

## แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การคิดเชิงระบบกับความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

### Instructional Approach Using Systematic Thinking and Mathematics Problem Solving Ability

กฤษฎา วรพิน<sup>1\*</sup>  
Krissada Worapin<sup>1\*</sup>  
ยุพิน ยืนยง<sup>2</sup>  
Yupin Yuenyong<sup>2</sup>

#### บทคัดย่อ

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การคิดเชิงระบบ (Systemic Thinking) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมกระบวนการคิดแบบองค์รวม ที่มุ่งเน้นการเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อพิจารณาข้อมูลภาพรวมและสังเคราะห์ข้อมูล ทั้งระบบ โดยคำนึงถึงข้อมูลย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขของสถานการณ์และบริบทของสถานการณ์ เนื่องจากข้อมูลทุกส่วนต่างมีความสัมพันธ์กันและเชื่อมโยงกันเป็นกระบวนการไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ดังนั้นในการพิจารณาควรมีการย้อนกลับถึงผลลัพธ์ของการพิจารณาอยู่เสมอ จากการศึกษาพบว่า การคิดเชิงระบบมีหลักการที่สำคัญ 5 ประการ คือ 1) เป็นการคิดเชิงเครือข่าย 2) ระบบต่าง ๆ จะซ้อนทับกัน 3) การคิดสัมพันธ์กับบริบท 4) การเชื่อมความสัมพันธ์ย้อนกลับ และ 5) การคิดอย่างเป็นกระบวนการ ในแต่ละหลักการของการคิดเชิงระบบ จากหลักการที่สำคัญของแนวคิดการคิดเชิงระบบสามารถนำมาวิเคราะห์เป็นหลักการของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบแล้วนำมาพิจารณาถึงแนวทางในการนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนคือ 1) กำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ในชีวิตจริง 2) ศึกษาข้อมูลของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ 3) ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการกลุ่ม 4) อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 5) หาข้อสรุปทั่วไปที่เป็นแบบแผน และ 6) ประยุกต์และขยายองค์ความรู้ เมื่อพิจารณาแต่ละขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบพบว่าสามารถส่งเสริมความสมารถย่อย ๆ ที่สำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้

คำสำคัญ : การคิดเชิงระบบ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

#### Abstract

Instructional setting using the systematic thinking is the pedagogical approach that promotes holistic thinking process. It aims at the data integration in order to consider overview of the data and synthesize the overall data by examining the related minor details. When investigating the relationship of all details, the condition and context

<sup>1\*</sup> อาจารย์ประจำหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

of the situation are necessary because all parts of the data are interconnected and related into inseparable process. Therefore the frequent feedback of the consideration result is required. According to the study, there are 5 principles of systematic thinking which are ; 1) It is a network based thinking. 2) The systems will be overlapping. 3) Thinking relates to context. 4) The feedback relation and 5) the process based thinking in each principle of systematic thinking. From the main principles of systematic thinking, it can be analyzed into instructional setting based on systematic thinking, and then it can be considered into approach for classroom instructional setting which consists of 6 steps : 1) identify problem or real life situation ; 2) study the situation or given problem ; 3) execute and solve problem by using group process ; 4) discuss and exchange the knowledge ; 5) find the conventional conclusion ; 6) apply and extend the knowledge. When considering each step of classroom instructional approach based on systematic thinking, it can promote the important minor capability to solve mathematics problem.

**Keywords :** systematic thinking, mathematics problem solving ability

## บทนำ

จากประเด็นของปัญหาที่เกิดขึ้นกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยการทดสอบของการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (O-NET) และการประเมินผลของนักเรียนในระดับนานาชาติ หรือ PISA พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ทั้งคู่ ซึ่งสาเหตุของการเกิดปัญหานี้มาจากสาเหตุที่หลากหลาย แต่สาเหตุหนึ่งที่สำคัญเป็นเพราะนักเรียนขาดทักษะและความสามารถที่สำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เช่น การแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ Movshovitz-Hadar [1] และอัมพร ม้าคนอง [2] ที่ได้กล่าวถึงปัญหาที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเนื่องมาจาก นักเรียนขาดทักษะที่สำคัญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นทักษะการแก้ปัญหา ขาดทักษะการคำนวณ ขาดทักษะการให้เหตุผล ซึ่งข้อผิดพลาดของนักเรียนที่ทำให้นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านการตีความจากโจทย์ 2) ด้านการใช้ทฤษฎีบท สูตร กฎ นิยามและสมบัติ 3) ด้านการคิดคำนวณ นอกจากนี้ Mayer [3] ได้ระบุถึงทักษะที่เป็นความสามารถพื้นฐานของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีด้วยกัน 4 ทักษะที่สำคัญ คือ 1) ทักษะการแปลความ

โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ 2) ทักษะการบูรณาการข้อมูลจากโจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้คณิตศาสตร์ 3) ทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา และ 4) ทักษะการดำเนินการตามแผน ดังนั้นความสามารถในการแก้ปัญหา (Problem solving) จึงถือเป็นสิ่งที่ต้องเร่งพัฒนา และให้ความสำคัญ เพราะในชีวิตประจำวัน สิ่ง que ทุกคนต้องเผชิญคือปัญหา ซึ่งปัญหามีตั้งแต่ปัญหาที่ง่ายต่อการแก้ไขจนกระทั่งถึงปัญหาที่ยากซับซ้อน ต้องอาศัยความคิดรวบยอด ความรู้ ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาและเทคนิควิธีหลากหลาย เพื่อที่จะแก้ปัญหาได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้ ความชำนาญ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ และทำความเข้าใจ โจทย์ปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การตรวจสอบคำตอบ

จากความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่ครูควรตระหนักและจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนไทยในปัจจุบัน การแก้ปัญหาจึงเป็นทั้งจุดหมายปลายทางและกระบวนการเรียนรู้ที่ครูจะต้องส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนไทยในปัจจุบัน โดยที่ครูจะต้องกระตุ้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นยุทธศาสตร์การแก้ปัญหา ออกแบบ



ปัญหาที่ท้าทายความสามารถให้เด็กคิด สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวัน และส่งเสริมการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหา ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนมีระบบการคิดที่มีประสิทธิภาพในการพิจารณาเชื่อมโยงข้อมูลที่มีการกำหนดให้ การคิดเชิงระบบ (Systemic Thinking) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นคนที่มีการคิดอย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ ซึ่งการคิดเชิงระบบเริ่มแรกค้นพบในปี 1965 โดย Jay Forrester ที่ตระหนักถึงความจำเป็นของวิธีการที่ดีในการทดสอบแนวความคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับระบบสังคม ต่อมามีการพัฒนาแนวคิดเชิงระบบจากนักการศึกษาหลายท่าน ก็ได้นำทฤษฎีการคิดเชิงระบบมาใช้ในทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ Senge [4] ก็ได้แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การจัดการองค์กรและองค์ความรู้ โดยมีการนำเสนอวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) เพิ่มเติม และถูกนำไปพัฒนาต่อในการแก้ปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตจริง

### การคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบมีรากฐานอยู่ในด้านพลวัตระบบค้นพบในปี 1965 โดย Jay Forrester ศาสตราจารย์ของมหาวิทยาลัย MIT ศาสตราจารย์ Forrester ตระหนักถึงความจำเป็นของวิธีการที่ดีขึ้นในการทดสอบแนวคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับระบบสังคม ในทิศทางเดียวกันกับที่เราสามารถทดสอบแนวคิดในวิศวกรรมศาสตร์ ต่อมาก็มีการพัฒนาแนวคิดเชิงระบบจากนักการศึกษาหลายท่าน ได้นำทฤษฎีการคิดเชิงระบบมาใช้ในทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นอกจากนั้น Senge [4] ก็ได้แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การจัดการองค์กร มีการนำเสนอวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) และถูกนำไปพัฒนาต่อในการแก้ปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตจริง วิธีการคิดเชิงระบบมีความแตกต่างจากการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม การวิเคราะห์แบบเดิมเน้นไปที่การแยกชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสิ่งที่จะ

ศึกษา ซึ่งอันที่จริงคำว่า “การวิเคราะห์” มาจากรากศัพท์ที่มีความหมายว่า “การแตกออกเป็นส่วนประกอบ” ในทางตรงกันข้าม การคิดเชิงระบบเน้นไปที่วิธีการเกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษามีปฏิสัมพันธ์กับส่วนประกอบอื่น ๆ ของระบบองค์ประกอบที่มีปฏิสัมพันธ์กันเพื่อสร้างพฤติกรรมของส่วนนั้น ๆ หมายความว่าแทนที่จะแยกส่วนเล็ก ๆ ของระบบที่จะศึกษา การคิดเชิงระบบจะขยายมุมมองโดยพิจารณาปฏิสัมพันธ์ที่ใหญ่ขึ้น ทำให้ในบางครั้ง ได้ข้อสรุปที่แตกต่างจากที่ได้จากการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสิ่งที่จะศึกษามีความซับซ้อนหรือมีการจัดการข้อเสนอแนะที่ติดจากแหล่งอื่น ๆ ทั้งภายในหรือภายนอก ลักษณะของการคิดเชิงระบบทำให้มีประสิทธิภาพอย่างมากกับปัญหาที่แก้ไขได้ยากที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ซับซ้อน

Gardner [5] Centre for Strategic Management [6] Senge [4] และ น.พ.วิจารณ์ พานิช [7] ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้ในทำนองเดียวกันโดยสามารถสรุปได้ว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่บุคคลนั้นสามารถเชื่อมโยงปัญหาหรือสถานการณ์แบบองค์รวม ในลักษณะที่ทุกส่วนมีการเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน เพื่อให้เกิดความตระหนักและหาแนวทางแก้ไขสภาพปัญหานั้น ๆ ที่เผชิญอยู่ด้วยแนวทางการปฏิบัติที่พยายามค้นหาวิธีเพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์และการแก้ปัญหา นั้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่า การคิดเชิงระบบ เป็นการคิดแบบองค์รวม ที่มุ่งเน้นการเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อพิจารณาข้อมูลภาพรวมและสังเคราะห์ข้อมูล ทั้งระบบ โดยคำนึงถึงข้อมูลย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขของสถานการณ์และบริบทของสถานการณ์ เนื่องจากข้อมูลทุกส่วนต่างมีความสัมพันธ์กันและเชื่อมโยงกันเป็นกระบวนการไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ดังนั้นในการพิจารณาควรมีการย้อนกลับถึงผลลัพธ์ของการพิจารณาอยู่เสมอ เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ ความสอดคล้อง และความเป็นไปได้ในแนวทางที่จะปฏิบัติของทั้งระบบ

## หลักการของการคิดเชิงระบบ

Gardner [5] Centre for Strategic Management [6] Senge [4] และ ปิยนาด ประยูร [8] ได้กล่าวถึงหลักการของการคิดเชิงระบบที่มีความสำคัญ โดยสามารถนำมาเป็นเครื่องมือสำคัญในการนำไปใช้ได้ โดยสามารถสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบซึ่งประกอบไปด้วย

1. เป็นการคิดเชิงเครือข่าย ต้องมองให้เห็นว่าในระบบประกอบไปด้วยอะไรบ้าง มีความสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่งหลักคิดแบบเชื่อมโยงหรือการคิดในเชิงเครือข่าย เน้นหนักไปที่การสังเคราะห์ เพราะการทำงานดังกล่าวอาศัยทักษะการเชื่อมโยงเป็นหลัก

2. ระบบต่าง ๆ จะซ้อนทับกัน ในระบบใหญ่ ๆ จะมีระบบย่อย ๆ ซ้อนลงมาเรื่อย ๆ เป็นชั้น ๆ ดังนั้นเมื่อเรามองปัญหา เราอาจจะพบว่ามันซ้อนทับกับปัญหาอื่น ๆ ได้หลักการของข้อนี้แสดงให้เห็นว่า นอกจากความสัมพันธ์ที่โยงใยกันเป็นเครือข่ายแล้ว ระบบยังมีการซ้อนกันเป็นชั้น ๆ และเชื่อมโยงต่อกัน สามารถส่งผลกระทบถึงกันหมด เพียงแต่กระทบมากหรือน้อยเท่านั้น

3. การคิดเชิงระบบคือ การคิดแบบสัมพันธ์กับบริบท (Context) การคิดแบบสัมพันธ์กับบริบท คือ การคิดถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวระบบกับสิ่งแวดล้อมหรือบริบทที่เป็นอยู่ นั่นคือเราจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลที่อยู่แวดล้อมระบบ เพื่อสามารถทำความเข้าใจ และวิเคราะห์ คุณสมบัติที่สำคัญของปัญหานั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถทำให้เราเข้าใจระบบทั้งหมดได้เป็นอย่างดี

4. การเชื่อมความสัมพันธ์ย้อนกลับ (Feedback) การคิดเชิงระบบนั้น เราจะต้องมองให้เห็นเส้นแห่งความสัมพันธ์ (Relationship) เพราะถ้าเราคิดแบบแยกส่วน เราก็จะเห็นแค่จุดปัญหาเท่านั้น และเราก็จะมุ่งไปแก้แค่จุดปัญหาที่เราเห็น โดยละเลยการแก้ไขตรงจุดอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา นั้นหมายถึงอาจจะมีส่วนของปัญหาทางอ้อมที่สามารถส่งต่อการเกิดปัญหาได้ ดังนั้น การพิจารณาข้อมูลและเชื่อมความสัมพันธ์ย้อนกลับ ไปยังสาเหตุหรือข้อมูลที่จะส่งผลกระทบต่อปัญหาจะสามารถทำให้เราสามารถคิดหาทางแก้ปัญหาได้หลากหลายทางมากขึ้น

และสามารถทำให้การแก้ปัญหาของระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. การคิดเชิงระบบเป็นการคิดอย่างเป็นกระบวนการ (Systemic thinking is a process thinking) ระบบต่าง ๆ มักจะมีชีวิต มีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นกระบวนการ (Process) สำหรับการดำเนินงานจึงเป็นเรื่องสำคัญ กระบวนการต่าง ๆ จึงเป็นส่วนหนึ่งของระบบ อยู่ในองค์ประกอบของระบบ ซึ่งกระบวนการจะช่วยเชื่อมโยงส่วนประกอบต่าง ๆ ให้ต่อเนื่องกัน แยกออกจากกันไม่ได้

นอกจากนั้น Senge [14] สามารถสรุปลักษณะคุณสมบัติสำคัญของการคิดเชิงระบบได้ดังนี้

1. เป็นการคิดแบบมีความเป็นองค์รวม (Holistic) หรือ Wholeness เป็นการประเมินองค์ประกอบของสถานการณ์หรือสภาพปัญหา ในภาพรวมทั้งหมด

2. เป็นการคิดเป็นเครือข่าย (Networks) เป็นการคิดเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ของระบบต่าง ๆ ที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นเครือข่ายของระบบ

3. เป็นการคิดเป็นลำดับชั้น (Hierarchy) ระบบหนึ่ง ๆ อาจจะมาจากระบบย่อย ๆ หลายระบบที่ประกอบกันขึ้นมา และในระบบย่อยเองก็มีความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ

4. เป็นการคิดแบบมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน (Interaction) ระหว่างระบบด้วยกัน ทั้งระบบย่อยกับระบบย่อยด้วยกัน ระบบใหญ่กับสภาพแวดล้อม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระบบย่อยจะมีผลต่อ ระบบใหญ่ด้วย

5. เป็นการคิดอย่างมีขอบเขต (Boundary) ระบบหนึ่ง ๆ มาจากระบบย่อยหลายระบบ และระหว่างระบบย่อย และระบบใหญ่ต่างมีขอบเขตที่แสดงให้เห็นว่าระบบนั้น ๆ ครอบคลุมอะไรบ้าง และอะไรบ้างที่อยู่นอกเขตแดน ซึ่งในความเป็นจริงระบบก็ไม่ได้แยกเขตแดนกันอย่างเด็ดขาด แต่มีการทับซ้อน (Overlap) กันอยู่

6. เป็นการคิดอย่างมีแบบแผน (Pattern) ระบบจะต้องมีความคงที่แน่นอน เพื่อเป็นหลักประกันว่ากระบวนการทำงานทุกอย่างในทุก ๆ ขั้นตอน จะไม่เบี่ยงเบนไปจากเป้าหมายโดยรวมของระบบ

7. เป็นการศึกษาที่มีโครงสร้าง (System Structure) แต่ละส่วนที่ประกอบเป็นระบบมีความเป็นตัวของตัวเอง มีความเป็นอิสระ แต่ก็มีความเชื่อมโยงกัน อย่างเหมาะสม ทำหน้าที่อย่างสัมพันธ์กัน ทำงานเสริมประสานกันกับส่วนอื่น ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของระบบโดยรวม

8. เป็นการศึกษาที่มีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง (Adaptation) ระบบต่าง ๆ จะมีการปรับตัว และพยายามสร้างสภาวะสมดุล และคงความสมดุลนั้นไว้ ด้วยการจัดระบบภายในตนเอง (Self Organize)

9. เป็นการศึกษาเป็นวงจรย้อนกลับ (Feedback-Loops) เป็นการศึกษาในลักษณะเป็นวง (Loops) มากกว่าจะเป็นเส้นตรง ทุกส่วนต่างมีการเชื่อมต่อ ทั้งโดยตรง และโดยอ้อม ดังนั้นในกระบวนการควรมีการย้อนกลับถึงผลลัพธ์อยู่ตลอดเวลา เพื่อใช้ในการปรับปรุงงานอยู่เสมอ

จากการวิเคราะห์ข้อสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้และลักษณะคุณสมบัติที่สำคัญของการคิดเชิงระบบ พบว่ามีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการที่สำคัญของแนวคิดการคิดเชิงระบบได้ 5 ประการดังนี้

1. เป็นการศึกษาเชิงเครือข่าย เป็นการศึกษาพิจารณาข้อมูลในระบบว่าประกอบไปด้วยอะไรบ้าง มีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยใช้หลักคิดแบบเชื่อมโยงหรือการคิดในเชิงเครือข่าย มุ่งเน้นไปที่การสังเคราะห์ข้อมูล

2. ระบบต่าง ๆ จะซ้อนทับกัน เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของระบบ ซึ่งระบบใหญ่ ๆ จะมีระบบย่อย ๆ ซ้อนลงมาเรื่อย ๆ เป็นชั้น ๆ หลักการของข้อนี้แสดงให้เห็นว่า นอกจากความสัมพันธ์ที่โยงใยกันเป็นเครือข่ายแล้ว ระบบยังมีการซ้อนกันเป็นชั้น ๆ และเชื่อมโยงต่อกัน สามารถส่งผลกระทบถึงกันหมด

3. การคิดสัมพันธ์กับบริบท เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวระบบกับสิ่งแวดล้อมหรือบริบทที่เป็นอยู่ นั่นคือเราจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลที่อยู่แวดล้อมระบบ เพื่อสามารถทำความเข้าใจและวิเคราะห์ คุณสมบัติที่สำคัญของปัญหานั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง

4. การเชื่อมความสัมพันธ์ย้อนกลับ (Feedback)

เป็นการพิจารณาข้อมูลและเชื่อมความสัมพันธ์ย้อนกลับไปยังสาเหตุหรือข้อมูลที่จะส่งผลกระทบต่อารเกิดปัญหา จะสามารถทำให้เราสามารถคิดหาทางแก้ปัญหาได้หลากหลายทางมากขึ้นและสามารถทำให้การแก้ปัญหาของระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. การคิดอย่างเป็นกระบวนการ เป็นการศึกษาคิดเชื่อมโยงสัมพันธ์กันของกระบวนการในระบบ ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ เป็นส่วนหนึ่งของระบบ อยู่ในองค์ประกอบของระบบ กระบวนการจะช่วยเชื่อมโยงส่วนประกอบต่าง ๆ ให้ต่อเนื่องกันแยกออกจากกันไม่ได้

ความสัมพันธ์การคิดเชิงระบบกับการจัดการเรียนการสอน

จากการสรุปหลักการที่สำคัญของแนวคิดการคิดเชิงระบบจะเห็นได้ว่า ในแต่ละหลักการของแนวคิดเชิงระบบพูดถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้รับการทำความเข้าใจข้อมูล การพิจารณาข้อมูล และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล ในรูปแบบของข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งในกระบวนการจัดการเรียนการสอน นักเรียนต้องมีส่วนเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้รับอยู่สม่ำเสมอ ในหลากหลายรูปแบบ เช่น ข้อมูลที่เป็นความรู้หรือโน้ตสำคัญที่ครูผู้สอนต้องการถ่ายทอดให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ และเข้าใจ ซึ่งนักเรียนเมื่อได้ข้อมูลที่ครูถ่ายทอดมาแล้วนั้นก็ต้องทำการเชื่อมโยงข้อมูลที่ตนเองได้รับมาใหม่กับพื้นฐานข้อมูลเดิมที่ตนเองมีเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลและเกิดเป็นความรู้ใหม่ที่มั่นคงถาวร หรือถ้าเป็นในการเรียนการสอนที่มีสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ นักเรียนจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้นนักเรียนต้องดำเนินการแก้ไขโจทย์ปัญหาข้อนั้น ๆ ข้อมูลในสถานการณ์ปัญหาอาจจะมี ความยาก ความหลากหลาย และความซับซ้อนของข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งนักเรียนก็ต้องทำความเข้าใจข้อมูลจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดมาให้ วิเคราะห์ข้อมูล สร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล จัดระบบข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหา จากกระบวนการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอน ทำให้นักเรียนต้องได้

รับข้อมูลอยู่เสมอซึ่งสอดคล้องกับแนวทางและหลักการของแนวคิดเชิงระบบ โดยสามารถนำมาพิจารณาถึงหลักการจัดการเรียนการสอนโดยยึดหลักของแนวคิดเชิงระบบ ได้ดังนี้

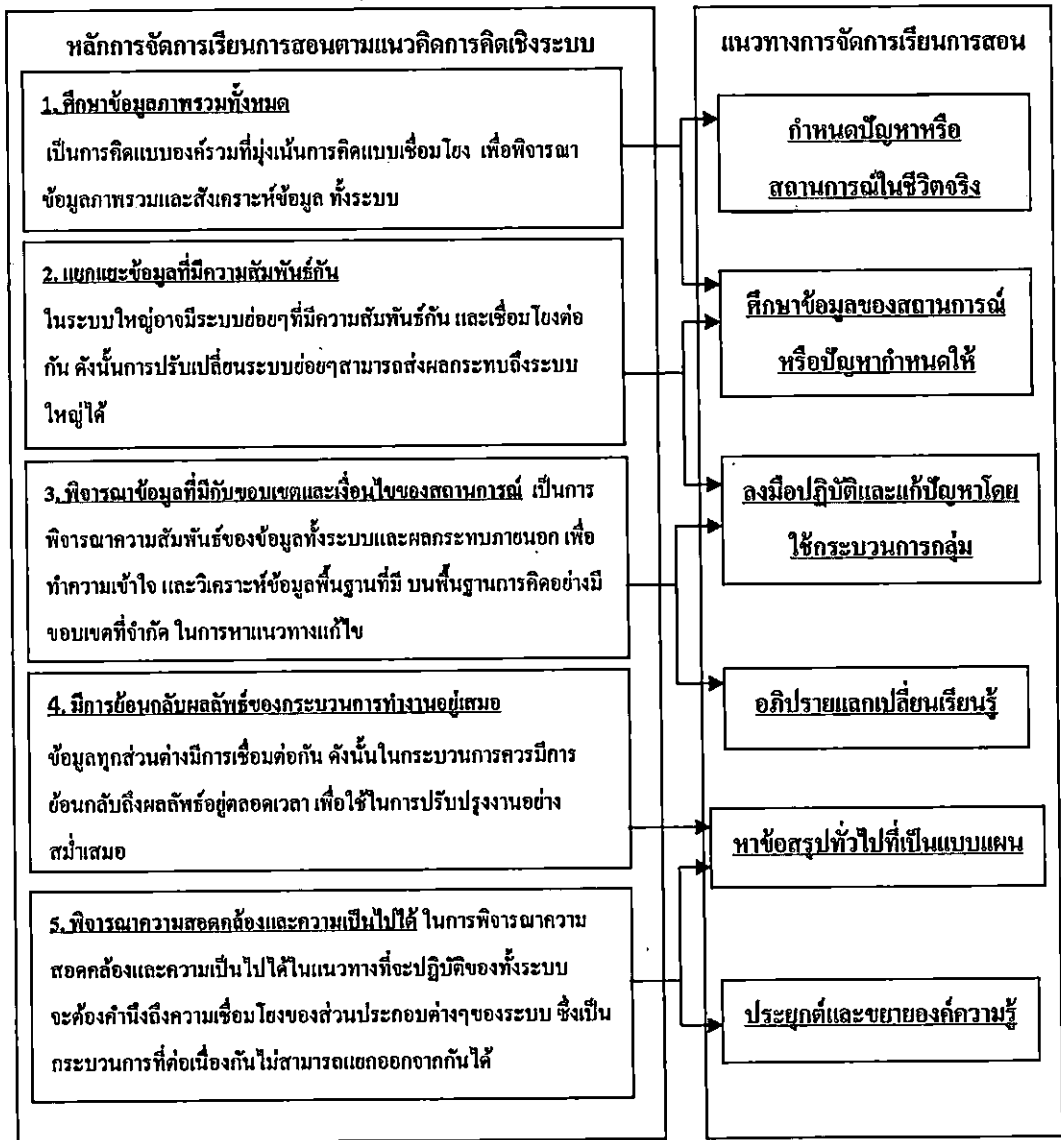
ตารางที่ 1 แสดงสาระสำคัญของแนวคิดการคิดเชิงระบบ และหลักการจัดการเรียนการสอน

หลักการของแนวคิดการคิดเชิงระบบ	หลักการจัดการเรียนการสอน
<p>1. เป็นการศึกษาเชิงเครือข่าย</p> <p>เป็นการคิดพิจารณาข้อมูลในระบบว่าประกอบไปด้วยอะไรบ้าง มีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยใช้หลักคิดแบบเชื่อมโยงหรือการคิดในเชิงเครือข่าย มุ่งเน้นไปที่การสังเคราะห์ข้อมูล</p>	<p>1. ศึกษาข้อมูลภาพรวมทั้งหมด</p> <p>เป็นการคิดแบบองค์รวมที่มุ่งเน้นการคิดแบบเชื่อมโยงเพื่อพิจารณาข้อมูลภาพรวมและสังเคราะห์ข้อมูลทั้งระบบ</p>
<p>2. ระบบต่าง ๆ จะซ้อนทับกัน</p> <p>เป็นการพิจารณาสัมพันธ์ของระบบ ซึ่งระบบใหญ่ ๆ จะมีระบบย่อย ๆ ซ้อนลงมาเรื่อย ๆ เป็นชั้น ๆ หลักการของข้อนี้แสดงให้เห็นว่า นอกจากความสัมพันธ์ที่โยงใยกันเป็นเครือข่ายแล้ว ระบบยังมีการซ้อนกันเป็นชั้น ๆ และเชื่อมโยงต่อกัน สามารถส่งผลกระทบต่อถึงกันหมด</p>	<p>2. แยกแยะข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน</p> <p>ในระบบใหญ่อาจมีระบบย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและเชื่อมโยงต่อกัน ดังนั้นการปรับเปลี่ยนระบบย่อย ๆ สามารถส่งผลกระทบต่อถึงระบบใหญ่ได้</p>
<p>3. การคิดสัมพันธ์กับบริบท</p> <p>เป็นการคิดถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวระบบกับสิ่งแวดล้อมหรือบริบทที่เป็นอยู่ นั่นคือเราจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลที่อยู่แวดล้อมระบบ เพื่อสามารถทำความเข้าใจ และวิเคราะห์ คุณสมบัติที่สำคัญของปัญหานั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง</p>	<p>3. พิจารณาข้อมูลที่มีกับขอบเขตและเงื่อนไขของสถานการณ์</p> <p>เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งระบบและผลกระทบต่อภายนอก เพื่อทำความเข้าใจ และวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่มี บนพื้นฐานการคิดอย่างมีขอบเขตที่จำกัดในการหาแนวทางแก้ไข</p>
<p>4. การเชื่อมความสัมพันธ์ย้อนกลับ (Feedback)</p> <p>เป็นการพิจารณาข้อมูลและเชื่อมความสัมพันธ์ย้อนกลับไปยังสาเหตุหรือข้อมูลที่จะส่งผลกระทบต่อเกิดปัญหาจะสามารถทำให้เราสามารถคิดหาทางแก้ปัญหาได้หลากหลายทางมากขึ้นและสามารถทำให้การแก้ปัญหาของระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น</p>	<p>4. มีการย้อนกลับผลลัพธ์ของกระบวนการทำงานอยู่เสมอ</p> <p>ข้อมูลทุกส่วนต่างมีการเชื่อมต่อกัน ดังนั้นในกระบวนการควรมีการย้อนกลับถึงผลลัพธ์อยู่ตลอดเวลาเพื่อใช้ในการปรับปรุงงานอย่างสม่ำเสมอ</p>
<p>5. การคิดอย่างเป็นกระบวนการ</p> <p>เป็นการเชื่อมโยงสัมพันธ์กันของกระบวนการในระบบ ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ เป็นส่วนหนึ่งของระบบ อยู่ในองค์ประกอบของระบบ กระบวนการจะเชื่อมโยงส่วนประกอบให้ต่อเนื่องกันแยกออกจากกันไม่ได้</p>	<p>5. พิจารณาความสอดคล้องและความเป็นไปได้</p> <p>ในการพิจารณาความสอดคล้องและความเป็นไปได้ในแนวทางปฏิบัติของทั้งระบบ จะต้องคำนึงถึงความเชื่อมโยงของส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไม่สามารถแยกออกจากกันได้</p>



โดยสามารถนำหลักการของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบมาพิจารณาถึงแนวทางในการนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนอย่างครอบคลุมตามแนวทางของแนวคิดการคิดเชิงระบบได้ดังนี้

แผนภาพ แสดงหลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบสู่แนวทางจัดการเรียนการสอน



รายละเอียดของแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบสามารถสรุปเป็น 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

1. กำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ในชีวิตจริง  
เป็นขั้นที่ครูหรือนักเรียนร่วมกันกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาในชีวิตจริง ที่มีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

## 2. ศึกษาข้อมูลของสถานการณ์หรือปัญหา กำหนดให้

เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนร่วมกันศึกษาข้อมูล สถานการณ์กำหนดมาให้ พร้อมเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยครูและนักเรียนร่วมกันตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ๆ

## 3. ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการกลุ่ม

เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติโดยเข้ากลุ่มเพื่อสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน โดยใช้สื่อเทคโนโลยี ซึ่งสามารถใช้การตั้งคำถามเป็นแนวทางในการค้นหาข้อมูลได้

## 4. อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด โดยใช้วิธีการสะท้อนการเรียนรู้ของแต่ละคน เพื่อพิจารณาขอบเขตและเงื่อนไขของข้อมูลและสถานการณ์ซึ่งสามารถใช้การตั้งคำถามในการสร้างประเด็นของการอภิปรายได้

## 5. หาข้อสรุปทั่วไปที่เป็นแบบแผน

เป็นขั้นที่นักเรียนทั้งห้องร่วมกัน พิจารณาความสอดคล้องและความเป็นไปได้เพื่อหาข้อสรุปทั่วไปที่เป็นแบบแผนซึ่งเป็นข้อสรุปของแนวทางและคำตอบที่ดีที่สุด

## 6. ประยุกต์และขยายองค์ความรู้

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับจากข้อสรุปโดยให้นักเรียนสร้างปัญหาในสถานการณ์ใหม่และดำเนินการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

ความสัมพันธ์ของแนวทางในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้การคิดเชิงระบบกับการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Polya [9] Sheffield and Cruikshank [10] และสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [11] ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยสรุปไว้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการ

ใช้ความรู้ ความชำนาญทางคณิตศาสตร์ในการดำเนินการหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหาที่ ประกอบไปด้วยความสามารถย่อย ๆ 4 ด้านคือ 1) ความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา สิ่งที่ต้องพิจารณาหาคำตอบ และข้อมูลสำคัญที่ต้องการเพิ่มเติม โดยการเชื่อมโยงข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ และสอดคล้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดมาให้ และสามารถระบุลำดับขั้นตอนของแผนการในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล 3) ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนดไว้ได้อย่างเป็นระบบ และสามารถคิดคำนวณ โดยใช้ กฎ สูตร หรือ หลักการ ตามวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเพื่อหาคำตอบของปัญหา และ 4) ความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา และคำตอบ หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบตามเงื่อนไขของปัญหาที่กำหนดให้

จากความหมายและความสามารถย่อยที่สำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบ ซึ่งเมื่อพิจารณาแต่ละขั้นตอนนี้ 6 ขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถย่อยที่สำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถสรุปการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของแนวทางการจัดการเรียนการสอนไปสู่ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แสดงได้ดังนี้



ตารางที่ 2 แสดงความเชื่อมโยงของขั้นตอนในแนวทางการจัดการเรียนการสอนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	รายละเอียดของขั้นตอน	ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
1. กำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ในชีวิตจริง	เป็นขั้นที่ครูหรือนักเรียนร่วมกันกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาในชีวิตจริง ที่มีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย	- ความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา
2. ศึกษาข้อมูลของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้	เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนร่วมกันศึกษาข้อมูลที่สถานการณ์กำหนดมาให้ พร้อมเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยครูและนักเรียนร่วมกันตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ๆ	- ความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา - ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา
3. ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการกลุ่ม	เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติโดยเข้ากลุ่มเพื่อสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน โดยใช้สื่อเทคโนโลยี ซึ่งสามารถใช้การตั้งคำถามเป็นแนวทางในการค้นหาข้อมูลได้	- ความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา - ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา - ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ
4. อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้	เป็นขั้นตอนที่นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด โดยใช้วิธีการสะท้อนการเรียนรู้ของแต่ละคน เพื่อพิจารณาขอบเขตและเงื่อนไขของข้อมูลและสถานการณ์ซึ่งสามารถใช้การตั้งคำถามในการสร้างประเด็นของการอภิปรายได้	- ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา - ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ - ความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา และคำตอบ
5. หาข้อสรุปทั่วไปที่เป็นแบบแผน	เป็นขั้นที่นักเรียนทั้งห้องร่วมกัน พิจารณาความสอดคล้องและความเป็นไปได้เพื่อหาข้อสรุปทั่วไปที่เป็นแบบแผนซึ่งเป็นข้อสรุปของแนวทางและคำตอบที่ดีที่สุด	- ความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา และคำตอบ
6. ประยุกต์และขยายองค์ความรู้	เป็นขั้นตอนที่นักเรียนประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับจากข้อสรุปโดยให้นักเรียนสร้างปัญหาในสถานการณ์ใหม่และดำเนินการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น	- ความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา - ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา - ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ - ความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา และคำตอบ

จากตารางจะเห็นได้ว่าขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งพบว่าในขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนการสอนขั้นที่ 1 กำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ในชีวิตจริง จะสามารถส่งเสริมความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา ขั้นที่ 2 ศึกษาข้อมูลของสถานการณ์หรือปัญหากำหนดให้ สามารถส่งเสริมความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา และการวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการกลุ่ม สามารถส่งเสริมความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหา และหาคำตอบ ขั้นที่ 4 อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สามารถส่งเสริมความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ และการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา และคำตอบ ขั้นที่ 5 หาข้อสรุปทั่วไปที่เป็นแบบแผน สามารถส่งเสริมความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ และขั้นที่ 6 ประยุกต์และขยายองค์ความรู้ สามารถส่งเสริมความสามารถในการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ และการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ

### บทสรุป

การคิดเชิงระบบ จะเป็นกระบวนการคิดที่มุ่งให้ผู้เรียนให้ความรู้ความสามารถของตนเองที่มีในการเชื่อมโยงข้อมูลของปัญหาหรือสถานการณ์แบบองค์รวม ในลักษณะที่ทุกส่วนมีการเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน เพื่อให้เกิดความตระหนักและหาแนวทางแก้ไขสภาพปัญหานั้น ๆ ที่เผชิญอยู่ ด้วยแนวทางการปฏิบัติที่พยายามค้นหาวิธีเพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์และการแก้ปัญหานั้น ซึ่งการคิดเชิงระบบ ในแต่ละหลักการของการคิดเชิงระบบ นักเรียนต้องใช้การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เข้ามามีส่วนร่วมในการคิดเชิงระบบอยู่ตลอดเวลา โดยครูผู้สอนควรใช้เทคนิคการตั้งคำถามมาใช้ประกอบในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามที่เสนอไว้ เพราะในการตั้งคำถามของครูผู้สอนจะช่วยกระตุ้นการคิดของนักเรียนในการทำความเข้าใจข้อมูลในระบบที่ได้รับจากการเรียนการสอนและข้อมูลจากการเผชิญสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ อีกทั้งในแต่ละขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงระบบมีความสัมพันธ์กับความสามารถย่อย ๆ ที่สำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นถ้าครูผู้สอนนำแนวทางในการจัดการเรียนการสอนไปใช้จะสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Movshovitz and Others. Analyzing and Modeling Arithmetic Errors. *Journal for Research in Mathematic Education* 1987 ; 5(6) : 4-17.
- [2] อัมพร ม้าคอง. การวินิจฉัยข้อผิดพลาดทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : รายงานการวิจัย ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2536.
- [3] Mayer, R. E.. *Learning and instruction*. Upper Saddle River, NJ Prentice Hall ; 2003.
- [4] Senge, P.M.. *The Fifth Discipline Field Book : The Art & Practice of Learning Organization*. London : Random House Business ; 2006.
- [5] Gardner, B.H. & Demello, S.. *System thinking in Action*. *Health Care Forum Journal* 36(4) ; 1993.
- [6] Centre for Strategic Management, *Architects in Strategic & Social Change. Systems thinking and Learning : Executive Briefing and Seminar*. Sand Diego : Pleasantville Press ; 1999.

- [7] วิจารย์ พานิช. วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์วงศ์ ; 2555.
- [8] ปิยนาด ประยูร. วิธีคิดกระบวนการ. กรุงเทพฯ : โครงการเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อชุมชนเป็นสุข (สรส.) ; 2549.
- [9] Polya, G. . On Solving Mathematical Problems in High School. Problem Solving in School Mathematics : Yearbook. Virginia : The National Council of Teachers of Mathematics ; 1980.
- [10] Sheffield, Linda Jensen and Cruikshank, Douglas E.. Teaching and Learning Elementary And Middle School Mathematics. New York : John Wiley& Sons ; 2000.
- [11] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. กระทรวงศึกษาธิการ. คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : ศรีเมืองการพิมพ์ ; 2555.