

ORIGINAL ARTICLE

# 테크놀로지 활용 과학 수업에서 분산인지 이론 기반 수업 전략의 개발 및 타당화

노자현<sup>1</sup> · 손준호<sup>2</sup> · 김종희<sup>3\*</sup>

(<sup>1</sup>삼도초등학교 교사, <sup>2</sup>서일초등학교 수석교사, <sup>3</sup>전남대학교 교수)

## Development and Validation of Distributed Cognition Theory Based Instructional Strategy in Science Class Using Technology

Ja-Heon Noh<sup>1</sup> · Jun-Ho Son<sup>2</sup> · Jong-Hee Kim<sup>3\*</sup>

(<sup>1</sup>Samdo Elementary School, <sup>2</sup>Seoil Elementary School, <sup>3</sup>Chonnam National University)

### ABSTRACT

This study is a design and development study that developed instructional strategies based on distributed cognitive theory for science classes using technology according to procedures that ensured reliability and validity. To develop instructional strategies, development study and validation study were conducted according to design and development research methodology procedures. In the development study, an initial instructional strategy was developed through prior literature review and prior expert review. In the validation study, the instructional strategy was validated using internal validation (expert validation, usability evaluation) and external validation (field application evaluation) methods, and the final instructional strategy was developed. The final instructional strategy consisted of 3 instructional principles, 9 instructional strategies, and 38 detailed guidelines. Through this study, the researcher suggested the suitability of instructional strategies for science classes using technology, the usefulness of blocks and teaching and learning processes, the possibility of using technology as a cognitive tool, the need for teachers' efforts to cultivate teaching capabilities using technology, and the needs lesson plan that takes into account conditions affecting the application of instructional strategies.

**Key words** : science class using technology, distributed cognition, instructional strategy, design and development study

## I. 서론

21세기는 테크놀로지 사회라고 지칭될 만큼 테크놀로지는 우리의 삶에 있어 무척이나 중요한 역할을 하고

있으며(Raja & Nagasubramani, 2018), 대다수의 사람들은 스마트폰이나 태블릿 PC와 같은 테크놀로지 도구를 일상적인 수단으로 활용하고 있다(Traxler, 2009). 테크놀로지의 영향력은 교육을 포함한 다양한 영역에서 관찰

Received 29 November, 2023; Revised 20 December, 2023; 28 April, 2024;

Accepted 30 April, 2024

\*Corresponding author: Jong-Hee Kim, Chonnam National University, 77 Yongbongro Buk-gu, 61186, Korea

E-mail: earthedu@jnu.ac.kr

본 논문은 노자현의 2023년도 박사 학위논문의 내용을 발췌 정리하였음.

이 연구는 전남대학교 생명윤리심의위원회(Institutional Review Board)의 심의를 거쳐 2021년 8월 최종 승인(1040198-210625HR-094-02)을 받았음.

© The Korean Society of Earth Sciences Education. All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

할 수 있는데, 특히 학습 과정에서 테크놀로지와 같은 도구의 사용이 학생들의 상호작용이나 학업 성취도에 긍정적인 효과가 있다는 선행연구(이진과 홍승호, 2020; 이희숙 외, 2016; Anshari *et al.*, 2017; Bhagat *et al.*, 2016; Chaiyo & Nokham, 2017)들을 확인할 수 있다. 이처럼 테크놀로지 중심의 새로운 교육 패러다임은 과학 교육에도 많은 변화를 가져왔다.

과학 교육에서 테크놀로지 활용을 주제로 한 연구는 지속적으로 수행되어 왔는데(나지연과 송진웅, 2014; 박현경, 2018; Zydney & Warner, 2016), 다수의 연구에서 과학 수업에서 테크놀로지 활용이 학생들의 성취도나 학습 동기에 긍정적인 효과가 있다고 보고하고 있다(강석진과 윤성용, 2017; 노태희 외, 2016; 이상균, 2015). 특히 과학 교과와 특징을 반영한 테크놀로지 활용 사례를 찾아볼 수 있는데, 테크놀로지가 관찰이나 측정과 같은 탐구 도구로 활용되거나(김민지와 신동희, 2019; Kim *et al.*, 2007), 모의실험을 지원하는 도구(최윤성과 김종욱, 2022; Siiman *et al.*, 2017; Vieyra *et al.*, 2015), 데이터 기반 과학 탐구를 위한 도구(박찬솔과 손정우, 2022; 유상미 외, 2021; Zacharia *et al.*, 2016), 학습자의 상호작용과 협업을 지원하는 도구(김민환 외, 2018; Aljaloud *et al.*, 2019)로 활용된다는 것이다.

테크놀로지 활용의 장점에도 불구하고 실제 과학 수업에서 테크놀로지를 활용한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 김지훈과 홍승호(2015), 정연화와 이정민(2015)의 연구에 따르면, 테크놀로지 활용이 학습자의 성취도에 긍정적인 영향을 미치지 않았으며, Anshari *et al.*(2017)은 테크놀로지 활용이 학습자의 주의를 분산시킬 수 있다고 지적하였다. 또한, 김윤영과 황찬문(2015)은 테크놀로지 활용 전략에 대한 정보 부족으로 인해 교사가 학습 설계 및 수업 운영에 어려움을 겪는다고 보고하였다. 이러한 연구 결과들을 고려했을 때 ‘과학 수업에서 테크놀로지를 어떻게 잘 활용할 수 있을 것인가?’와 같이 테크놀로지 활용의 방향성에 대한 물음을 제기할 수 있다.

이러한 물음의 답을 찾기 위해 현장 교사들의 의견을 참고해 볼 수 있는데, 현장 교사들은 테크놀로지 활용 시 고려해야 할 사항으로 교수·학습의 효과성과 편리성을 이야기하였다(한국교육학술정보원, 2022). 이와 관련하여 다양한 연구들(김미용과 배영권, 2013; 김혜정과 김현철, 2012; Hochberg *et al.*, 2018; Malik &

Ubaidilah, 2021; Moysey & Lazar, 2019; Yarbrow *et al.*, 2016)이 테크놀로지를 활용한 수업 모형이나 전략, 테크놀로지 활용 방법을 제시하고 있음에도 불구하고, 이들 연구가 중력 센서와 같이 테크놀로지의 일부 기능만을 다루거나 자료조사나 영상 시청과 같이 낮은 수준에서의 테크놀로지 활용 방법만을 다루고 있기에 과학 수업에서 테크놀로지를 체계적으로 활용하기 위한 안내와 지침이 부족한 실정이다. 따라서 교수·학습의 효과성과 편리성을 고려하면서 동시에 과학 교과의 특징을 반영한 테크놀로지 활용 과학 수업 전략의 개발이 필요하다 할 수 있다.

분산인지(distributed cognition) 이론은 테크놀로지 활용 과학 수업 전략 개발하는 데 유용한 이론적 토대를 제공할 수 있다. 이 이론은 인지 활동이 개인 내부에서만 존재한다는 전통적인 인지 과학의 관점에서 벗어나 개인이 속한 환경, 즉 다른 개인, 인공물, 그리고 도구들과의 상호작용을 통해 분산되어 발생한다는 점을 강조하는(Hutchins, 2000; Lehtinen *et al.*, 1999) 인지 과학 이론으로 인지가 작동하는 것을 보는 새로운 관점이다. 분산인지의 대표적인 예로 Hutchins(1995)는 배가 좁은 수로를 항해할 수 있는 것은 항해사 개인의 능력에 의한 것이 아니라 항해사를 포함한 많은 선원과 다양한 유형의 인공물(전륜 나침반 등)에 의해 측정된 정보들이 수로 특수도의 도면 위에 결합됨으로써 가능하다고 보았는데, 이 과정에서 선원들과 인공물은 인지를 위한 단순 보조물이 아닌 인지 과정의 핵심적인 부분으로 보아야 한다고 주장하였다. 이처럼 분산인지 이론은 개인이 속한 환경에 존재하는 개인, 인공물 그리고 도구들이 개인의 인지 과정과 결과에 영향을 미친다고 본다(Giere, 2006a, b). 따라서 분산인지 이론은 하나의 분석 틀으로써 인간과 인공물의 상호작용(Andreasson *et al.*, 2019; Hollan *et al.*, 2000)이나 인간과 인간의 협업 과정(Vasilou *et al.*, 2017; Weinberger *et al.*, 2009)을 해석하는 데 활용되었다. 교육 영역에서도 학생과 학습 도구와의 상호작용을 분석하거나(오필석, 2017; Angeli, 2008), 학습 과정에서 학생들의 대화를 분석하여(김현진 외, 2015; Valanides & Angeli, 2008; Xu & Clarke, 2012) 학습자의 내적 학습 과정을 분석하는 설명적 교수 이론(descriptive instructional theory)<sup>1)</sup> 관점의 연구들

1) 특정 교수의 조건 하에서 특정 교수의 방법이 가져오는 교수 결과가

을 찾아볼 수 있다. 반면 분산인지 이론을 처방적 교수 이론(prescriptive instructional theory)<sup>2)</sup>의 관점에서 다룬 연구는 상대적으로 적었는데, Halverson(2002)에 의하면 분산인지 이론은 “이론적 구조가 명시적으로 명명된(named) 경우가 없었으며”, “이론의 핵심을 인지 과정의 분석에 둬서 분산인지를 처음 접하는 사람들에게는 덜 명확하게(less obvious) 인식될 수” 있기 때문이다. 테크놀로지 활용 측면에서 분산인지 이론을 적용하고자 하는 시도는 있었는데, 학습 과정에서 테크놀로지 활용 지침을 CTOM(connection, translation, off-loading, monitoring)이라는 프레임워크로 설명한 Martin(2012)의 연구나, CTOM 프레임워크를 Gagne의 9가지 수업 사태에 적용하여 수업 계획을 설계한 Polat & Öz(2017)의 연구를 예로 들 수 있다. 특히 분산인지 이론의 관점에서 개인이 컴퓨터와 같은 도구들을 활용하면서 개인의 인지적 한계를 극복하는 인지적 오프로딩(cognitive off-loading) (Agostinho *et al.*, 2011; Fadul, 2009)이나 네트워크 같은 사회적 상호작용을 통해 인지적 자원을 공유하고 협동작업을 하는 인지적 협력(cognitive collaboration) (Ligorio *et al.*, 2008; Perry, 1999)은 테크놀로지가 과학 수업에서 탐구를 위한 도구나 상호작용과 협력을 지원하는 도구로 활용된다는 것과 공통점을 찾을 수 있다.

이 연구에서는 학습 환경에 존재하는 학습자와 동료 학습자, 테크놀로지 도구를 하나의 분산인지 체계로 보고 효과적인 과학 수업을 위한 인공지능로써 테크놀로지의 역할을 강조하는 관점에서 수업 전략을 개발하고자 한다. 이러한 관점은 과학교육에서 테크놀로지의 역할을 재정의하고, 테크놀로지의 효과적인 활용을 촉진하는 데 기여할 것으로 예상된다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 테크놀로지 활용 과학 수업을 위한 분산인지 이론 기반 수업 전략은 무엇인가?

둘째, 테크놀로지 활용 과학 수업을 위한 분산인지 이론 기반 수업 전략은 타당한가?

## II. 연구 방법

### 1. 전체 연구 절차

이 연구는 수업 전략을 개발하고 타당화하기 위한 연구이므로, Richey & Klein(2014)의 설계·개발 연구 방법론의 절차에 따라 연구를 진행하였다. 설계·개발 연구는 산출물 및 도구 개발 연구와 모형 연구 두 종류로 구분할 수 있다. 이 중 모형 연구는 설계 원리나 전략, 지침 등을 개발하는 데 활용되므로 수업 전략 개발을 목적으로 하는 이 연구에 적합한 연구 방법이라고 할 수 있다. 모형 연구의 절차는 개발 연구, 타당화 연구, 사용 연구 순이며, 이 연구에서는 Fig. 1과 같이 개발 연구와 타당화 연구를 진행하였다.

### 2. 개발 연구

개발 연구에서는 선행 문헌 검토, 사전 전문가 검토를 진행하였다. 선행 문헌 검토 과정에서 수집한 문헌 자료를 정리하여 프로토타입(prototype) 형태의 수업 전략을 개발하였으며, 사전 전문가 검토 과정에서 해당 전략을 수정 및 보완하여 초기 수업 전략을 개발하였다.

선행 문헌 검토 단계에서는 교수 설계 강좌를 수강하고 과학 수업에서 테크놀로지 활용을 주제로 논문 게재 실적이 있는 과학 교육 전공 연구자 1인이 Reigeluth(1983)의 교수설계이론 절차를 참고하여 프로토타입 형태의 수업 전략을 개발하였다. 교수설계이론 절차는 원리와 이론의 개발 순서에 따라 귀납적 방법과 연역적 방법으로 구분하는데, 이 연구에서는 귀납적 방법과 연역적 방법을 모두 적용하였다. 귀납적 방법을 사용하여 분산인지, 테크놀로지, 과학 교과의 조합으로 검색된 선행 문헌을 검토하고, 테크놀로지를 활용한 과학 수업 설계 및 실행에서 고려해야 할 조건들과 주요 변인들, 그리고 핵심 요소들을 범주화하여 수업 원리를 개발하였다. 개발된 수업 원리의 개념적 정의를 기준으로, 선행 문헌에서 정리한 테크놀로지 활용 사례들을 연역적 방법으로 분류하고 구조화하여 프로토타입 형태의 수업 전략 및 세부 지침을 개발하였다.

사전 전문가 검토 단계에서는 선행 문헌 검토 단계에서 개발한 프로토타입 형태의 산출물에 대한 적절성과

무엇인가에 관심을 가지며, 학습자의 내적 학습 과정을 다루고 설명한다(서울대학교 교육연구소, 1995).

2) 특정 교수의 조건 하에서 어떠한 교수의 방법을 동원하여야 하는가에 관심을 가지며, 변인들 사이의 관계를 파악하며 교수의 방법을 처방한다(서울대학교 교육연구소, 1995).

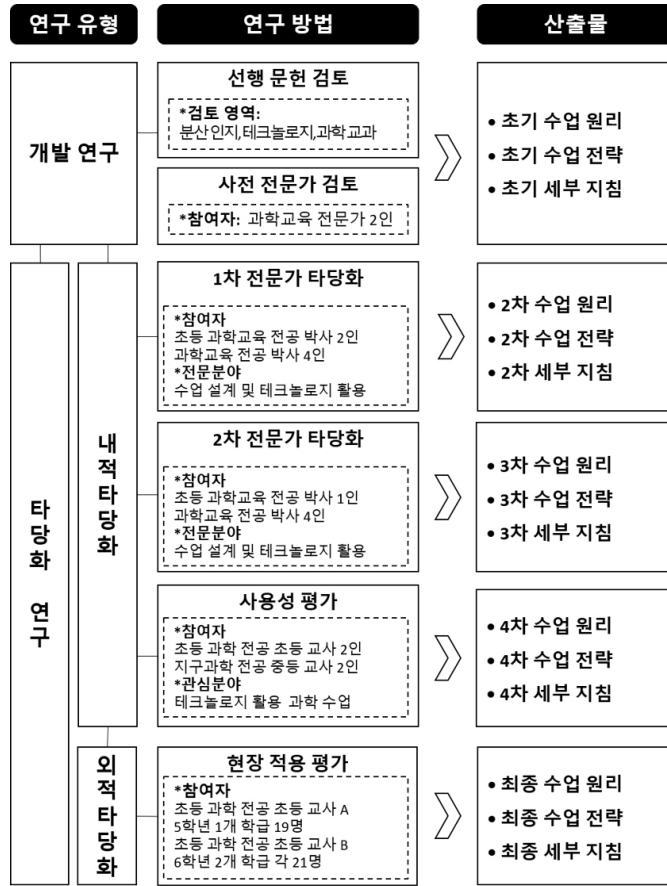


Fig. 1. Study methods and outputs by study type

타당성을 검토하고 수정 및 보완을 통해 초기 수업 전략을 개발하였다. 이 과정을 수행하기 위해 해당 연구 주제에 대해 전문적인 지식과 연구 경험을 보유하고 관련 논문 게재 및 발표 실적이 있는(Grant & Kinney, 1992; Shrotryia & Dhanda, 2019) 과학교육 박사학위 소지자 2인을 전문가로 선정하였다.

사전 전문가 검토 과정은 다음과 같은 절차로 진행되었다. 전문가 2인이 함께 연구자의 발표를 듣고 발표 내용에 대한 궁금증을 질의응답 형식으로 제시한 뒤, 연구자가 제공한 설문지에 수정·보완이 필요한 사항들을 기록하였다. 이러한 과정은 총 10회에 걸쳐 이루어졌다. 검토 과정에서 나는 대화는 전문가 동의하에 녹취하여 연구자가 전사한 뒤 전문가가 작성한 설문지 내용과 함께 범주화하고, 반복적 비교법(constant comparison method)을 적용하여 전사 내용과 범주를 재확인한 후 수정·보완 사항을 도출하였다. 이 방법을 통

해 도출된 수정·보완 사항은 초기 수업 전략을 개발하는데 활용하였다.

### 3. 타당화 연구

타당화 연구에서는 내적 타당화(전문가 타당화, 사용성 평가), 외적 타당화(현장 적용 평가)를 진행하였다. 두 번의 전문가 타당화 과정을 거쳐 2, 3차 수업 전략을 개발하였으며, 현장 교사가 참여한 사용성 평가를 바탕으로 4차 수업 전략을 개발하였다. 이후 현장 교사와 학생들을 대상으로 한 현장 적용 평가를 바탕으로 최종 수업 전략을 확정하였다.

전문가 타당화는 전문가 패널 구성, 타당화 검사 및 심층 면담, 타당화 검사 분석의 순서로 진행하였다. 전문가 패널은 앞서 언급한 전문가 선정 기준에 의해 Table 1과 같이 총 7인을 구성하였다. 타당화 검사와 심층 면담은 김선희(2014)와 김성욱(2016)이 수업 설계 모형 개발

Table 1. Expert profile and validation engagement steps

구분	전문가 프로필			타당화 참여 단계	
	연구 경력	최종학력	전문분야	1차	2차
A	13년	박사	과학교육	○	○
B	17년	박사	과학교육	○	○
C	20년	박사	과학교육	○	
D	15년	박사	초등과학교육	○	
E	16년	박사	초등과학교육	○	○
F	22년	박사	과학교육	○	○
G	11년	박사	과학교육		○

연구에 사용한 전문가 타당화 검사지를 이 연구의 맥락에 맞게 단어 수준에서 수정하여 사용하였다(예, 모바일 탐구학습을 테크놀로지 활용 학습으로 수정). 선행 연구와 동일하게 각 평가 영역의 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도를 4점 척도로 평가하였으며, 평가지 하단에 자유 서술식 문항을 추가하여 3점 이하를 받은 영역에 대해 전문가 의견을 기술하도록 하였다. 연구자는 타당화 검사 결과를 검토하면서 확인한 문의 사항에 대해 개별 전문가와 온라인 면담을 통해 추가 정보를 수집하였다. 타당화 검사 분석은 응답 내용의 타당도와 신뢰도를 확보하기 위해, 평균 점수와 문항 수준의 내용 타당도 지수(item-content validity index:I-CVI), 평가자 간 일치도 계수(inter-rater agreement: IRA)를 사용하였다. 일반적으로 I-CVI는 3명 이상의 전문가에 대해 0.78이상인 경우 타당하다고 해석하며(Polit *et al.*, 2007), IRA는 0.75에서 0.90사이의 값일 때 허용 가능한 수준으로 해석한다(Graham *et al.*, 2012; Hartmann, 1977; Stemler, 2004).

사용성 평가는 평가 참여 교사 선정, 사용성 평가 및 심층 면담, 평가 결과 분석 순으로 진행하였다. 평가 참여 교사는 Table 2와 같이 총 4인을 선정하였다. 사용성 평가 과정에서는 전문가 타당화 단계에서 사용된 동일한 타당화 검사지를 사용하였으며, 수업 전략과 세부 지침의 장점과 약점을 묻는 추가 문항을 포함시켰다. 사용성 평가는 수업 전략의 실제 적용 가능성을 검토하

기 위해 진행하였으므로, 교사들은 2~3차시 분량의 교수·학습 과정안을 작성한 후 이를 바탕으로 평가를 수행하였다. 또한, 수업 전략 적용 과정에서 경험한 정보를 수집하기 위해 각 교사와 개별적인 심층 면담을 실시하였다. 평가 결과 분석은 전문가 타당화 단계와 마찬가지로 I-CVI와 IRA를 사용하여 분석하였다.

현장 적용 평가는 평가 참여 교사 및 학생 선정, 수업 설계 및 실행, 수업 전략의 현장 적용성 확인 순으로 진행하였다. 평가에 참여할 교사 및 학생은 Table 3과 같이 초등교사 2인과 보호자의 동의를 받은 2개 학급 40명의 학생을 선정하였다. 참여 전, 연구자는 연구 참여자의 보호를 위해 생명윤리심의위원회의 심의를 거쳐 승인을 받았다. 수업 설계와 실행은 수업 원리, 수업 전략, 세부 지침을 숙지한 교사가 연구자와 상호 협의를 통해 2차시 분량의 교수·학습 과정안을 작성한 후 수업을 실행하였다. 수업 전략의 현장 적용성 확인은 교사 반응 평가와 학생 반응 평가를 통해 확인하였다. 교사 반응 평가는 교사가 수업을 설계하고 실행하는 과정에서 인식한 수업 전략의 효과, 수업 설계와 실행 간 차이점을 반구조화된 면담 방법으로 확인하였다. 학생 반응 평가는 수업 전략을 적용한 테크놀로지 활용 수업의 만족도를 묻는 자유 서술식 문항을 수업 성찰일지 방법으로 확인하였다.

Table 2. Teacher profile participated in usability evaluation

구분	학교급(전공)	교육경력	최종학력	관심 분야
A	초등(초등과학교육)	10	석사	초등과학교육, 테크놀로지 활용 과학 수업
B	초등(초등과학교육)	10	학사	초등과학교육, 테크놀로지 활용 과학 수업
C	중등(지구과학교육)	16	석사	과학교육, 수업설계
D	중등(지구과학교육)	12	박사과정	과학교육, 수업설계

Table 3. Teachers and students profile participated in field application evaluation

교사 참여자	담임 여부	학생 참여자	수업 과목 및 영역
A	담임 교사	5학년 1개반 19명	과학(지구과학)
B	교과 전담 교사	6학년 1개반 21명	과학(통합과학)

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 개발 연구 결과

##### 가. 선행 문헌 검토

선행 문헌 검토의 목적은 수업 전략 개발을 위한 이론적 기초를 확립하고 프로토타입 형태의 수업 전략을 개발하기 위함이다. 이를 위해 분산인지 이론, 과학 수업에서 테크놀로지의 역할을 주제로 한 선행 문헌을 검토하였다. 수업 원리는 분산인지 이론의 개념과 특징, 분산인지의 시각에서 해석한 학습 과정, 과학 수업에서 테크놀로지의 역할과 효과를 분석하여 정리한 주요 변인과 핵심 요소를 범주화하여 도출하였다.

선행 문헌 검토 결과 도출한 분산인지의 핵심 요소는 인지 자원의 공유와 조정, 인지 과정의 개선, 인지 과정의 강화, 인지부하 감소, 조정 결과의 점검(Martin, 2012; Perry, 1999; Salomon, 1997; Zhang & Norman, 1994)이었으며, 과학 수업에서 테크놀로지의 역할은 협동 학습을 기반으로 한 정보의 교환, 정보와 자료의 수집, 해석, 평가, 의사소통을 통한 논증 및 조정(Chen *et al.*, 2008; Hochberg *et al.*, 2018; Kuntzleman, 2016; Liu *et al.*, 2013)이었다. 이렇게 정리한 핵심 요소들은 의미의 동질성과 학습 활동의 유사성을 기준으로 범주화하여 3개의 수업 원리(정보 공유와 조정의 원리, 인지 부하 감소의 원리, 인지 과정 점검의 원리)를 도출하였다. 수업 전략은 수업 원리의 개념적 정의를 기준으로 선행 문헌에서 확인한 실제 활용 사례들을 분류한 후 유사한 사례는 통합하여 하나의 문장으로 서술하고 서로 다른 사례는 새로운 범주를 생성하여 분류한 뒤 이론적 포화에 이를 때까지 사례를 확인하고 추가하여 총 17개의 수업 전략을 개발하였다.

##### 나. 사전 전문가 검토

사전 전문가 검토의 목적은 초기 수업 전략을 개발하기 전 선행 문헌의 검토 영역과 해석의 적절성, 연구

방법의 타당성, 수업 전략 개발 절차의 체계성 그리고 프로토타입 형태로 개발한 수업 전략 전반을 검토하기 위함이다.

사전 전문가 검토 결과 선행 문헌 검토 영역, 연구 방법, 수업 전략 개발 절차는 양호한 것으로 평가되었다. 다만, 프로토타입 형태로 개발한 수업 전략은 개선이 필요한 것으로 나타났으며 사전 전문가 검토 결과 다음과 같이 수정·보완 사항을 도출하였다. 첫째, 수업 전략들의 위계에 대한 검토가 필요하다. 둘째, 수업 전략들의 용어 수정 및 간결화가 필요하다. 셋째, 수업 전략의 구체적인 적용 방법 및 수업 전략 적용을 위한 교수·학습과정안이 필요하다. 사전 전문가 검토 의견을 반영하여 수정·보완한 결과 3개의 초기 수업 원리와 14개의 초기 수업 전략, 55개의 초기 세부 지침을 개발하였다.

사전 전문가 검토 결과를 반영하여 수업 전략의 구체적인 적용 방법으로 학습 활동과 수업 전략, 테크놀로지 정보가 담겨 있는 ‘블록(block)’과 상호작용과 분산인지 전략이 포함된 교수·학습 과정안을 개발하였다. Fig. 2의 블록은 수업 전략 6(관찰을 보조한다)을 적용하여 돋보기 애플리케이션과 스마트폰 현미경으로 화강암과 현무암을 관찰하는 활동을 의미한다.

제작한 블록들은 시간의 흐름에 따라 Fig. 3의 A와 같이 선형적으로 연결하여 연속적으로 학습 활동을 구성할 수 있다. 만약 하나의 활동에 두 개 이상의 전략 적용이 필요한 경우 Fig. 3의 B와 같이 병렬적으로 블록을 연결할 수 있다. 학습 활동의 특성에 따라 하나의 블록이 하나의 학습 활동을 구성하거나 혹은 여러 개의 블록이 모여 하나의 학습 활동을 구성할 수 있다.

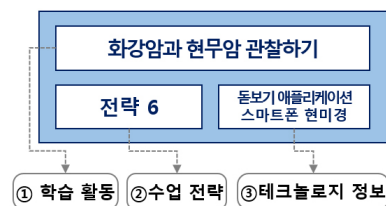


Fig. 2. Example of block production

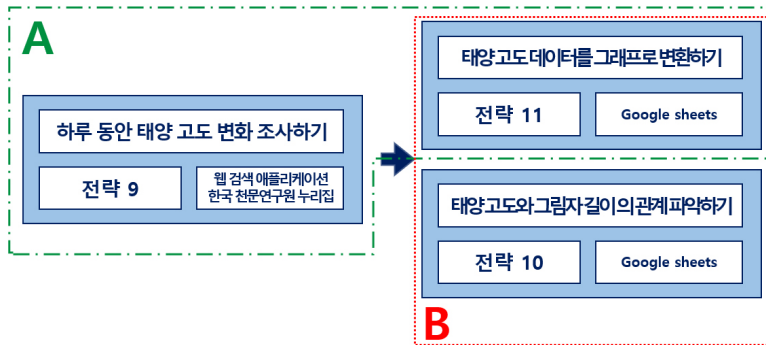


Fig. 3. Example of learning activity consisting by connected blocks



Fig. 4. Teaching and Learning plan consisting by learning activities

학습 활동들은 모여서 수업 맥락을 구성하게 되는데, 수업 맥락은 Fig. 4와 같이 교수-학습 과정안으로 시각화할 수 있다. 이 연구에서 사용한 교수-학습 과정안은 상호작용, 분산인지 전략, 자료 및 유의점 열을 특징으로 한다. 상호작용 열은 적용한 수업 전략에 따른 교사와 학생, 테크놀로지 사이의 상호작용 범위를 나타내며, 자료 및 유의점 열은 활동 중 필요한 자료와 테크놀로지 활용 시 참고해야 할 사항이나 수업 전략의 하위 요소인 세부 지침 내용을 작성하여 교사의 수업 실행을 지원할 수 있도록 하였다.

## 2. 타당화 연구

### 가. 내적 타당화

내적 타당화의 목적은 개발 과정과 결과의 타당성을 검증하는 것(Richey & Klein, 2014)으로, 이 연구에서는 수업 전략의 개발 과정과 결과에 대한 타당성을 검증하였다. 내적 타당화에서는 전문가에 의한 두 번의 전문가 타당화와 교사에 의한 한 번의 사용성 평가를 진행하였다. 내적 타당화 결과를 바탕으로 초기 수업 전략을 지속하여 개선하였다.

### 1) 1차 전문가 타당화

1차 전문가 타당화는 수업 원리와 수업 전략, 세부 지침 전반에 대한 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도에 대한 검토와 개별 수업 전략과 세부 지침이 연구 목적에 비추어 봤을 때 타당한지, 과학 수업을 설계할 때 적절하게 활용될 수 있을 것인지에 대해 검토를 진행하였다. 전문가 타당화를 위해 연구자는 전문가를 대상으로 연구의 목적, 문제, 방법을 포함한 연구의 기본 사항과 분산인지 이론, 과학 수업에서 테크놀로지의 역할과 같은 이론적 배경을 안내하여 전문가가 연구 전반에 대해 충분히 이해하고 평가에 참여하도록 하였다. 1차 전문가 타당화 결과는 Table 4와 같다.

수업 원리 전반에 대한 타당화 결과 수업 원리의 보편성과 이해도의 평균 점수가 낮게 나타났다. 이는 전문가들이 분산인지 이론을 생소하게 인식하고, 기존에 이해하고 있던 학습 이론과의 차이에서 비롯된 반론 가능성이 존재했기 때문으로 해석된다. 이에 대응하여, 수업 원리의 보편성을 강화하기 위해 선행 문헌에 기반한 사례들을 추가 분석하여 수업 원리의 개념적 정의를 수정·보완하였다. 또한, 수업 원리의 이해도를 향상시키기 위해 수업 원리의 진술 방식과 분산인지

Table 4. Primary expert validation results of instructional principles, strategies, and detailed instructions

영역	수업 원리 전반			수업 전략 전반			세부 지침 전반		
	평균	I-CVI	IRA	평균	I-CVI	IRA	평균	I-CVI	IRA
타당성	3.50	1.00	0.80	3.17	0.83	0.43	3.17	0.67	0.00
설명력	3.67	1.00		3.67	1.00		3.17	0.83	
유용성	3.33	1.00		3.33	0.83		3.00	0.67	
보편성	3.00	0.83		3.17	0.67		3.33	0.67	
이해도	3.00	1.00		2.83	0.67		3.17	0.67	

측면에서의 용어(예, 인공물, 분산인지 시스템 등)를 일반적인 용어(예, 스마트 기기, 학습 모듈 등)로 수정하고 수업 원리가 과학 수업에서 어떻게 구현될 수 있는지의 사례를 제시하였다.

수업 전략 전반에 대한 타당화 결과 수업 전략의 타당성, 보편성, 이해도의 평균 점수가 낮게 나타났다. 전문가들은 타당성 관점에서 이 수업 전략이 분산인지 이론에 기반을 두고 있으므로 분산인지 이론의 적용이 더욱 강조되어야 한다고 지적하였다. 이에 따라, 수업 전략의 설명에서 분산인지 관점을 강조하였고 인지의 분산 범위를 ‘사람, 인공물, 시간’으로 구분하여 인지의 분산 과정과 범위를 명확히 할 수 있도록 조정하였다. 또한, 서로 다른 범주에 속하거나 같은 위계에 속하지 않는 수업 전략들은 보편성과 이해도 측면에서 점점이 필요하다는 지적에 따라, 수업 전략의 수준과 위계를 고려하여 일부 전략을 삭제 또는 통합하였다(예, 수업 전략 ‘1. 의견이나 정보를 교환한다’와 수업 전략 ‘2. 교수·학습 자료를 교환한다’를 정보나 자료를 교환한다로 통합).

세부 지침 전반에 대한 타당화 결과 세부 지침의 타당성, 설명력, 이해도, 유용성의 평균 점수가 낮게 나타났다. 모든 평가 영역에서 전문가들이 2점 이하의 점수를 부여한 것으로 나타나 세부 지침 전반에 대한 검토가 필요하였다. 전문가들은 유용성과 보편성 관점에서 교사들이 사용하기에 세부 지침의 개수가 지나치게 많고, 과학 수업 전략이므로 과학의 본성을 강조함과 동시에 과학 교과의 특성에 맞는 세부 지침이 필요함을 언급하였다. 따라서 유용성 관점에서 실제 수업에 적용하기 어려운 세부 지침들은 삭제하고 비슷한 세부 지침들을 통합하여 세부 지침의 개수를 줄였다. 설명력과 이해도 관점에서 과학의 본성과 과학 교과의 특성을 반영하기 위해 과학과 교육과정을 참고하여 과학 교과의 특징을 반영할 수 있는 세부 지침(예, 협력

적 관찰·측정을 하게 하라 등)과 테크놀로지를 활용할 수 있는 세부 지침(예, 테크놀로지를 활용한 반복 관찰 등)을 추가하였다.

개별 수업 전략 및 세부 지침에 대한 타당화 결과(Table 5), 14개의 수업 전략과 55개의 세부 지침의 평균 점수는 대체적으로 양호하였으나 개별 수업 전략 중 6개, 세부 지침 중 10개가 I-CVI가 0.80미만이었으며, 개별 수업 전략 중 13개의 IRA가 0.80보다 낮아 수업 전략과 세부 지침의 전반적인 수정이 필요하다고 판단하였다.

다수의 전문가들이 개별 수업 전략과 세부 지침의 위계와 중복 측면에서 수정이 필요하고 수업 전략의 이해도와 유용성을 높일 수 있도록 문장의 진술 형태나 용어의 수정, 수업 전략 순서의 재배치가 필요하다고 하였다. 따라서 수업 원리를 기준으로 배치된 수업 전략을 실제 수업 순서(예, 도입: 의견 교환, 전개: 탐구 활동, 정리: 평가 및 피드백)에 맞게 재조정하고 세부 지침을 재분류하였다. 수업 전략의 이해도를 위해 표현 방식을 수정(예, 표상 입력 도구를 표현 도구로 수정)하고 수업 전략은 교사의 입장에서 서술하였다. 수업 전략과 세부 지침 중 유사한 내용과 불필요한 내용은 삭제하였으며, 유지가 필요한 세부 지침은 유사한 세부 지침과 통합하였다.

1차 전문가 타당화 결과를 바탕으로 초기 수업 전략을 수정·보완하여 3개의 수업 원리, 10개의 수업 전략, 41개의 세부 지침으로 구성된 2차 수업 전략을 개발하였다.

## 2) 2차 전문가 타당화

2차 전문가 타당화는 1차 전문가 타당화에서 타당도 기준을 만족한 수업 원리 전반 영역을 제외하고 수업 전략과 세부 지침 전반의 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도와 개별 수업 전략과 세부 지침에 대해



Table 5. Primary expert validation results of individual instructional strategies

영역	평균	I-CVI	IRA
1. 의견이나 정보를 교환한다.	3.33	0.83	0.44
2. 교수-학습 자료를 교환한다.	3	0.67	0.60
3. 인지를 표상한다.	4	1.00	0.75
4. 공동으로 과제를 해결한다.	3.5	0.83	0.50
5. 탐구 과정과 결과를 공유한다.	2.83	0.50	0.00
6. 관찰을 보조한다.	3.17	0.83	0.00
7. 측정을 보조한다.	3	0.67	0.17
8. 모의실험을 수행한다.	3.33	0.83	0.20
9. 정보를 수집한다.	3.17	0.67	0.25
10. 정보를 통합, 조직화하여 새로운 정보를 만든다.	3	0.67	0.33
11. 자료의 형태를 변환, 분석한다.	3.67	1.00	0.75
12. 디지털화된 자료를 저장, 인출한다.	3.67	1.00	0.67
13. 평가를 수행한다.	3.67	0.83	0.00
14. 평가 결과와 피드백 자료를 확인한다.	4	1.00	1.00

Table 6. Secondary expert validation results of instructional principles, strategies, and detailed instructions

영역	수업 전략 전반			세부 지침 전반		
	평균	I-CVI	IRA	평균	I-CVI	IRA
타당성	3.80	1.00	1.00	3.40	1.00	0.80
설명력	3.60	1.00		3.80	1.00	
유용성	3.80	1.00		3.40	0.80	
보편성	4.00	1.00		3.60	1.00	
이해도	3.20	1.00		3.60	1.00	

검토를 진행하였다. 2차 전문가 타당화 결과는 Table 6과 같다.

수업 전략 전반에 대한 타당화 결과 영역별 평균 점수는 3.20점에서 4.00점 사이여서 모두 양호한 것으로 나타났으며 I-CVI와 IRA 측면에서 타당도와 신뢰도를 확인하였다. 전문가들은 자유 서술식 문항에서 수업 전략 중 모호한 표현이 있으므로 용어와 진술 형태의 수정이 필요하다고 하였다. 이에 수업 전략에서 사용된 용어를 수정(예, 과제를 과학 문제로 수정)하고 내용 진술 형태를 수정(예, 자료의 형태를 변환·분석한다를 정보와 자료를 변환하고 분석한다로 수정)하여 수업 전략의 의미가 정확히 전달될 수 있도록 하였다.

세부 지침 전반에 대한 타당화 결과 타당성과 유용성의 평균 점수가 낮게 나타났다. 전문가들은 유용성 측면에서 수업 전략의 일반화를 위해 세부 지침들의 분류 범주에 대한 조정이 필요하다고 하였다. 따라서 세부 지침 분류를 위한 기준으로 ‘인지의 분산에 어떤

방식으로 도움을 줄 수 있을 것인가?’를 정한 다음 물리적 공간 구성, 정보의 이동, 테크놀로지 역할에 따라 세부 지침들을 조정하였다.

개별 수업 전략 및 세부 지침에 대한 타당화 결과 (Table 7), 10개의 수업 전략과 55개의 세부 지침의 평균 점수는 3.20점부터 4.00점 사이에 분포하였고, I-CVI는 0.80점부터 1.00점 사이여서 전문가들의 평가는 타당하다고 판단하였다. IRA도 수업 전략 9를 제외하면(평균 0.67점) 나머지 수업 전략은 0.90점부터 1.00점 사이여서 전문가들의 평가는 신뢰할 수 있다고 판단하였다.

자유 서술식 문항에 기록된 전문가의 의견 중, 수업 전략 9가 수업 전략 7과 중복되어 보인다는 의견이 있어 수업 전략 9를 삭제하였다. 그리고 명확한 의미 전달을 위해 세부 지침을 ‘~하도록 하라’라고 수정하여 수업 전략은 수업 설계자인 교사가 활용하기 위한 것이라는 의미를 강조하였고, 도구, 인공물, 스마트 기기, 애플리케이션 등 테크놀로지 관련 용어를 테크놀로지

Table 7. Secondary expert validation results of individual instructional strategies

영역	평균	I-CVI	IRA
1. 정보나 자료를 교환한다.	3.8	1.00	0.90
2. 인지를 표상한다.	4	1.00	1.00
3. 공동으로 과제를 해결한다.	3.6	1.00	1.00
4. 관찰과 측정을 보조한다.	3.6	1.00	1.00
5. 모의실험을 수행한다.	3.8	1.00	1.00
6. 정보를 수집한다.	3.6	1.00	1.00
7. 자료의 형태를 변환, 분석한다.	3.8	1.00	1.00
8. 디지털화된 자료를 저장, 인출 한다.	3.6	1.00	1.00
9. 정보를 통합, 조직화하여 새로운 정보를 만든다.	3.2	0.80	0.67
10. 평가를 수행하고 결과와 피드백 자료를 확인한다.	3.4	1.00	1.00

로 통일하였다.

2차 전문가 타당화 결과를 바탕으로 2차 수업 전략을 수정·보완하여 3개의 수업 원리, 9개의 수업 전략, 40개의 세부 지침으로 구성된 3차 수업 전략을 개발하였다.

### 3) 사용성 평가

사용성 평가의 목적은 수업 전략과 세부 지침이 현장에서 수업을 계획하고 실행하는 교사들이 활용하기에 적합하게 개발되었는지 검토하기 위함이다. 이 평가에는 초등교사 2인(A, B)과 중등교사 2(C, D)인, 총 4인이 참여하였으며, 서로 다른 학교급에 근무하는 교사를 대상으로 사용성 평가를 의뢰한 이유는 수업 전략과 세부 지침이 학교급에 상관없이 보편적으로 사용할 수 있는 전략인지 확인하기 위함이다. 사용성 평가 결과는 4차 수업 전략을 개발하는 데 반영하였다. 참여한 교사들은 연구의 기본적인 사항과 이론적 배경에 대해 연구자로부터 충분한 안내를 받은 후, 실제 수업에 수업 전략을 활용한다고 가정하고 교수·학습 과정

안을 작성하면서 수업 원리, 수업 전략, 세부 지침 전반 및 개별 수업 전략에 대한 사용성을 평가하였다.

수업 원리, 수업 전략, 세부 지침 전반에 대한 사용성 평가 결과(Table 8) 영역별 평균 점수는 3.75점에서 4.00점 사이였으며, I-CVI와 IRA는 1.00으로 모두 허용 가능한 수준이었다. 개별 수업 전략에 대한 사용성 평가 결과 평균 점수는 3.50점부터 4.00점으로 양호하였으며, I-CVI와 IRA 모두 1.00으로 수업 전략에 대한 교사들의 평가는 타당하며 그 결과는 신뢰할 수 있다고 판단하였다.

교사들은 4점 척도로 평가를 완료한 후 수업을 설계하면서 경험한 수업 전략의 장점과 약점을 자유 서술식 문항에 기록하였다(Table 9). 교사들은 수업 전략과 세부 지침의 장점으로 테크놀로지 활용에 대한 이론적 근거를 제시해 주어서 학생들에게 어떻게 도움이 되는지를 구체적으로 이해할 수 있었다고 평가하였으며, 테크놀로지 활용 과학 수업을 처음 시작하는 교사들에게 테크놀로지 활용에 대한 지침서 역할을 하였다

Table 8. Usability evaluation results for instructional principles, strategies, and detailed instructions

평가 문항	평균	I-CVI	IRA
수업 원리와 그 설명은 분산인지 이론에 기반한 테크놀로지 활용 과학 수업에서 분산인지의 효과가 무엇인지 이해하는 데 도움이 된다.	3.75	1.00	1.00
수업 전략과 그 설명은 분산인지 이론에 기반한 테크놀로지 활용 과학 수업을 설계하는 데 사용할 수 있는 전략들을 잘 설명하고 있다.	3.75	1.00	
수업 전략과 그 설명은 분산인지 이론에 기반한 테크놀로지 활용 과학 수업을 설계하는 데 도움이 되었다.	3.75	1.00	
세부 지침과 그 설명은 분산인지 이론에 기반한 테크놀로지 활용 과학 수업 전략을 지원할 수 있는 지침들을 잘 설명하고 있다.	4	1.00	
세부 지침과 그 설명은 분산인지 이론에 기반한 테크놀로지 활용 과학 수업 전략을 지원하는 데 도움이 되었다.	4	1.00	

Table 9. Strengths and weaknesses of instructional strategies and detailed instructions

	장점	약점
수업 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 테크놀로지를 활용한 학습 활동의 이론적 근거를 알 수 있음. 교사가 사용한 전략과 세부 지침이 어떤 원리에 기반하였는지, 어떤 과정으로 학생들에게 도움이 되는지 구체적으로 이해함(교사 A)</li> <li>• 인지부하 감소의 원리는 수업 구성에서 생각하지 못한 부분이었으므로 수업에서 테크놀로지를 더 효율적으로 이용할 수 있도록 도움을 줌(교사 C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전략이 중첩되는 경우 결정하는 것이 어려웠음. 원리에 대한 설명에서 '조정', '인지 시스템'이라는 단어가 추상적이어서 이해되지 않음(교사 C)</li> <li>• 교사가 전략을 모두 숙지하더라도 사용할 수 있는 테크놀로지 및 애플리케이션의 종류에 따라 수업의 질은 달라짐. 따라서 사용 예시도 첨부되었으면 좋겠음(교사 D)</li> </ul>
세부 지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수업 전략을 실제 수업에 적용할 수 있는 방법들을 안내해줌(교사 B)</li> <li>• 테크놀로지 활용 과학 수업을 처음 시작하는 사람들에게 분산인지 이론을 바탕으로 테크놀로지를 어떻게 활용해야 하는지에 대한 지침서의 역할을 함(교사 C)</li> <li>• 테크놀로지를 고르게 활용할 수 있는 방안을 제시해 줌(교사 D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세부 지침의 해설을 읽어야 이해가 되는 문항들이 있음. 세부 지침을 이해하기 쉽게 서술할 필요가 있음(교사 A)</li> <li>• 세부 지침이 많아 모든 세부 지침을 적용하여 수업을 설계하기에는 어려움이 있음(교사 B)</li> <li>• 정보 공유와 조정의 원리에서 중복 표현들이 있었고, 세부 지침이 많음(교사 D)</li> </ul>

고 언급하였다. 다만, 전문가 타당화 과정에서 지적된 바와 같이, 수업 전략과 세부 지침의 개수가 많다는 점에서, 개수를 줄이거나 각 세부 지침에 대한 해설 및 사용 예시를 추가하여 이해도를 향상시킬 필요가 있다고 지적하였다.

수업 원리, 수업 전략, 세부 지침 전반에 대한 사용성 평가 결과와 수업 전략의 장점과 약점에 대한 의견을 바탕으로 세부 지침의 개수를 줄이고 세부 지침의 적용 예시를 수업 전략 하단에 추가하여 수업 전략에 대한 이해도를 높였다. 사용성 평가 결과를 바탕으로 3차 수업 전략을 수정·보완하여 3개의 수업 원리, 9개의 수업 전략, 38개의 세부 지침으로 구성된 4차 수업 전략을 개발하였다.

### 나. 외적 타당화

외적 타당화의 목적은 수업 전략의 활용과 그 영향을 확인하여 최종 수업 전략을 확정하는 것이다(Richey & Klein, 2014). 이 과정에는 두 명의 교사와 이들이 지도하고 있는 5학년 19명, 6학년 21명의 학생이 참여하였다. 수업 전략을 적용한 후, 교사와 학생을 대상으로 한 교사 반응 평가와 학생 반응 평가를 통해 수업 전략의 사용성 및 영향성을 평가하였다. 평가 결과는 4차 수업 전략을 수정·보완하여 최종 수업 전략을 개발하는 데 반영하였다.

#### 1) 수업의 설계 및 실행

수업의 설계는 두 명의 교사들이 초기 교수·학습 과

정안을 작성하면 수업 전략의 적용 측면에서 연구자의 피드백을 받아 수정하여 최종 교수·학습 과정안을 작성하는 방식으로 진행하였다. 수업 설계를 위해 연구자는 교사를 대상으로 수업 전략의 개발 목적과 적용 절차를 안내하여 교사가 수업 전략에 대해 충분히 이해하고 참여하도록 하였다. 교사들은 두 차시 분량의 수업 전략을 적용한 테크놀로지 활용 과학 수업을 Table 10과 같이 설계하였다.

#### 2) 교사 반응 평가

교사 반응 평가의 목적은 수업 전략을 적용한 수업을 설계하고 실행한 교사를 대상으로 교사가 인식한 수업 전략의 효과와 수업 설계와 실행 간 차이를 확인하여 수업 전략을 수정·보완하기 위함이다. 교사 반응 평가에서 수집한 응답을 수업 설계와 수업 실행을 범주로 하여 Table 11과 같이 정리하였다.

교사 응답 중 애플리케이션을 통한 의견의 효율적 공유, 모의실험을 통한 효율적인 시간 관리, 학생들의 이해도 향상, 효과적인 피드백과 도움이 필요한 학생들을 위한 선별적인 피드백 제공은 정보 공유와 조정, 인지부하 감소, 인지 과정의 점검과 같은 수업 원리와 연결될 수 있다. 이러한 결과는 수업 전략이 실제 수업에서 수업 원리가 구현되었음을 확인하는 지표로 볼 수 있다. 또한, 수업 전략이나 세부 지침이 수업 발문과 관련이 있으며, 블록을 제작함으로써 수업 계획을 구체화하는 데 도움이 되었다는 응답들은 수업 전략과 세부 지침이 교사들이 실제 수업에서 효과적으로 활용

Table 10. Lesson plan by two teachers participated in external validation

		1차시		2차시	
		단원	5-2-2. 생물과 환경	5-2-3. 날씨와 우리 생활	
교사 A	공부할 문제	환경오염이 생물에 어떤 영향을 주는지 알아보기		습도는 우리 생활에 어떤 영향을 미치는지 알아보기	
	수업 전략과 핵심 활동	수업 전략 1(공유 도구 활용 의견 공유)		수업 전략 4, 5(자바 실험실에서 모의 실험)	
		수업 전략 6(웹 애플리케이션 활용 정보 검색)		수업 전략 1(공유 도구 활용 의견 공유)	
		수업 전략 3(공유 도구 활용 모둠 보고서 작성)		수업 전략 6(웹 애플리케이션 활용 정보 검색)	
		수업 전략 9(협업 도구 활용 학습 내용 정리)		수업 전략 9(평가 도구 활용 평가 및 피드백)	
		단원	6-2-5. 에너지와 생활	6-2-5. 에너지와 생활	
교사 B	공부할 문제	에너지의 형태 알아보기		에너지의 형태가 바뀌는 예 찾아보기	
	수업 전략과 핵심 활동	수업 전략 1(공유 도구 활용 의견 공유)		수업 전략 1(공유 도구 활용 의견 공유)	
		수업 전략 6(웹 애플리케이션 활용 정보 검색)		수업 전략 6(웹 애플리케이션 활용 정보 검색)	
		수업 전략 2(프레젠테이션 도구 활용 자료 발표)		수업 전략 9(평가 도구 활용 평가 및 피드백)	
		수업 전략 9(평가 도구 활용 평가 및 피드백)			

Table 11. Teacher response evaluation results categorized by lesson plan and application

단계	평가 내용
수업 설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>수업 전략이나 세부 지침이 수업 발문과 관련이 있어 교수·학습 과정안을 작성하고 수업을 진행하는 데 도움이 되었다.</li> <li>수업 전략과 테크놀로지에 대한 구체적인 정보가 담긴 블록을 제작함으로써 수업 계획을 구체화하는 데 도움이 되었다.</li> <li>수업의 효율성을 고려하여 학습 활동 계획 시 테크놀로지 활용 여부를 판단할 수 있는 교사 능력이 필요하다.</li> <li>처음 수업 설계 시 수업 전략이 생소하였으나 수업 전략이 익숙해진 이후 학습 활동과 수업 전략을 동시에 고려할 수 있어 다양한 학습 활동을 계획하는 것이 가능해졌다.</li> </ul>
수업 실행	<ul style="list-style-type: none"> <li>정보의 공유를 위해 학생 발달 단계에 적합한 애플리케이션을 사용하여 학생들의 의견을 효율적으로 공유할 수 있었다.</li> <li>학생들이 개별 기기를 사용함으로써 개별 실험이 가능하였고, 평소 모둠 실험에 소극적인 학생들도 탐구의 주체가 되어 수업에 참여하는 것이 가능하였다.</li> <li>교사가 정보 수집에 관한 가이드라인을 제시하라는 세부 지침으로 인해 학생들이 유용한 정보나 자료를 수집하는 비율이 늘었다.</li> <li>테크놀로지를 활용한 모의실험과 실제 실험을 병행하여 실험 원리에 대한 학생들의 이해를 높일 수 있었고 효율적인 시간 관리가 가능하였다.</li> <li>평가 결과와 피드백 자료를 자동화하여 제시하라는 세부 지침으로 효과적인 피드백이 가능하였다. 이로 인해 교사는 도움이 필요한 학생들을 대상으로 선별적인 피드백을 제공할 수 있어 수업의 효율을 높일 수 있었다.</li> </ul>

할 수 있도록 개발되었음을 시사한다.

3) 학생 반응 평가

학생 반응 평가의 목적은 수업에 참여한 학생들의 수업 만족도를 확인하여 수업 전략의 적용 측면에서 개선점을 확인하기 위함이다. 이를 위해 수업 전략을 적용한 테크놀로지 활용 수업에서 좋았던 점, 어려웠거나 힘들었던 점을 확인하고 비슷한 의견들은 종합하여 수업 전략을 범주로 Table 12와 같이 정리하였다.

학생들은 테크놀로지 활용 과학 수업에서 정보 공유와 조정 원리에 속하는 정보와 자료의 교환, 인지의

표상, 인지부하 감소의 원리에 속하는 모의실험 수행, 정보 수집, 인지부하 감소의 원리에 속하는 평가와 피드백 확인 측면에서 도움이 되었다고 응답하였다. 이상의 결과를 종합했을 때 학생들은 수업 전략을 적용한 테크놀로지 활용 과학 수업에 만족하고 있으며, 학습에 도움이 된다고 생각하는 것으로 판단할 수 있다. 반면 학생들은 어려웠거나 힘들었던 점에 대해 과제 활동 중 ‘친구들이 태블릿으로 인터넷을 해서 수업에 방해가 되었다는 것’, ‘와이파이가 자주 끊겨 애플리케이션을 활용하는 데 불편했다는 것’, ‘터치 패드에 글씨를 입력하는 것이 불편했다는 것’ 등을 응답하였다.

Table 12. Student response evaluation results categorized by instructional strategy

수업 전략	응답
정보나 자료를 교환한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 친구들과 의견을 나누어 보면서 내 생각과 비교할 수 있었다.</li> <li>• 친구들의 의견을 많이 볼 수 있어서 좋았다.</li> <li>• 정보를 빠르게 알 수 있고, 친구들의 의견을 많이 볼 수 있어서 좋았다.</li> <li>• 선생님이 보여주는 영상을 태블릿으로 볼 수 있어서 좋았고 재미있었다.</li> </ul>
인지를 표상한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쉽게 글을 쓸 수 있어서 좋았다.</li> <li>• 편하게 의견을 낼 수 있어서 좋았다.</li> </ul>
모의실험을 수행한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가상으로 실험을 할 수 있었다.</li> <li>• 준비물이 없어도 태블릿으로 실험을 할 수 있어서 신기했다.</li> <li>• 가상 실험실에서 실험을 해봐서 실제 실험을 잘할 수 있었다.</li> </ul>
정보를 수집한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모르는 걸 찾아보기 편했고 평소 잘 습관 됐던 인터넷 실력을 활용해서 좋았다.</li> <li>• 태블릿으로 자료를 쉽고 빠르게 찾을 수 있었다.</li> <li>• 교과서로 할 수 없는 것(영상 시청, 검색)을 할 수 있었다.</li> <li>• 다양한 사진을 검색해서 수업자료로 활용할 수 있었다.</li> </ul>
평가를 수행하고 피드백을 확인한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트 기기로 퀴즈를 맞히고 결과를 바로 알 수 있어서 편리했다.</li> <li>• 퀴즈 풀기로 내가 얼마나 공부했는지 알 수 있었다.</li> <li>• 평가하고 틀린 문제는 바로 동영상 보고 복습할 수 있어서 좋았다.</li> </ul>

Table 13. Changes in instructional principles, strategies, and detailed instructions at each stage of study

단계	수업 원리	수업 전략	세부 지침
사전 전문가 검토	정보 공유와 조정의 원리	14개	55개
	인지부하 감소의 원리		
	인지 과정 점검의 원리		
1차 전문가 타당화	정보 공유와 조정의 원리	10개	41개
	인지부하 감소의 원리		
	인지 과정 점검의 원리		
2차 전문가 타당화	정보 공유와 조정의 원리	9개	40개
	인지부하 감소의 원리		
	인지 과정 점검의 원리		
사용성 평가	정보 공유와 조정의 원리	9개	38개
	인지부하 감소의 원리		
	인지 과정 점검의 원리		
현장 적용 평가	정보 공유와 조정의 원리	9개 (설명 일부 수정)	38개 (설명 일부 수정)
	인지부하 감소의 원리		
	인지 과정 점검의 원리		

**다. 최종 수업 전략 개발**

연구 결과 최종적으로 3개의 수업 원리와 9개의 수업 전략, 38개의 세부 지침을 개발하였다.<sup>3)</sup> 연구 단계 별 수업 원리, 수업 전략, 세부 지침의 변화를 Table 13에 요약하였다.

수업 원리는 수업 전략을 적용한 과학 수업 맥락에서 테크놀로지의 역할, 수업 내 변인들의 상호작용으

로 인한 인지의 분산과 수업 결과를 파악할 수 있게 하는 데 목적이 있다. 수업 전략과 세부 지침은 실제 과학 수업 맥락에서 수업 원리의 구현을 위해 테크놀로지 활용 방법과 지침을 진술한 것으로, 교수자가 수업 전략과 세부 지침을 활용하여 테크놀로지를 효과적으로 활용하도록 하는 데 목적이 있다.

3) 이 연구에서 최종 개발한 수업 원리, 수업 전략, 세부 지침은 노자현 (2023)의 학위 논문 부록을 참고

## IV. 결론 및 논의

이 연구에서는 분산인지 이론에 기반한 테크놀로지 활용 과학 수업 전략을 개발하고 그 타당성을 검증하였다. 연구 결과 정보 공유와 조정의 원리, 인지부하 감소의 원리, 인지과정 점검의 세 가지 수업 원리를 도출하였으며, 이 원리들을 실제 과학 수업 맥락에서 구현하기 위해 9개의 수업 전략과 38개의 세부 지침을 개발하였다. 각 수업 전략은 2-9개의 세부 지침을 포함하며, 이러한 구조는 교사가 테크놀로지를 활용한 과학 수업을 설계하고 실행할 때 고려해야 할 사항을 구체적으로 안내한다. 이 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 수업 전략은 테크놀로지 활용 과학 수업의 설계 및 실행에 적합하다고 판단된다. Richey & Klein(2014)에 따르면 모형 연구는 모형의 타당성과 효과성을 탐색하기 위해 과정 자체에 초점을 두고 문헌 검토, 전문가 검토, 심층 면담과 같은 전략으로 타당성의 확보를 강조한다. 이 연구 역시 설계·개발 연구 절차에 따라 두 차례의 전문가 검토와 사용자 평가, 현장 적용 평가를 진행하였으며, 이 과정에서 문항 수준의 내용 타당도 지수와 평가자 간 일치도 계수를 사용하여 타당도를 확보하였다. 현장 적용 평가에서는 교사·학생 반응 평가를 통해 효과성을 확인하였다. 특히 교사 측면에서 수업 전략이 테크놀로지 활용 방법에 대한 안내와 함께 활용 사례를 제시하여 과학 수업의 설계 및 실행에 도움을 주었으며, 학생 측면에서 수업 전략이 의견 교환, 협업을 통한 과제 해결, 관찰 및 측정, 평가와 피드백 확인의 측면에서 학습에 도움이 되었음을 확인하였다. 따라서 이 연구에서 개발한 수업 전략은 서론에서 제기한 ‘과학 수업에서 테크놀로지를 어떻게 잘 활용할 수 있을 것인가?’라는 질문에 대해 테크놀로지 활용의 구체적인 방향을 제시해 줄 수 있을 것으로 생각한다.

둘째, 수업 전략과 함께 개발한 블록과 교수·학습 과정안 틀은 테크놀로지 활용 과학 수업을 설계하는데 구체적인 안내를 제공할 수 있다. 일반적으로 수업 전략은 수업 설계 전략을 의미하며, 테크놀로지 활용 수업 설계 전략 개발을 다룬 선행 연구들은 수업의 전체적인 방향을 제시하거나(임걸, 2011; 조부희와 김성욱, 2019; Fragou *et al.*, 2017), 활동 단계별로 상세 전략을

제시하였다(Dhamija & Dhamija, 2020; Winarti *et al.*, 2019). 이러한 연구에서는 수업 설계 모형과 수업 설계 전략을 반영할 수 있는 구체적인 지침이 필요함을 언급하였는데(임철일, 2000; 임철일 외, 2021), 이러한 관점에서 수업 전략과 함께 개발한 블록과 교수·학습 과정안 틀은 교수자의 수업 설계를 지원할 수 있다는 점에서 의의가 있다. 특히, 연구 결과에서 확인한 것과 같이 블록을 조합하여 구조화된 교수·학습 과정안을 작성할 수 있었다는 내용은 교사들이 수업 지도안 작성을 어려운 과정으로 인식하며 수업 계획이 구체적이지 않는다는 문제점(정한호, 2009)에 대한 해결책을 제공할 수 있을 것이다.

셋째, 수업 전략을 적용한 테크놀로지 활용 과학 수업에서 테크놀로지는 학습자의 인지적 과정을 지원하는 인지적 도구로서 활용될 수 있다. Jonassen *et al.*(1998) 및 Liu *et al.*(2013)에 따르면 테크놀로지는 단순히 학습을 보조하는 도구가 아닌 복합적인 기능 측면에서 학습자의 인지적 사고를 지원하는 인지적 도구의 역할을 수행해야 한다. 연구 결과에서 확인한 것처럼 정보의 공유를 통해 다른 학생들의 의견을 보고 자신의 생각을 검토하고 수정하는 것, 수집한 정보나 자료로 온라인 공간에서 협업 과제를 해결하는 것과 같이 학습자의 주도적인 지식 구성 과정은 테크놀로지가 인지적 도구로 활용될 수 있음을 뒷받침한다. 특히 ‘모의 실험을 수행한다.’와 ‘정보나 자료를 교환한다.’ 전략을 통합하여 적용할 경우, 학습자는 테크놀로지를 활용한 모의 실험으로 시간을 절약하고 반복 실험으로 얻은 정확한 데이터로 인해 정신적 노력을 줄일 수 있다. 이렇게 절약한 시간과 정신적 노력을 새로운 정보 탐색이나 적용에 사용함으로써, 동료 학습자 혹은 교사와의 상호작용을 통해 과제 해결과 관련된 정신적 사고를 촉진할 수 있다. 이러한 관점에서 테크놀로지는 Pea (1986)가 언급한 바와 같이, 학습자의 기존 사고 형태를 증폭시키는 ‘증폭자(amplifier)’ 또는 사고 체계를 재조직하는 ‘조직자(organizer)’ 역할을 하는 인지적 도구로 활용될 수 있다.

넷째, 수업 전략의 효과적인 활용을 위해 테크놀로지 활용 교수 역량 함양을 위한 교사의 노력이 필요하다. 연구 결과에 따르면 교사들은 수업 설계 시 테크놀로지 활용 여부를 판단할 수 있는 능력이 효과적인 수업에 중요하다고 인식하고 있다. 특히, 테크놀로지 활용 수업은 교사의 테크놀로지 관련 지식에 크게 의존한다(임지

영, 2020; 한형중 외, 2019; Ertmer, 2005). 이에 따라, 교사의 테크놀로지 내용 교수 지식(Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK)(Mishra & Koehler, 2006)과 같은 전문성이 요구된다. 이러한 역량은 교사의 경험과 훈련을 통해 습득되는 실천적 지식(최경식과 백성혜, 2021; Yeh *et al.*, 2015)이므로 이 연구에서 개발한 수업 전략을 바탕으로 테크놀로지 활용 과학 수업을 설계하고 실행하는 동안 교사는 반복적인 성찰을 통해 자신의 역량을 점검하고 필요한 부분을 보완하려는 노력이 요구된다.

다섯째, 교사는 학습자의 학습 태도나 테크놀로지 활용 환경과 같이 수업 전략 적용에 영향을 미치는 조건을 고려하여 수업을 계획하고 실행해야 한다. 연구 결과에 따르면 학생들은 동료 학생들이 테크놀로지를 과제 해결 목적 외에 사용하여 수업에 방해가 되었다고 응답하였는데, 이는 테크놀로지의 신기성 때문에 수업 집중도가 저하되고 학습 내용에 집중하지 못하거나 게임을 하고 싶은 유혹을 느꼈다는 선행 연구(임정훈과 안순선, 2014)와 같은 맥락이다. 학생의 수업 집중도 문제는 수업 전략 적용에 영향을 미치는 중요한 외부 조건이므로 교사 수업 콘텐츠 다양화와 피드백 제공을 통해 학생의 학업 열의를 높여(서봉언, 2020; 이상기와 권민화, 2014) 수업 집중도를 향상시키는 것도 하나의 방법이 될 것이다. 또한, 학생들은 웹 기반 애플리케이션 사용 중 무선 인터넷 연결 문제로 활동이 원활하지 않았다고 응답했는데, 이는 무선 인터넷과 같은 테크놀로지 활용 환경이 수업에 영향을 미친다는 선행 연구(권성연, 2017; 김성욱, 2016; Gilakjani, 2013; Muir-Herzig, 2004)와 같은 내용이다. 교사는 이러한 문제를 방지하기 위해 사전에 테크놀로지를 다양화하고 무선 인터넷 점검 등 테크놀로지 활용 환경 측면의 지원과 점검(한아름과 나지연, 2019; Nikolopoulou, 2020)이 필요함을 의미한다.

이상의 논의를 바탕으로 수업 전략의 적용과 관련하여 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 신뢰도와 타당도가 확보된 방법으로 수업 전략의 효과를 분석하는 연구가 필요하다. 이 연구에서는 외적 타당화 과정에서 수업 전략을 적용한 수업을 실행하고 교수자와 학습자의 반응을 분석하여 수업 전략의 효과를 간접적으로 확인하였다. 그러나 연구 방법론 측면에서 수업 전략의 효과를 검증하기 위해서는

진실험설계와 같이 타당도가 확보된 연구 방법과 분석이 필요하다. 따라서, 실험 집단과 통제 집단을 설정하고 수업 전략의 효과를 비교하는 사전·사후 통제집단 설계나 수업 계획·실행 후 결과를 성찰하여 수업 전략의 효과를 검토하고 수업 전략의 지속적인 발전을 목표로 하는 실험 연구와 같은 유형의 연구가 요구된다.

둘째, 수업 전략을 적용한 수업에서 학생의 학습 과정을 분산인지 이론의 관점에서 분석하는 미시적 연구가 필요하다. 이 연구에서 개발한 수업 전략은 분산인지 이론을 바탕으로 정보 공유와 인지부하 감소, 인지 과정의 점검을 통해 학생의 학습 과정을 지원하는 것에 초점을 둔다. 이러한 관점에서 수업 전략을 적용한 수업을 진행한다면 학생과 교사, 테크놀로지가 상호작용할 때 정보 공유, 인지부하 감소, 인지 과정 점검이 어떠한 유형으로 발생하는지 확인하고 이러한 과정이 학생의 학습 과정을 어떻게 지원하는지에 대해 분석하는 것이 필요하다. 이를 통해 테크놀로지 활용 과학 수업의 다양한 상호작용 모형을 찾아 제시한다면 교수·학습 과정의 효율과 효과를 높일 수 있을 것으로 예상된다.

## 국문요약

이 연구는 테크놀로지 활용 과학 수업을 위한 분산인지 이론 기반 수업 전략을 신뢰도와 타당도가 확보된 절차에 따라 개발한 설계·개발 연구이다. 수업 전략 개발을 위해 설계·개발 연구 방법론 절차에 따라 개발 연구와 타당화 연구를 진행하였다. 개발 연구에서는 선행 문헌 검토와 사전 전문가 검토 방법으로 초기 수업 전략을 개발하였다. 타당화 연구에서는 내적 타당화(전문가 타당화, 사용성 평가)와 외적 타당화(현장 적용 평가) 방법으로 수업 전략을 타당화하고 최종 수업 전략을 개발하였다. 최종 수업 전략은 3개의 수업 원리와 9개의 수업 전략, 38개의 세부 지침으로 구성하였다. 이 연구를 통해 연구자는 테크놀로지 활용 과학 수업을 위한 수업 전략의 적합성, 블록과 교수·학습 과정안의 유용성, 인지적 도구로서 테크놀로지의 활용 가능성, 테크놀로지 활용 교수 역량 함양을 위한 교사의 노력 필요, 수업 전략 적용에 영향을 미치는 조건을 고려한 수업 설계를 제안하였다.

주제어: 테크놀로지 활용 과학 수업, 분산인지, 수업 전략, 설계·개발 연구

## References

- 강석진, 윤성용(2017). 초등 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습의 효과. *초등과학교육*, 36(3), 181-192.
- 권성연(2017). 초등학교 수업에서 정보통신 테크놀로지 활용에 대한 교사의 인식 연구. *교육정보미디어연구* 23(1), 1-27.
- 김미용, 배영권(2013). 스마트교육 수업 설계 모형 개발. *한국콘텐츠학회논문지*, 13(1), 467-481.
- 김민지, 신동희(2019). 초중등 과학 수업에서 사용되는 모바일 애플리케이션의 교육적 기능 분석. *현장과학교육*, 13(4), 473-489.
- 김민환, 남혜인, 김성훈, 노태희(2018). 과학관련 사회쟁점 (SSI) 수업의 소집단 토론과 전체 학급 토론에서 나타나는 특징. *한국과학교육학회지*, 38(2), 135-145.
- 김선희(2014). 디지털 매체를 활용한 포럼연극 수업설계 모형 개발. *서울대학교 대학원 박사학위논문*.
- 김성욱(2016). 모바일 탐구학습을 위한 수업설계 모형 개발 연구. *서울대학교 대학원 박사학위논문*.
- 김윤영, 황찬문(2015). 플립드 러닝 수업을 위한 테크놀로지의 교육적 활용방안. *한국교육공학회 학술대회발표자료집*, 2015(1), 103-104.
- 김지훈, 홍승호(2015). 스마트기기를 활용한 환경 관련 STEAM 프로그램 개발 및 효과. *환경교육*, 28(3), 178-192.
- 김현진, 남광우, 한정혜, 윤옥경(2015). 모바일기기 활용 초등학교 협력적 현장학습에서 분산인지 기반 학습 과정 분석. *교육정보미디어연구* 21(3), 361-387.
- 김혜정, 김현철(2012). 스마트 학습활동 개발 프레임워크와 수업모형 개발 사례. *컴퓨터교육학회논문지*, 15(4), 25-39.
- 나지연, 송진웅(2014). 과학수업에서 학생의 일상경험 도입에 대한 초등교사의 인식과 실행 및 배경요인. *한국과학교육학회지*, 34(7), 635-645.
- 노태희, 강석진, 윤정현(2016). 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과. *한국과학교육학회지*, 36(4), 519-526.
- 박찬술, 손정우(2022). 초등학생의 데이터 기반 과학 탐구에서 나타나는 디지털 탐구도구 활용의 특징. *교육발전*, 42(2), 497-517.
- 박현경(2018). 플립러닝 환경에서 자기주도 학습능력, 협력적 자기효능감, 교사의 자율성지지, 학습 성과 간의 관계. *이화여자대학교 대학원 석사학위논문*.
- 서봉연(2020). 원격수업에서 교사의 역할: 학업열의, 디지털 기기, 피드백의 상호작용. *교육사회학연구*, 30(4), 173-197.
- 서울대학교 교육연구소(1995). *교육학용어사전*. 하우동설.
- 오필석(2017). 분산 인지의 관점에 따른 모델링 중심 초등 과학 수업의 해석. *초등과학교육*, 36(1), 16-30.
- 유상미, 김형범, 김용기, 김홍태(2021). WWT 빅데이터를 활용한 중학교 STEAM 프로그램 개발 및 적용. *대한지구과학교육학회지*, 14(1), 33-47.
- 이상균(2015). 스마트 기기 활용 설계 기반 STEAM 프로그램이 과학 흥미도와 융합인재소양에 미치는 효과. *대한지구과학교육학회지*, 8(3), 240-250.
- 이상기, 권민화(2014). 스마트교육의 학습효과에 관한 탐색적 연구: 초등학교 교사와 학생들의 인식을 중심으로. *언론과학연구*, 14(2), 258-294.
- 이진, 홍승호(2020). 애니메이션을 활용한 TPACK 기반 STEAM 프로그램 적용 효과·‘식물의 한 살이’ 단원을 중심으로. *생물교육*, 48(3), 356-367.
- 이희숙, 강신천, 김창석(2016). 플립러닝의 학습효과 관련 요인 간의 구조적 관계 분석. *컴퓨터교육학회논문지*, 19(1), 87-100.
- 임결(2011). 스마트 러닝 교수학습 설계모형 탐구. *컴퓨터교육학회논문지*, 14(2), 33-45.
- 임정훈, 안순선(2014). 초등학교 스마트패드 활용 수업의 교육적 유용성과 문제점에 관한 질적 연구. *정보교육학회논문지*, 18(1), 75-87.
- 임지영(2020). SW 교육에서 초등교원의 TPACK 역량에 대한 교육요구도 분석. *교육정보미디어연구*, 26(4), 879-907.
- 임철일(2000). *교수설계 이론과 모형*. 파주: 교육과학사.
- 임철일, 김민지, 박주현, 배유진, 염지운(2021). 대학에서의 실시간 비대면 수업 유형별 수업설계 전략에 관한 사례연구. *교육공학연구*, 37(2), 459-488.



- 정연화, 이정민(2015). 증강현실 활용 탐구학습의 효과성 분석: 중등과학수업을 중심으로. *교육정보미디어연구*, 21(4), 521-542.
- 정한호(2009). 초등학교 교사들의 수업설계 실태에 대한 질적 고찰. *교육공학연구*, 25(3), 157-191.
- 조부희, 김성욱(2019). 가상현실 체험 기반 STEAM 수업 설계 전략 개발 연구. *교육공학연구*, 35(2), 491-525.
- 최경식, 백성혜(2021). 예비교사의 TPACK 평가를 개발과 TPACK 발달 저해 요인 분석. *한국과학교육학회지*, 41(4), 325-338.
- 최윤성, 김종욱(2022). 가상 야외지질답사 모듈 개발에 참여한 초등학교생들의 학습 효과 탐색. *대한지구과학교육학회지*, 15(2), 171-191.
- 한국교육학술정보원(2022). 학교 현장의 에듀테크 활용 및 수요 분석 (RS 2022-01). <https://www.keris.or.kr/main/ad/pblcte/selectPblcteETCInfo.do?mi=1142&pblcteSeq=13570>
- 한아름, 나지연(2019). STEAM 수업에서 스마트테크놀로지 적용에 대한 초등교사의 인식-적용 유형과 어려움 및 지원을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 39(6), 777-790.
- 한형중, 김근재, 권혜성, 임철일(2019). 모바일 테크놀로지 활용 교육을 위한 초등교사 역량 모델 개발 및 요구도 분석. *교육정보미디어연구*, 25(4), 657-690.
- Agostinho, S., Tindall-Ford, S., & Roodenrys, K. (2011). Using computer-based tools to self manage cognitive load. In *EdMedia+ Innovate Learning*. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Aljaloud, A. S., Gromik, N., Kwan, P., & Billingsley, W. (2019). Saudi undergraduate students' perceptions of the use of smartphone clicker apps on learning performance. *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(1), 85-99.
- Andreasson, R., Jansson, A. A., & Lindblom, J. (2019). The coordination between train traffic controllers and train drivers: A distributed cognition perspective on railway. *Cognition, Technology & Work*, 21(3), 417-443.
- Angeli, C. (2008). Distributed cognition: A framework for understanding the role of computers in classroom teaching and learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 271-279
- Anshari, M., Almunawar, M. N., Shahrill, M., Wicaksono, D. K., & Huda, M. (2017). Smartphones usage in the classrooms: Learning aid or interference. *Education and Information technologies*, 22, 3063-3079.
- Bhagat, K. K., Chang, C. N., & Chang, C. Y. (2016). The impact of the flipped classroom on mathematics concept learning in high school? *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 134-142.
- Chaiyo, Y., & Nokham, R. (2017). The effect of Kahoot, Quizizz and Google Forms on the student's perception in the classrooms response system. In *2017 International conference on digital arts, media and technology (ICDAMT)*, 178-182. IEEE.
- Chen, W., Tan, N. Y. L., Looi, C. K., Zhang, B., & Seow, P. S. K. (2008). Handheld computers as cognitive tools: Technology-enhanced environmental learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 3(3), 231-252.
- Dhamija, A., & Dhamija, D. (2020). Impact of innovative and interactive instructional strategies on student classroom participation. In *Handbook of Research on Digital Learning* (pp. 20-37). IGI Global.
- Ertmer, P. A. (2005). Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration? *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 25-39.
- Fadul, J. A. (2009). Collective learning: applying distributed cognition for collective intelligence. *International Journal of Learning*, 16(4), 211-220.
- Fragou, O., Kameas, A., & Zaharakis, I. D. (2017). An instructional design process for creating a U-learning ecology. In *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1817-1823.
- Giere, R. N. (2006a). *Scientific perspectivism*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (2006b). The role of agency in distributed cognitive systems. *Philosophy of Science*, 73(5), 710-719.
- Gilakjani, A. P. (2013). Factors contributing to teachers' use of computer technology in the classroom. *Universal Journal of Educational Research*, 1(3), 262-267.
- Graham, M., Milanowski, A., & Miller, J. (2012). Measuring

- and promoting inter-rater agreement of teacher and principal performance Ratings. Online Submission, <https://eric.ed.gov/?id=ed532068>
- Grant, J. S., & Kinney, M. R. (1992). Using the Delphi technique to examine the content validity of nursing diagnoses. *International Journal of Nursing Terminologies and Classifications*, 3(1), 12-22.
- Halverson, C. A. (2002). Activity theory and distributed cognition: Or what does CSCW need to DO with theories? *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 11, 243-267.
- Hartmann, D. P. (1977). Considerations in the choice of inter-observer reliability estimates. *Journal of applied behavior analysis*, 10(1), 103-116.
- Hochberg, K., Kuhn, J., & M?ller, A. (2018). Using smartphones as experimental tools effects on interest, curiosity, and learning in physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 27, 385-403.
- Hollan, J. D., Hutchins, E. L., & Kirsh, D. (2000). Distributed cognition: To ward a new foundation for human-computer interaction res earch. *ACM Transactions on Computer-HumanInteraction*, 7 (2), 174-196.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. MIT press.
- Hutchins, E. (2000). Distributed cognition. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Elsevier Science, 138, 1-10.
- Jonassenm, D. H., Carr, C., & Yueh, H. P. (1998). Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *Tech Trends*, 43(2), 24-32.
- Kim, M. C., Hannafin, M. J., & Bryan, L. A. (2007). Technology enhanced inquiry tools in science education: An emerging pedagogical framework for classroom practice. *Science Education*, 91(6), 1010-1030.
- Kuntzleman, T. (2016). Use your smartphone as an absorption spectro photometer. <https://www.chemedx.org/blog/use-your-smartphone-absorption-spectrophotometer>.
- Lehtinen, E., Hakkarainen, K., Lipponen, L., Rahikainen, M., & Muukkonen, H. (1999). Computer supported collaborative learning: A review. *The JHGI Giesbers Reports on Education*, 10, 1999.
- Ligorio, M. B., Cesareni, D., & Schwartz, N. (2008). Collaborative virtual environments as means to increase the level of intersubjectivity in a distributed cognition system. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 339-357.
- Liu, M., Yuen, T. T., Horton, L., Lee, J., Toprac, P., & Bogard, T. (2013). Designing technology-enriched cognitive tools to support young learners' problem solving. *The International Journal of Cognitive Technology*, 18(1), 14-21.
- Malik, A., & Ubaidillah, M. (2021). The use of smartphone applications in laboratory activities in developing scientific communication skills of students. *Journal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 9(1), 76-84.
- Martin, L. (2012). Connection, translation, off-loading, and monitoring: A framework for characterizing the pedagogical functions of educational technologies. *Technology, Knowledge and Learning*, 17(3), 87-107.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Moysey, S. M. J., & Lazar, K. B. (2019). Using Virtual Reality as a Tool for Field-Based Learning in the Earth Sciences. In: Lansiquot, R., MacDonald, S. (Eds), *Interdisciplinary Perspectives on Virtual Place-Based Learning* (pp. 99-126). Palgrave Pivot, Cham.
- Muir-Herzig, R. G. (2004). Technology and its impact in the classroom. *Computers & Education*, 42(2), 111-131.
- Nikolopoulou, K. (2020). Secondary education teachers' perceptions of mobile phone and tablet use in classrooms: benefits, constraints and concerns. *Journal of Computers in Education*, 7(2), 257-275.
- Pea, R. D. (1986). Cognitive technologies for mathematics education. In: Alan H. Schoenfeld. (Eds), *Cognitive Science and Mathematics Education* (pp. 89-122). New York, Routledge.
- Perry, M. (1999). The application of individually and socially distributed cognition in workplace studies: two peas in a pod. In *Proceedings of European Conference on Cognitive Science* (Vol. 99). Siena, Italy.

- Polat, H., & Öz, R. (2017). Use of the distributed cognition theory in a lesson plan: A theory, a model and a lesson plan. *Erzincan University Journal of Education Faculty*, 19(3), 180-190.
- Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 30(4), 459-467.
- Raja, R., & Nagasubramani, P. C. (2018). Impact of modern technology in education? *Journal of Applied and Advanced Research*, 3(1), 33-35.
- Reigeluth, C. M. (1983). *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. New York, Routledge.
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). *Design and development research: Methods, strategies, and issues*. New York, Routledge.
- Salomon, G. (Ed.). (1997). *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*. Cambridge University Press.
- Shrotryia, V. K., & Dhanda, U. (2019). Content validity of assessment instrument for employee engagement. *Sage Open*, 9(1), 1-7.
- Siiman, L. A., Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., Rannikmäe, M., Zacharia, Z. C., & de Jong, T. (2017). Design and evaluation of a smart device science lesson to improve students' inquiry skills. In *Advances in Web-Based Learning-ICWL 2017: 16th International Conference, Cape Town, South Africa, September 20-22, 2017, Proceedings 16* (pp. 23-32). Springer International Publishing.
- Stemler, S. E. (2004). A comparison of consensus, consistency, and measurement approaches to estimating interrater reliability. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 9(1), 4.
- Traxler, J. (2009). Current state of mobile learning. *Mobile learning: Transforming the Delivery of Education and Training*, 8(2), 9-24.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008). Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and color. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 309-336.
- Vasiliou, C., Ioannou, A., Stylianou-Georgiou, A., & Zaphiris, P. (2017). A glance into social and evolutionary aspects of an artifact ecology for collaborative learning through the lens of distributed cognition. *International Journal of Human Computer Interaction*, 33(8), 642-654.
- Vieyra, R., Vieyra, C., Jeanjacquot, P., Marti, A., & Monteiro, M. (2015). Turn your smartphone into a science laboratory. *The Science Teacher*, 82(9), 32-40.
- Weinberger, A., Kollar, I., Dimitriadis, Y., Mäkitalo-Siegl, K., Fischer, F. (2009). Computer-Supported Collaboration Scripts. In: Balacheff, N., Ludvigsen, S., de Jong, T., Lazonder, A., Barnes, S. (eds) *Technology-Enhanced Learning* (pp. 155-173). Springer, Dordrecht.
- Winarti, A., Yuanita, L., & Nur, M. (2019). The effectiveness of multiple intelligences based teaching strategy in enhancing the multiple intelligences and science process skills of junior high school students. *Journal of Technology and Science Education*, 9(2), 122-135.
- Xu, L. & Clarke, D. (2012). What does distributed cognition tell us about student learning of science? *Research in Science Education*, 42(3), 491-510.
- Yarbro, J., McKnight, K., Elliott, S., Kurz, A., & Wardlow, L. (2016). Digital instructional strategies and their role in classroom learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(4), 274-289.
- Yeh, Y. F., Lin, T. C., Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Hwang, F. K. (2015). Science teachers' proficiency levels and patterns of TPACK in a practical context. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 78-90.
- Zacharia, Z. C., Lazaridou, C., & Avraamidou, L. (2016). The use of mobile devices as means of data collection in supporting elementary school students' conceptual understanding about plants? *International Journal of Science Education*, 38(4), 596-620.
- Zhang, J., & Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive science*, 18(1), 87-122.
- Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education*, 94, 1-17.