: Theory and Applications*, J. D. Sinnott, 72-99, NY: Praeger.

Voss, J. F. (1988). *Problem solving and reasoning in ill-structured domains*. In C. Antaki (Ed.), Analyzing everyday explanation: A casebook of methods (pp. 74–93). London: SAGE Publications.

Voss, J.F. & Post, T.A. (1988). *On the solving of ill-structured problems*. In M.H. Chi, R. Glaser and M.J. Farr, (eds), The nature of expertise, pp. 261–285. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ.

Watson, G. & Glaser, E. (2008). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Short Form Manual*. Pearson Education, Inc. the United States of America.

Wood, D., Bruner, J. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 17, 89–100.