

초등학생의 평면도형 학습을 위한 교육용 게임 개발

이승미*, 전석주**¹, 이영석**²

Development of Educational Game for Elementary School Students' Flat Shape Learning

Seung-Mee Lee*, Seok-Ju Chun**¹, and Youngseok Lee**²

이 연구는 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2021R1F1A1046712)

요 약

본 연구에서는 교육 내용을 시각화하고, 학생들의 사고력 발달을 촉진하며 교수학습 방법의 변화에 기여할 수 있도록 Unity를 활용해 초등학생의 평면도형 학습을 위한 교육용 게임을 개발하였다. 국내외 교육용 게임 개발 사례와 수학 교육에서의 게임 활용 효과 등의 연구를 바탕으로 개발한 평면도형 학습 게임은 평면도형의 다양한 예시를 제공할 수 있으며 속도, 점수, 배경음악과 효과음 등 학생들의 게임 몰입감을 높일 수 있는 게임적 요소가 포함되어 있다. 또한, 학년별로 게임을 선택할 수 있도록 구성함과 동시에 도형 영역 전체를 연계성, 계열성 있게 다루어 학생들이 전체적인 도형 영역의 흐름을 파악할 수 있도록 하였다. 변화하는 교육의 패러다임에 발맞추어 학생들의 학습 경험을 풍부하게 하는 다양한 교육용 게임이 개발되어 교육 현장에 실제로 활용될 수 있기를 기대한다.

Abstract

In this study, we developed an educational game for elementary school students' learning of flat shape using Unity to visualize educational contents, promote the development of students' thinking skills, and contribute to changes in teaching and learning methods. The flat shape Collection Game, developed based on research on domestic and international educational game development cases and the effectiveness of game utilization in mathematics education, can provide various examples of flat shape and includes game elements such as speed, time limit, background music, and sound effects to increase students' immersion in the game. In addition, the game selection system was designed to allow students to select games by grade level, and the entire shape area was treated in a connected and systematic manner to help students understand the overall flow of the shape area. In keeping with the changing paradigm of education, we hope that various educational games that enrich students' learning experiences will be developed and actually utilized in educational settings.

Keywords

educational game, flat shape, elementary school students, unity, education

* 서울교육대학교 컴퓨터교육과 박사과정
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6615-2846>
** 서울교육대학교 컴퓨터교육과 교수(**¹ 교신저자)
- ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0003-1299-1203>
- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0002-5335-3120>

· Received: Jul. 29, 2024, Revised: Sep. 19, 2024, Accepted: Sep. 22, 2024
· Corresponding Author: Seok-Ju Chun
Dept. of Computer Education, Seoul National University of Education, 96
Sechojungang-ro, Seocho-gu, Seoul, South Korea
Tel.: +82-2-3475-2542, Email: chunsj@snue.ac.kr

1. 서 론

최근 정보화 시대의 맥락에서 여러 신기술을 교육 분야에 적용하려는 수많은 시도와 연구가 진행되고 있으며 다양한 교과 교수법과 융합 발전하는 추세를 보이고 있다[1]. 그 중, 놀이·흥미 중심 학습이 지적 성장의 동력이자 경험의 지속성을 담보한다는 Dewey의 이론과 놀이를 통한 학습은 자신의 연령보다 수준이 높은 과업을 수행하도록 도움으로써 성장의 원동력이 된다고 한 Vygotsky의 이론적 배경을 바탕으로 교육 현장에서도 학습 흥미를 증진시키고 교육적 효과가 뛰어난 놀이 학습 방법에 관한 관심이 증가했고 이는 게임의 교육적 활용 발달로 이어졌다[2].

교육용 게임이란, 플레이어들이 게임 진행 과정에서 여러 가지 학습을 체험할 수 있도록 제작 단계에서부터 의도적으로 설계되어 있는 게임으로 교육성과 게임성이 통합적으로 결합하여, 게임을 플레이하는 과정이 자연스럽게 교육적 효과를 가져다주는 것을 말한다[3]. 교육용 게임은 크게 기능성 게임이라는 개념 하에 의료용 게임, 노인용 게임, 치료용 게임 등과 함께 개발되었으며 재미와 교육이라는 반대되어 보이는 두 가지 목적을 자연스럽게 연결하여 학습에 대한 저항감을 줄이는 것이다[4][5].

게임을 활용한 학습은 게임의 재미와 몰입 효과를 학습자에게 제공함으로써 학습 동기를 유발하고 자발적인 참여를 이끌어낸다[2]. 게임 기반 교육은 학습자의 학습 몰두 수준과 학업 성취도 등을 효과적으로 향상할 수가 있다는 점에서 초등학교 교육 단계의 학습자에게 중요한 영향과 의의를 가지고 있다[6]. 게임에는 인간을 변화시킬 수 있는 힘이 있으며 이를 활용하면 인간의 사고와 능력의 발달을 목적으로 하는 교육에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 증명하는 연구들이 활발히 이루어지고 있다[7]. 특히 모바일 게임의 경우 학습자의 흥미를 유발하고 학습 동기를 높인다는 교육적 효용성이 여러 연구를 통해 입증되기도 했다[8].

그러나 이러한 논의에도 불구하고, 교육용 게임 앱 개발 및 이를 활용한 실제적인 학습 방안에 대

한 논의는 미미한 실정이며 국내외의 연구 대부분은 전문업체를 통해 제작된 완성 게임을 교육에 활용하거나 일부 수정하여 연구한 것으로 실제 교수자인 교사에 의해 개발된 게임이 아닌 경우가 많다[7].

본 연구에서는 데스크톱, 모바일, AR(Augmented Reality), VR(Virtual Reality), TV 등 여러 플랫폼에서 적용 및 실행이 가능하며 Java Script, C# 등 프로그래밍 언어로 스크립트를 추가하여 다양한 기능을 구현할 수 있는 플랫폼인 Unity를 활용하여 초등학생 대상 평면도형 교육용 게임을 개발하고자 한다. Unity는 단순한 오락 및 게임뿐만 아니라 체험, 시뮬레이션, 교육 등 다양한 분야에서 활용되고 있다[9]. Unity를 활용해 교육용 게임을 개발한다면 교육 내용을 시각화하기에 적합하고, 학생들의 사고력 발달을 촉진하며 교수학습 방법의 변화에 기여할 수 있다[10].

본 연구는 Unity를 활용한 교육용 게임 개발을 위해 먼저 국내외 연구에서 개발된 교육용 게임 사례를 분석하였으며, 이후 수학 교육에서의 게임 활용 효과에 관한 문헌 연구를 진행하여 평면도형 교육용 게임 개발의 당위성을 얻고자 하였다. 또한, 2022개정 수학과 교육과정을 분석하여 평면도형 게임에 활용할 수 있는 내용 요소를 선별해 평면도형 학습을 위한 교육용 게임을 개발, 교사 피드백을 통한 수정 보완을 거쳤다.

II. 관련 연구

2.1 교육용 게임 개발 사례 분석

국내에서 Unity를 활용해 교육용 게임을 개발한 연구 중 교과 교육용 게임 연구는 다음과 같다. W. Im et al.(2023)[11]는 뷰포리아 엔진을 사용해 디스플레이 장치에 사칙연산과 관련된 3D 콘텐츠가 증강되며 머지큐브를 이용하여 사용자와 물리적인 상호작용을 제공하는 사칙연산 교육 게임을 제안하였다. H. Lee et al.(2019)[12]는 가상 환경에서 과학실험을 체험할 수 있는 시뮬레이션형 모바일 앱을 개발, 방 탈출 게임 형식을 접목해 중학교 과학 교과

서에 나오는 과학실험을 할 수 있는 콘텐츠를 개발하였다. Unity 2D 기반으로 개발된 이 게임은 방탈출 게임이라는 점에서 게임 요소를 가지고 있으며 동시에 실제로 하기 어려운 교과서 속 실험을 시뮬레이션을 통해 구현한다는 데에 의미가 있다. S. Lee et al.(2023)[13]는 교육성과 게임성을 동시에 부각한 코딩교육 기능성 게임인 'COngDING'을 개발하여 블록 코딩과 텍스트 코딩의 방식 모두를 게임 내에서 학습할 수 있도록 설계하였다. 'COngDING'은 퍼즐게임 형식에 국한되어있는 기존 코딩 게임들에서 벗어나 러닝 액션 게임을 방식을 접목하고 학습 강화를 위한 보상 시스템 등 다양한 교육 방법론을 적용했다.

Unity를 활용한 교과 외의 교육용 게임 개발 연구 사례는 다음과 같다. K. Cho et al.(2023)[5]는 디지털 전환 개념을 활용한 진로 교육용 모바일 기능성 게임을 개발하여 청소년들을 위한 미래지향적 교육의 방법을 제안하였다. 직업과 관련된 디지털 전환 카드와 블록을 터치하여 카드를 맞추는 이 게임은 다른 플레이어와 동시에 플레이할 수 있다는 장점이 있다. G. Park et al.(2023)[15]는 상황학습 이론과 아동 재난안전교육에 대한 연구 결과를 바탕으로 다양한 에피소드를 제작해 재난 상황에서의 대처법에 대해 학습할 수 있는 초등학교 저학년 대상의 아동 재난안전교육 콘텐츠를 개발하였다. G. Park et al.(2023)가 개발한 게임은 에피소드 상황과 플레이어의 선택에 따라 그림일기가 작성되도록 하여 아동의 흥미를 높일 수 있도록 한 것이 특징이다. 또한, 국내에는 Unity 엔진을 활용해 장애인 운전 교육을 위한 시뮬레이터를 개발한 연구 등이 있으며, 국외 연구로는 생물 교육에서의 해부학 실습을 위한 증강현실 기반의 어플리케이션과 인간의 면역 체계를 학습하기 위한 세균의 인체 침입 방어 게임 등이 있다[9][10][16].

이 밖의 교과교육용 게임을 개발한 사례에는 Y. Shin et al.(2023)[2]의 언리얼엔진 5를 기반 초등 영어 교육용 게임이 있다. 이는 학습자의 학습 흥미도와 학습 동기를 높이기 위해 스토리텔링과 단계 시스템을 활용한 플랫폼 기반의 수집형 RPG 기반의 캐릭터 육성 및 경쟁 시스템을 더한 것이 특징이다.

S. Hyun et al.(2022)[14]는 학습자에게 몰입감을 제공하여 학습 동기를 강화하도록 하는 데에 목적을 두고 로블록스를 활용해 중학교 인공지능 교육에서 활용될 수 있는 메타버스를 활용한 의사결정나무 알고리즘에 관한 교육 게임 콘텐츠를 개발하였다.

2.2 게임을 활용한 수학 학습의 효과

T. Kim et al.(2012)[17]는 게임을 활용한 수학 수업을 통해 초등학생의 학습에 대한 내재적 동기가 유의미하게 높아진다는 것을 밝혔다. J. Wi et al.(2011, 2012)[18][19]는 초등학교 수학 수업에 게임을 활용하여 학습자들의 학습효과와 성취도가 높아진 연구 결과를 제시하였으며, 미국 초등학생을 대상으로 게임을 활용한 수학 수업을 실시해 학업 성취도와 흥미도가 긍정적으로 향상되었음을 입증하였다. National Council of Teachers of Mathematics(2015)에 따르면 기술의 사용은 학생들의 수학적 능력을 개발하고 학생들이 더 깊이 학습하도록 장려하며 수학에 대한 관심을 높이는 데 필수적이다. 특히 모바일 기술을 활용한 수학 학습은 모든 연령층의 학생들 사이에서 생산성, 창의성 및 협업 능력을 기르는 힘을 가지고 있다[20].

교육용 게임은 많은 학생이 학습에 어려움을 겪는 수학 공부에 도움이 될 수 있다. 학생들이 수학적 게임에 참여한다는 것은 그 게임의 규칙이 만들어 놓은 장애물을 극복하기 위해 여러 가지 수학적 수단을 적극적으로 고려한다는 것을 의미한다. 게임은 학생들의 적극적인 참여를 독려하고 학습이 이루어지게 동기를 부여하며 학생들은 게임을 하면서 수학에 대한 긍정적인 태도를 기를 수 있다[21]. 게임을 통한 수학 교육은 학생들이 흥미를 유지하는데 도움이 되며 학생들의 창의력을 향상하고 수학 어휘의 개발과 개념의 이해를 돕는다[11]. 이처럼 수학적 게임의 교육적 효과에 대한 다수의 연구에서는 게임이 학생들의 자발적 참여를 이끌어내는 효과적인 수단이라는 점, 학습 동기 및 재미를 부여한다는 점, 학생들의 학습에 대한 긍정적인 태도를 불러오고 참여도를 높일 수 있다는 점을 공통적으로 언급하고 있다.

III. 개발 과정

3.1 초등 수학과 교육과정의 평면도형 분석

2022개정 초등 수학과와 영역은 초·중학교에서 다루는 수학적 대상과 기본적인 개념을 드러내는 ‘수와 연산’, ‘변화와 관계’, ‘도형과 측정’, ‘자료와 가능성’이며 초·중학교의 지식·이해 범주는 학년(군)에 따라 위계성을 가지고 영역 간에도 위계성을 고려하여 구성되어 있다[22].

표 1. 2022개정 교육과정 평면도형 관련 성취기준
Table 1. 2022 revised curriculum achievement standards related to plane figure

No.	Achievement standard
[2math 03-03]	By observing various objects in the classroom and around everyday life, find the figures of triangles, squares, and circles, and use them to create various figures.
[2math 03-04]	Intuitively understand triangles, squares, and circles and draw their figures.
[2math 03-05]	Find common features in triangles and squares and talk about them.
[4math 03-04]	Understand changes through pushing, flipping, and turning activities of concrete objects or plane figures.
[4math 03-05]	Explain the movement of a point in a plane using position and direction.
[4math 03-06]	Understand the center, radius, and diameter of a circle, and know its properties.
[4math 03-07]	Draw circles of various sizes using a compass.
[4math 03-08]	Through classification activities for triangles of various figures, understand isosceles triangles and equilateral triangles, and explore and explain their properties.
[4math 03-09]	Understand right-angled triangles, acute-angled triangles, and obtuse-angled triangles through classification activities for triangles of various figures.
[4math 03-10]	Through classification activities for rectangles of various figures, understand rectangles, squares, trapezoids, parallelograms, and rhombuses, and explore and explain their properties.
[4math 03-11]	Understand polygons and regular polygons.
[4math 03-12]	Using given figures, create or fill various figures and explain them.

그 중 ‘도형과 측정’영역에서 여러 가지 평면도형의 종류에 대해 학습하는 내용은 1~4학년 군에 걸쳐져 있다. 이와 관련된 성취기준은 표 1과 같다.

성취기준을 살펴보면 초등학생들은 평면도형 학습을 1~2학년 군의 삼각형, 사각형, 원에서 시작한다. 3~4학년 군에서는 이등변삼각형, 정삼각형, 직각삼각형, 예각삼각형, 둔각삼각형, 직사각형, 정사각형, 사다리꼴, 평행사변형, 마름모에 이어 다각형, 정다각형에 대해 학습하는 것을 알 수 있다.

구체적으로 초등학교 1~4학년의 수학 교과서를 분석해 학생들이 학습하는 순서를 살펴보면 다음과 같다. 1학년 2학기에는 평면도형의 명칭에 대한 언급 없이 □, △, ○ 모양을 익히고 주변 사물에서 찾아보는 활동을 한다. 2학년 1학기에는 삼각형, 사각형, 원이라는 도형의 명칭을 다루고 있다. 3학년 1학기에 직각삼각형, 직사각형, 정사각형에 대해 학습하며, 4학년 2학기에 이등변삼각형, 정삼각형과 같이 변의 길이에 따른 삼각형의 분류와 예각삼각형, 둔각삼각형과 같이 각의 크기에 따른 삼각형의 분류를 이해한다. 그리고 마지막으로 사다리꼴, 평행사변형, 마름모와 같은 사각형의 종류를 익힌 후 오각형, 육각형 등의 다각형과 정다각형에 대해 학습한다.

3.2 도형 교육용 게임 개발을 위한 도구 분석

2022개정 수학과 교육과정에서는 수학 학습에 있어 게임을 활용하도록 ‘놀이 및 게임 학습은 호기심과 흥미를 유발하는 놀이 및 게임 활동을 활용하는 교수·학습 방안으로, 활동 속에서 수학 개념이나 원리를 탐구하고 동료와 경쟁 또는 협력하면서 자연스럽게 수학에 접근하고 수학 학습에 대한 자신감 및 의사소통 역량을 기르게 할 수 있다’와 같이 교수학습 방법을 제시하고 있다.

이를 반영하여 개발된 2022개정 수학 교과서는 단원의 마무리 차시가 대부분 놀이, 게임 활동으로 구성되어 있으며 도형 관련 단원의 마지막 차시 또한 놀이 활동이 제시되어 있는 것을 찾아볼 수 있었다. 아이스크림 출판사의 수학 교과서 기준으로 분석한 도형 관련 단원의 단원 마무리 게임 활동의 예시는 다음 표 2와 같다.

표 2. 도형 관련 단원의 교과서 게임 예시
Table 2. Example of a textbook game for a section related to figures

Grade	Type	Contents
1	Card game	A game where two cards are turned over and if the same pattern appears, you get the card
		A game where you turn over the cards on the desk, one at a time, and if they look the same as the teacher's card, you get the card
3	Drawing game	A game where you select a figure card and a corresponding description card and take the card
		A game where you roll a dice, draw a circle with the number of eyes rolled out as the radius of the circle, and expand the land by drawing the circle to claim the treasure
4	Making game	A game where pieces of various figures are rotated and pasted into appropriate positions on the playboard
	Drawing game	A game where you roll a dice and find and color a triangle according to the number on the eye
	Card game	A game of catch is played with each figure card, and the person with the figure card with the most stars wins
	Physical game	A game where you express polygons with your body to the music of your group

표 2에 따르면 도형 관련 단원에서 교과서에 제시된 게임은 대부분 카드를 사용하는 게임이라는 것을 알 수 있다. 이는 놀이와 함께 도형의 학습이 이루어지려면 도형이 그려진 도구가 필연적으로 요구되기 때문으로 예상된다. 카드 게임의 경우 학생 교과서 부록으로 제시되어 있으며 아이들이 부록을 뜯어서 한 장씩 카드를 만들어야 하는 번거로움이 있다. 또한, 실물 카드를 이용한 게임은 카드 개수, 게임 참여 인원수 등을 맞춰야 하는 제한이 있으며 카드가 한정적이고 카드의 종류 또한 동일하게 제작되기 때문에 도형의 다양한 예시를 제공하기 어렵다는 단점도 가지고 있다. 뿐만 아니라 도형 관련 단원마다 비슷한 형식의 카드 게임이 반복되고 있어 학생들이 지루하게 느껴 학습에 대한 흥미도를 높이기 어렵다.

모바일이나 PC 기반의 교육용 게임은 속도 조절, 점수 표기와 같은 다양한 게임적 요소가 추가된 놀이를 구현하기에 용이하다. 게임 시나리오에 맞는 배경음악을 제공하거나 게임의 진행 정보를 알려주는 효과음을 통해서는 학생들의 게임 몰입감을 높일 수 있다[3]. 이를 도형 교육용 게임에 적용하면 기존의 실물 카드 게임의 한계를 극복할 수 있다. 도형의 색깔, 크기, 방향 등을 바꿔가며 다양한 도형의 예시를 제공하고 특정 도형 단원에서만 나오는 정해진 도형을 다루는 놀이가 아닌 도형 영역 전체를 연계성, 계열성 있게 다룰 수 있는 게임을 구현할 수 있다. 학습의 계열성을 반영한 도형 게임을 통해 학생들은 예습이나 복습을 할 수 있을 뿐만 아니라 전체적인 도형 영역의 흐름 파악이 가능해진다.

3.3 게임 개요

본 연구는 Unity 2022.2.1.f1 버전을 사용하여 게임을 개발하였다. Unity 2D는 간편한 인터페이스와 강력한 기능을 제공하여 평면도형을 시각적으로 구현하는 데 적합하다. 이를 통해 플레이어가 다양한 도형을 직관적으로 이해하고 효과적으로 학습할 수 있다.

게임의 규칙을 복잡하게 만들면 초등학생 플레이어가 규칙을 익히는 데 많은 시간을 소비하게 되므로, 가능한 한 단순한 게임으로 구현하고자 했다. 복잡한 규칙보다는 직관적이고 명확한 목표를 제시하여 학습에 집중할 수 있도록 설계함으로써 플레이어가 빠르게 게임에 몰입해 학습과 동시에 게임의 재미를 느낄 수 있도록 하였다.

게임의 주된 목표는 단원에서 주어지는 평면도형의 개념을 익히는 것이다. 다양한 도형이 제시되었을 때, 플레이어가 주어진 도형을 구분할 수 있는지를 테스트하면서 도형의 모양, 특징 등을 자연스럽게 학습할 수 있도록 유도한다. 따라서 게임 내에서 다양한 도형 예시가 제시될 수 있도록 설계하였다. 여러 가지 도형을 반복적으로 접함으로써 플레이어는 각 도형의 특징을 명확하게 이해할 수 있으며 이는 학습 효과를 극대화하는 데 중요한 요소가 된다.

본 게임은 다양한 도형이 화면 위에서 아래로 비처럼 떨어지며, 플레이어 캐릭터가 떨어지는 도형 중 주어진 미션 도형을 모으는 컨셉으로 설계하였다. 화면 위에서 떨어지는 도형은 다양한 종류, 크기, 색깔 등을 가지도록 하여 학습 효과를 높이고자 하였고 플레이어는 시각적인 자극을 받으며 도형을 구분하고 인지하는 능력을 향상시키도록 하였다. 또한, 미션 도형을 모았을 때는 점수가 올라가고, 다른 도형을 모았을 때는 점수가 떨어지도록 설계하였다. 미션 도형이 아닌 도형을 모아 점수가 0점이 되더라도 게임이 종료되지 않으며 기회는 계속 주어지도록 하여 학습이 이루어질 수 있도록 하는 데 초점을 두었다. 여기에 미션 도형을 잘 획득했을 때는 덩동댕 효과음, 미션 도형이 아닐 때는 땡 효과음이 재생되도록 하여 플레이어가 정확한 도형을 구분하고 선택하는 동기를 부여하면서 자연스럽게 학습 목표를 달성할 수 있도록 하였다.

초등학교 학년에 따라 학습 내용이 달라지기 때문에 게임에 등장하는 도형의 종류에도 차이를 두었다. 예를 들어 1학년 대상의 게임에서는 동그라미, 세모, 네모만 등장하며 4학년 대상의 게임에서는 사다리꼴, 평행사변형, 다각형 등 지금까지 배운 도형들이 모두 등장한다. 게임의 난이도 조절을 위해 도형이 떨어지는 속도를 조절하였으며 게임 시작 초반에는 도형이 천천히 떨어지다가 점차 속도가 빨라지도록 설계하여 플레이어가 집중하고 도전 의식을 게임 끝까지 가질 수 있도록 하였다.

사용자 인터페이스에서는 플레이어의 시선을 끌고 집중력을 높이기 위해 하나의 게임 스테이지를 클리어해서 그 다음 스테이지로 넘어가 모아야 하는 도형이 바뀔 때에는 배경 화면을 바꿔 계절이 지나가는 듯한 느낌이 들도록 하였다. 학년에 따라서 게임 캐릭터도 다르게 배정하여 어떤 학년 게임을 하고 있는지 쉽게 구분할 수 있도록 하였으며 게임 시작과 함께 배경음악이 재생되어 게임에 즐겁게 몰입할 수 있도록 하였다.

3.4 로직 구현

그림 1은 평면도형 학습 게임의 전체적인 흐름을 나타낸다.

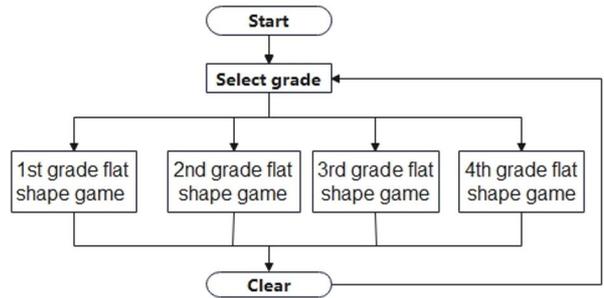


그림 1. 게임 흐름도
Fig. 1. Flow chart of the game

게임을 시작하게 되면 학년을 선택하는 화면이 나오고, 자신의 학년에 해당하는 버튼을 누르면 학년에 맞는 평면도형 모으기 게임이 실행된다. 새롭게 배우는 도형의 종류에 따라 학년에 게임이 배정되기 때문에 학년마다 게임 스테이지의 개수는 다르다. 1~3학년은 각각 3개의 게임 스테이지가 있으며 4학년은 9개의 게임 스테이지가 있다. 모든 게임의 미션을 성공해 완료하게 되면 다시 학년을 선택하는 화면으로 돌아오게 된다.

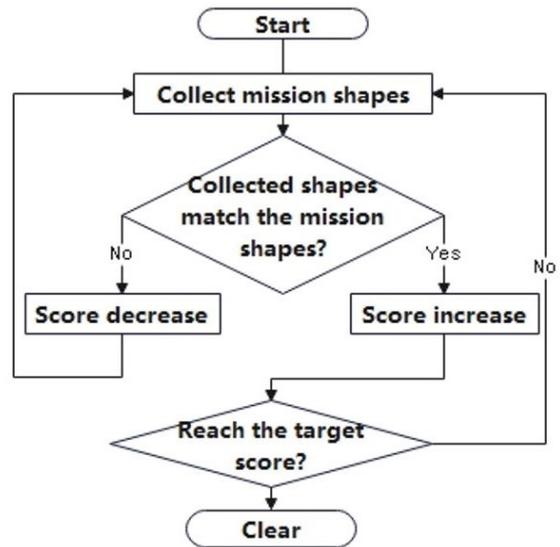


그림 2. 평면도형 모으기 게임 흐름도
Fig. 2. Plane figure collection game flowchart

그림 2는 평면도형 모으기 게임의 흐름을 나타낸다. 게임이 시작되면 하늘에서 여러 가지 모양의 도형이 떨어지고 캐릭터를 움직이며 미션에 해당하는 도형만 골라서 모아야 한다. 캐릭터가 미션 도형에 해당하는 도형을 모으면 점수가 증가하고, 해당하지 않는 모양을 모으면 점수가 감소한다.

점수가 0점이 되더라도 게임이 종료되지 않으며 점수를 모을 때까지 게임을 할 수 있다. 일정 점수에 도달하면 게임이 종료된다.

3.5 교사 피드백을 통한 수정 보완

게임 개발 후 현직 초등교사 3명을 대상으로 피드백을 받았다. 게임을 체험한 교사 3명은 모두 초등교육에서 최소 9년 이상의 경력을 가지고 있으며 각각 초등교육 관련 컴퓨터교육 박사, 인공지능교육 석사, 수학교육 학사 학위 소지자이다. 주로 학생들의 사용 용이성과 교육적 적용에 관련하여 대화 형식으로 피드백을 받았으며 그 내용은 다음 표 3과 같다.

표 3. 평면도형 교육용 게임 피드백
Table 3. Flat shape educational game feedback

No.	Feedback
1	The game rules are simple, so it can be easily operated when conducting activities with a large number of students in actual educational settings.
2	It's a game that lets students focus on learning.
3	This game is suitable for capturing students' interest by using an intuitive interface.
4	It would be appropriate to remove the time limit or add a rule so that the game ends when the score reaches 0.
5	To obtain small shapes, the character's movements need to be more detailed.
6	The scene where the screen changes when a certain score is earned needs to be more interesting.
7	I wish a 3D version was added.

긍정적인 피드백으로는 규칙이 단순하여 실제 교육 현장에서 다수의 학생들을 대상으로 게임을 진행할 때 수월하게 적용할 수 있을 것 같다, 학습에 집중할 수 있는 게임이다, 직관적인 인터페이스를 사용해 학생들의 시선을 끌기 적절하다 등이 있었다.

게임의 수정 보완과 관련된 피드백으로는 미션 도형을 틀리게 모아 0점이 되어도 게임이 종료되지 않는데, 제한 시간이 지나면 게임이 종료되게 하는

것이 아이러니하다, 제한 시간을 없애거나 제한 시간도 두고 0점이 되면 게임이 종료되도록 하는 것이 적절하다는 의견이 있었다. 본 게임은 학생들이 학습한 내용을 정리하는 활동을 하는 것에 중점이 있으므로 검토자의 의견을 반영하여 초기 개발에 있었던 스테이지당 2분의 제한 시간 조건을 삭제하였다. 이 밖에도 작은 도형을 획득하기 위해서는 캐릭터의 움직임이 좀 더 세밀하게 이루어질 필요가 있다고 하여 한번 클릭 또는 터치 했을 때 캐릭터가 이동하는 거리를 줄여 생생함을 더했다. 또한, 일정 점수를 획득하여 화면이 넘어갈 때 다이내믹함이 부족하다는 의견이 있어 성공 화면에서 즐거운 효과음이 재생되도록 추가하였다. 마지막으로 고학년의 경우 입체도형도 많이 나오기 때문에 입체도형 버전이 추가되면 좋겠다는 의견이 있었는데 이는 연구자가 게임 개발 초기부터 고민했던 부분이었으나 Unity 2D를 기반으로 게임을 개발하게 되면서 평면도형만을 다루게 되었고 Unity 2D와 3D를 연결하는 데 어려움이 있어 입체도형을 게임에 반영하지 못했다. 평면도형과 입체도형이 모두 한 게임에서 이루어질 수 있도록 하면 초등학교 도형 영역의 모든 도형 개념 부분을 다룰 수 있게 된다. 향후 연구에서는 Unity 3D를 활용해 입체도형 버전의 게임을 개발하여 평면도형 영역과 게임이 이어질 수 있도록 한다면 더욱 연계성 있는 도형 학습이 이루어질 수 있을 것으로 기대한다.

IV. 시 연

본 연구에서는 Unity 2D와 객체지향 프로그래밍 언어인 C#으로 게임을 제작하였다. 게임은 Windows 운영체제가 적용된 PC 환경에서 구동이 가능하며 이 때 게임 내 조작은 키보드와 마우스로 이루어진다. 또한, Unity에서 게임을 개발하였기 때문에 iOS, Android로의 빌드가 모두 가능하여 스마트기기로도 게임 플레이가 가능하다. 그 중 실제 시연에 있어 사용한 운영체제는 안드로이드 기반의 모바일 기기이며 사용한 모델은 Samsung Galaxy Note 10과 Samsung Galaxy S20 5G 모델이다. 게임을 실행한 초기 학년 선택화면은 다음 그림 3과 같다.



그림 3. 학년 선택 화면
Fig. 3. Grade selection scene

학년을 선택한 후에는 게임에 따라 그림 4와 같이 미션 도형이 무엇인지 알려주는 미션 안내 화면이 실행된다.



그림 4. 미션 안내 화면의 예
Fig. 4. Example of mission guidance scene

학년 및 미션에 따라 게임 배경화면과 캐릭터가 바뀌며 하늘에서 떨어지는 도형의 종류와 떨어지는 속도도 달라진다. 게임에 등장하는 도형은 이전 학년 또는 해당 학년에서 학습한 도형으로 제한하여 학생들이 효과적으로 학습한 내용을 정리할 수 있도록 하였다. 캐릭터는 좌우로 움직이며 키보드 자판 또는 스마트기기에서 실행시 좌우 버튼을 만들어 터치했을 때 캐릭터가 움직일 수 있도록 하였다. 화면의 오른쪽 위에는 게임에서 획득한 점수인 게이지가 표시되도록 하였다. 평면도형 모으기 게임의 실행 화면의 예시는 다음 그림 5~6과 같다.

일정 점수에 도달하면 Clear 화면이 나오면서 축하 효과음이 재생된다. 화면을 터치하면 게임의 순서에 따라 그 다음 게임의 미션 안내 화면 또는 학년의 게임을 모두 완료하였다면 학년 선택 화면으로 넘어가게 된다. Clear 화면의 예시는 그림 7과 같다.

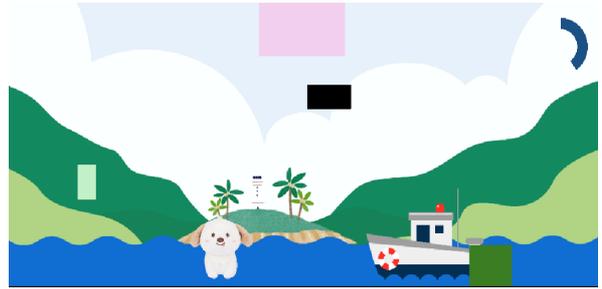


그림 5. 사각형 모으기 게임 화면
Fig. 5. Square collection game scene



그림 6. 삼각형 모으기 게임 화면
Fig. 6. Triangles collection game scene



그림 7. 게임 완료 화면의 예
Fig. 7. Game clear scene

V. 결 론

교육용 게임은 게임을 플레이하는 과정에서 자연스럽게 교육적 효과를 가져오는 경우로 기존의 학습 방식보다 흥미와 재미를 유발하여 학생들의 적극적인 학습 참여를 유도하는 데 목적이 있다. 본 연구는 교육용 게임 개발 사례 분석, 수학 교육에서 게임의 효과 등의 문헌 연구를 통해 얻은 초등학교 학생들의 평면도형 학습을 위한 교육용 게임의 필요성을 바탕으로 2022개정 수학 교육과정에서 내용을 선별하여 평면도형 모으기 게임을 개발하였으며 초등교육 관련 교사들의 피드백을 받아 수정

보완을 거쳤다.

평면도형 모으기 게임은 Unity 2D 기반으로 모바일과 PC에서 모두 플레이 가능하게 개발하였다. 본 게임은 기존에 교과서의 도형 단원에 제시된 카드 게임과는 달리 속도 조절, 점수 표기와 같은 다양한 게임적 요소를 추가하였으며 배경음악과 효과음을 통해 학생들의 게임 몰입감을 높였다. 또한, 도형의 색깔, 크기, 방향 등을 바꿔 게임 중 학습한 평면도형의 다양한 예시를 제공하였으며 학년별로 게임을 선택할 수 있도록 구성함과 동시에 도형 영역 전체를 연계성, 계열성 있게 다루어 학생들이 전체적인 도형 영역의 흐름을 파악할 수 있도록 하였다.

향후 연구에서는 다수의 전문가에게 본 게임의 디자인, 인터페이스, 콘텐츠의 적절성 등을 평가를 받을 수 있겠다. 이 과정을 통해 게임을 개선하고 완성도를 높여 실제 학교 현장에 적용, 다양한 학생들의 특성을 고려하여 게임의 성취도, 만족도, 지속 사용 의도를 분석하거나 학생들의 학습 동기 및 흥미도 변화를 분석해 게임의 효과성을 검증할 필요가 있다.

2025년부터는 초등학교 현장에 AI 디지털교과서가 보급된다. 정보기술의 발달로 교육용 게임을 현장에 적용하기 용이해졌으며 다양한 멀티미디어 콘텐츠와의 상호작용을 통해 학생들의 학습 경험을 향상시킬 수 있는 방안이 요구되면서 교육용 게임은 더 필요해지고 있다. 변화하는 교육의 패러다임에 발맞추어 학습 효과를 극대화할 수 있는 다양한 교육용 게임의 개발 및 적용이 필요하다. 학생들의 학습 경험을 풍부하게 하고, 최적의 학습 도구로서의 교육용 게임이 개발되어 교육 현장에 실제로 활용될 수 있기를 기대한다.

References

- [1] L. Hu, Y. Yuan, Q. Chen, X. Kang, and Y. Zhu, "The Practice and Application of AR Games to Assist Children's English Pronunciation Teaching", *Occupational Therapy International*, Vol. 2022, No. 3966740, pp. 1-12, Jun. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3966740>.
- [2] Y. Shin and T. Woo, "Development of Game-based English Education Content for Elementary School Students: Based on Platform and Collecting Role-Playing Game", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 24, No. 12, pp. 3179-3190, Dec. 2023. <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.12.3179>
- [3] L. Zheng, H. Huang, and D. Lee, "A Study on Factors Affecting Immersion in Mobile Educational Games", *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, Vol. 18, No. 2, pp. 407-418, Apr. 2023. <https://doi.org/10.34163/jkits.2023.18.2.014>.
- [4] J. Kwon, "Educational Games and Bloom's Taxonomy", *Journal of Korea Game Society*, Vol. 22, No. 6, pp. 33-42, Dec. 2022. <http://dx.doi.org/10.7583/JKGS.2022.22.6.33>.
- [5] K. Cho, S. Kim, S. Ahn, and J. Kim, "Research on Career Education Game Development Utilizing the Concept of Digital Transformation", *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 9, No. 5, pp. 543-548, Sep. 2023. <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.5.543>.
- [6] Z. Wang and C. Lee, "A Study on the Application of Gamification Elements for Mathematics Education - Elementary school students-", *Journal of Communication Design*, Vol. 75, pp. 98-113, Apr. 2021. <https://doi.org/10.25111/jcd.2021.75.07>.
- [7] Y. Kim, "Analysis of the educational effects of gamification social studies lesson in elementary school using game for education", *Journal of Korea Game Society*, Vol. 20, No. 5, pp. 21-30, Oct. 2020. <http://dx.doi.org/10.7583/JKGS.2020.20.5.21>.
- [8] D. Jeong, S. Yoo, and S. Kwon, "Proposal for Design and Development of Mobile Game Apps for Learning Korean Vocabulary", *Journal of CheongRam Korean Language Education*, Vol. 76, pp. 235-276, Jul. 2020. <http://dx.doi.org/10.26589/>

- jockle..76.202007.235.
- [9] W. Park, "Implementation of Unity's Catastrophic Situation Driving Training Simulator for the Disabled", *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol. 27, No. 10, pp. 131-136, Oct. 2022. <https://doi.org/10.9708/jksci.2022.27.10.131>.
- [10] Y. Kuang and R. Zhang, "A Theoretical Research on the Design of Educational Games Based on Unity in Junior High School Biology Teaching", *The 16th International Conference on Computer Science & Education*, pp. 296-300, Aug. 2021. <https://doi.org/10.1109/ICCSE51940.2021.9569330>.
- [11] W. Im, I. Hwang, and C. Kang, "Four Arithmetic Operations Education Game using Merge Cube", *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 21, No. 3, pp. 123-130, Mar. 2023. <http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2023.21.3.123>.
- [12] H. Lee, Y. Kim, and C. Park, "Development of Quest-Based Mobile STEAM Content for Scientific Experiments in Middle Schools", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 19, No. 2, pp. 88-98, Feb. 2019. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2019.19.02.088>
- [13] S. Lee, S. Yun, S. Jeong, and T. Woo, "Advancements in Coding Education through the Serious Game "COngDING"", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 24, No. 12, pp. 3153-3166, Dec. 2023. <https://doi.org/10.9728/dcs.2023.24.12.3153>.
- [14] S. Hyun, Y. Kim, and C. Park, "Development of a Game Content Based on Metaverse Providing Decision Tree Algorithm Education for Middle School Students", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 22, No. 4, pp. 106-117, Apr. 2022. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2022.22.04.106>.
- [15] G. Park, H. Ryu, and S. Ohm, "Development of Children's Disaster Safety Education Application according to Situational Learning Theory - For Lower Elementary School Students", *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 9, No. 3, pp. 811-816, May 2023. <https://doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.3.811>.
- [16] R. Arslan, M. Kofoglu, and C. Dargut, "Development of Augmented Reality Application for Biology Education", *Journal of Turkish Science Education*, Vol. 17, No. 1, pp. 62-72, Mar. 2020. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.13>.
- [17] T. Kim, J. Wi, and S. Yi, "The Academic Effect of G-learning Method on the Motivation of Mathematics of Elementary School Students", *Journal of Korea Game Society*, Vol. 12, No. 2, pp. 43-51, Apr. 2012. <https://doi.org/10.7583/JKGS.2012.12.2.043>.
- [18] J. Wi and I. Song, "Effectiveness of G-learning Contents as an Educational Tool : The Analysis of G-learning Math in Elementary School", *Journal of Korea Game Society*, Vol. 11, No. 3, pp. 52-62, Jun. 2011. <https://doi.org/10.7583/JKGS.2011.11.3.055>.
- [19] J. Wi and E. Won, "Effectiveness of G-Learning Math Class in Increase of Math Achievement of K-5 Students in USA", *Journal of Korea Game Society*, Vol. 12, No. 1, pp. 79-90, Feb. 2012. <https://doi.org/10.7583/JKGS.2012.12.1.079>.
- [20] A. Palanci and Z. Turan, "How Does the Use of the Augmented Reality Technology in Mathematics Education Affect Learning Processes?: A Systematic Review", *International Journal of Curriculum and Instructional Studies*, Vol. 11, No. 1, pp. 89-110, Jun. 2021. <https://doi.org/10.31704/ijocis.2021.005>.
- [21] D. Lee, "Games for Teaching and Learning Mathematics", *Journal of Korea Association for Drama/Theatre and Education*, Vol. 13, No. 1, pp. 129-141, Mar. 2021. <https://doi.org/10.31342/JKADTE.2021.13.1.129>.
- [22] Ministry of Education, "2022 revised mathematics curriculum", Dec. 2022.

저자소개

이 승 미 (Seung-Mee Lee)



2021년 8월 : 서울교육대학교
컴퓨터교육과(석사)
2023년 3월 ~ 현재 :
서울교육대학교 컴퓨터교육과
박사과정
관심분야 : 소프트웨어교육,
인공지능교육

전 석 주 (Seok-Ju Chun)



2002년 2월 : 한국과학기술원
컴퓨터공학과(박사)
2004년 4월 ~ 현재 :
서울교육대학교 컴퓨터교육과
교수
관심분야 : 컴퓨터교육, 프로그래밍
방법, 데이터마이닝, OLAP

이 영 석 (Youngseok Lee)



2009년 8월 : 한양대학교 전자통신
전과공학과(박사)
2014년 3월 ~ 2016년 2월 :
인하대학교 컴퓨터정보과
강의교수
2016년 3월 ~ 2022년 2월 :
강남대학교 KNU 참인재대학 교수

2022년 3월 ~ 현재 : 서울교육대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야 : 정보 교육, AI 교육, 지능형 웹 정보 시스템,
데이터 사이언스, 컴퓨터그래픽스