

การพัฒนาเกมกระดานสำหรับการเรียนรู้โน้ตศทางคณิตศาสตร์

The Development of a Board Game for Mathematical Conceptual Learning

กิตติพันธ์ วิบูลศิลป์^{1,*}, สิริมา ศิริฤกษ์² และ ชิดษานุชา บุญประสารฤทธิ์³

Kittiphan Wiboonsin^{1,*}, Sirima Sirileak² and Chidsanucha Bunprasanrit³

(วันรับบทความ : 10 เมษายน 2568/วันแก้ไขบทความ : 21 กรกฎาคม 2568/วันตอบรับบทความ : 30 กรกฎาคม 2568)

(Received Date : Apr 10th, 2025, Revised Date : Jul 21st, 2025, Accepted Date: Jul 30th, 2025)

บทคัดย่อ

เกมทางคณิตศาสตร์ศึกษาเป็นสื่อการเรียนรู้ที่มีจุดประสงค์หลักสำหรับใช้ในการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างเฉพาะเจาะจงโดยเน้นการแสดงข้อเท็จจริง ธรรมชาติ รูปแบบ หรือความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปใช้เป็นฐานในการคิดสำหรับสร้างความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเกมทางคณิตศาสตร์ศึกษาอย่างแพร่หลายทั้งจากครู อาจารย์ และ นักการศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกมที่มีจุดประสงค์หลักในการทบทวนเนื้อหาที่ได้เรียนมาแล้วเพื่อสร้างความเชี่ยวชาญในการคำนวณ แต่เกมที่น่าไปใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมยังมีอยู่อย่างจำกัด เนื่องจากเกมในลักษณะนี้มีขั้นตอนการพัฒนาที่ค่อนข้างซับซ้อนและมีรายละเอียดที่ต้องคำนึงถึงในระหว่างการพัฒนาในหลากหลายแง่มุม บทความนี้มีจุดมุ่งหมายในการนำเสนอกระบวนการพัฒนาเกมกระดานที่เน้นให้นักเรียนเรียนรู้แนวคิดทางคณิตศาสตร์จากสื่อรูปธรรมไปสู่แนวคิดเชิงนามธรรม กระบวนการพัฒนาเกมที่น่าเสนอในบทความนี้เกิดจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกมทางการศึกษาและเกมในเชิงพาณิชย์แล้วดัดแปลงสาระสำคัญในบางขั้นตอนเพื่อให้สามารถพัฒนาเกมได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

คำสำคัญ : เกมกระดานทางการศึกษา การพัฒนาเกมทางการศึกษา การเรียนรู้โน้ตศทางคณิตศาสตร์

^{1,2,3} คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{1,2,3} Faculty of Education and Development Sciences, Kasetsart University

* ผู้ติดต่อหลัก Email: kittiphan.wi@ku.th

* Corresponding author Email: kittiphan.wi@ku.th

Abstract

Mathematics educational games are learning tools with the primary purpose of helping students learn a specific topic, focusing on presenting mathematical facts, nature, patterns, or relationships. Students can gain mathematical experiences that serve as a foundation for thinking and building mathematical knowledge and skills. Currently, mathematical educational games are being widely developed by teachers, professors, and educators. Most of these games focus on reviewing previously learned content to develop calculation proficiency. However, games used as tools to support learning mathematics and developing abstract mathematical concepts are still limited because such games require a complex development process with many factors to consider during development. This article aims to present the process of developing a board game that emphasizes helping students learn mathematical concepts from concrete media to abstract ideas. The game development process presented in this article is based on a review of relevant literature on educational and commercial game development, with modifications to some essential steps to develop a game that aligns with the desired objectives.

Keyword : Educational Board Games, Educational Games Development, Mathematical Concept Learning

บทนำ

ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner, 1966) เป็นแนวคิดหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในการอ้างอิงเกี่ยวกับการเรียนรู้โนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับการนำเสนอแนวคิดใหม่ให้กับผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านรูปแบบการสอน 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการมีประสบการณ์ตรงและสื่อรูปธรรม (enactive representation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมทางกายภาพโดยการสัมผัสกับวัตถุหรือสิ่งของที่มีความเป็นรูปธรรมเพื่อสร้างรูปแบบความสัมพันธ์ของแนวคิด 2) ขั้นการใช้ภาพเป็นสื่อ (iconic representation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนทำความเข้าใจแนวคิดโดยใช้สื่อทางสายตาในรูปแบบรูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ หรือสื่อในรูปแบบอื่นใดที่นำมาใช้เป็นตัวแทนสื่อรูปธรรมเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดระหว่างสื่อที่มีความเป็นรูปธรรมและแนวคิดเชิงนามธรรม และ 3) ขั้นการใช้สัญลักษณ์และภาษา (symbolic representation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนคิดและทำความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรม สามารถใช้สัญลักษณ์หรือภาษาในการสื่อสารความหมายและความสัมพันธ์ของแนวคิดได้ โดยเกมทางคณิตศาสตร์ศึกษาเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์และสามารถเข้าถึงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายยิ่งขึ้น การออกแบบเกมทางคณิตศาสตร์ศึกษาจะอ้างอิงตามหลักการและทฤษฎีทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องเป็นหลัก เพื่อให้เกมสามารถสื่อสารองค์ความรู้ผ่านกลไกเกมได้อย่างเหมาะสม

นักเรียนจะสามารถสร้างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์จากการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ การประเมินค่า และการตัดสินใจ ผ่านสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีความเป็นพลวัตซึ่งนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับองค์ประกอบของเกมและนักเรียนคนอื่นในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เดียวกันได้ เกมที่ออกแบบมาอย่างเหมาะสมจะช่วยสร้างแรงจูงใจ เพิ่มประสิทธิภาพในการจดจำ และส่งเสริมเข้าใจโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในเชิงลึกให้กับนักเรียน (Sedig, 2008) รวมถึง สร้างประสบการณ์ในการสำรวจโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นธรรมชาติ (Ke, 2011) โดยเกมการศึกษาที่ส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีคุณค่าควรมีลักษณะดังนี้

1) ส่งเสริมการคิดทางคณิตศาสตร์ในเชิงลึก เกมควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการคิดทั้งการคิดวิเคราะห์และการคิดเชิงกลยุทธ์เพื่อตัดสินใจและวางแผนการเล่นของตนเองให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดสภาพแวดล้อมของเกม ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการประเมินและการตัดสินใจในแต่ละสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปในช่วงการเล่นเกม (Russo et al., 2022; Jimenez-Silva et al., 2010) การออกแบบเกมจึงต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของเกมที่จะส่งผลต่อการใช้ทักษะและการใช้โชคในการบรรลุเป้าหมายของเกมในสัดส่วนที่สมดุลกัน เพราะจะทำให้นักเรียนที่มีระดับความสามารถที่แตกต่างกันมีโอกาสชนะได้อย่างเท่าเทียมและช่วยให้นักเรียนรู้จักทดลองผิดถูกและกล้าตัดสินใจ (Gee, 2003) สำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษา เกมมีส่วนสำคัญในการสร้างความเข้าใจในโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมผ่านการเล่นเกมโดยใช้อุปกรณ์ที่มีความเป็นรูปธรรม นักเรียนจะได้ทดลองผิดถูกในช่วงการเล่นและครูจะเป็นผู้ชี้แนะและขยายความผลลัพธ์ที่เกิดจากการกระทำของนักเรียน (Hassinger-Das et al., 2020)

2) สอดคล้องกับหลักสูตรและเชื่อมโยงกับโลกจริง เกมควรได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับการเรียนรู้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างเฉพาะเจาะจงและมีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรทั้งในรูปแบบของการจัดกิจกรรมในห้องเรียนและการจัดกิจกรรมเสริมนอกห้องเรียน เพื่อให้ นักเรียนสามารถนำประสบการณ์ที่ได้รับจากการเล่นเกมไปเชื่อมโยงกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรได้ (Russo et al., 2022) นอกจากนี้ เกมที่ใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในห้องเรียนกับคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของการนำความรู้คณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (Jimenez-Silva et al., 2010)

3) ส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ เกมที่ออกแบบให้ผู้เล่นมีปฏิสัมพันธ์กันทั้งแบบร่วมมือและแบบแข่งขันจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันจากการพูดคุย การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การโต้แย้ง และการแก้ปัญหาร่วมกัน (Russo et al., 2022) ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของตนเอง (Jimenez-Silva

et al., 2010) นอกจากนี้ การใช้เกมเป็นเครื่องมือในการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมชั้นยังช่วยพัฒนาทักษะทางด้านสังคม เช่น การรอรอบการเล่นของตนเอง การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และการสื่อสารระหว่างเพื่อนร่วมทีม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของเกมร่วมกัน (O'Neill & Holmes, 2022)

4) กระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ การใช้เกมที่มีความสนุกและน่าสนใจทั้งในด้านของกลไกเกม บริบทหรือสถานการณ์ภายในเกม องค์ประกอบทางศิลปะและประสบการณ์ที่ผู้เล่นได้รับ รวมถึงอุปกรณ์และเทคนิคที่ใช้ในการนำเสนอเกม จะช่วยดึงดูดให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และช่วยลดความกังวลในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Russo et al., 2022; Jimenez-Silva et al., 2010) นักเรียนจึงเข้าใจโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ด้วยบรรยากาศผ่อนคลายและเข้าถึงได้ง่ายยิ่งขึ้น ทำให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์มีความยั่งยืน (O'Neill & Holmes, 2022)

5) ยืดหยุ่นและปรับใช้ได้เหมาะสมกับบริบท องค์ประกอบของเกมบางส่วนควรสามารถปรับแต่งระดับความยากให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เล่นได้ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต่างกัน เกมที่ไม่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เล่นอาจทำให้เกิดความเบื่อหน่ายหรือความอึดอัด (Csikszentmihalyi, 1990) การจัดกลุ่มผู้เล่นที่มีความสามารถใกล้เคียงกันและการปรับแต่งเกมบางส่วนให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้เล่นจะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อนักเรียนสามารถปรับระดับความรู้หรือทักษะของตนเองให้มีระดับที่สูงขึ้น ครูอาจปรับระดับความยากของเกมให้มีความท้าทายมากยิ่งขึ้นเพื่อให้นักเรียนเกิดความผูกพัน (engagement) กับการทำกิจกรรมการเรียนรู้ (Russo et al., 2022) ซึ่งจะส่งผลตอบทบาทของครูที่จะต้องให้คำแนะนำระหว่างการเล่นเกมตามระดับความสามารถของนักเรียนแต่ละคน (O'Neill & Holmes, 2022)

6) ส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง เกมช่วยให้นักเรียนเข้าใจโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับองค์ประกอบของเกมที่ออกแบบมาสำหรับโมโนทัศน์นั้นโดยเฉพาะ การกระทำต่าง ๆ ภายในเกมจะช่วยสร้างประสบการณ์ตรงให้กับนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อเท็จจริงและเข้าใจธรรมชาติของโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายยิ่งขึ้น (O'Neill & Holmes, 2022)

นอกจากลักษณะของเกมแล้ว ยังมีความท้าทายเกี่ยวกับประสิทธิภาพอีกหลายด้าน เช่น ความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายของเกมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยเกมเพื่อความบันเทิงในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะใช้คณิตศาสตร์ในการออกแบบเพื่อสร้างสมดุลให้กับเกม แต่ไม่ได้มีเป้าหมายหลักในการสื่อสารความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยตรง ทำให้ไม่สามารถพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีความเฉพาะได้ (Perrotta et al., 2013) หากครูต้องการใช้เกมกระดานมาใช้เป็นเครื่องมือในการสอนเนื้อหาที่มีความเฉพาะ ครูจะต้องออกแบบด้วยตนเองซึ่งอาจมีอุปสรรคทั้งในด้านเวลา ทรัพยากร และความรู้ในการออกแบบและพัฒนาเกม นอกจากนี้ หากครูสามารถพัฒนาเกมขึ้นมาได้ อาจยังต้องเผชิญกับปัญหาการสร้างสมดุลระหว่างความบันเทิงและคุณค่า

ทางการศึกษา หากความรู้ทางคณิตศาสตร์บูรณาการให้เข้ากับกลไกเกมได้ไม่สมดุล นักเรียนจะมุ่งเน้นไปที่การเอาชนะมากกว่าการให้ความสนใจกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกมต้องการสื่อสาร (Plass et al., 2015) เกมทางคณิตศาสตร์ศึกษาที่ดีจึงต้องสามารถสื่อสารความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจนโดยยังรักษาความสนุกและความผูกพันซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของเกมไว้ได้

การสร้างความผูกพันในขณะที่ผู้เล่นกำลังเล่นเกมสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีการไหล (flow theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีทางจิตวิทยาที่อธิบายถึงสถานการณ์ยึดติดอยู่กับการทำกิจกรรม เมื่อผู้เรียนอยู่ในสถานะการไหล ผู้เรียนจะจดจ่อกับกิจกรรมที่กำลังทำอยู่อย่างเต็มที่ โดยไม่คำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม (Csikszentmihalyi, 1990) ในการออกแบบเกมทางการศึกษา ทฤษฎีการไหลมีบทบาทสำคัญในการนำมาใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลไกเกมในแต่ละส่วนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเล่นและเรียนรู้แนวคิดที่เกมต้องการสื่อสารตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ มีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ 1) ความสมดุลระหว่างความท้าทายและทักษะของผู้เล่น 2) เป้าหมายที่ชัดเจน 3) การให้ข้อมูลป้อนกลับในทันที 4) การสร้างสมาธิให้กับผู้เล่น 5) การสร้างความรู้สึกร่วมในการควบคุม 6) การเป็นส่วนหนึ่งในบริบทของเกม 7) การเปลี่ยนแปลงของเวลา เมื่อผู้เรียนเกิดความผูกพันในการเล่น จะเกิดแรงจูงใจภายในซึ่งเอื้อต่อการเรียนรู้ที่ยั่งยืน Kili (2005)

นอกจากการออกแบบและพัฒนาเกมทางการศึกษาให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้แล้ว กระบวนการนำเกมไปใช้ในห้องเรียนยังเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกัน โดยการเรียนรู้โดยใช้เกม (game-based learning) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แนวทางหนึ่งที่นิยมนำไปใช้โดยการนำเกมเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้ เกมจะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการฝึกทักษะความรู้ หรือพฤติกรรมในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่มีความเฉพาะ นักเรียนจะเรียนรู้และสร้างประสบการณ์ผ่านการโต้ตอบกับระบบของเกมเพื่อนำไปใช้เป็นฐานคิดสำหรับการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง องค์ประกอบและลักษณะของเกม เช่น ความท้าทาย การแข่งขัน การร่วมมือ คะแนน จึงมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งผ่านกระบวนการแก้ปัญหา การวางแผน และการใช้กลยุทธ์เพื่อบรรลุเป้าหมายของเกมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ (Plass et al., 2015) ลักษณะของการนำเกมไปใช้ในการจัดการเรียนรู้มี 4 รูปแบบ ได้แก่

1) การเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนรู้ในอนาคต ใช้สำหรับการปรับความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อนเรียนความรู้ใหม่ นักเรียนจะเล่นเกมโดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่อย่างหลากหลาย เกมจะมีการสื่อสารความรู้หลักอย่างกระชับและลดทอนรายละเอียดหรือเทคนิคที่ไม่จำเป็นออกไป องค์ประกอบของเกมจะทำหน้าที่ในการเรียกคืนความรู้เดิมที่นักเรียนเคยเรียนรู้มาแล้วเพื่อนำไปใช้เป็นฐานในการเรียนความรู้ใหม่

2) การสอนความรู้และทักษะใหม่ ใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนสร้างความรู้หรือฝึกฝนทักษะใหม่ นักเรียนสามารถเล่นเกมได้โดยไม่ต้องมีความรู้ตามที่เกมต้องการสื่อสาร องค์ประกอบ

ของเกมจะทำหน้าที่ในการแสดงความหมาย กระบวนการ ปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ของความรู้ในแต่ละส่วนย่อยแบบวนซ้ำโดยทิ้งร่องรอยเพื่อนำไปใช้ในการถอดองค์ความรู้หลังจากเล่นเกมจบและสร้างความรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

3) การฝึกฝนและเสริมสร้างความรู้และทักษะที่มีอยู่ ใช้สำหรับการทบทวนความรู้หรือฝึกฝนทักษะที่มีอยู่ให้มีความเชี่ยวชาญมากยิ่งขึ้น นักเรียนจะเล่นเกมโดยใช้ความรู้หรือทักษะเฉพาะที่ได้เรียนรู้มาแล้วเพื่อเพิ่มความเข้าใจทั้งในเชิงมโนทัศน์และเชิงกระบวนการ องค์ประกอบของเกมจะทำหน้าที่ในการสร้างความท้าทายอย่างเป็นระบบโดยเริ่มจากระดับพื้นฐานไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อน รวมถึงการใช้เทคนิคในหลากหลายรูปแบบเพื่อฝึกการนำความรู้ไปใช้

4) การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ใช้สำหรับการพัฒนาทักษะทางสังคม ทักษะทางอารมณ์ การทำงานเป็นทีม การแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และทักษะในศตวรรษที่ 21 อื่น ๆ นักเรียนจะเล่นเกมโดยการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะอย่างหลากหลายมาใช้ในการประเมินและการตัดสินใจในทางเลือกต่าง ๆ ซึ่งอาจรวมถึงการปรึกษาหารือกับเพื่อนร่วมทีมหรือการอภิปรายเพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายของเกมได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบของเกมจึงทำหน้าที่ในการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นด้วยกันเองและผู้เล่นกับระบบของเกมทั้งในรูปแบบการแข่งขันและการร่วมมือกันเพื่อเอาชนะอุปสรรคหรือปริศนาที่เกมสร้างขึ้น

จะเห็นได้ว่า การออกแบบและพัฒนาเกมทางคณิตศาสตร์ศึกษานั้น มีความเกี่ยวข้องในหลายมิติทั้งในด้านความรู้ที่เกมต้องการสื่อสาร ความสนุกและความผูกพันในระหว่างการเล่น และวัตถุประสงค์ในการนำเกมไปใช้ ในส่วนถัดไปจะเป็นการนำเสนอขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเกมโดยคำนึงถึงมิติต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยเริ่มจากการกระบวนการพัฒนาเกม ขั้นตอนการพัฒนาเกมทางการศึกษาที่เน้นการเรียนรู้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม และสุดท้ายจะเป็นการนำเสนอกรณีศึกษาการออกแบบและพัฒนาเกม Prime Stone เพื่อให้เห็นภาพของการออกแบบและพัฒนาเกมทางคณิตศาสตร์ศึกษาได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

กระบวนการพัฒนาเกม (Game Development Process)

เกมเป็นกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยผู้เล่นมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาที่แยกออกจากชีวิตจริงตามกฎที่กำหนดขึ้นด้วยทัศนคติที่สนุกสนานเพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ที่สามารถวัดได้ (Salen & Zimmerman, 2004; Schell, 2019) เกมโดยทั่วไปมักประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) กฎเกณฑ์ เป็นการกำหนดกฎ วิธีการเล่น ข้อจำกัด และเงื่อนไขภายในเกม 2) เป้าหมาย เป็นเงื่อนไขในการชนะเกมซึ่งผู้เล่นต้องการบรรลุ 3) ความท้าทาย เป็นอุปสรรคที่ผู้เล่นต้องเผชิญเพื่อไม่ให้ไปถึงเป้าหมายได้โดยง่าย 4) ปฏิสัมพันธ์ เป็นการโต้ตอบหรือการร่วมมือกันระหว่างผู้เล่นด้วยกันเองหรือระหว่างผู้เล่นกับองค์ประกอบของเกม 5) ระบบปิด

เป็นบริเวณหรือขอบเขตที่ผลจากการกระทำของผู้เล่นภายในเกมจะเกิดขึ้น และ 6) ผลลัพธ์ เป็นข้อมูลป้อนกลับจากการกระทำของผู้เล่นเพื่อแสดงถึงระดับความสำเร็จ 7) สนุกสนาน เป็นความเพลิดเพลินและประสบการณ์ที่ผู้เล่นได้รับผ่านธีมและเรื่องราวภายในเกม 8) เทคโนโลยี เป็นวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่น (Hunicke, LeBlanc, & Zubek, 2004; Salen & Zimmerman, 2004; Schell, 2019)

กรอบแนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนการพัฒนากลไกประกอบของเกมที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เล่นนั้นมียุทธศาสตร์อย่างหลากหลาย แต่ละรูปแบบมีขั้นตอนสำคัญร่วมกัน ได้แก่

1. การกำหนดแนวคิดและเป้าหมายของเกม (Concept and Player Goals) เป็นการกำหนดประสบการณ์ที่ต้องการให้ผู้เล่นได้รับ เช่น ความสนุก ความท้าทาย การเรียนรู้ และแนวคิดหลักของเกม (Schell, 2019; Burgun, 2012) ซึ่งผู้ออกแบบต้องกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้เล่นให้มีความชัดเจน เพื่อกำหนดกลไกและเรื่องราวภายในเกมที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เล่นได้ (Fullerton, 2018)

2. การออกแบบกลไกเกมเบื้องต้น (Core Mechanics Design) เป็นการออกแบบกลไกเกมหลักให้มีความเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของผู้เล่น เช่น การเลือกและการจัดการทรัพยากร การชนะเกม การสร้างกลยุทธ์ และองค์ประกอบที่ส่งเสริมมิติในการเล่น (Schell, 2019) กลไกเกมเป็นสิ่งที่ใช้ในการขับเคลื่อนทิศทางการเล่นเกมซึ่งส่งผลต่อความรู้สึกมีส่วนร่วมของผู้เล่น (Fullerton, 2018) ผ่านการตัดสินใจที่มีความหมายของผู้เล่น ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงทางเลือกหลอก (false choice) หรือ ทางเลือกที่ดีกว่าเสมอ (dominant strategy) ซึ่งจะเป็นการลดทอนคุณค่าของเกม (Burgun, 2012)

3. การสร้างต้นแบบ (Prototyping) เป็นการพัฒนาด้านแบบอย่างรวดเร็วโดยใช้วัสดุชั่วคราวที่ต้นทุนไม่สูงและลดการใช้กราฟิกและสีที่ไม่จำเป็นเพื่อนำไปทดสอบความเป็นไปได้ของกลไกเกม ความสามารถในการดำเนินเกมจนจบได้ (playability) การสะท้อนความชัดเจนของการทำงานของกลไกเกมหลัก ความสอดคล้องระหว่างกลไกเกมกับเป้าหมายของเกมและเงื่อนไขการชนะเกม (Schell, 2019; Fullerton, 2018; Burgun, 2012)

4. การทดสอบซ้ำและการปรับปรุงต้นแบบ (Playtesting and Iteration) เป็นการทดสอบต้นแบบซ้ำเป็นวงจรโดยผู้ออกแบบจะนำข้อมูลที่ได้จากผู้ทดสอบทั้งในด้านการเล่นและการทำความเข้าใจเกมมาปรับปรุงเกมแล้วนำไปทดสอบใหม่จนกว่าเกมจะมีความสมบูรณ์ (Schell, 2019; Fullerton, 2018) การทดสอบนั้นมีทั้งการทดสอบการใช้และการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์และการตัดสินใจของผู้เล่น การสังเกตพฤติกรรมของผู้เล่น การทดสอบความผูกพันในการเล่นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว และการทดสอบแบบไม่อธิบายเพิ่มเติม (Blind Testing) ซึ่งจะนำไปสู่ขั้นตอนการลดทอนส่วนที่ไม่จำเป็นเพื่อให้เกมมีความเรียบง่ายและลดความซับซ้อนที่ไม่ได้ส่งผลต่อการตัดสินใจภายในเกม (Burgun, 2012)

สำหรับการออกแบบและพัฒนาเกมทางการศึกษานั้นมีกรอบแนวคิดในการพัฒนาที่หลากหลายขึ้นอยู่กับรูปแบบของเกมที่ต้องการพัฒนาและเนื้อหาที่ต้องการใช้เกมเป็นตัวกลางในการสื่อสาร โดยเกมทางการศึกษามีลักษณะการพัฒนาเหมือนกับเกมโดยทั่วไป คือ การพัฒนาแบบวนซ้ำเป็นวงจร ซึ่งประกอบด้วย

การออกแบบ การสร้างต้นแบบ การทดสอบ และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามข้อเสนอแนะ โดยมีเป้าหมายในการสร้างสมดุลระหว่างความบันเทิงและการสื่อสารความรู้ กระบวนการพัฒนาเกมเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของผู้เชี่ยวชาญในหลากหลายสาขาทั้งนักออกแบบเกม นักเล่นเกม อาจารย์ และครู เพื่อให้เกมมีลักษณะที่สมบูรณ์ในทุกมิติ ปัจจุบันได้มีนักการศึกษาได้นำเสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาเกมทางการศึกษาไว้อย่างหลากหลาย สำหรับเกมดิจิทัล เช่น กรอบแนวคิด GAMED ที่เน้นวงจรการพัฒนาเกมทางการศึกษาโดยเริ่มจาก การกำหนดปัญหา การออกแบบซอฟต์แวร์ การเขียนโปรแกรม ไปจนถึงการเผยแพร่และบำรุงรักษา (Aslan & Balci, 2015) ซึ่งแตกต่างจากกรอบแนวคิดของ Silva (2019) ที่เน้นการรวมเนื้อหาเข้ากับกลไกหลักของเกมโดยใช้การเล่าเรื่องที่สอดคล้องกันไปตั้งแต่ต้นจนจบ ในขณะที่ Barbosa et al. (2014) ได้นำเสนอการแยกกลไกเกมที่สร้างความสนุกและเนื้อหาการเรียนรู้ออกจากกันในรูปแบบของมินิเกมหรือปริศนา สำหรับเกมกระดาน เช่น กรอบแนวคิดของ Nautiyal et al. (2024) ได้นำเสนอแนวทางในการออกแบบ 5 ขั้นตอน ที่เน้นการผนวกเนื้อหา แบบฝึกหัด หรือแบบทดสอบเข้ากับกลไกเกมสำหรับเกมทั่วไปที่นักเรียนมีความคุ้นเคยและมีความซับซ้อนที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ จากตัวอย่างกรอบแนวคิดในปัจจุบันสังเกตได้ว่า ส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาเกมที่เน้นการผนวกความรู้หรือโจทย์ปัญหาเข้าไปในกลไกเกมโดยตรง โดยกลไกเกมนั้นไม่ได้เป็นตัวแทนของความรู้ แต่ทำหน้าที่เพียงการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ การนำเสนอขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเกมทางการศึกษาในบทความนี้จะเน้นกระบวนการพัฒนาเกมที่เน้นการออกแบบระบบกลไกเกมใหม่ให้มีความสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาเกมทางการศึกษาที่เน้นการเรียนรู้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Developing an Educational Game that Focuses on Learning Mathematical Concepts from Concrete to Abstract)

เนื่องจากเกมทางการศึกษามีจุดประสงค์สำคัญในการสื่อสารความรู้ผ่านองค์ประกอบของเกม ดังนั้นในกระบวนการพัฒนาจึงต้องมีการเพิ่มเติมขั้นตอนเกี่ยวกับการกำหนดความรู้ทางคณิตศาสตร์และการแปลงความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปสู่องค์ประกอบของเกมที่มีความเป็นรูปธรรม รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องในการสื่อสารเนื้อหาและทดสอบความเหมาะสมในการนำไปใช้กับกลุ่มผู้เล่นเป้าหมาย ซึ่งมีทั้งหมด 8 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นขั้นตอนกำหนดมโนทัศน์หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการสื่อสารซึ่งอยู่ในรูปของข้อความที่นักเรียนจะต้องรับรู้และสื่อสารออกมาได้หลังจากการเล่นเกมนั้น โดยแต่ละข้อความจะมีการกำหนดลำดับความสำคัญเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนากลไกเกมให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมายและวัตถุประสงค์ เป็นขั้นตอนกำหนดรูปแบบการนำเกมไปใช้ ได้แก่

- 1) กลุ่มนักเรียนเป้าหมายที่เป็นผู้ใช้โดยตรงเพื่อเรียนรู้มโนทัศน์หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น นักเรียน

ประมเหมาะสำหรับเกมที่เรียบง่าย มีองค์ประกอบเกมดึงดูดสายตาและสร้างความรู้สึกลึกซึ้งสนุกสนาน นักเรียนมัธยมเหมาะสำหรับเกมที่ใช้กลยุทธ์ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น มีองค์ประกอบเกมที่ส่งเสริมการคิดและการวางแผนเพื่อเอาชนะ 2) บริบทการนำไปใช้งาน เช่น การเล่นในห้องเรียนที่ต้องอาศัยครูเป็นผู้ใช้คำถามในการถอดองค์ความรู้ การเล่นในห้องสมุดที่นักเรียนจะต้องเล่นโดยลำพัง การเล่นในค่ายคณิตศาสตร์ที่ในแต่ละฐานมีเวลาในการเล่นจำกัด 3) ช่วงเวลาในการนำเกมไปใช้ เช่น การใช้ในชั้นนำเพื่อเตรียมความพร้อมในการเรียนรู้โน้ตสนใหม่ การใช้ในชั้นสอนเพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้โน้ตสนใหม่ การใช้ในชั้นสรุปเพื่อทบทวนโน้ตสนที่ได้เรียนรู้ให้มีความเชี่ยวชาญมากยิ่งขึ้น และ 4) รูปแบบการเรียนรู้ เช่น การสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์จากสื่อที่มีความเป็นรูปธรรม ภาพ หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันไปสู่ภาษาหรือสัญลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรม การฝึกฝนความเชี่ยวชาญในการใช้ภาษาสัญลักษณ์ การใช้ภาษาพูดหรือภาษาเขียนในการอธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

3. การออกแบบกลไกเกม เป็นขั้นตอนเลือกกลไกเกมมาใช้ในแต่ละส่วนของเกม ได้แก่ โครงสร้างของเกม การเตรียมเกม ทรัพยากรตั้งต้น วิธีการได้ทรัพยากร วิธีการใช้และแปลงทรัพยากร การเล่นที่ผู้เล่นสามารถทำได้ การวางแผนและกลยุทธ์ อุปสรรค ความไม่แน่นอน วิธีการได้คะแนนและผลประโยชน์ เงื่อนไขการจบเกม การชนะเกม รวมถึง การเขียนแผนภาพแสดงภาพรวมของการกระทำที่สะท้อนถึงข้อความหลักที่ต้องการสื่อสาร

4. การสร้างต้นแบบ เป็นขั้นตอนออกแบบอุปกรณ์การเล่นเกมที่เบื้องต้นโดยใช้วัสดุชั่วคราวให้มีความสอดคล้องแนวคิดและกลไกเกมที่ได้ออกแบบไว้ ได้แก่ รูปแบบกระดานและการแบ่งส่วนของกระดาน รูปแบบการ์ดและการแบ่งส่วนการ์ด โทเค้นประจำตัวผู้เล่น โทเค้นคะแนนและเหรียญที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนทรัพยากร รวมถึงการออกแบบกราฟิกในแต่ละองค์ประกอบของเกมกระดานโดยคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งาน เช่น การใช้ตัวอักษร การใช้สี การใช้สัญลักษณ์และรูปภาพ เพื่อให้การสื่อสารภายในเกมมีประสิทธิภาพมากที่สุด

5. การทดสอบภายใน เป็นขั้นตอนทดสอบเกมต้นแบบในขั้นแรกโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเรียบเรียงวิธีการเล่นอย่างเป็นระบบตั้งแต่การเตรียมเกมไปจนถึงการชนะเกมและทดสอบกระบวนการทำงานของกลไกเกมในภาพรวมโดยทีมผู้ออกแบบ รวมถึงการซ้อมการอธิบายเกมให้ผู้เล่นคนอื่นที่ไม่ได้อยู่ในทีมออกแบบสามารถทำความเข้าใจเกมได้โดยง่าย

6. การทดสอบต้นแบบเกมกับผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มเป้าหมาย เป็นขั้นตอนทดสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเกมต้นแบบโดยผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน มีรายละเอียดดังนี้

6.1 การทดสอบการทำงานของเกม เป็นการทดสอบความลื่นไหลและความสมดุลของเกม ผู้เชี่ยวชาญจะเริ่มตรวจสอบจากขั้นตอนการเล่น การแบ่งส่วนการเล่น การเตรียมเกม ทรัพยากรตั้งต้น การกระทำที่ผู้เล่นสามารถทำได้ วิธีการคะแนน เงื่อนไขในการจบเกม และวิธีการชนะ โดยมีประเด็นการตรวจสอบ ได้แก่ จำนวนรอบในการบรรลุเป้าหมายของเกม กลไกเกมที่ทำให้เกมหยุดชะงัก การหยุดรอสำหรับการเล่นครั้งถัดไป ความซับซ้อนและรายละเอียดในการคำนวณ จากนั้นจึงตรวจสอบสมดุลของเกมจากทางเลือกในการ

ตัดสินใจ ทรัพยากรที่ใช้และผลประโยชน์ที่ได้รับจากการกระทำ โดยมีประเด็นในการตรวจสอบ ได้แก่ ความคุ้มค่าระหว่างทรัพยากรที่เสียไปและผลประโยชน์ที่ได้รับ อัตราส่วนของคะแนนหรือผลประโยชน์ที่ได้รับจากแต่ละทางเลือกที่ส่งผลต่อการชนะ ผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้จึงควรเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการเล่นเกมที่มากพอจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของเกมและกลไกเกม

6.2 การทดสอบความสอดคล้องขององค์ประกอบเกมและเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการทดสอบการสื่อสารเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ขององค์ประกอบเกม ผู้เชี่ยวชาญจะตรวจสอบจากอุปกรณ์ในการเล่นเกมนักอักษรและข้อความ สัญลักษณ์ รูปภาพ กราฟิก รวมถึงกลไกเกม ที่ใช้ในเกมนั้นทั้งการใช้งานและอารมณ์ความรู้สึก โดยมีประเด็นในการตรวจสอบ ได้แก่ ขนาดและตำแหน่งของข้อความและสัญลักษณ์ ลำดับความสำคัญและความชัดเจนของข้อมูลที่ต้องการสื่อสาร สีและสัญลักษณ์ในการเชื่อมโยงองค์ประกอบเกมเพื่อให้เห็นภาพรวมของเกมและวิธีการเล่น รูปภาพในการสื่อสารความหมาย ความซับซ้อนของกลไกเกมที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้ควรเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบกลไกเกมและการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience: UX) และส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface: UI) สำหรับเกม

6.3 การทดสอบความถูกต้องของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการทดสอบความถูกต้องของมโนทัศน์และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญจะตรวจสอบจากการตีความองค์ประกอบของเกมที่เป็นรูปธรรมไปสู่ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม โดยมีประเด็นในการตรวจสอบ ได้แก่ ความชัดเจนในการสื่อสารความหมายขององค์ประกอบเกม สัญลักษณ์หรือกลไกเกมที่สามารถทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การลดทอนรายละเอียดที่ยังคงรักษาแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ ผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้ควรเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้งเพื่อให้เกิดการตีความองค์ประกอบเกมอย่างรอบด้าน

6.4 การทดสอบความเหมาะสมการใช้งานในบริบทจริง เป็นการทดสอบความเหมาะสมในการนำเกมไปใช้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดโดยคำนึงถึงกลุ่มนักเรียนเป้าหมายและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในบริบทจริง โดยมีประเด็นในการตรวจสอบ ได้แก่ สภาพแวดล้อมและพื้นที่ที่เหมาะสมในการเล่น เกม ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเล่น เกม การซับซ้อนที่เหมาะสมกับกลุ่มนักเรียนเป้าหมาย ขั้นตอนการจัดเตรียมเกม การอธิบายวิธีการเล่นเกม จำนวนรอบการเล่นเพื่อทำความเข้าใจกติกา อารมณ์และความรู้สึกในแต่ละช่วงของเกม ความผูกพันของผู้เล่นที่มีต่อเกม ผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้ควรเป็นผู้ที่มีประสบการณ์การนำเกมไปใช้ในบริบทจริง เช่น ห้องเรียน กิจกรรมเสริมนอกเวลาเรียน กิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์

7. การปรับปรุงต้นแบบ เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญในการทดสอบต้นแบบมาใช้ในการแก้ไข ลดทอน หรือเพิ่มเติมองค์ประกอบของเกมให้มีความถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น จากนั้นจึงนำต้นแบบเกมไปทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง

8. การทดลองใช้และการประเมินการใช้งานกับกลุ่มเป้าหมาย เป็นขั้นตอนการนำต้นแบบเกมที่สมบูรณ์มาทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนเป้าหมายเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในแต่ละด้าน เช่น ความเหมาะสมในการใช้งานในบริบทจริง การสื่อสารเนื้อหา ความผูกพันและการมีส่วนร่วมในการเล่น เก็บข้อมูลโดยใช้การสังเกตระหว่างการเล่น การสัมภาษณ์และการทดสอบหลังการเล่น

กรณีศึกษาการออกแบบและพัฒนาเกม Prime Stone (A case study on the design and development of Prime Stone)

เกม Prime Stone เป็นตัวอย่างหนึ่งของเกมทางการศึกษาที่ใช้ขั้นตอนการพัฒนาเกมทางการศึกษาที่เน้นการเรียนรู้โมดูลทางคณิตศาสตร์จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ Prime Stone เป็นเกมสำหรับการแสดงแนวคิดพื้นฐานของจำนวนประกอบซึ่งเขียนอยู่ในรูปของการแยกตัวประกอบ ประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับหลังจากการเล่นเกมสามารถนำไปใช้เป็นฐานคิดสำหรับการเรียนรู้เกี่ยวกับการหารลงตัว เลขยกกำลัง การแยกตัวประกอบของพหุนาม รากที่สองและรากที่สามของจำนวน โดยมีโมดูลหลักจะแสดงด้วยข้อความหลักที่นักเรียนจะต้องสื่อสารออกมาได้หลังจากการเล่นเกม ได้แก่ “การแยกตัวประกอบของ n เป็นการเขียน n ในรูปของผลคูณของจำนวนเฉพาะที่เป็นตัวประกอบของ n ” ข้อความนี้เป็นข้อความตั้งต้นสำหรับนำไปใช้ในการออกแบบเกมซึ่งอาจจะมีข้อความอื่น ๆ เพิ่มขึ้นตามความเหมาะสมในระหว่างกระบวนการออกแบบเกม

2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมายและวัตถุประสงค์ จุดประสงค์ในการพัฒนาเกมนี้ คือ เพื่อสร้างสื่อประเภทเกมกระดานสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน เรื่องการแยกตัวประกอบของจำนวนนับ โดยครูจะนำไปใช้ในชั้นสอนเพื่อสร้างประสบการณ์ให้กับนักเรียนและตั้งคำถามเพื่อทดสอบความรู้และสร้างโมดูลเกี่ยวกับการแยกตัวประกอบของจำนวนนับ ดังนั้น เกมจึงต้องเน้นการแสดงความหมายของการแยกตัวประกอบและจำนวนประกอบให้มีความเป็นรูปธรรม รวมถึงการแสดงสมบัติของจำนวนนับที่ต้องอาศัยการแยกตัวประกอบในการพิจารณา ผู้เล่นที่เป็นเป้าหมายหลักจึงเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยนักเรียนจะใช้ความรู้เกี่ยวกับการคูณจำนวนนับในการเล่นเท่านั้น ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียน

3. การออกแบบกลไกเกม การออกแบบต้นแบบเกมเริ่มจากการเลือกกลไกหลักที่ใช้ในการแสดงโมดูลของการแยกตัวประกอบ ผู้ออกแบบเลือกกลไกการเก็บชุดสะสม (set collection) ในการแสดงองค์ประกอบของจำนวนประกอบในรูปของการคูณของจำนวนเฉพาะ โดยมีการระบุไว้บนการ์ดเป้าหมายเพื่อให้ผู้เล่นเก็บสะสมจำนวนเฉพาะให้ครบแล้วแลกเปลี่ยนคะแนน เช่น จำนวนประกอบ 24 ผู้เล่นจะต้องเก็บจำนวนเฉพาะ 2, 2, 2 และ 3 เมื่อสะสมจนครบ ผู้เล่นจะได้รับคะแนนตามระดับความยากง่ายในการสร้างจำนวนประกอบ ในการเก็บสะสมจำนวนเฉพาะ มีการใช้โมดูลเกี่ยวกับตัวประกอบร่วมด้วย โดยผู้เล่นอาจจะต้องสะสมจำนวนเฉพาะโดยตรง แต่สะสมจำนวนเฉพาะในรูปของจำนวนประกอบ เช่น จำนวนประกอบ 4 สามารถใช้แทนจำนวนเฉพาะ 2, 2 ได้ ลักษณะต่อไปของเกมที่จะพิจารณา คือ ความไม่แน่นอนภายในเกมซึ่งเป็นการสุ่มที่

ทำให้ผู้เล่นไม่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ได้อย่างแน่นอน ผู้ออกแบบเลือกกลไกการสร้างถุงไทล์ (bag building) ซึ่งผู้เล่นต้องสุมหยิบไทล์ออกจากถุงมาวางด้านหน้าเพื่อสะสมไทล์จำนวนสำหรับการแลกคะแนนโดยไม่สามารถระบุผลลัพธ์จากการหยิบได้ แต่ผู้เล่นสามารถวางกลยุทธ์เพื่อควบคุมความน่าจะเป็นในการหยิบไทล์จำนวนตามที่ต้องการโดยการสร้างไทล์จำนวนประกอบมาใส่ในถุงเพิ่มโดยใช้การคูณค่าของไทล์จำนวนที่มีอยู่เดิม ทำให้ผู้เล่นแต่ละคนมีไทล์จำนวนในถุงที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการวางแผนและกลยุทธ์ในการเล่น สุดท้ายเป็นการสร้างการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่น โดยผู้ออกแบบเลือกกลไกการให้โทษ (take that) เมื่อผู้เล่นสามารถสะสมจำนวนเฉพาะได้ตามที่ระบุบนการ์ดเป้าหมาย ผู้เล่นจะได้รับคะแนนและไทล์หินสำหรับใส่ลงในถุงของผู้เล่นคนอื่นเพื่อสร้างอุปสรรคในการหยิบไทล์จำนวนออกจากถุง เมื่อรวมกลไกเกมทุกส่วนเข้าด้วยกันภาพรวมของเกมจึงมีลักษณะดังนี้

โครงสร้างของเกม: ผู้เล่นจะเลือกเล่น 1 อย่าง จาก 3 อย่างที่สามารถทำได้ คือ “หยิบ” “ผสม” และ “แลก” เมื่อเล่นเสร็จแล้วให้ผู้เล่นคนถัดไปเล่นต่อในทิศทางวนเข็มนาฬิกาเล่นไปจนกว่าจะเข้าเงื่อนไขการจบเกม

การเตรียมเกม: ผู้เล่นจะได้ไทล์จำนวนเริ่มต้นเป็นไทล์จำนวนเฉพาะ ได้แก่ ไทล์จำนวนเฉพาะ ไทล์หิน และถุงใส่ไทล์

วิธีการได้ทรัพยากร: ผู้เล่นเลือกเล่น “หยิบ” ในการสุมหยิบไทล์จำนวนออกมาจากถุง แล้วเลือกเล่น “ผสม” ในการสร้างไทล์จำนวนประกอบโดยไทล์ที่สร้างจะต้องเป็นไทล์ที่เกิดจากผลคูณค่าของไทล์จำนวน 2 ชั้น ที่วางอยู่ด้านหน้าผู้เล่น เมื่อสร้างไทล์สำเร็จแล้วให้นำไทล์จำนวนประกอบที่ได้รับมาใหม่และไทล์จำนวนที่ใช้ในการสร้างใส่กลับลงไปในถุง

วิธีการได้คะแนนและผลประโยชน์: ผู้เล่นเลือกเล่น “แลก” ในการแลกการ์ดเป้าหมายโดยการ์ดที่ต้องการแลกจะต้องเป็นการ์ดที่มีจำนวนประกอบที่เกิดจากผลคูณค่าของไทล์จำนวน 2 ชั้น ที่วางอยู่ด้านหน้าผู้เล่นให้ผู้เล่นนำการ์ดที่แลกได้มาวางด้านหน้าแล้วรับผลประโยชน์ ได้แก่ คะแนน และไทล์หิน ให้ผู้เล่นนำไทล์หินที่ได้รับไปใส่ในถุงของผู้เล่นคนอื่น

การวางแผนและกลยุทธ์: ผู้เล่นจะต้องสร้างสมดุลระหว่างไทล์จำนวนประกอบเพื่อสะสมจำนวนเฉพาะแต่ละประเภทเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการแลกการ์ดเป้าหมาย เนื่องจากการ์ดเป้าหมายมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาในการเล่น

ความไม่แน่นอน: ผู้เล่นสุมหยิบไทล์จำนวนออกมาจากถุงโดยไม่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์จากการสุมหยิบได้

อุปสรรค: สำหรับการเล่น “หยิบ” ให้ผู้เล่นสุมหยิบได้ไทล์จำนวน 1 ชั้น และไทล์หิน 1 ชั้น ผู้เล่นจะต้องใส่ไทล์หินกลับเข้าไปในถุง ทำให้การเล่น “หยิบ” ในรอบนั้นผู้เล่นได้วางไทล์เพียง 1 ชั้น ไว้ด้านหน้าผู้เล่น สำหรับการเล่น “ผสม” ผู้เล่นไม่สามารถสร้างไทล์จำนวนประกอบที่ต้องการได้ เนื่องจากไทล์จำนวนประกอบมี

จำนวนจำกัด และสำหรับการเล่น “แลก” ผู้เล่นถูกผู้เล่นคนอื่นแลกการ์ดเป้าหมายตัดหน้า ในขณะที่กำลังสะสม
ไพล์ เนื่องจากผู้เล่นคนอื่นสามารถสะสมไพล์ได้เร็วกว่า

เงื่อนไขการจบเกม: ผู้เล่นใดคนหนึ่งสามารถทำคะแนนได้ 8 คะแนน การเล่นในรอบนั้นจะเป็นรอบ
สุดท้าย

การชนะเกม: ผู้เล่นที่ได้รับคะแนนมากที่สุดจะเป็นผู้ชนะ

หลังจากการออกแบบต้นแบบเกม ทำให้มีข้อความที่เกมสามารถสื่อสารออกมาได้ เพิ่มขึ้นอีก
2 ข้อความ ได้แก่ “ถ้า m เป็นตัวประกอบของ n แล้วการแยกตัวประกอบของ m จะเป็นส่วนหนึ่งของการ
แยกตัวประกอบของ n ” และ “ถ้า n เป็นจำนวนประกอบ แล้ว จะสามารถเขียน n ให้อยู่ในรูปของจำนวน
ประกอบหรือจำนวนเฉพาะคูณกัน 2 ตัวได้” ซึ่งทั้งสองข้อความนี้เกิดจากการตีความกลไกเกมเพิ่มเติม โดยไม่
ทำให้มีโน้ตหลักที่ต้องการสื่อสารผิดพลาดไป

4. การสร้างต้นแบบ การออกแบบอุปกรณ์การเล่นเกมตามการออกแบบต้นแบบเกม เริ่มจาก
การกำหนดขอบเขตของจำนวนที่จะนำมาใช้ในเกม ผู้ออกแบบทดลองใช้จำนวนเฉพาะ 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17
และ 19 ซึ่งเป็นจำนวนเฉพาะที่มีค่าไม่เกิน 20 ในการออกแบบไพล์จำนวนเฉพาะ และใช้จำนวนประกอบที่มีค่า
ไม่เกิน 200 ในการออกแบบการ์ดเป้าหมาย เมื่อทดลองเล่น พบว่า ถ้าใช้จำนวนเฉพาะทั้ง 8 จำนวน เป็นไพล์
จำนวนเฉพาะตั้งต้น จะทำให้การสะสมไพล์จำนวนเพื่อแลกการ์ดเป้าหมายใช้เวลานาน เนื่องจากไพล์จำนวนมี
ความหลากหลายมากเกินไป โอกาสในการสุ่มให้ได้ไพล์จำนวนตามที่ต้องการจึงเป็นไปได้ยาก ผู้ออกแบบจึง
แก้ไขโดยเลือกใช้จำนวนเฉพาะเพียง 2, 3 และ 5 เท่านั้น ซึ่งเป็นจำนวนเฉพาะที่นักเรียนระดับประถมศึกษาที่มี
ความคุ้นเคย สำหรับการการ์ดเป้าหมาย ผู้ออกแบบเลือกใช้จำนวนประกอบที่มีค่าไม่เกิน 1,000 และเขียนในรูปของ
การแยกตัวประกอบไม่เกิน 6 ตัว เพื่อให้การแลกการ์ดเป้าหมายใช้เวลาไม่นานจนเกินไป ดังนั้น ผู้เล่นจะต้องใช้
ไพล์จำนวนเฉพาะในการผสมให้ได้ไพล์จำนวนประกอบ 4, 6, 9, 10, 15, 25, 8, 27, 12, 18 เพื่อใช้ในการแลก
การ์ดเป้าหมายที่จำนวนประกอบมีค่ามากซึ่งจะทำให้ผู้เล่นได้คะแนนมากตามไปด้วย สำหรับการการ์ดเป้าหมายที่
จำนวนประกอบเขียนในรูปของการแยกตัวประกอบได้ 6 ตัว ผู้เล่นจะต้องใช้ไพล์ 8, 27, 12 หรือ 18 ในการแลก
เท่านั้น ผู้ออกแบบจึงแก้ไขกฎให้มีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้นโดยปรับเปลี่ยน ผู้เล่นสามารถใช้ไพล์จำนวน 2 หรือ 3
ชิ้น ในการแลกการ์ดเป้าหมาย ซึ่งทำให้ผู้เล่นสามารถปรับเปลี่ยนกลยุทธ์และวางแผนการเล่นได้หลากหลาย
มากยิ่งขึ้น

สำหรับกราฟิกของอุปกรณ์เกม ผู้ออกแบบใช้สีเขียวสำหรับไพล์จำนวนเฉพาะและแสดงสัญลักษณ์แตร
1 ชิ้น บริเวณด้านล่างของไพล์ สำหรับไพล์จำนวนประกอบที่เกิดจากการคูณจำนวนเฉพาะ 2 ตัว จะแสดง
สัญลักษณ์แตร 2 ชิ้น บริเวณด้านล่างของไพล์และใช้สีน้ำเงินและสีม่วงในการจำแนกประเภท สำหรับไพล์
จำนวนประกอบที่เกิดจากการคูณจำนวนเฉพาะ 3 ตัว จะแสดงสัญลักษณ์แตร 3 ชิ้น บริเวณด้านล่างของไพล์และ
ใช้สีส้มและสีแดงในการจำแนกประเภท สำหรับการการ์ดเป้าหมาย ผู้ออกแบบแบ่งการ์ดออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่
ส่วนที่ 1 ตรงกลางเป็นจำนวนประกอบโดยจะมี 1 หรือ 2 จำนวนบนการ์ด ส่วนที่ 2 ด้านบนจำนวนประกอบเป็น

การแยกตัวประกอบของจำนวนประกอบนั้น ส่วนที่ 3 มุมซ้ายบนใช้ระบุคะแนนและส่วนที่ 4 มุมขวาล่างใช้ระบุไพ่ที่ผู้เล่นจะได้รับเมื่อผู้เล่นแลกร์ดได้ ไพ่จำนวน และแลกร์ดเป้าหมาย

5. การทดสอบภายใน ผู้ออกแบบเรียบเรียงการดำเนินเกมโดยเริ่มจากการเตรียมเกม จากนั้น อธิบายการเล่นที่ผู้เล่นที่สามารถทำได้ ได้แก่ “หยิบ” “ผสม” และ “แลก” เงื่อนไขการจบเกม และการชนะเกม ตามลำดับการทดสอบในขั้นตอนนี้มีประเด็นที่ต้องแก้ไขเพิ่มเติม ดังนี้

ขั้นตอนการเตรียมเกม ก่อนเปิดแลกร์ดเป้าหมายให้ผู้ผู้เล่นเลือกไพ่จำนวนเฉพาะ 2 ไพ่ วางไว้ด้านหน้าเลย เพื่อลดขั้นตอนเนื่องจากในรอบแรกของผู้เล่นทุกคนจะต้องเล่น “หยิบ” อย่างแน่นอน

การเล่น “แลก” เพิ่มประโยชน์ที่จะได้รับสำหรับการใช้ไพ่สีส้มและไพ่สีแดงในการแลกร์ดเป้าหมายโดยการใช้ไพ่สีส้มจะได้รับไพ่เพิ่ม 1 ชั้น และการใช้ไพ่สีแดงจะได้รับคะแนนเพิ่ม 1 คะแนน เพื่อเพิ่มแรงจูงใจในการเล่นไพ่ เนื่องจากไพ่ทั้งสองประเภทผสมได้ยากกว่าไพ่ประเภทอื่น

6. การทดสอบต้นแบบเกมกับผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มเป้าหมาย ผู้ออกแบบนำต้นแบบเกมไปทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญ ผลการทดสอบพบว่า เกมไม่มีปัญหาด้านกลไกเกม เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และการสื่อสารเนื้อหา และการออกแบบกราฟิก แต่มีประเด็นที่ครูตั้งข้อสังเกตที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้ในห้องเรียนดังนี้

ความสับสนในการใช้ไพ่ เนื่องจากการแลกร์ดเป้าหมายใช้ไพ่จำนวน 2 หรือ 3 ชั้น ในการแลกแต่การผสมไพ่ใช้ไพ่จำนวน 2 ชั้น ในการผสม ทำให้ผู้เล่นต้องจำเงื่อนไขในการเล่นเพิ่มขึ้น ผู้ออกแบบจึงแก้ไขกฎให้ไปในทางเดียวกัน คือ ผู้เล่นสามารถใช้ไพ่จำนวน 2 หรือ 3 ชั้น ในการผสมไพ่ 12 และ 18 ได้ ทำให้การแลกร์ดเป้าหมายและการผสมไพ่จำนวนประกอบใช้เงื่อนไขเดียวกัน

การใช้กลไกเกมการให้โทษ โดยการใช้ไพ่นี้อาจทำให้ผู้เล่นคนใดคนหนึ่งโดนกลั่นแกล้งซึ่งจะทำให้เกิดบรรยากาศที่ไม่ดีในการเล่น ผู้ออกแบบจึงเพิ่มกฎในผู้เล่นสามารถกำจัดไพ่ในถุงได้จากการเล่น “หยิบ” แล้วหยิบได้ไพ่ 2 ชั้น พร้อมกัน ผู้เล่นจะนำไพ่นี้นำไปเล่นที่คั่นกองกลางแล้วเล่น “หยิบ” ได้อีก 1 ครั้ง ทำให้ผู้เล่นสามารถหยิบไพ่นี้ออกจากถุงได้สูงสุด 4 ชั้น ต่อรอบการเล่น ซึ่งช่วยบรรเทาความรุนแรงจากการกลั่นแกล้งได้

7. การปรับปรุงต้นแบบ ผู้ออกแบบนำข้อมูลที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงให้เกมมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เช่น การปรับเปลี่ยนจำนวนประกอบบนแลกร์ดเป้าหมาย การสร้างลักษณะพิเศษให้กับแลกร์ดแต่ละใบ การดัดแปลงให้คะแนนน้อยแต่ให้ไพ่เพิ่มมาก การดัดแปลงให้คะแนนมากแต่ไม่ให้ไพ่เพิ่มเลย เพื่อให้ผู้เล่นสามารถวางแผนการเล่นได้อย่างหลากหลาย

8. การทดลองใช้และการประเมินการใช้งานกับกลุ่มเป้าหมาย ผู้ออกแบบนำเกมไปทดลองใช้ในงานนิทรรศการเกี่ยวกับเกมทางการศึกษาเพื่อเปิดโอกาสให้ครูและนักเรียนที่มีความสนใจเข้ามาทดลองใช้ ผลจากการทดลองใช้พบว่า เกมสามารถนำไปใช้กับนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ต่างกันหรือนักเรียนที่มีระดับชั้นที่ต่างกันสามารถเล่นร่วมกันได้ เช่น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งยังไม่ผ่าน

การเรียนรู้เรื่องการแยกตัวประกอบ สามารถเล่นร่วมกับนักเรียนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการเรียนรู้เรื่องการแยกตัวประกอบมาแล้ว

บทสรุป

การพัฒนาเกมกระดานเพื่อการเรียนรู้โน้ตทางคณิตศาสตร์จากรูปธรรมไปสู่นามธรรมต้องคำนึงถึงในหลายมิติ ทั้งการออกแบบกลไกเกม que สื่อสารโน้ตทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบ การสร้างความเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์ที่มีความเป็นรูปธรรมกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมองค์ประกอบภายในเกม เช่น ไทล์ การ์ด โทเค้น และกลไกเกม จะได้รับการออกแบบให้เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ผ่านการทำกิจกรรมที่เป็นรูปธรรม กระบวนการออกแบบที่นำเสนอในบทความนี้จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถพัฒนาเกมได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยเฉพาะการทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญทั้งในด้านกลไกเกม การสื่อสารเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และการนำไปใช้งานในบริบทจริง ซึ่งเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมก่อนนำไปใช้ในห้องเรียนกรณีศึกษาเกม Prime Stone เป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการแปลงมโนทัศน์ของการแยกตัวประกอบที่เป็นนามธรรมให้เป็นประสบการณ์การเล่นที่เป็นรูปธรรม

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เสนอให้ใช้กระบวนการพัฒนาเกมเป็นหลักการเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเกมการศึกษา นักวิจัยควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนหรือย่อบางขั้นตอนให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงในบริบทที่หลากหลาย โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดด้านเวลา ทรัพยากร หรือความเชี่ยวชาญของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ ควรมีการวิจัยเชิงเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการเดิมกับกระบวนการที่ผ่านการปรับแต่ง เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการใช้งานจริง ควบคู่กับการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุน เช่น คู่มือหรือแบบจำลองที่ช่วยให้ครูและนักพัฒนาเกมสามารถปรับขั้นตอนได้ตามความต้องการเฉพาะ การทดลองใช้ในสถานการณ์จริงจะช่วยยืนยันความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบเกมในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง และส่งผลให้เกิดแนวทางที่ยืดหยุ่น มีประสิทธิภาพ และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

- Aslan, S., & Balci, O. (2015). GAMED: digital educational game development methodology. *Simulation*, 91(4), 307-319.
- Barbosa, A. F., Pereira, P. N., Dias, J. A., & Silva, F. G. (2014). A new methodology of design and development of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014(1), 1-8.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (2nd ed.). Harvard University Press.
- Burgun, K. (2012). *Game design theory: A new philosophy for understanding games*. CRC Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
- Engelstein, G. (2021). *Game production: Prototyping and producing your board game*. CRC Press.
- Fullerton, T. (2018). *Game design workshop: A playcentric approach to creating innovative games* (4th ed.). CRC Press.
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan.
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI.
- Jimenez-Silva, M., White-Taylor, J. D., & Gomez, C. (2010). Opening opportunities through math board games: Collaboration between schools and a teacher education program. *Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers*, 2.
- Ke, F. (2011). A qualitative meta-analysis of computer games as learning tools. In S. C. Kong, J. Sheldon, & R. J. Blanchard (Eds.), *Gaming and simulations: Concepts, methodologies, tools and applications*. IGI Global.
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and Higher Education*, 8(1), 13–24.
- Nautiyal, V. V., Silverio, S. A., & Salvador, E. E. P. (2024). Let's get on-board: a practical framework for designing and implementing educational board games in K-12 classrooms. In *Frontiers in Education*, 9, 1–13.
- O'Neill, D. K., & Holmes, P. E. (2022). The power of board games for multidomain learning in young children. *American Journal of Play*, 14(1), 58–98.
- Perrotta, C., Featherstone, G., Aston, H., & Houghton, E. (2013). *Game-based learning: Latest evidence and future directions*. National Foundation for Educational Research (NFER).
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258-283.

- Russo, J., Bragg, L., Russo, T., & Minas, M. (2022). Identifying the characteristics of non-digital mathematical games most valued by educators. *Education Sciences*, 13(1), 30.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. MIT Press.
- Schell, J. (2019). *The art of game design: A book of lenses* (3rd ed.). CRC Press.
- Sedig, K. (2008). From play to thoughtful learning: A design strategy to engage children with mathematical representations. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 27(1), 65-101.
- Silva, F. G. (2019). Practical methodology for the design of educational serious games. *Information*, 11(1), 14.