

Effects of Using Game-Based Learning in Mathematics on Computational Thinking of Elementary School Students ผลการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนประถมศึกษา

Nalinee Duangnate* and Yurawat Klaimongkol

นลินี ดวงเนตร* และ ยुरวัฒน์ คล้ายมงคล

*Division of Elementary Education, Faculty of Education, Chulalongkorn University
สาขาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

*Corresponding author: dua.nalinee@gmail.com

Received October 5, 2021 ■ Revised February 21, 2022 ■ Accepted February 28, 2022 ■ Published April 18, 2022

Abstract

The purposes of this research were: 1) to compare the computational thinking abilities between a game-based learning and a non-game-based learning group, 2) to compare the computational thinking abilities of game-based learning group between pre-test and post-test, and 3) to study the development of computational thinking of game-based learning group. The sample consisted of 60 students in grade 3. The research instruments were game-based mathematical learning management plans and computational thinking tests. The data were analyzed by using mean scores, standard deviation, and t-test.

The results of the research were: 1) the game-based learning group had a higher computational thinking post-test mean score than the non-game-based learning group ($\bar{X}=10.567$, $S.D.=4.207$) with a statistical significance at the .05 level; 2) the game-based learning group had a higher computational thinking post-test mean score than a computational thinking pre-test mean score ($\bar{X}=8.184$, $S.D.=6.006$) with a statistical significance at the .05 level; and 3) the game-based learning group had better development of computational thinking skills.

Keywords: Mathematics, Game based learning, Computational thinking, Elementary students

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์การวิจัย 3 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้เกมและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) เพื่อศึกษาพัฒนาการการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนด้วยค่าที

ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน ($\bar{X}=18.700$, $S.D.=5.961$) สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ($\bar{X}=10.567$, $S.D.=4.207$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน ($\bar{X}=18.700$, $S.D.=5.961$) สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ($\bar{X}=8.184$, $S.D.=6.006$) ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดว่ามีพัฒนาการในการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้น

คำสำคัญ: คณิตศาสตร์, การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน, การคิดเชิงคำนวณ, นักเรียนประถมศึกษา

■ บทนำ (Introduction)

การเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีทำให้ครูต้องพัฒนาทักษะที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้และการดำรงชีวิตของนักเรียน ดังนั้น ในหลายประเทศจึงมีการปรับปรุงหลักสูตรการศึกษาให้ส่งเสริมทักษะด้านคอมพิวเตอร์ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับสถานการณ์ในอนาคต (Falloon, 2016) กระทรวงศึกษาธิการจึงปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560) ให้มีความสอดคล้องกับทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 โดยเพิ่มเรื่องการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ในรายวิชาพื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีทักษะการค้นคว้าข้อมูล ประเมิน และสังเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018)

Wing (2012) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะที่ทุกคนควรได้รับการพัฒนาเช่นเดียวกับทักษะการอ่าน การเขียน และการคิดคำนวณ อีกทั้งยังเป็นทักษะที่บุคคลต้องได้รับการพัฒนาตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงระดับมัธยมศึกษา เพื่อให้สามารถเป็นพลเมืองในระบบการศึกษาและเศรษฐกิจดิจิทัลได้ (Smith, 2016) นอกจากนี้การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณยังส่งผลให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนหรือประยุกต์ใช้ในศาสตร์อื่นๆ (Qualls & Sherrell, 2010) และส่งเสริมการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ (Lockwood & Mooney, 2017) อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานของทักษะการแก้ปัญหา และส่งผลต่อการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหานั้นๆ ให้มีความทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Yadav et al., 2014) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักเรียนระดับประถมศึกษา หากได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสมจะส่งผลให้นักเรียนเพิ่มพูนทักษะการให้เหตุผล และสามารถเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Rijke et al., 2018)

การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณที่เหมาะสมควรเริ่มในช่วงอายุ 8-9 ปี ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (Rijke et al., 2018) เนื่องจากเป็นวัยที่มีความสามารถในการอ่านและการเขียน เริ่มใช้เหตุผล รู้จักแยกแยะ มีความเข้าใจความหมายของตัวเลขและจำนวน เริ่มคิดอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นขั้นตอน รวมถึงเริ่มมีการใช้ภาษาและพัฒนาความคิดที่ซับซ้อนขึ้น (Piaget, 1976) อีกทั้งยังมีความสามารถในการแก้ปัญหา (Siegler, 1994) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในวิชาคณิตศาสตร์ (Tripathi, 2009) แต่จากการศึกษางานวิจัยของ Jantima & Sithsungnoen (2017) พบว่า นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ยังไม่ได้รับการพัฒนากระบวนการดังกล่าวอย่างเหมาะสม

ซึ่งส่งผลต่อการแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์และชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sakudomsap and Laisema (2019) พบว่านักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีปัญหาด้านการแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์และการให้เหตุผล ซึ่งทักษะกระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าวจะได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ หากนักเรียนได้รับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ (Sneider et al., 2014)

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณให้สอดคล้องกับพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับประถมศึกษาที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้และความสนุกสนาน (Hsu et al., 2018) อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายของเกม (Al-Azawi et al., 2016) ส่งเสริมพัฒนาการคิดเชิงคำนวณกระบวนการคิดแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kazimoglu et al., 2012) รวมถึงสร้างอิสระและความบันเทิงในการเรียนรู้ได้อีกด้วย (Law, 2016) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าวยังส่งเสริมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และภาษาศาสตร์ (Del Moral Prez et al., 2018) อีกทั้งเพิ่มแรงจูงใจ และความสำเร็จในการเรียนรู้ของนักเรียน (Chen, 2017)

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณในประเทศไทยจะเห็นได้ว่าการเริ่มใช้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น การใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (Daungjun, 2018) การใช้เชทบอทที่มีการช่วยเสริมศักยภาพการเรียนรู้ออนไลน์ที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (Imcham, 2018) และการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้โปรแกรมเชิงจินตภาพที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการเขียนโปรแกรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (Jantarasena & Asanok, 2020) แต่ยังไม่พบในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศ พบว่า หากมีการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในวิชาคณิตศาสตร์จะส่งผลให้ นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ในวิชาคณิตศาสตร์ดีขึ้น (Botički et al., 2018) ดังนั้น การพัฒนาความสามารถการคิดเชิงคำนวณด้วยแนวการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนรู้ในปัจจุบันและอนาคต

■ วัตถุประสงค์การวิจัย (Objectives)

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการ

เรียนรู้แบบปกติ

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน

3. เพื่อศึกษาพัฒนาการในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

■ สมมติฐานการวิจัย (Hypothesis)

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตาม

แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณมากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีพัฒนาการในการคิดเชิงคำนวณ

■ กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual framework)



Figure 1 Conceptual framework
กรอบแนวคิดการวิจัย

■ วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) มีแบบแผนการวิจัยเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย คือ ประชากรได้แก่ โรงเรียน

วณิชยน์กุล อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวณิชยน์กุล อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ และใช้วิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ทั้งหมด 2 ห้องเรียน จำนวน 60 คน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถการคิดเชิง

คำนวณก่อนเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ที่ใกล้เคียงกัน ($\bar{X}_1 = 8.184$ คะแนน และ $\bar{X}_2 = 7.833$ คะแนน) แล้วกำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการจับสลาก

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้อัตนศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องจำนวนและพีชคณิต แบ่งเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ จำนวนที่ไม่เกิน 100,000 การบวก การลบ และการคูณ จำนวน 17 แผนการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นก่อนใช้เกม ขั้นระหว่างใช้เกม และขั้นหลังใช้เกม ใช้เวลาคาบละ 50 นาที ซึ่งพัฒนาจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและออกแบบกิจกรรมตามแนวคิดของ Shi and Shih (2015) ดังนี้

2.1.1 ขั้นก่อนใช้เกม เป็นขั้นตอนที่ใช้เตรียมความพร้อมนักเรียนด้านความรู้พื้นฐาน อธิบายลักษณะของเกมและ

จุดประสงค์ของเกม วิธีการเล่น สาธิตการทำกิจกรรม หรือศึกษาขั้นตอนจากใบความรู้ที่ได้รับและทำความเข้าใจเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของเกม

2.1.2 ขั้นระหว่างใช้เกม เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม โดยมีครูช่วยเหลือเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของเกม ครูจับเวลาเริ่มและเวลาสิ้นสุดการทำกิจกรรม และมีการหยุดเกมเป็นระยะเพื่ออภิปรายผลการเล่น

2.1.3 ขั้นหลังใช้เกม เป็นขั้นตอนนักเรียนและครูร่วมกันสรุปวิธีการทำกิจกรรมเพื่อบรรลุเป้าหมายของเกม แสดงความคิดเห็นหรืออภิปรายความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรม แก้ไขข้อผิดพลาดหรือข้อความรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างทำกิจกรรม และทำแบบฝึกหัด แบบสอบ หรือการตอบคำถามเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

ศึกษาเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เหมาะสมกับแนวคิดดังกล่าว แล้วสร้างแผนการเรียนรู้เพื่อเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นจึงเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน และปรับปรุงตามคำแนะนำ

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นก่อนใช้เกม

1. นักเรียนและครูร่วมกันทบทวนค่าประจำหลักของจำนวนที่ไม่เกิน 100,000
2. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน แล้วครูอธิบายวิธีการเล่นเกม Math Farmville โดยให้นักเรียนทุกคนเป็นเกษตรกร ซึ่งจะต้องเก็บเกี่ยวผลผลิตจากฟาร์ม ประกอบไปด้วย ผักคะน้า แครอท หัวหอม ข้าวสาลี บร็อคโคลี่ มะพร้าว และพีช โดยแต่ละต้นมีระยะเวลาการปลูก ดังนี้

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 2.1 ผักคะน้า ใช้เวลาปลูก 2 วัน | 2.4 ข้าวสาลี ใช้เวลาปลูก 1 วัน |
| 2.2 แครอท ใช้เวลาปลูก 4 วัน | 2.5 บร็อคโคลี่ ใช้เวลาปลูก 3 วัน |
| 2.3 หัวหอม ใช้เวลาปลูก 2 วัน | 2.6 มะพร้าว ใช้เวลาปลูก 1 วัน |

กติกาการเล่น คือ จำนวนวันหมายถึงจำนวนรอบที่เล่นจนสามารถเก็บเกี่ยวได้ นักเรียนแต่ละคนวางผักในฟาร์มไว้ได้รอบละ 2 ชนิด เมื่อวางครบแล้วให้นักเรียนคนที่ 1 สุ่มหยิบทเเคนขึ้นมา 1 ชิ้น ทั้งนี้สีแดง หมายถึง เก็บเกี่ยวพีชของตนเองได้ สีส้ม หมายถึง เก็บเกี่ยวพีชของคนอื่นได้ สีเหลือง หมายถึง หยุด สีเขียว หมายถึง วางพีชได้อีก 1 ครั้ง และสีฟ้า หมายถึง ให้พีชของตนเองกับคนอื่นได้ ทุกครั้งที่นักเรียนเล่นจะต้องนับจำนวนผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยว

ขั้นระหว่างใช้เกม

3. นักเรียนเริ่มทำกิจกรรม เมื่อครบ 5 รอบ นักเรียนหยุดกิจกรรม แล้วร่วมกันอภิปราย โดยครูใช้คำถาม ดังนี้
 - 3.1 การเก็บเกี่ยวพีชนั้นจะเกี่ยวข้องกับเรื่องอะไร
 - 3.2 เมื่อพีชผลของนักเรียนเพิ่มจำนวนเป็นสองหลัก นักเรียนจะมีวิธีคิดอย่างไรบ้าง
4. นักเรียนเริ่มทำกิจกรรม โดยชุดที่ 2 จำนวนพีชของการ์ดแต่ละใบจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนในหลักร้อย

ขั้นหลังใช้เกม

5. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมครบทั้ง 2 ชุด นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการเล่นเกม โดยใช้คำถามดังนี้
 - 5.1 นักเรียนใช้ความรู้ใดบ้างในการหาจำนวนผลผลิตทั้งหมด
 - 5.2 นักเรียนมีวิธีเล่นอย่างไรหรือมีการวางแผนการเล่นอย่างไร
 - 5.3 นักเรียนพบปัญหาใดระหว่างเล่นเกม
6. นักเรียนทำแบบฝึกหัดคณิตศาสตร์

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณแบบอัตนัย จำนวน 2 ชุด ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ในแต่ละชุดมีคะแนนเต็ม 32 คะแนน ประกอบด้วยตอนที่ 1 การวัดกระบวนการ 20 คะแนน และตอนที่ 2 การวัดผลงาน 12 คะแนน ซึ่งแบบวัดทั้งสองฉบับเป็นแบบวัดคู่ขนาน (Parallel tests) และพัฒนาจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ แล้วสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นแบบวัด

ประเภทอัตนัย ซึ่งประยุกต์จากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของ Allsop (2019) และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric Score) เพื่อเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นพิจารณารายการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 0.835 และค่าดัชนีความสอดคล้องในแต่ละข้อ ดัง Table 1

Table 1 The results of Index of Item-Objective Congruence

ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ในการพิจารณาแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ข้อที่	รายการประเมิน	IOC ก่อนเรียน	IOC หลังเรียน	ความหมาย
1	การวัดกระบวนการ	1	0.67	สอดคล้อง
2	การวัดผลงาน	1	1	สอดคล้อง
3	การวัดผลงาน	0.67	0.67	สอดคล้อง
4	การวัดผลงาน	0.67	1	สอดคล้อง

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

คำชี้แจง นักเรียนออกแบบเกมจากสถานการณ์ ‘คุณแม่มีเงิน 10,000 บาท ต้องการซื้อสินค้าประกอบด้วยอาหาร เสื้อผ้า อุปกรณ์ออกกำลังกาย และเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยซื้อจากห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ซึ่งมีเงื่อนไขว่าจะต้องซื้อให้ครบทั้ง 4 ชนิด และซื้อได้ครั้งละ 1 อย่างตามลำดับชนิดของสินค้า ในทุกครั้งที่ซื้อจะต้องซื้อสินค้าที่มีราคาสูงขึ้น และซื้อครบทุกชนิดในแต่ละรอบ โดยทั้งหมดรวมแล้วไม่เกิน 10,000 บาท’ พร้อมวาดรูปและอธิบายขั้นตอนของเกม

1. เกมของฉันเกี่ยวกับ.....
2. ความรู้ที่ฉันใช้ในการออกแบบเกม.....
3. ระบุปัญหาของเกม/วิธีแก้ไขในเกม.....
4. วางแผนการออกแบบเกม.....

คำอธิบาย เขียนเหตุการณ์ในเกมที่สำคัญตามลำดับ	รูปภาพ วาดลักษณะของเหตุการณ์ในเกม
ตอนที่ 1	
ตอนที่ 2	
ตอนที่ 3	
ตอนที่ 4	

เมื่อสร้างแบบวัดในการคิดเชิงคำนวณแล้วจึงนำแบบวัดดังกล่าวไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบวัดรายข้อด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยง แล้วนำมาตรวจสอบความเป็นปรนัย และตรวจสอบความเที่ยงแบบความเท่าเทียมกันของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน (ตรวจสอบความเป็นคู่ขนาน) โดยการหาความเชื่อมั่นจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient=0.734) จากการทดสอบพบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันระดับปานกลาง

3. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่หนึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง ซึ่งเป็นการแนะนำเรื่องที่เรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน และการเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบสอบถามก่อนเรียนเป็นเวลา 50 นาที ระยะที่สองเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง ซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ด้วยแผน

การจัดการเรียนรู้ 17 แผนการเรียนรู้ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 มกราคม 2564-5 เมษายน 2564 และระยะที่สามเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง ซึ่งจะเก็บข้อมูลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบสอบถามหลังเรียนเป็นเวลา 50 นาที

4. การวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติ Dependent Samples t-test และ Independent Samples t-test โดยใช้โปรแกรมสถิติเพื่อสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Sciences: SPSS)

ผลการวิจัย (Results)

ผลการศึกษางานวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนประถมศึกษาชั้นปีที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

Table 2 The results of mean score comparison by group

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

	N	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	p
กลุ่มทดลอง	30	32	18.700	5.961	8.133	.000*
กลุ่มปกติ	30	32	10.567	4.207		

*p<.05

จาก Table 2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเท่ากับ 18.700 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.961 และค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติเท่ากับ 10.567 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.207 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p=.000) ซึ่งนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Table 3 The results of mean score items comparison by groups

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณรายข้อหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

ข้อที่		N	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	P
1. การวัดกระบวนการ							
1.1 การระบุข้อมูลจากปัญหา	กลุ่มทดลอง	30	4	3.333	0.994	1.267	.000*
	กลุ่มปกติ	30	4	2.067	0.740		
1.2 การอธิบายวิธีการแก้ปัญหา	กลุ่มปกติ	30	4	2.000	1.203	1.100	.000*
	กลุ่มทดลอง	30	4	0.900	0.923		
1.3 การระบุข้อมูลที่สำคัญจากปัญหา	กลุ่มทดลอง	30	4	1.733	1.461	1.400	.000*
	กลุ่มปกติ	30	4	0.333	0.661		
1.4 การอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหา	กลุ่มทดลอง	30	4	2.433	1.654	2.100	.000*
	กลุ่มปกติ	30	4	0.333	0.802		
1.5 การแสดงผลการแก้ปัญหา	กลุ่มทดลอง	30	4	1.067	1.230	0.800	.003*
	กลุ่มปกติ	30	4	0.267	0.828		
2. การวัดผลงาน	กลุ่มทดลอง	30	4	2.700	0.702	0.500	.039*
	กลุ่มปกติ	30	4	2.200	1.349		
3. การวัดผลงาน	กลุ่มทดลอง	30	4	3.567	0.728	0.567	.021*
	กลุ่มปกติ	30	4	3.000	1.287		
4. การวัดผลงาน	กลุ่มทดลอง	30	4	1.867	0.819	0.400	.045*
	กลุ่มปกติ	30	4	1.467	0.973		

จาก Table 3 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณรายข้อหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งโดยภาพรวมนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทุกข้อหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนมากที่สุด คือ การระบุข้อมูลของปัญหา และองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนน้อยที่สุด คือ การแสดงผลการแก้ปัญหา

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน

Table 4 The result of mean score comparison by groups

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน

	N	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	p
หลังเรียน	30	32	18.700	5.961	10.516	.000*
ก่อนเรียน	30	32	8.184	6.006		

* $p < .05$

จาก Table 4 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเท่ากับ 18.700 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.961 และค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนเท่ากับ 8.184 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.006 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนน

หลังเรียนและก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) ซึ่งนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Table 5 The results of mean Score items comparison by groups

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงคำนวณรายข้อของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานก่อนเรียนและหลังเรียน

ข้อที่		N	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	P
1. การวัดกระบวนการ							
1.1 การระบุข้อมูลจากปัญหา	หลังเรียน	30	4	3.333	0.994	1.297	.000*
	ก่อนเรียน	30	4	2.036	1.938		
1.2 การอธิบายวิธีการแก้ปัญหา	หลังเรียน	30	4	2.000	1.203	1.893	.000*
	ก่อนเรียน	30	4	0.107	0.304		
1.3 การระบุข้อมูลที่สำคัญจากปัญหา	หลังเรียน	30	4	1.733	1.460	1.197	.001*
	ก่อนเรียน	30	4	0.536	1.159		
1.4 การอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหา	หลังเรียน	30	4	2.433	1.654	0.683	.046*
	ก่อนเรียน	30	4	1.750	1.774		
1.5 การแสดงผลการแก้ปัญหา	หลังเรียน	30	4	1.067	1.230	0.817	.001*
	ก่อนเรียน	30	4	0.250	0.500		
2. การวัดผลงาน	หลังเรียน	30	4	2.700	0.702	1.557	.000*
	ก่อนเรียน	30	4	1.143	0.680		
3. การวัดผลงาน	หลังเรียน	30	4	3.567	0.728	2.031	.000*
	ก่อนเรียน	30	4	1.536	1.712		
4. การวัดผลงาน	หลังเรียน	30	4	1.867	0.819	1.041	.000*
	ก่อนเรียน	30	4	0.826	1.146		

จาก Table 5 ค่าเฉลี่ยคะแนนรายข้อหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานหลังเรียนและก่อนเรียนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งโดยภาพรวมค่าเฉลี่ยคะแนนรายข้อหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนรายข้อก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนมากที่สุด คือ การระบุข้อมูลของปัญหา และองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนน้อยที่สุด คือ การแสดงผลการแก้ปัญหา

3. ผลการศึกษาพัฒนาการในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน โดยสังเกตจากการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้และการทำแบบฝึกการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการศึกษาให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การระบุข้อมูลจากปัญหา (Decomposition) การอธิบายวิธีการแก้ปัญหา (Pattern recognition) การระบุข้อมูลที่สำคัญจากปัญหา (Abstraction) การอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหา (Algorithm) และการแสดงผลการแก้ปัญหา (Evaluation) ดังนี้

3.1 การระบุข้อมูลจากปัญหาเป็นการระบุรายละเอียดหรือข้อมูลจากปัญหา ซึ่งจากการสังเกตพบว่าในช่วงแรกนักเรียนยังไม่สามารถระบุรายละเอียดของปัญหาที่ครูกำหนดให้ได้ ดังนั้น ครูจึงต้องแสดงตัวอย่างการระบุข้อมูลของปัญหาที่ได้รับ โดยเริ่มจากการพิจารณาปัญหา แล้ววิเคราะห์ว่าในปัญหานั้นมีข้อมูลใดที่น่าจะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา หลังจากนั้นก็ในช่วงสัปดาห์ที่สี่ นักเรียนสามารถระบุข้อมูลของปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งในช่วงนี้ครูจะใช้คำถามและให้นักเรียนช่วยกันเสนอความคิดเห็น จากนั้นจึงร่วมกันพิจารณาว่าคำตอบที่ได้รับเหมาะสมหรือไม่ และในช่วงหลังนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุรายละเอียดของปัญหาได้ด้วยตนเอง แต่ยังมีบางส่วนที่ยังไม่สามารถระบุรายละเอียดของปัญหาทั้งหมดได้

3.2 การพิจารณาลักษณะของปัญหาเป็นการระบุอธิบาย ความสัมพันธ์หรือความเหมือนของปัญหาที่กำหนดให้จากการสังเกตพบว่าในช่วงแรก ครูต้องแสดงตัวอย่างตัวอย่างความสัมพันธ์ของข้อมูล เช่น การเพิ่มขึ้น การลดลง และพิจารณาว่าควรจะใช้วิธีการใดเพื่อให้สอดคล้องกับความสัมพันธ์ในปัญหา หลังจากนั้นนักเรียนส่วนใหญ่จึงสามารถบอกได้ว่าแนวโน้มปัญหาที่เกิดขึ้นมีลักษณะอย่างไรและสามารถระบุว่าการใดใช้ในการแก้ปัญหาได้ แต่ในช่วงนี้นักเรียนยังไม่สามารถเขียนอธิบายให้เข้าใจ และในระยะหลังนักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของปัญหาที่กำหนดให้ได้

3.3 การระบุข้อมูลที่สำคัญของปัญหาที่กำหนดเป็นการบอกรายละเอียดที่สำคัญ โดยไม่ให้ความสนใจข้อมูลที่ไม่จำเป็น จากการสังเกตพบว่า ในช่วงแรกนักเรียนยังไม่สามารถบอกข้อมูลที่สำคัญของปัญหาที่จะส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาได้ ครูจึงแสดงตัวอย่างโดยพิจารณาข้อมูลทั้งหมดและอธิบายว่าข้อมูลใดสำคัญ หลังจากนั้นครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่าข้อมูลใดน่าจะมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาและให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบพร้อมให้คำแนะนำกับนักเรียนบางส่วนที่ยังขาดความเข้าใจ และในระยะหลังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อมูลที่สำคัญในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง แต่มีบางส่วนที่เขียนอธิบายไม่เข้าใจและขาดรายละเอียด

3.4 การอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาเป็นการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากขั้นแรกและสิ้นสุดที่ขั้นสุดท้าย จากการสังเกตพบว่าในช่วงแรกนักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่าจะต้องทำอะไรเป็นลำดับแรกและขั้นตอนต่อไปควรจะทำอะไร หลังจากนั้นครูจึงให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาในรูปแบบที่ครูกำหนดให้ พร้อมแนะนำการเขียนรายละเอียดเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และในระยะหลังนักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำรูปแบบดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับความถนัดของตนเอง ซึ่งมีทั้ง

การเขียนอธิบายหรือการวาดภาพประกอบ แต่จากการสังเกตเพิ่มเติมพบว่านักเรียนยังขาดการอธิบายรายละเอียดเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

3.5 การประเมินผลการแก้ปัญหาเป็นการแสดงผลการแก้ปัญหาและเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้วิธีแก้ปัญหากับปัญหาอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จากการสังเกตพบว่าในช่วงแรกนักเรียนสามารถนำข้อความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะแตกต่างกันที่ระยะเวลาในการแก้ปัญหา หลังจากนั้นพบว่านักเรียนบางส่วนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วขึ้น โดยเลือกใช้วิธีการที่รวดเร็วกว่า ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นผลมาจากการสังเกตแนวทางการแก้ปัญหาจากปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน และในระยะหลังนักเรียนส่วนใหญ่สามารถแก้ไขปัญหาก็ได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากเกิดทักษะการสังเกตและการพิจารณาปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาอื่นๆ แต่ในระยะนี้ยังพบว่า นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ใช้ระยะเวลานานในการทำกิจกรรม

■ อภิปรายผล (Discussions)

การศึกษางานวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนประถมศึกษา ผู้วิจัยได้นำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. การที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องมาจากสาเหตุดังนี้

ประการที่หนึ่ง นักเรียนเกิดแรงกระตุ้นภายในและภายนอกในการทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งแรงจูงใจภายในที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ได้แก่ นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมและตอบคำถาม มีความสนใจในการร่วมกิจกรรมมากขึ้น รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกในกลุ่มเพิ่มขึ้น ในขณะที่กลุ่มปกติจะแสดงความสนใจในการจัดการเรียนรู้น้อยกว่าและบางครั้งจะมีนักเรียนส่งเสียงรบกวนหรือมีกิจกรรมส่วนตัวในระหว่างการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งนักเรียนไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนในห้องเนื่องจากกิจกรรมส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมเดี่ยวและกลุ่มที่ไม่เน้นการแก้ปัญหาร่วมกัน และแรงจูงใจภายนอก ได้แก่ การแข่งขันและรางวัลที่จะได้รับ ซึ่งเป็นผลมาจากการทำกิจกรรมกลุ่มโดยมีการจัดลำดับนักเรียนด้วยตัวเดินในกระดานสำหรับทำกิจกรรมหรือนักเรียนที่หาแนวทางการแก้ปัญหาได้รวดเร็วเพื่อให้ตนเองประสบความสำเร็จในเกม ทำให้นักเรียนมีโอกาสร่วมกันมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการจัดลำดับคะแนนเป็น

กลุ่มด้วย โดยกลุ่มที่ทำเสร็จรวดเร็วที่สุดหรือหาแนวทางการแก้ปัญหาได้เร็วที่สุดจะเป็นผู้ชนะและได้รับรางวัลจากการแข่งขัน ซึ่งจากข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Josiek et al. (2021) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสร้างทำให้มีแรงจูงใจและใช้เวลาในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น และนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hartt et al. (2020) ที่กล่าวถึงผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดดังกล่าวจะส่งผลต่อความต้องการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเป็นธรรมชาติ เนื่องมาจากการกระตุ้นแรงจูงใจภายในและภายนอก

ประการที่สอง การกระตุ้นการมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนส่งผลให้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีความกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมเดี่ยวและกลุ่มมากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อีกทั้งยังใช้เวลาในการร่วมกิจกรรมมากขึ้น ซึ่งจากข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chang et al. (2017) ที่กล่าวถึงผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ว่าแนวคิดดังกล่าวส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Magno de Jesús and Silveira (2021) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมจะกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น

ประการที่สาม การสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่สนุกส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจในการร่วมกิจกรรมและมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้มากขึ้น นักเรียนให้ความร่วมมือในกิจกรรม กล้าแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ และมีความรู้สึกผ่อนคลาย และนักเรียนมีโอกาสทำกิจกรรมด้วยตนเอง จากข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chang et al. (2017) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานว่าช่วยเพิ่มความสนุกในการเรียนรู้ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความอยากเรียนรู้และได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีมากยิ่งขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ López-Fernández Gordillo et al. (2021) ซึ่งกล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ตื่นเต้นและสนุกสนาน

ประการที่สี่ การส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณอย่างเป็นธรรมชาติด้วยการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ในเกมมากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยครูออกแบบปัญหาหรือสถานการณ์ในเกมให้สอดคล้องกับบทเรียน เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้รับในการแก้ปัญหาที่กำหนด เพื่อให้สถานการณ์ที่เผชิญอยู่ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kuo and Hsu (2020) ซึ่งกล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานส่งผลต่อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ

อย่างมีประสิทธิภาพและยังส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนอีกด้วย

2. การที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีค่าเฉลี่ยของคะแนนรายข้อหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องมาจากสาเหตุ ดังนี้

ประการที่หนึ่ง การพัฒนากระบวนการคิดเชิงเหตุผลส่งผลให้นักเรียนสามารถพิจารณาแนวทางการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ได้รับว่ามีความสมเหตุสมผลและเหมาะสมหรือไม่ หากแนวทางแก้ไขที่นักเรียนเลือกใช้ไม่เหมาะสมกับคุณลักษณะของปัญหา นักเรียนจึงสามารถเปลี่ยนวิธีแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการหาคำตอบที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของงานวิจัยของ Hsieh et al. (2016) ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและส่งเสริมให้นักเรียนหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว

ประการที่สอง แนวทางในการออกแบบเกมสำหรับการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาการคิดเชิงคำนวณได้คำนึงถึงสาระสำคัญของการออกแบบเกม ได้แก่ ประเด็นที่หนึ่งตระหนักถึงจุดประสงค์ของการเล่นเกม ประเด็นที่สอง คือ การตั้งกติกาและวิธีการเล่นอย่างชัดเจน ประเด็นที่สาม คือ สร้างเหตุการณ์หรือเรื่องราวที่ก่อให้เกิดความสงสัยและท้าทายความสามารถของนักเรียน ประเด็นที่สี่ คือ ออกแบบให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด และประเด็นที่ห้า คือ การออกแบบเกมควรคำนึงถึงการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เล่นและส่งเสริมกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

ประเด็นที่หนึ่ง คือ การตระหนักถึงจุดประสงค์ของการเล่นเกมทำให้การออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้ทั้งข้อความรู้และความสนุก ซึ่งส่งผลให้นักเรียนอยากมีส่วนร่วมในกิจกรรม ตระหนักถึงความสำคัญของการใช้เกมนอกจากความสนุกสนาน เช่น ในเกมการเดินทางในฤดูหนาว เป็นเกมที่เกี่ยวกับการเรียงลำดับตัวเลขจากมากไปน้อย นักเรียนจะทราบถึงจุดประสงค์ของเกมก่อนจะเริ่มทำกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการใช้เกมดังกล่าวพร้อมกับได้รับความสนุกสนาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Intasara (2019) ที่กล่าวถึงการออกแบบเกมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ว่ามีประสิทธิภาพว่าการออกแบบเกมต้องมีเป้าหมายที่ชัดเจนจึงส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายที่ครูต้องการ

ประเด็นที่สอง คือ การตั้งกติกาและวิธีการเล่นอย่างชัดเจนส่งผลให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้อย่างราบรื่น รวมถึงการสาธิตให้นักเรียนดูวิธีการเล่นก่อนเริ่มกิจกรรมเพื่อลดปัญหาระหว่างการทำกิจกรรมลงและเพิ่มเวลาในการเล่นมากยิ่งขึ้น รวมถึงทำให้ครูสามารถประเมินความสามารถของนักเรียน เช่น การเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามก่อนทำ

กิจกรรม หรือการอธิบายซ้ำเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bado (2019) ที่กล่าวถึงการอธิบาย กติกาและวิธีการเล่นอย่างชัดเจนว่าการอธิบาย การสาธิต การทดลองเล่น หรือการแจกใบกิจกรรมจะทำให้เกิดนักเรียนเกิดความเข้าใจ ทั้งนี้ครูยังสามารถประเมินความรู้พื้นฐานสำหรับ กิจกรรมได้

ประเด็นที่สาม คือ สร้างเหตุการณ์ ปัญหา หรือเรื่องราว ที่ก่อให้เกิดความสงสัยและท้าทายความสามารถของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนสนใจกิจกรรมการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น กล่าวตั้งคำถาม กล่าวแสดงความคิดเห็น บอกความรู้สึกของตนเองที่ได้ทำกิจกรรมดังกล่าว แล้วค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อให้สถานการณ์ในเกมดีขึ้นด้วยการประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์ของตนเอง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นพื้นฐานของการคิดเชิงคำนวณ (Teixeira et al., 2020) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kiili (2005) ที่กล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบเกมการสอน เพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จควรเพิ่มเรื่องราวในเกม เป็นการสร้างเรื่อง เหตุการณ์หรือภารกิจในกิจกรรมการเรียนรู้

ประเด็นที่สี่ คือ ออกแบบให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด ส่งผลให้เกิดปัญหาระหว่างการทำกิจกรรมน้อยลงและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำกิจกรรม ซึ่งในการออกแบบเกม เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น หลังจากครูสร้างเกม เรียบร้อยแล้ว จึงมีการทดลองใช้เกมเพื่อหาข้อผิดพลาดของเกมนั้นๆ และแก้ไข ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Qian and Clark (2016) ซึ่งถึงการออกแบบเกมให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุดจะส่งผลให้ครูสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มความสำเร็จในการเรียนรู้ของนักเรียน

ประเด็นที่ห้า คือ การออกแบบเกมควรคำนึงถึงการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เล่นและส่งเสริมกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม กล่าวคือ ครูออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนมีโอกาสทำงานเป็นกลุ่ม อย่างอิสระและให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ ในการทำกิจกรรมกลุ่มโดยมีทั้งให้นักเรียนเลือกสมาชิกเองและครูเป็นผู้เลือกพบว่านักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น เพิ่มแรงจูงใจในการเรียน แสดงความคิดเห็น ปรัชญา ตั้งคำถามในสิ่งที่ตนเองไม่เข้าใจหรือสงสัย รวมทั้งร่วมกันหาวิธีการเล่นหรือแข่งขันเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของเกม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hartt et al. (2020) ที่กล่าวถึงอิทธิพลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานว่าส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ส่งเสริมกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น รวมทั้งเพิ่มการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนในขณะทำกิจกรรม

ประการที่สาม การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเน้นให้นักเรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้และพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับหลักการการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติของ

เพียเจต์ (Borges et al., 2017) รวมถึงเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการลองผิดลองถูกเพื่อใช้ข้อความรู้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ ส่งผลให้เกิดความรู้ความเข้าใจในบทเรียนอย่างลึกซึ้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saxena et al. (2020) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้แก้ปัญหาด้วยการลองผิดลองถูกด้วยตนเอง จะส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถ และเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีพัฒนาการในการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้น เนื่องมาจากสาเหตุดังนี้

ประการที่หนึ่ง นักเรียนพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในเกมที่กำหนดให้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ เนื่องจากการออกแบบให้สถานการณ์มีข้อมูลที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนพิจารณาและจำแนกข้อมูลออกเป็นส่วน หารูปแบบหรือลักษณะของปัญหา เพื่อพิจารณาแนวโน้มการแก้ปัญหา แล้วนักเรียนจึงระบุข้อมูลใดเป็นข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นในการแก้ปัญหา จากนั้นนักเรียนจึงออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ และจึงนำวิธีดังกล่าวไปทดลองใช้เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น จากข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Magno de Jesus and Silveira (2021) ซึ่งกล่าวว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเป็นการจำลองสถานการณ์ที่มีปัญหาในเกมเพื่อให้ผู้เล่นทำให้สถานการณ์ในเกมดีขึ้น โดยใช้ความรู้ที่จำเป็นเพื่อสร้างวิธีแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเรียนรู้กระบวนการทำงานร่วมกัน กระบวนการแก้ปัญหา การทดสอบสมมติฐาน และการมีส่วนร่วมในการอภิปราย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hooshyar et al. (2021) ซึ่งศึกษาผลของการใช้เกมที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณว่าช่วยสร้างเสริมแรงจูงใจให้นักเรียนพัฒนากระบวนการแก้ปัญหา

ประการที่สอง นักเรียนเรียนรู้ข้อผิดพลาดและนำปรับปรุงเพื่อให้ได้วิธีการหรือผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณด้านการประเมินผล (Evaluation) จากการสังเกตพบว่า ในรอบแรกของการเล่นเกม นักเรียนสามารถทำตามกติกาที่กำหนดไว้ค่อนข้างช้าและขาดการวางแผนในการเล่นเพื่อให้ตนเองประสบความสำเร็จหรือเป็นผู้ชนะในเกม เมื่อนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มเริ่มเล่นในครั้งที่สอง พบว่า นำข้อผิดพลาดมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อวางแผนการทำกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Plass et al. (2015) ซึ่งกล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานทำให้เกิดการเรียนรู้จากข้อผิดพลาดขณะใช้เกมที่จะส่งผลให้นักเรียนนำข้อผิดพลาดนั้นไปแก้ไขหรือนำความรู้ใหม่มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาเดิมหรือปัญหาใหม่ได้

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

1. ควรพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคำนวณในวิชาคณิตศาสตร์นอกเหนือจากสาระการเรียนรู้จำนวนและตัวเลข
2. ควรพัฒนาเกมเพื่อให้สามารถใช้ได้ในการจัดการเรียนรู้หลายๆ เรื่อง เพื่อลดต้นทุนในการศึกษาวิจัยและยังเป็นประโยชน์ต่อโรงเรียนที่มีงบประมาณจำกัด
3. ควรมีการศึกษาวิจัยการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในระดับอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง (References)

- Allsop, Y. (2019). Assessing computational thinking process using a multiple evaluation approach. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 30-55. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.004>
- Al Azawi, R., Bulshi, M., & Farsi, F. (2016). Educational gamification vs. game based learning: Comparative study. *International Journal of Innovation, Management and Technology (IJIMT)*, 7, 131-136. <https://doi.org/10.18178/ijimt.2016.7.4.659>
- Bado, N. (2019). Game-based learning pedagogy: A review of the literature. *Interactive Learning Environments*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1683587>
- Borges, K. S., Menezes, C. S. d., & Fagundes, L. D. C. (2017, October 18-21). *The use of computational thinking in digital fabrication projects a case study from the cognitive perspective* [Paper presentation]. The 2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Indianapolis, IN, USA. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/FIE.2017.8190654>
- Boticki, I., Pivalica, D., & Seow, P. (2018, June 14-16). *The use of computational thinking concepts in early primary school* [Paper presentation]. The International Conference on Computational Thinking Education 2018, Hong Kong, Kina. <https://www.bib.irb.hr/930955>
- Chang, C.-C., Liang, C., Chou, P.-N., & Lin, G.-Y. (2017). Is game-based learning better in flow experience and various types of cognitive load than non-game-based learning? Perspective from multimedia and media richness. *Computers in Human Behavior*, 71, 218-227. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.031>
- Chen, Y.-C. (2017). Empirical study on the effect of digital game-based instruction on students' learning motivation and achievement. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3177-3187. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00711a>
- Del Moral Prez, M., Guzmán Duque, A., & Fernández Garca, L. (2018). Game-based learning: Increasing the logical-mathematical, naturalistic, and linguistic learning levels of primary school students. *Journal of New Approaches in Educational Research (NAER Journal)*, 7(1), 31-39.
- Daungjun, S. (2018). *Effects of using stem education in physics on computational thinking ability of upper secondary school students* [Master's thesis]. Chulalongkorn University.
- Falloon, G. (2016). An analysis of young students' thinking when completing basic coding tasks using Scratch Jr. On the iPad. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(6), 576-593. <https://doi.org/10.1111/jcal.12155>
- Hartt, M., Hosseini, H., & Mostafapour, M. (2020). Game on: Exploring the effectiveness of game-based learning. *Planning Practice & Research*, 35(5), 589-604. <https://doi.org/10.1080/02697459.2020.1778859>
- Hooshyar, D., Malva, L., Yang, Y., Pedaste, M., Wang, M., & Lim, H. (2021). An adaptive educational computer game: Effects on students' knowledge and learning attitude in computational thinking. *Computers in Human Behavior*, 114, Article 106575. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106575>
- Hsieh, Y.-H., Lin, Y.-C., & Hou, H.-T. (2016). Exploring the role of flow experience, learning performance and potential behavior clusters in elementary students' game-based learning. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 178-193. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.834827>
- Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296-310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Imcham, S. (2018). *Effects of online scaffolding chatbot on computational thinking of tenth grade students with different personalities* [Master's thesis]. Chulalongkorn University.
- Intasara, W. (2019). *Game based learning the latest trend education 2019*. WBSC-LMS. https://wbsc.dusit.ac.th/pluginfile.php/534/mod_forum/attachment/4320/GBL%20DOC.pdf
- Jantarasena, V., & Asanok, M. (2020). The effects of blended learning using visual programming to promote computational thinking, learning achievement and programming ability for primary 4 students. *Journal of Legal Entity Management and Local Innovation*, 6(2), 1-13.
- Jantima, P., & Sithsungnoen, C. (2017). Authentic learning for development of mathematics problem solving ability of third grade students. *Journal of Education Silakorn University*, 15(1), 78-88. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/suedujournal/article/view/174837/125150>
- Josiek, S., Schleier, S., Steindorf, T., Wittrn, R., Heinzig, M., Roschke, C., Tolkmitt, V., & Ritter, M. (2021, June 5-12). *Game-based learning using the example of finanzmars* [Paper presented]. The 2020 6th IEEE Congress on Information Science and Technology (CiST), Agadir-Essaouira, Morocco. <https://doi.org/10.1109/CiST49399.2021.9357296>
- Kazimoglu, C., Kiernan, M., Bacon, L., & Mackinnon, L. (2012). A serious game for developing computational thinking and learning introductory computer programming. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 47, 1991-1999. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.938>
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and Higher Education*, 8(1), 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.12.001>
- Kuo, W.-C., & Hsu, T.-C. (2020). Learning computational thinking without a computer: How computational participation happens in a computational thinking board game. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 67-83. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00479-9>
- Law, B. (2016, October 6-7). *Puzzle games: A metaphor for computational thinking* [Paper presented]. 10th European Conference on Games Based Learning: ECGBL 2016, Paisley, Scotland.
- Lockwood, J., & Mooney, A. (2017). Computational thinking in education: Where does it fit? A systematic literary review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 1(2). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.07659>
- López-Fernández, D., Gordillo, A., Alarcón, P. P., & Tovar, E. (2021). Comparing traditional teaching and game-based learning using teacher-authored games on computer science education. *IEEE Transactions on Education*, 64(4), 367-373. <https://doi.org/10.1109/TE.2021.3057849>
- Magno de Jesus, A., & Silveira, I. F. (2021). Gamebased collaborative learning framework for computational thinking development. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 99, 113-123. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20200690>
- Piaget, J. (1976). Piaget's theory. In B. Inhelder, H. H. Chipman, & C. Zwingmann (Eds.), *Piaget and his school: A reader in developmental psychology* (pp. 11-23). Springer Berlin Heidelberg.
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258-283. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior*, 63, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.023>
- Qualls, J., & Sherrell, L. (2010). Why computational thinking should be integrated into the curriculum. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 25, 66-71.
- Rijke, W., Bollen, L., Eysink, T., & Tolboom, J. (2018). Computational thinking in primary school: An examination of abstraction and decomposition in different age groups. *Informatics in Education*, 17(1), 77-92. <https://doi.org/10.15388/infedu.2018.05>
- Sakudomsap, S., & Laisema, S. (2019). *The effect of using augmented reality with KDL learning activities on the ability of mathematics problems solving for Prathomsuksa Three Students* [Master's thesis]. Silpakorn University.

- Saxena, A., Lo, C. K., Hew, K. F., & Wong, G. K. W. (2020). Designing unplugged and plugged activities to cultivate computational thinking: an exploratory study in early childhood education. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 55-66. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00478-w>
- Shi, Y.-R., & Shih, J.-L. (2015). Game factors and game-based learning design model. *International Journal of Computer Games Technology*, Article 549684. <https://doi.org/10.1155/2015/549684>
- Siegler, R. S. (1994). Cognitive variability: A key to understanding cognitive development. *Current Directions in Psychological Science*, 3(1), 1-5. <http://www.jstor.org/stable/20182248>
- Smith, M. (2016). *Computer science for all*. the WHITE HOUSE PRESIDENT BARACK OBAMA. <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>
- Sneider, C., Stephenson, C., Schafer, B., & Flick, L. (2014). Computational thinking in high school science classrooms. *The Science Teacher*, 81(5), 53-59.
- Teixeira, S., Barbosa, D., Araújo, C., & Henriques, P. (2020). *Improving game-based learning experience through game appropriation* [Paper presentation]. International Computer Programming Education Conference (ICPEC 2020). Germany.
- Tripathi, P. N. (2009, January 5-9). *Problem solving in mathematics: A tool for cognitive development* [Paper presentation]. Proceedings of epiSTEME3, Mumbai, India. http://web.gnowledge.org/episteme3/pro_pdfs/27-tripathi.pdf
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2018). *Computing science teacher guides*. The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. <http://oho.ipst.ac.th/cs-curriculum-teacher-guide/>
- Wing, J. M. (2012). *Computational thinking*. Microsoft. https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2012/08/Jeanette_Wing.pdf
- Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2014). Computational thinking in elementary and secondary teacher education. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1145/2576872>