

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณ ร่วมกับการใช้ผังกราฟิก

พรหมเทพ หล้าแดง

กุนติกา ชาพิมล*

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุไรรัช ศรีวัฒนา

โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*Corresponding author's email: kuntika.c@ku.th

รับบทความ 17 มิถุนายน 2568; แก้ไขบทความ 9 พฤศจิกายน 2568; ตอรับ 5 กุมภาพันธ์ 2569

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการด้านทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก และ 2) เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิกที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2567 จำนวน 28 คน โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการศึกษาพบว่า 1) หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก นักเรียนมีระดับพัฒนาการด้านการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลในระดับที่ดีขึ้น โดยมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 70.95 อยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณาจากใบงานแบบวัดความคิดในแต่ละครั้งพบว่านักเรียนมีระดับของคะแนนที่สูงขึ้นในทุกวงจรของการจัดการเรียนรู้ โดยมีคะแนน 4.15 5.7 9.25 และ 11.65 ตามลำดับ 2) พบแนวปฏิบัติที่ดีจำนวน 3 แนวปฏิบัติ ประกอบด้วย 1) การเชื่อมโยงเนื้อหาเหตุผลกับเรื่องที่คุ้นเคย และน่าสนใจ 2) การเรียนรู้จากตัวอย่างเพื่อสร้างต้นแบบความรู้ และ 3) ร่วมกันคิด ร่วมกันสร้าง เพื่อพัฒนาผังกราฟิก

คำสำคัญ: การคิดเชิงระบบ, การใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผล, การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณ, ผังกราฟิก

Development of Systems Thinking Skill in Language Use to Express Reasoning for Grade 12 Students Through Computational Thinking-Based Learning and Graphic Organizers

Promptep Lardaeng

*Kuntika Chapimon**

Faculty of Education, Kasetsart University

Jurairak Sriwattana

Kasetsart University Laboratory School Center for Educational Research and Development, Kasetsart University

*Corresponding author's email: kuntika.c@ku.th

Received 17 June 2025; Revised 9 November 2025; Accepted 5 February 2026

Abstract

This article aims 1) to analyze the development of systems thinking skills in using language for reasoning among Grade 12 students who received learning management based on computational thinking concepts combined with the use of graphic organizers, and 2) to study best practices in learning management based on computational thinking concepts combined with the use of graphic organizers that promote systems thinking skills in using language for reasoning among Grade 12 students. The target group consisted of 28 Grade 12 students from a demonstration school in Bangkok in the academic year 2024. Data were analyzed using arithmetic mean, relative gain score, and qualitative data analysis. The findings revealed that 1) after receiving instruction based on computational thinking concepts combined with the use of graphic organizers, students had a better level of development in systems thinking skills in using language for reasoning, with an average relative gain score of 70.95, which is considered high. Examining the thinking assessment worksheets in each learning cycle showed that students' scores increased in every cycle of the learning management, with scores of 4.15, 5.7, 9.25, and 11.65, respectively. 2) Three best practices were identified: 1) connecting reasoning content to familiar and interesting topics; 2) learning from examples to create knowledge prototypes; and 3) collaborative thinking and creation to develop graphic organizers.

Keywords: systems thinking, language use for reasoning, computational thinking-based learning, graphic organizer

บทนำ

“การคิด” เป็นทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการทางสมองที่ทำให้มนุษย์แตกต่างไปจากสัตว์ประเภทอื่น โดยสำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2554) ได้ให้นิยามของคำว่า “คิด” ว่าเป็นกระบวนการทางสมองที่ทำให้เกิดการประกอบรูปขึ้นภายในใจ ทั้งยังเป็นการคาดคะเน ใคร่ครวญ ไตร่ตรอง ต่อสิ่งที่พบและเผชิญ จากนิยามข้างต้นสอดคล้องกับทฤษฎา แคมมณี (2556) ที่ได้กล่าวถึงการคิดว่าเป็นกระบวนการทางภายในสมองที่นำข้อมูล สิ่งเร้า หรือสถานการณ์ที่พบไปเชื่อมโยงกับข้อมูลหรือประสบการณ์เดิมที่เคยพบ นำไปสู่การสร้างความรู้ความเข้าใจในเรื่อนั้น ๆ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวถือเป็นกระบวนการทางสมองที่เกิดขึ้นเฉพาะตัวบุคคล ไม่สามารถให้ผู้อื่นดำเนินการแทนได้

การคิดจึงถือเป็นทักษะสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ซึ่งนำไปสู่การสร้างความรู้ ความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ สถานการณ์ในชีวิต ทักษะดังกล่าวถือว่ามีสำคัญอย่างยิ่ง และควรพัฒนาให้คล่องแคล่วชำนาญ และมีคุณภาพ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2565) ทั้งนี้การพัฒนาคิดถือเป็นเรื่องที่มีขอบเขตกว้างเนื่องจากการคิดมีหลายลักษณะแตกต่างออกไปตามแต่ละบริบท และจุดมุ่งหมาย เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดวิพากษ์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสถานการณ์ที่ต่างกันไป

การคิดเชิงระบบถือเป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวัน เนื่องจากปัจจุบันสังคมกำลังก้าวเข้าสู่ยุคศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว มีความซับซ้อนและเป็นพลวัต การคิดเชิงระบบถือเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้มนุษย์สามารถเห็นโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ เชื่อมโยงองค์ประกอบของแต่ละส่วนเข้าหากันได้อย่างเหมาะสม (ฤทัยรัตน์ ชิตมงคล และสมยศ ชิตมงคล, 2560) ดังที่ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2562) ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้ว่า เป็นการคิดภายใต้หลักการของระบบเพื่อวางแผนจัดลำดับขั้นตอนการคิดของตนให้มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับ Bertalanffy (1968) ผู้ศึกษาทฤษฎีระบบที่นิยามการคิดเชิงระบบว่า เป็นการคิดที่ทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบการคิดเชิงระบบจึงถือเป็นกระบวนการทางความคิดที่ส่งผลให้เกิดการมองภาพเป็นองค์รวมทำให้เข้าใจระบบทั้งหมด และสามารถอธิบาย ปรับปรุง และควบคุมสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคานิ้งเสมอว่าหากองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งมีความผิดพลาดไปก็ย่อมส่งผลต่อระบบทั้งหมดให้มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป (Shaked & schechter, 2017) ทั้งนี้ทักษะของการคิดเชิงระบบถือเป็นทักษะสำคัญในการใช้ภาษา ในฐานะเครื่องมือสำหรับการเรียบเรียง การจัดลำดับความคิด และสื่อสารความคิดเพื่อการสื่อสารได้อย่างเข้าใจ และตรงประเด็น (พชรมณท์ หมวดนุ้ม และสุเทพ อ่วมเจริญ, 2557) จากข้อมูลข้างต้นจึงชี้ให้เห็นว่าหากมนุษย์ปราศจากความคิดเชิงระบบไปก็ย่อมมีผลกระทบต่อการใช้ภาษาด้วย โดยเฉพาะ “การแสดงผล” ที่ถือเป็นกระบวนการใช้ภาษาที่เกิดเฉพาะกับมนุษย์เท่านั้น ซึ่งกระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยหลักความจริง ความรู้ เพื่อใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม จึงถือว่ากระบวนการแสดงผลนี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิต (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2562)

ดังนั้นทักษะการคิดเชิงระบบกับการให้เหตุผลทางภาษาถือเป็นกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเนื้อหาสำคัญในการแสดงเหตุผลนั้นจะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ข้อความเพื่อระบุว่าสิ่งใดเป็นเหตุผล และสิ่งใดเป็นข้ออ้าง เพื่อนำไปสู่การอ้างเหตุผล และการอนุมานได้ โดยทักษะการคิดเชิงระบบเป็นทักษะที่มุ่งเน้นให้วิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยง (ประจักษ์ ปฏิทัศน์, 2562) และหากพิจารณาจะเห็นว่าความเชื่อมโยงในแต่ละองค์ประกอบที่ต้องระบุนั้น ก็คือการแสดงถึงความเป็นเหตุเป็นผลว่ามีความสัมพันธ์กันของแต่ละองค์ประกอบอย่างไร อีกทั้งในสถานการณ์ความเป็นจริงของชีวิตนั้นเหตุผลมักจะไม่ได้มีการจบลงในตัว แต่ผลที่เกิดจากเหตุหนึ่ง ก็อาจพัฒนาไปเป็นเหตุสำหรับผลใหม่ได้ โดยมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2562) สะท้อนให้เห็นว่า หากพัฒนาการคิดเชิงระบบได้ ก็ย่อมส่งผลต่อการให้เหตุผลทางภาษาที่ดีตามมา

จากการฝึกประสบการณ์การวิชาชีพครู ผู้วิจัยได้บันทึกหลังการสอน และการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2567 พบว่า นักเรียนมีปัญหาในการทำความเข้าใจ และเชื่อมโยงเหตุผลจากสื่อที่ตนอ่านโดยนักเรียนไม่สามารถแยกองค์ประกอบที่เกี่ยวกับเหตุผล และข้อสรุปอันเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์เหตุผลได้ และที่สำคัญ คือ ขาดทักษะการเชื่อมโยงองค์ประกอบของเหตุผลให้สัมพันธ์กันในระดับที่ซับซ้อน ซึ่งทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในการอ้างเหตุผล และการอนุมานตามมา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตั้งข้อสังเกตว่าผู้เรียนนั้นอาจจะขาดความคิดที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้มีข้อบกพร่องในการทำ ความเข้าใจในเหตุผล และการแสดงเหตุผล ซึ่งปัญหาดังกล่าวถือเป็นปัญหาที่มีความสำคัญยิ่ง เพราะการให้เหตุผลเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษา หากนักเรียนไม่สามารถพัฒนาความคิดของตนในด้านการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อเชื่อมโยงออกมาได้อย่างเป็นระบบแล้ว ก็ย่อมทำให้การให้เหตุผลอันเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาสาส์ตรต่าง ๆ บกพร่องได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบในการให้เหตุผลทางภาษา ผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณ (computational thinking) เป็นกระบวนการที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ ฤทัย สมบัติเจริญไทย และคณะ (2567) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณนั้นสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบของนักเรียนให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 ทั้งนี้ในขั้นตอนสุดท้ายการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณเป็นการออกแบบอัลกอริทึมเพื่อวางระบบในการทำงาน ผู้วิจัยเห็นว่าในกระบวนการออกแบบอัลกอริทึมนี้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ผังกราฟิก ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างความหมาย ความเข้าใจในเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ช่วยจัดระเบียบข้อมูลที่ให้ง่ายแก่การจดจำ รวมทั้งช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบได้ (Richmond, 1993) ทั้งนี้ พิณภัทรา เวทย์วิทยานุกูล (2562) ได้ศึกษาว่ากระบวนการใช้ผังกราฟิกนั้นสามารถพัฒนาการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์อันเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ผู้วิจัยสังเกตว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความคิดเชิงระบบยังไม่ค่อยปรากฏในการวิจัยทางการสอนภาษาไทย รวมถึงการผสมผสานกับ

การออกแบบอัลกอริทึมโดยใช้ผังกราฟิกที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถทางภาษาและการคิดอย่างเป็นระบบควบคู่กัน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิกมาใช้ในรายวิชาภาษาไทย ในบทเรียนเรื่อง เหตุผลกับภาษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 คาดว่าจะสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผล อันเป็นทักษะพื้นฐานในการเรียน และการดำรงชีวิตให้เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น ทั้งยังก่อให้เกิดแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงระบบร่วมกับการใช้ผังกราฟิกให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการด้านทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก
2. เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิกที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

นิยามศัพท์เฉพาะ

ทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผล หมายถึง กระบวนการทำความเข้าใจและวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของประโยค ข้อความ หรือสารที่อ่าน เชื่อมโยงองค์ประกอบให้มีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล ผ่านการวิเคราะห์โครงสร้างทางภาษา การอนุมานเหตุผล การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผล และการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเหตุผลในบริบทที่หลากหลาย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นกระบวนการวิเคราะห์ เชื่อมโยงอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยมีการวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย การพิจารณารูปแบบของความรู้ สำคัญ การสรุปรูปแบบความสัมพันธ์ นำไปสู่การออกแบบอัลกอริทึมในรูปแบบของผังกราฟิก

วิธีการศึกษา

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามรูปแบบของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนด้วยวงจร PAOR ตามกรอบแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1998) จำนวน 1 วงรอบ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1.1 ขั้นที่ 1 การวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยวิเคราะห์และสำรวจปัญหาของนักเรียน จากการตรวจชิ้นงาน และแบบทดสอบ ร่วมกับการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาภาษาไทย และนักเรียน จากนั้นศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อวิเคราะห์และหาแนวทางที่จะนำมาแก้ปัญหาในชั้นเรียน และเลือกวิธีการแก้ปัญหาเพื่อใช้ออกแบบการดำเนินงานและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.2 ขั้นที่ 2 การปฏิบัติตามแผน (Act)

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดเชิงคำนวณ ร่วมกับการใช้ผังกราฟิก กับกลุ่มเป้าหมายในรายวิชา สานภาษาเพื่อการคิดวิเคราะห์ เรื่อง เหตุผลกับภาษา ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองโดยใช้เวลาสอนทั้งสิ้น 4 คาบเรียน จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการแบ่งปัญหาใหญ่เป็นปัญหาย่อย (decomposition) เป็นขั้นตอนการแสดงตัวอย่างเกี่ยวกับประโยชน์การแสดงผล เพื่อให้ผู้เรียนแยกองค์ประกอบย่อยภายในประโยคว่าส่วนใดบ้าง

2) ขั้นการพิจารณารูปแบบ (pattern recognition) เป็นขั้นตอนการพิจารณารูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในประโยคว่าแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยง สัมพันธ์กันอย่างไร

3) ขั้นการคิดเชิงนามธรรม (abstraction) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยภายในประโยคว่ามีลักษณะที่เหมือน แตกต่างกันอย่างไร เพื่อสร้างเป็นข้อสรุปของรูปแบบในการแสดงผล

4) ขั้นการออกแบบอัลกอริทึม (algorithm) เป็นขั้นตอนการนำองค์ประกอบย่อยมาจัดเรียงให้มีความสัมพันธ์ตามรูปแบบที่วิเคราะห์ให้เชื่อมโยงกันเป็นอัลกอริทึมในรูปแบบของผังกราฟิกชนิดต่าง ๆ เช่น ผังมโนทัศน์ แผนภาพเวนน์ ซึ่งในขั้นตอนนี้มีองค์ประกอบย่อย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นการนำเสนอรูปแบบของผังกราฟิก เป็นขั้นตอนการอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะของผังกราฟิกที่ใช้ว่ามีลักษณะ และวิธีการสร้างอย่างไร

ขั้นการสร้างผังกราฟิก เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างผังกราฟิก โดยนำข้อมูลที่วิเคราะห์มาจัดเรียงให้สอดคล้องกับรูปแบบของผังกราฟิก และความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่วิเคราะห์

ขั้นการปรับปรุงผังกราฟิก เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนตรวจสอบผังกราฟิกที่ตนสร้างขึ้นว่ามีข้อผิดพลาดหรือจุดบกพร่องแล้วแก้ไขปรับปรุงให้มีความถูกต้อง เหมาะสม

1.3 ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกตผล (Observe)

เมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติตามแผนผู้วิจัยจัดการทดสอบหลังเรียน (posttest) กับกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบการใช้ภาษาเพื่อแสดงผลตามแนวทางของการคิดเชิงระบบ ร่วมกับการประเมินผลงานการคิดเชิงระบบในการให้เหตุผล จากนั้นบันทึกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย

1.4 ขั้นที่ 4 ขั้นการสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณ ร่วมกับการใช้ผังกราฟิก เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในการให้เหตุผลทางภาษา โดยพิจารณาจากแบบทดสอบการให้เหตุผลทางภาษาทั้งแบบก่อนเรียน และหลังเรียนร่วมกับผลงานประเมินผลงานการคิดเชิงระบบในการให้เหตุผล เพื่อประเมินพัฒนาการทางทักษะการให้เหตุผลทางภาษาของกลุ่มเป้าหมาย

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 28 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกคือ 1) เป็นนักเรียนที่มีปัญหาทางด้านความคิดเชิงระบบการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผล 2) เป็นนักเรียนที่มาจากห้องเรียนที่ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอน และ 3) เป็นนักเรียนที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เหตุผลกับภาษา ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก จำนวน 4 แผน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้ 1) โครงสร้างการแสดงผล 2) การอนุมาน และวิธีแสดงผล 3) ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล 4) การใช้เหตุผลเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ ได้นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนภาษาไทยและการออกแบบการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าเท่ากับ 0.87 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลตามแนวทางของการคิดเชิงระบบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบปรนัย จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 10 คะแนน ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) รายข้อ พบว่าทุกข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และค่าเฉลี่ย IOC ของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.93 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2) ใบงานแบบวัดการคิดเชิงระบบในการแสดงเหตุผล จำนวน 4 ชุด ได้ตรวจสอบความเหมาะสมและความชัดเจนของเกณฑ์การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าเท่ากับ 0.89 และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปใช้จริง

- 3) บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้
- 4) อนุทินสะท้อนคิดของผู้สอน
- 5) บันทึกผลการสะท้อนคิดในการสอน โดยอาจารย์พี่เลี้ยง

ตารางที่ 1

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์การวิจัยกับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

วัตถุประสงค์การวิจัย	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
1. เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการด้านทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก	1. แบบทดสอบการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลตามแนวทางการคิดเชิงระบบ 2. ใบงานแบบวัดการคิดเชิงระบบในการแสดงเหตุผล
2. เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิกที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	1. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ 2. อนุทินสะท้อนคิดของผู้สอน 3. ใบงานแบบวัดการคิดเชิงระบบในการแสดงเหตุผล 4. บันทึกผลการสะท้อนคิดในการสอน โดยอาจารย์พี่เลี้ยง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณดำเนินการโดยวิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดการให้เหตุผลทางภาษา ก่อนเรียน และหลังเรียน ร่วมกับใบงานแบบวัดความคิดเชิงระบบในแต่ละคาบเรียน โดยนำคะแนนที่ได้มาคำนวณสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (normalized gain) เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการด้านทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียน

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ดำเนินการโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากแหล่งข้อมูลหลายแหล่ง ได้แก่ 1) รายละเอียดของผลงานนักเรียนจากใบงานแบบวัดการคิดเชิงระบบในแต่ละครั้ง เพื่อศึกษาลักษณะและกระบวนการคิดเชิงระบบ 2) บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ 3) อนุทินสะท้อนคิดของผู้สอน และ 4) บันทึกผลการสะท้อนคิดในการสอนโดยอาจารย์พี่เลี้ยง จากนั้นสังเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดเพื่อสกัดแนวปฏิบัติที่ดี (best practices) โดยมีขั้นตอนดังนี้ ผู้วิจัยทำความเข้าใจเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับข้อมูล และกำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นประโยคหรือข้อความที่มีความหมายสมบูรณ์และต้องมีความเชื่อมโยงกับหัวข้อ พิจารณานิยามและการตั้งชื่อที่ชัดเจน และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาเป็นแนวปฏิบัติที่ดีพร้อม

ยกตัวอย่าง อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ด้วยการตรวจสอบข้อมูลจากหลายแหล่งเพื่อนำมาเปรียบเทียบ ทั้งยังนำเสนอผลการวิเคราะห์ต่ออาจารย์นิเทศก์และอาจารย์พี่เลี้ยงเพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผล นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ให้ผู้สอนภาษาไทยท่านอื่นได้พิจารณาผลการตรวจผลงานของนักเรียนและรับฟังข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงต่อไป

ขอบเขตของการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก ซึ่งเป็นการบูรณาการทั้งสององค์ประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปแบบการสอนเดียว เพื่อศึกษาผลรวมของการใช้ทั้งสององค์ประกอบร่วมกัน ต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผล จึงมีข้อจำกัดในการวิจัยที่ไม่สามารถแยกวิเคราะห์ได้ว่าผลที่เกิดขึ้นมาจากองค์ประกอบใดเป็นหลัก

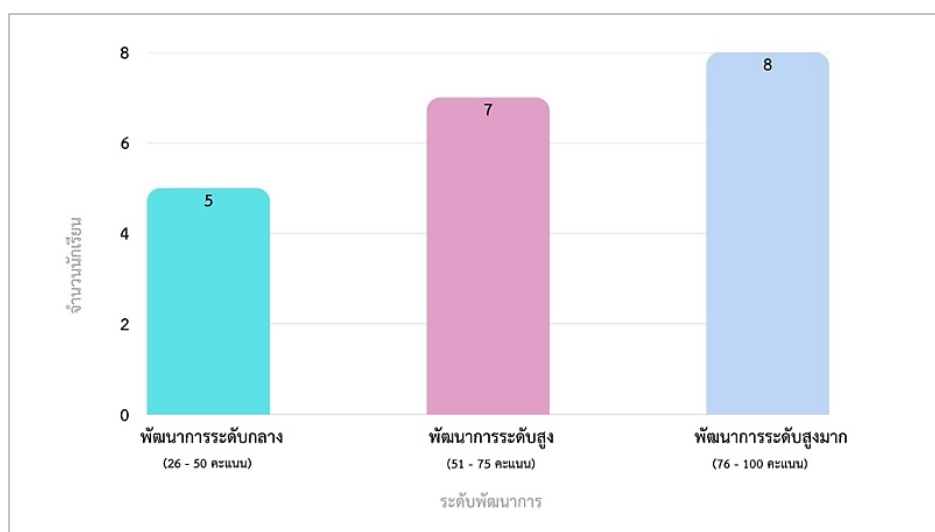
ผลการศึกษา

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก

หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลจากคะแนนของนักเรียนซึ่งได้มาจากการทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการใน 3 ระดับ โดยจำแนกตามระดับคะแนนพัฒนาการของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้ดังภาพ

ภาพที่ 1

แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับพัฒนาการ



จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า มีนักเรียนที่มีพัฒนาการระดับกลาง ช่วงคะแนน 26–50 จำนวน 5 คน พัฒนาการระดับสูง ช่วงคะแนน 51–75 จำนวน 7 คน และพัฒนาการระดับสูงมาก ช่วงคะแนน 76–100 จำนวน 8 คน โดยมีพัฒนาการเฉลี่ยในระดับสูงที่ 70.95 คะแนน โดยเมื่อคิดเป็นจำนวนร้อยละจากจำนวนนักเรียนทั้งหมดพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการด้านการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลในระดับสูงมาก คิดเป็นร้อยละ 40 นักเรียนที่มีพัฒนาการในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 35 และนักเรียนที่มีพัฒนาการในระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 25

ทั้งนี้ในแต่ละครั้งของการดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนเป็นระยะทุกครั้งหลังการจัดการเรียนรู้เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในแต่ละคาบเรียน โดยจำแนกตามพฤติกรรมของการคิดเชิงระบบ โดยในแต่ละพฤติกรรมจะมีคะแนนเต็ม 3 คะแนน รวม 4 พฤติกรรม 12 คะแนน ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้ ความคิดเชิงระบบระดับน้อย (คะแนนรวม 1–4 คะแนน) ความคิดเชิงระบบระดับปานกลาง (คะแนนรวม 5–8 คะแนน) และความคิดเชิงระบบระดับสูง (คะแนนรวม 9–12 คะแนน)

ตารางที่ 2

ตารางแสดงคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนจากแบบวัดความคิดเชิงระบบ จำนวน 4 ชุด จำแนกตามพฤติกรรมของการคิดเชิงระบบ

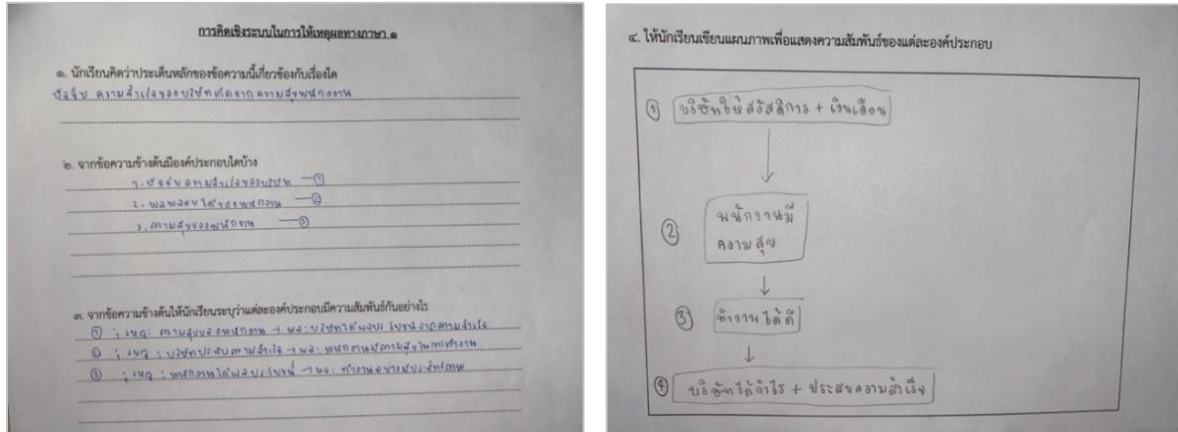
พฤติกรรม การคิดเชิงระบบ	คะแนนเฉลี่ย แบบวัดชุดที่ 1	คะแนนเฉลี่ย แบบวัดชุดที่ 2	คะแนนเฉลี่ย แบบวัดชุดที่ 3	คะแนนเฉลี่ย แบบวัดชุดที่ 4
ความสามารถในการกำหนด ประเด็นหลักของข้อความ (3 คะแนน)	1.3	1.9	2.7	2.9
ความสามารถในการระบุ องค์ประกอบภายในระบบ (3 คะแนน)	1.15	1.6	2.55	3
ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ ของแต่ละองค์ประกอบ (3 คะแนน)	0.95	1.2	2.05	2.9
ความสามารถในการอธิบาย ความสัมพันธ์ของระบบ (3 คะแนน)	0.75	1	1.95	2.85
คะแนนรวมทุกพฤติกรรม (12 คะแนน)	4.15	5.7	9.25	11.65

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.15 5.7 9.25 และ 11.65 ตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับคะแนนที่สูงขึ้น โดยผู้วิจัยจะแสดงตัวอย่างคำตอบของ “นักเรียนรหัส H” ในแบบวัดการคิดเชิง

ระบบซึ่งแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของนักเรียนที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตลอดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ภาพที่ 2

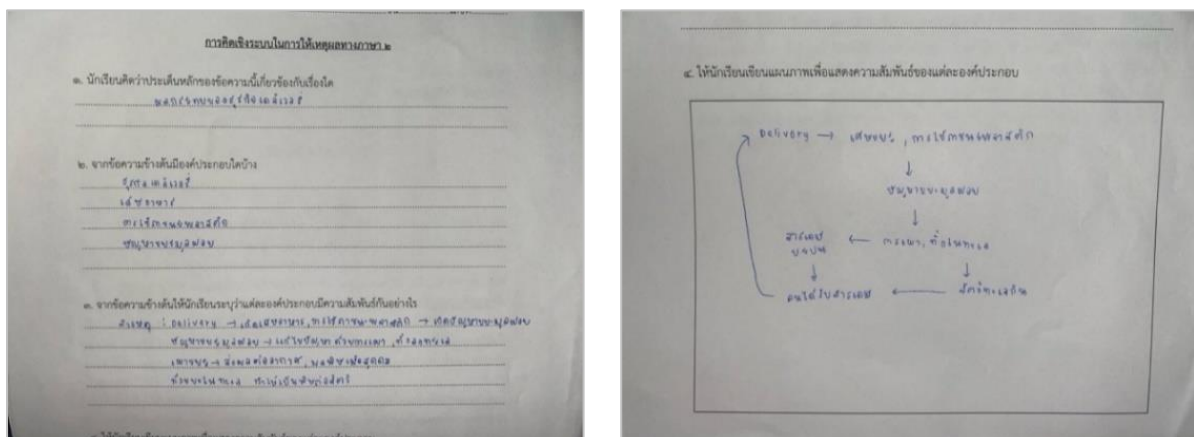
คำตอบของนักเรียนรหัส H จากแบบวัดความคิดเชิงระบบชุดที่ 1 โดยนักเรียนมีความคิดเชิงระบบอยู่ในระดับน้อย



จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของคำตอบนักเรียนที่มีความคิดเชิงระบบอยู่ในระดับน้อยเมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบพบว่า ในการกำหนดองค์ประเด็นหลักของระบบนักเรียนสามารถกำหนดได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถระบุองค์ประกอบของระบบได้อย่างครบถ้วน ส่งผลให้การระบุความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบยังไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้ในการวาดแผนภาพเพื่อแสดงลักษณะของความสัมพันธ์ภายในระบบ พบว่า แผนภาพของนักเรียนแสดงความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นคู่และสายโซ่เท่านั้น ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนยังไม่สามารถระบุองค์ประกอบ และกำหนดความสัมพันธ์ได้อย่างครบถ้วนทำให้แผนภาพไม่ปรากฏความสัมพันธ์ของวงจรในลักษณะที่เป็นระบบ

ภาพที่ 3

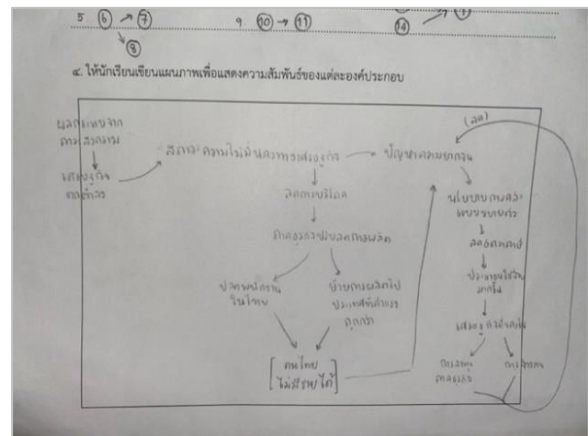
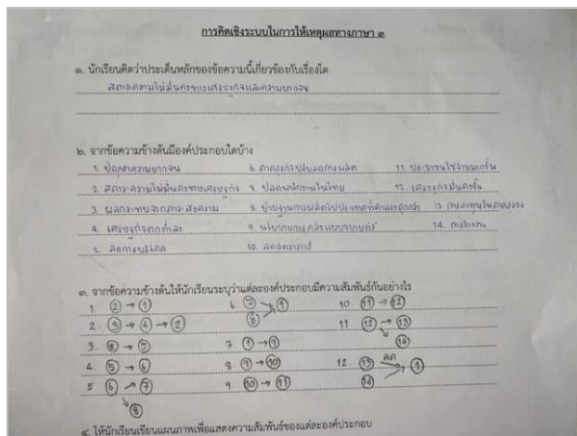
คำตอบของนักเรียนรหัส H จากแบบวัดความคิดเชิงระบบชุดที่ 2 โดยนักเรียนมีความคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง



จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นลักษณะของคำตอบของนักเรียนที่อยู่ในระดับที่สูงมากขึ้น โดยเฉพาะในด้านการระบุ และกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบที่มีจำนวนมากขึ้น แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ และเมื่อพิจารณาแผนภาพแสดงความสัมพันธ์นักเรียนยังแสดงความสัมพันธ์สองลักษณะ คือ **ความสัมพันธ์แบบคู่** และ **ความสัมพันธ์แบบสายโซ่** เช่นเดียวกับแบบวัดในชุดก่อนหน้านี้ แต่สิ่งที่พัฒนาขึ้นมาจากแบบวัดชุดก่อน คือ นักเรียนสามารถแสดงวงจรความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นระบบได้

ภาพที่ 4

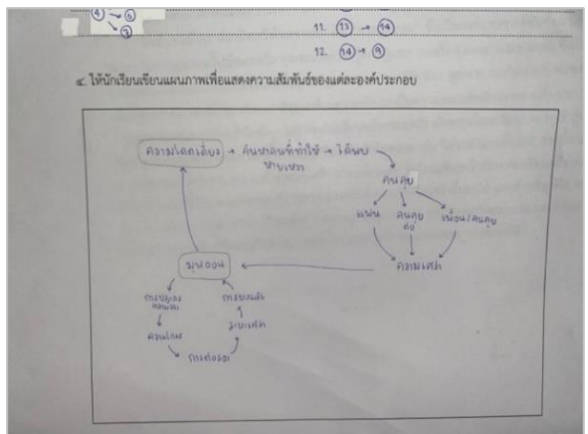
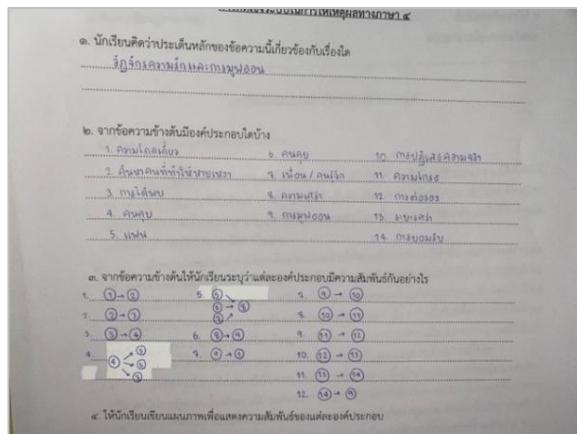
คำตอบของนักเรียนรหัส H จากแบบวัดความคิดเชิงระบบชุดที่ 3 โดยนักเรียนมีความคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง



ภาพที่ 4 เป็นภาพที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนในระดับที่สูงนักเรียนสามารถระบุข้อมูลได้สมบูรณ์มากขึ้น ทั้งยังสามารถนำองค์ประกอบต่าง ๆ มาแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างครบถ้วน โดยพบการแสดงความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นการแตกกิ่ง และการให้เหตุผลแบบย้อนกลับของข้อมูล ซึ่งเป็นลักษณะของความสัมพันธ์ที่ไม่พบจากแบบวัดชุดก่อนหน้านี้ ทำให้แผนภาพมีความสมบูรณ์ โดยปรากฏความสัมพันธ์ใน 4 ลักษณะ คือ **แบบคู่** **แบบแตกกิ่ง** **แบบสายโซ่** และ **แบบตาข่าย** ที่แสดงความสัมพันธ์ของระบบในลักษณะที่เป็นวงจร

ภาพที่ 5

คำตอบของนักเรียนรหัส H จากแบบวัดความคิดเชิงระบบชุดที่ 4 โดยนักเรียนมีความคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง



จากการทำแบบวัดความคิดเชิงระบบทั้ง 4 ชุดของนักเรียนรหัส H คำตอบของแบบวัดในชุดที่ 4 ถือเป็นคำตอบที่มีความสมบูรณ์ที่สุด จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงคำตอบที่กำหนดองค์ประกอบของระบบ และการระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์ทุกประเด็น พบการกำหนดความสัมพันธ์แบบ **แตกกิ่ง การรวมกลุ่ม และการให้ความสัมพันธ์แบบย้อนกลับ** ซึ่งแสดงออกมาได้อย่างชัดเจนผ่านแผนภาพ อธิบายความสัมพันธ์ของระบบที่จัดเรียงข้อมูลได้อย่างเข้าใจง่าย แต่แสดงถึงความเป็นระบบที่เกิดจากการ เชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบภายใน

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิกที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

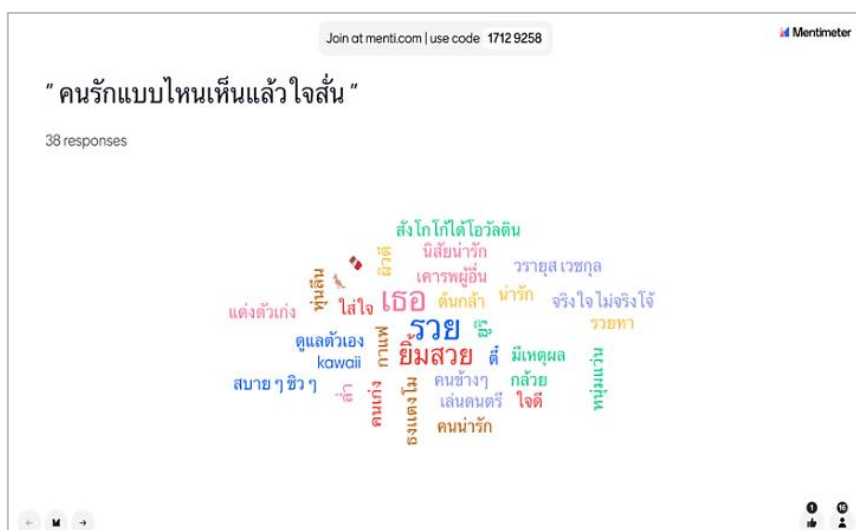
จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนคิดของผู้สอน บันทึกผลการสะท้อนคิดในการสอน โดยอาจารย์พี่เลี้ยง ผลงานนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียน ผู้วิจัยพบแนวปฏิบัติที่ดีทั้งหมด 3 แนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิกที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

แนวปฏิบัติที่ 1 การเชื่อมโยงเนื้อหาเหตุผลกับเรื่องที่คุ้นเคย และมีความน่าสนใจส่งผลให้นักเรียนสามารถเข้าใจดีมากยิ่งขึ้น

เมื่อผู้วิจัยวางแผนในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาตัวอย่างของเนื้อหาจากหนังสือแบบเรียนวิชาภาษาไทยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า เนื้อหาที่เป็นตัวอย่างนั้นค่อนข้างใกล้เคียงตัวของนักเรียน เป็นเนื้อหาที่ไม่น่าดึงดูดใจ ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 ผู้วิจัยจึงได้นำประเด็นเกี่ยวกับ “ความรัก” มาใช้เชื่อมโยงกิจกรรมการเรียนรู้การสอนในเรื่องของเหตุผลกับภาษา โดยให้นักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคนที่ตนจะชอบ ภายใต้กิจกรรมที่มีชื่อว่า “คนรักแบบไหนเห็นแล้วใจสั่น” จากนั้นจึงนำคำตอบที่ได้ไปเชื่อมโยงกับประเด็นเรื่อง โครงสร้างการแสดงผลที่สัมพันธ์กับเนื้อหาในแบบเรียน

ภาพที่ 6

ตัวอย่างคำตอบนักเรียนจากกิจกรรม “คนรักแบบไหนเห็นแล้วใจลั่น”



หลังจากดำเนินการวงจรที่ 1 เสร็จสิ้นผู้วิจัยจึงได้บันทึกหลังการสอน ร่วมกับเขียนอนุทินสะท้อนคิด หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนนั้นมีความสนใจในกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นอย่างดี ทำให้เกิดบรรยากาศเชิงบวก ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาในขั้นพื้นฐานได้ โดยจากการสนทนากลุ่มนักเรียนเกี่ยวกับ กิจกรรมการเรียนในคาบเรียน พบว่า “กิจกรรมการสอนนั้นมีความน่าสนใจ โดยเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ คนรัก ชอบมาก ๆ” (นักเรียนรหัส A) “ชอบในกิจกรรมเรื่องความรักของอาจารย์สนุกดี เข้าใจว่าจะเชื่อมโยง กับเนื้อหาเรื่องเหตุผล” (นักเรียนรหัส K) โดยสรุปได้ว่า นักเรียนนั้นชอบในกิจกรรมที่เกี่ยวกับความรักซึ่งเป็น เรื่องใกล้ตัวที่นักเรียนสามารถเข้าใจและมีส่วนร่วมได้

หลังจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 ผู้เรียนจึงนำผลที่ได้มาใช่วางแผนการจัดการ เรียนรู้ในวงจรที่ 2 และ 3 พบว่า นักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหาได้เป็นอย่างดี เห็นได้จากคะแนนเฉลี่ยจาก แบบวัดความคิดเชิงระบบในประเด็นที่เกี่ยวกับเหตุผลที่ในแต่ละคาบนักเรียนมีระดับคะแนนที่สูงขึ้นตามลำดับ แต่ในวงจรที่ 4 ผู้วิจัยได้ทดลองนำเนื้อหาที่ค่อนข้างมีลักษณะเป็นวิชาการมากขึ้น คือ ประเด็นที่เกี่ยวกับ “ภาวะโลกร้อน” มาใช้เชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาการเรียน แต่จากบันทึกหลังการสอน และอนุทินสะท้อนคิดตนเอง พบว่า บรรยากาศในการเรียนนั้นดูไม่สนใจในการเรียนเหมือน 3 วงจรก่อน จึงได้เลือกสุ่มนักเรียนเพื่อ สัมภาษณ์หลังจากเสร็จในวงจรนั้น โดยนักเรียนกล่าวว่า “กิจกรรมในคาบเรียนนี้ก็ดี กระตุ้นให้คิดเรื่องเหตุผล แต่แอบจริงจังไป” (นักเรียนรหัส I) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ผลจากการเปลี่ยนรูปแบบกิจกรรมการสอนให้มีความ จริงจัง เป็นวิชาการมากขึ้นนั้นมีผลต่อความสนใจในการเรียนของผู้เรียนให้เป็นไปในทิศทางที่น้อยลง เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากวงจรก่อนหน้านี้

แนวปฏิบัติที่ 2 การเรียนรู้จากตัวอย่าง เพื่อสร้างต้นแบบความรู้

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดเชิงคำนวณมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยในแนวปฏิบัตินี้เกี่ยวข้องกับ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ 2 ขั้นตอน คือ การพิจารณารูปแบบ (pattern recognition) และการคิดเชิงนามธรรม (abstraction) โดยผู้วิจัยได้แนวปฏิบัตินี้หลังจากการสะท้อนคิดหลังจากปฏิบัติการสอนในวงจรที่ 2 ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาในคาบนั้น ๆ ได้ดีมากขึ้น ในขั้นการพิจารณารูปแบบ โดยผู้วิจัยนำ ตัวอย่างของการแสดงเหตุผล และการใช้เหตุผลในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจลักษณะของการแสดงเหตุผล จากนั้นในขั้นการคิดเชิงนามธรรม จึงให้ผู้เรียนร่วมกับสรุปว่าจากตัวอย่างที่ได้ศึกษาไป สามารถสังเคราะห์ออกมาเป็นโครงสร้างได้อย่างไรบ้าง

ผู้วิจัยได้เริ่มใช้วิธีการดังกล่าวตั้งแต่การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 แต่ผู้วิจัยสะท้อนคิดออกมาว่าผลที่ได้ ออกมานั้นอาจจะเป็นสาเหตุมาจากเนื้อหาของวงจรแรกที่ไม่ได้ยากมากเกินไป วิธีการดังกล่าวจึงอาจจะไม่ได้มี ผลเท่าที่ควร ในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยจึงได้ทดลองใช้วิธีการดังกล่าวอีกครั้งในเนื้อหา การอนุมาน และวิธีแสดง เหตุผล ซึ่งในเป็นเนื้อหาที่ซับซ้อน และผู้วิจัยกังวลว่าผู้เรียนจะประสบปัญหาเกี่ยวกับการจำแนกความแตกต่าง ระหว่างการแสดงผลแบบอุปนัยและนิรนัย จากบันทึกหลังการสอนพบว่า นักเรียนนั้นสามารถเข้าใจเนื้อหา ได้เป็นอย่างดี สามารถจำแนกวิธีการแสดงผลแบบอุปนัยและนิรนัยได้ โดยจากการสนทนากลุ่มนักเรียนกล่าว ว่า “ยาก แต่จำได้ว่านิรนัยใหญ่ไปย่อย อุปนัยย่อยไปใหญ่เลยพอแบ่งได้ว่าอันไหนเป็นแบบไหน” (นักเรียนรหัส D)

และ “ผมพอจำได้ว่าตอนที่เรารู้ตัวอย่างนิรนัยต้องใหญ่ไปเรื่อย อีกอันต้องย่อยไปใหญ่” (นักเรียนรหัส E) แสดงให้เห็นว่าด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้จากตัวอย่างเพื่อสร้างต้นแบบความรู้เป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนสามารถจดจำรูปแบบโครงสร้างของการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลได้ ผู้วิจัยจึงได้ทดลองใช้วิธีการดังกล่าวในวงจรถัด ๆ ไปก็พบว่านักเรียนสามารถเข้าใจรูปแบบโครงสร้างของการแสดงเหตุผลได้ดี จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีนี้ถือเป็นอีกหนึ่งในแนวปฏิบัติที่ดี

แนวปฏิบัติที่ 3 รวมกันคิด ร่วมกันสร้าง เพื่อพัฒนาผังกราฟิก

ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก คือ ขั้นตอนการออกแบบอัลกอริทึม (algorithm) ในรูปแบบผังกราฟิกเพื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงขององค์ประกอบ โดยแนวปฏิบัตินี้เกิดจากการให้นักเรียนรวมกลุ่มกันในระหว่างเรียน ขั้นตอนออกแบบอัลกอริทึม (algorithm) ซึ่งให้ผู้สอนจะทำการอธิบายวิธีการสร้างผังกราฟิกก่อน จากนั้นจึงให้นักเรียนจับกลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน เพื่อให้ นักเรียนร่วมกันสร้างผังกราฟิกจากข้อความที่กำหนดให้ โดยหลังจากนั้นให้นักเรียนในห้องร่วมกันอภิปรายผังกราฟิกของแต่ละกลุ่มว่ามีจุดบกพร่อง หรือข้อแก้ไขอย่างไร

จากการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนสร้างผังกราฟิกแยกเป็นรายบุคคล โดยในระหว่าง การสร้างผังกราฟิก ผู้วิจัยได้สังเกตว่า นักเรียนนั้นดูไม่มีความมั่นใจ ต้องคอยถามเพื่อนที่นั่งอยู่ด้านข้างเสมอว่า ต้องสร้างผังกราฟิกอย่างไรบ้าง โดยหลังจากการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยจึงได้สัมภาษณ์นักเรียน โดยนักเรียนกล่าวว่า “หนูไม่ค่อยมั่นใจว่าจะวาดยังไง ยังรู้สึกงอแง ไม่รู้ที่วาดไปจะถูกไหม” (นักเรียนรหัส Q) จาก ปัญหาที่พบ ในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยจึงได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นตอนออกแบบอัลกอริทึม (algorithm) ใน ลักษณะที่เป็นงานกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้ช่วยกันคิด ช่วยกันสร้างผังกราฟิก และรับฟังข้อเสนอแนะจากเพื่อน ร่วมชั้นเรียน หลังจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 จึงได้สัมภาษณ์นักเรียนรหัส Q อีกครั้งเพื่อเก็บข้อมูลว่า นักเรียนมีความรู้สึกในการเรียนอย่างไร โดยนักเรียนกล่าวว่า “หนูว่าคาบนี้ดีกว่าคาบที่แล้วนะคะ พอมีเพื่อน ช่วยคิดช่วยทำเลยไม่กดดันมาก” ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการใช้กระบวนการกลุ่มนี้นักเรียนมีความผ่อนคลายในการเรียนมากขึ้น ไม่รู้สึกเครียด กดดันเท่ากับตอนที่แยกทำเป็นรายบุคคล

ภาพที่ 7

ภาพนักเรียนขณะร่วมกันสร้างผังกราฟิกเป็นกลุ่ม



อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอด 4 คาบเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดเพิ่มขึ้นจาก 4.15 (ระดับน้อย) เป็น 11.65 (ระดับสูง) และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ 0.66 (ระดับปานกลาง) ผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากกลไกการทำงานของแต่ละขั้นตอนในแนวคิดเชิงคำนวณที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมของการคิดเชิงระบบว่าทั้ง 4 พฤติกรรมพัฒนาขึ้นพร้อมกัน และมีอัตราการพัฒนาที่สอดคล้องกัน โดยเฉพาะตั้งแต่แบบวัดชุดที่ 2 เป็นต้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนทั้ง 4 ของแนวคิดเชิงคำนวณมีความสัมพันธ์แบบเสริมกันเป็นลูกโซ่ หากนักเรียนแยกองค์ประกอบได้ถูกต้อง จะส่งผลให้เห็นรูปแบบที่ชัดเจน และเข้าใจหลักการ ตลอดจนสามารถสร้างผังกราฟิกที่สมบูรณ์ได้ โดยเฉพาะช่วงระหว่างแบบวัดชุดที่ 2 ถึง 3 ซึ่งเพิ่มขึ้น 3.55 คะแนน (ร้อยละ 62.3) แสดงว่าในคาบเรียนที่ 3 นักเรียนเริ่มบูรณาการทักษะทั้ง 4 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ (transfer of learning) จากคาบก่อนหน้า นอกจากนี้ผู้วิจัยจึงได้ตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับพัฒนาการด้านการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนที่เพิ่มขึ้น ดังนี้

ข้อสังเกตที่ 1 การเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณไม่ได้เกิดขึ้นแบบเชิงเส้นตรง แต่เป็นการเรียนรู้แบบสะสม (cumulative learning) ที่มีจุดเปลี่ยน (turning point) เมื่อนักเรียนเริ่มบูรณาการทักษะทั้ง 4 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ ฤทัย สมบัติเจริญไทย และคณะ (2567) ที่พบว่ากระบวนการคิดเชิงคำนวณส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์แยกองค์ประกอบ หาความสัมพันธ์เชื่อมโยง และสรุปเป็นลำดับขั้นตอนได้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการคิดเชิงระบบที่ต้องการความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบ

ข้อสังเกตที่ 2 ผังกราฟิกมีบทบาทเกินกว่าเพียงเครื่องมือแสดงผล แต่เป็นเครื่องมือทางปัญญา (cognitive tool) ที่ช่วยให้นักเรียนตรวจสอบความสมบูรณ์ของความคิด ดังที่พบจากคำตอบของนักเรียนรหัส H ที่แสดงให้เห็นการพัฒนาจาก “ความสัมพันธ์แบบคู่และสายโซ่เท่านั้น” ไปสู่ “ความสัมพันธ์ 4 ลักษณะ” อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิณภัทรา เวทย์วิทยานุกุล (2562) ที่พบว่าผังกราฟิกช่วยให้นักเรียนศึกษาองค์ประกอบย่อยและระบุความสัมพันธ์เชื่อมโยงได้ชัดเจนขึ้น

ส่วนในด้านของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิกนั้น ผู้วิจัยได้พบแนวปฏิบัติที่ดี 3 แนวปฏิบัติ ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) การเชื่อมโยงเนื้อหาเหตุผลกับเรื่องที่คุ้นเคย แปลกใหม่ และมีความน่าสนใจ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น โดยการเลือกเนื้อหามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นถือเป็นสิ่งสำคัญ หากเลือกได้ดี น่าสนใจก็สามารถที่จะดึงดูดใจผู้เรียนได้ สอดคล้องกับ เมตตา มงคลธีระเดช (2567) ที่ได้รับรู้ไว้ว่า การใช้เทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยสิ่งที่แปลกใหม่ น่าสนใจ หรือเป็นประเด็นที่ใกล้ตัวของนักเรียนถือเป็นวิธีการที่สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้

2) การเรียนรู้จากตัวอย่างเพื่อสร้างต้นแบบความรู้ สะท้อนความสำคัญของการสร้างความรู้เชิงนามธรรมผ่านการอุปนัย ซึ่งเป็นกระบวนการระดับสูง ดังที่นักเรียนสามารถ “จำได้นิรนัยใหญ่ไปย่อย อุปนัย

ย่อยไปใหญ่” แสดงว่านักเรียนไม่ได้จำแบบท่องจำ แต่เข้าใจโครงสร้างพื้นฐาน (deep structure) ของการให้เหตุผล สอดคล้องกับ ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล (2563) ที่อธิบายว่าการคิดเชิงนามธรรมเป็นการคัดแยกข้อมูลเพื่อสรุปรูปแบบที่จำเป็น ซึ่งทำให้เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

3) รวมกันคิด ร่วมกันสร้างผังกราฟิก ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการกลุ่มไม่ได้เพิ่มเฉพาะคุณภาพของผลงาน แต่ยังลดภาระทางอารมณ์ ดังที่นักเรียนกล่าวว่า “ไม่กดดันมาก” เมื่อเทียบกับการทำงานเดี่ยว สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤทัย สมบัติเจริญไทย และคณะ (2567) ที่พบว่ากระบวนการกลุ่มทำให้ผู้เรียนเกิดความสุขในการเรียน ผลการวิจัยนี้เสริมความเข้าใจว่าการเรียนรู้ทักษะการคิดระดับสูงต้องการสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยทางจิตใจ (psychologically safe environment) จึงแสดงให้เห็นว่าแนวทางทั้งสามนั้นเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมาจากการสะท้อนคิดของผู้สอน และการสัมภาษณ์ผู้เรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทำให้ได้เป็นแนวปฏิบัติที่ดีที่ก่อให้เกิดพัฒนาในด้านการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลขึ้นมา

นอกจากนี้การวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณา ได้แก่ 1) ระยะเวลาสั้น (4 คาบเรียน) ทำให้ไม่สามารถยืนยันความคงทนของทักษะระยะยาว 2) กลุ่มตัวอย่างเฉพาะจากโรงเรียนสาธิตฯ ซึ่งมีพื้นฐานความรู้ที่ดี ทำให้ผลอาจไม่สามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ 3) ความสนใจในหัวข้อส่งผลต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ ทำให้ไม่สามารถแยกได้ว่าผลมาจากรูปแบบการสอนเพียงอย่างเดียวหรือได้รับอิทธิพลจากเนื้อหา 4) การใช้แนวคิดเชิงคำนวณและผังกราฟิกร่วมกันทำให้ไม่สามารถระบุผลของแต่ละองค์ประกอบได้ ด้วยข้อจำกัดเหล่านี้ควรนำมาพิจารณาในการตีความและนำผลไปประยุกต์ใช้

ข้อเสนอแนะการศึกษา

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนต้องการเวลาในการซึมซับความรู้ความเข้าใจและการสร้างความสนใจในหัวข้อส่งผลต่อการเรียนรู้ ผู้สอนควรจัดสรรเวลาอย่างยืดหยุ่น โดยเฉพาะในขั้นสร้างผังกราฟิกที่ซับซ้อน เลือกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนและเนื้อหาในบทเรียน และสังเกตพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ และส่งเสริมการทำงานกลุ่มเพื่อลดความกดดันและสร้างความมั่นใจ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรขยายระยะเวลาเป็น 2-3 วงรอบ PAOR และมีการติดตามผลหลังทดลอง 1-3 เดือนเพื่อยืนยันความคงทนของทักษะ รวมทั้งทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายทั้งระดับชั้น พื้นที่ และทรัพยากรที่แตกต่างกันเพื่อทดสอบการถ่ายโยงผล และสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อระบุผลของแต่ละองค์ประกอบและผลจากการบูรณาการอย่างชัดเจน และสามารถขยายการประยุกต์ใช้ไปยังเนื้อหาอื่นในวิชาภาษาไทย เช่น วรรณคดี การเขียนเชิงสร้างสรรค์ หรือหลักภาษา เพื่อทดสอบความสามารถในการถ่ายโยงรูปแบบการสอนในบริบทที่หลากหลาย

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในการใช้ภาษาเพื่อแสดงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงคำนวณร่วมกับการใช้ผังกราฟิก” หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาไทย ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล. (2563). แนวคิดเชิงคำนวณ. คลังความรู้SciMath. <https://www.scimath.org/lesson-technology/item/10560-2019-08-28-02-43-20>
- ทิตนา แคมมณี. (2556). การคิด. หอสมุดคุรุสภา. https://elibrary.ksp.or.th/index.php?lvl=cmspage&pageid=4&id_article=178
- ประจักษ์ ปฏิทัศน์. (2562). การคิดเชิงระบบและความคิดสร้างสรรค์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พชรมนต์ หมวดนุ้ม และสุเทพ อ่วมเจริญ. (2557). การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเพื่อเชื่อมโยงการเขียนโดยใช้เทคนิคผังกราฟิกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย, 6(2), 195–207. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedureasearchjournal/article/view/25900>
- พิณภัทรา เวทย์วิทยานวัฒน์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่องระบบร่างกายมนุษย์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository. <http://doi.org/10.58837/CHULA.THE.2019.745>
- เมตตา มงคลธีระเดช. (2567). 6 เทคนิคการดึงดูดความสนใจของผู้เรียนตามหลักการของสมอง. สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. <https://li.kmutt.ac.th/student-engagement/knowledge>
- ฤทัย สมบัติเจริญไทย, พาที เกษธนกร และณรงค์ พันธุ์คง. (2567). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สาระเทคโนโลยีด้วยการจัดการเรียนรู้กระบวนการคิดเชิงคำนวณร่วมกับกระบวนการกลุ่มเทคนิค TAI เพื่อส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงระบบและทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสาร มจร กาญจนปริทรรศน์, 4(2), 211–225. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/Kanchana-editor/article/view/272652>
- ฤทัยรัตน์ ชิตมงคล และสมยศ ชิตมงคล. (2560). การคิดเชิงระบบ : ประสบการณ์สอนเพื่อพัฒนาความคิดเชิงระบบ. วารสารครุศาสตร์, 45(2), 209-224. <https://doi.org/10.58837/CHULA.EDUCU.45.2.14>
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 7). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2554). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. <https://dictionary.orst.go.th>
สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2562). *หลักภาษาและการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*
(พิมพ์ครั้งที่ 10). องค์การค้ำของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและ
บุคลากรทางการศึกษา.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2565). *บรรทัดฐานภาษาไทย เล่ม 5 กระบวนการคิดและการเขียน*
ร้อยแก้ว (พิมพ์ครั้งที่ 2). องค์การค้ำของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครู
และบุคลากรทางการศึกษา.

Bertalanffy, L. von. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*.
George Braziller.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1998). *The action research planner* (3rd ed.). Deakin University
Press.

Richmond, B. (1993). Systems thinking: Critical thinking skills for the 1990s and beyond.
System Dynamics Review, 9(2), 113–133. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260090203>

Shaked, H., & Schechter, C. (2017). *Systems thinking for school leaders: Holistic leadership*
for excellence in education. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53571-5>