

초등 생물분류 학습에서 인공지능 융합교육의 적용 사례 연구

신원섭

A Case Study on Application of Artificial Intelligence Convergence Education in Elementary Biological Classification Learning

Shin, Won-Sub

ABSTRACT

The purpose of this study is to explore the possibility of artificial intelligence convergence education (AICE) in elementary biological classification learning. First, the possibility of AICE was analyzed in the field of 2015 revised elementary life science curriculum. The artificial intelligence biological classification (AIBC) education program targeted plant life. The possibility of AICE in the elementary life science curriculum was suggested through the consultation process of three elementary science education experts. The AIBC education program was developed through the review process of elementary education experts. The results of this study are as follows. First, 8(32%) achievement standards were available for AICE in elementary life science. Second, 18(86%) of the 21 items reviewed by the experts for the AIBC education program developed in this study were positively evaluated. Third, in this study, through the analysis of the possibility of AIBC in the elementary life field and the review of the experts, the AIBC education program including teaching and learning models, strategies, and guidance was developed. The results of this study were based on the review of the experts, and as a follow-up study, applied research to elementary students is needed. It is also hoped that various studies on AICE will be conducted not only in the life field but also in science and other fields. Finally, we expect that the results of this study will be applied to bio-classification learning to help students improve classification capabilities and generate classification knowledge.

Key words: biological classification, artificial intelligence biological classification, elementary life science

I. 서 론

분류학은 학생들에게 생물학의 기초적인 지식을 제공할 뿐만 아니라, 생물학의 탐구 방법을 익힐 수 있고, 생물학의 이론을 통합하는 데 이바지하기 때문에 생물교육에서 매우 중요한 학문이다(Honey and Paxman, 1986). 국정 과학 교과에서는 분류를 ‘탐구 대상의 공통점과 차이점을 바탕으로 무리 짓는 것’이라고 정의하고, 학생들이 탐구 대상의 공통점과 차이점을 근거로 분류기준을 세워 분류 활동에 참여하는 것을 강조하고 있다(Ministry of Education, 2019). 하지만 현장의 생물분류 교육은 분류의

결과와 분류기준의 이해에 치중하기 때문에(Chung *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2004) 지식 암기 위주의 주입식 교수 방법으로 실시되는 경우가 많다(Kwon *et al.*, 2007; Lee & Kim, 2002).

분류는 관찰 대상의 공통점과 차이점을 찾아 집단을 구분하고, 이를 근거로 집단 사이의 위계를 정하는 일반화 과정이다(Kwon *et al.*, 2003). 학생들에게 분류 기능을 효과적으로 지도하기 위해서는 학생들이 대상의 특징을 관찰할 수 있는 능력을 기르고, 관찰한 사실을 근거로 공통점이나 차이점을 범주화하는 일련의 분류과정에 대한 학습이 필요하다(Choi *et al.*, 2006). 생물분류 수업을 개선하기 위

해서는 현장 교사들에게 효과적인 교수학습 프로그램과 자료를 개발하여 제공하는 것 또한 중요하다(Hur & Cha, 2010; Yoo & Kim, 2006). 따라서 생물분류 수업은 구조화된 분류지식의 전달에서 벗어나(Hur & Cha, 2010), 학생들의 흥미와 관심을 바탕으로 그들이 분류 활동에 참여하여 분류지식과 탐구 기능을 생성하는 학습으로의 개선이 필요하다.

선행연구에서는 실생활 소재를 중심으로 한 분류 활동으로 학생들이 지식을 스스로 생성하는 것(Kim & Kim, 2018)과 분류의 기초방법을 익힐 것을 강조하였다(Park *et al.*, 2011). 그리고 수업 시간에 관찰하기 어려운 생물 중에 웹을 활용한 연구(Lee & Kim, 2012)가 있었고, 학생들의 수준에 따라 분류하는 종과 종의 수를 조절할 필요가 있다고 하였다(Park *et al.*, 2011). 과학과 교육과정의 변천에 따라 분류의 내용은 축소되거나 확장되어 왔다(Koh & Kim, 2016). 학생들의 참여와 분류지식의 생성을 위해 논변 활동(Cheong *et al.*, 2016)이나 활동 중심의 생물학습 프로그램(Lee *et al.*, 2010)이 개발되기도 하였다. 하지만 선행연구들은 중고등 학생들을 대상으로 한 연구가 주를 이루기 때문에 이를 초등학생에게 적용하는데 제한이 있다. 또한, 초등 생물분류는 생물의 외형적인 특징을 중심으로 이루어지기 때문에 생물분류 체계를 학습하는 것은 아니다. 따라서 초등 생명 분야 성취기준에 적합한 생물분류 교육프로그램이 필요하다.

초·중·고등학생들은 인지 발달 단계에 따라 분류의 개념형성이 달라서(Chung *et al.*, 1991) 학생들의 수준을 반영하여 교수학습 내용과 방법을 적용해야 한다. 특히, 초등학생들은 사전 경험이나 관찰을 통해 생물의 특징을 알고 있지만, 분류 활동에 이를 잘 활용하지 못하기도 한다(Lee *et al.*, 2004). 따라서 초등학생들이 생물의 특징을 관찰하고, 관찰한 사실을 근거로 기준을 세워 분류하는 일련의 탐구과정을 경험할 수 있는 체계적인 교수학습이 이루어져야 한다(Shin & Shin, 2014).

초등학생들에게 과학 탐구 기능을 지도하지 않아도 과학과 교육과정에 따른 수업을 통해서 학습된다는 의견과 과학 탐구 기능을 별도로 지도해야 한다는 상반된 의견이 있다(Lee & Kang, 2012). 2015 개정 국정 과학 교과에서는 후자의 의견을 택하였고, 초등학생들의 탐구 기능을 향상하기 위한 별도의 단원으로 구성하였다. 선행연구들(Lee *et al.*, 2012;

Shin & Shin, 2014)에서도 초등학생들에게 과학 탐구 기능의 지도를 강조하였다. 초등학생들은 과학 수업에서 탐구 기능이 부족하지만, 과학과 교육과정에서는 이러한 탐구 기능의 지도 방법을 구체적으로 제시하지 않고 있다. 따라서 초등학생들에게 분류와 같은 탐구 기능을 효과적으로 지도할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

최근 교육 분야에서 인공 지능을 활용한 다양한 교육연구들이 시도되었고(Jho, 2018), 생물분류에 인공지능을 적용한다면 분류 기능과 지식을 생성하는 데 도움을 줄 수 있다. 인공지능과 관련한 연구들은 각 교과교육에서 인공지능의 융합보다는 인공지능 기초교육, 플랫폼 분석, 평가, 윤리 등 제한된 영역에서만 이루어져 왔다. 또한 인공지능을 활용한 교육 연구는 정보교육을 중심으로 이루어져 왔다. 하지만 초등의 경우, 인공지능과 관련한 기초교육은 실과교과의 정보교육을 통해 이루어져야 하고, 각 교과교육에서는 인공지능을 융합한 교수학습의 개발이 필요하다(Shin & Shin, 2020). 이 연구에서 인공지능 융합교육이란 기존의 융합교육에 인공지능을 활용하거나, 인공지능을 교육내용이나 방법에 결합함으로써 각 교과교육의 성취기준을 달성할 뿐만 아니라, 인공지능 리터러시를 향상할 수 있는 교육을 말한다.

인공지능은 사람의 신경망 구조와 인지능력을 모방한 것으로 인공 신경망을 이용해 컴퓨터 프로그램으로 구현한 것이다(Russell, 2015). 머신 러닝은 인공지능의 하위 분야로 컴퓨터가 주어진 데이터를 기반으로 학습하고 예측·분석하는 기술을 말하고, 지도 학습, 비지도 학습, 강화 학습 등으로 분류할 수 있다(Raschka & Mirjalili, 2019). 지도 학습은 범주화한 데이터로 기계로 학습시켜서 새로운 데이터가 입력되었을 때 학습한 데이터를 근거로 예측하는 것이다. 비지도 학습은 범주나 구조를 알 수 없는 데이터를 다루는 것으로 범주화된 데이터 학습과정 없이 데이터만을 제공하여 숨겨진 구조를 찾는 것이다. 강화학습은 결정과정에 보상 시스템을 활용한 것으로 체스와 같은 연속적인 행동에서 보상이 최대화되는 일련의 과정을 학습하는 것이다. 분류의 사고과정은 대상 관찰, 분류기준 고안, 분류기준 선택, 분류 실행으로 진행된다(Kwon *et al.*, 2011). 머신 러닝의 지도 학습은 분류 사고과정에서 분류기준의 고안과 선택, 실행과정과 유사

한 알고리즘으로 구성되어 있고, 학생들이 머신러닝을 학습시키고 평가하는 과정에서 분류기능을 향상시킬 수 있다. 따라서 생물분류 학습에 머신러닝을 적용한다면 학생들의 분류기능과 지식을 학습하는 데 효과적일 것이다.

이 연구의 목적은 초등 생물분류 학습에서 인공지능 융합교육의 가능성을 탐색하는 것이다. 이 연구에서는 먼저 2015개정 초등 생명분야에서 인공지능 융합교육의 가능성을 성취기준을 근거로 분석하였다. 그리고 현장 교사와 초등학생의 수준을 고려한 인공지능 플랫폼을 적용하여 교수학습 모델과 전략, 지도안을 포함한 인공지능 생물분류 교육프로그램을 개발하였다. 이 연구를 통해 생물분류 학습에서 인공지능을 어떻게 활용할 것인지와 교과교육에서 인공지능 융합교육의 방향에 대해 논의하였다.

II. 연구 방법

1. 초등 생물분류 학습에서 인공지능 융합교육의 가능성

초등 생물분류 학습에서 인공지능 융합교육의 가능성은 2015개정 초등 생명과학 교육과정의 성취기준을 대상으로 하였다. 2015개정 과학과 교육과정에서는 학생들이 배워야 할 내용과 학습을 통해 할 수 있기를 기대하는 능력을 결합하여 수업활동의 기준으로 성취기준을 제시하였다(Ministry of education, 2015). 초등 학년군별 생명 분야와 관련된 단원과 성취기준의 개수는 단원별 3~4개로 총 25개였다.

이 연구에서는 학년군별 각 단원의 성취기준을 기준으로 인공지능 융합교육의 가능성을 제안하였다. 생물분류 학습에서 인공지능 융합교육의 가능성은 ‘성취기준을 학습하는데 머신러닝과 같은 인공지능을 융합하는 것이 가능한가?’와 ‘현재 초등학생들이 머신러닝을 학습시키는데 사용할 수 있는 자료의 유형은 무엇인가?’의 두 가지 기준으로 분석하였다. 생물분류 학습의 인공지능 융합교육의 가능성 분석에는 초등과학교육전문가 세 명이 참여하였고, 협의과정을 통해 세 명 중에서 두 명이상이 동일한 의견일 때만 적용 가능성을 제시하였다. 인공지능 융합교육의 가능성이 높을 경우에는

‘상’, 적용가능성이 보통일 경우에는 ‘중’, 적용가능성이 비교적 낮을 경우에는 ‘하’ 수준으로 제시하였고, 머신러닝을 학습시킬 수 있는 자료의 유형을 사진, 숫자, 언어로 표시하였다. 초등과학교육전문가의 과학교육 경력은 10년 이상이고, 인공지능과 관련한 연수를 이수한 석사 이상의 교사로 구성하였다.

2. 인공지능 생물분류 교육프로그램의 개발

인공지능 생물분류(Artificial Intelligence Biological Classification; 이하 AIBC) 교육프로그램은 인공지능 생물분류 교수학습 모델과 전략을 개발하여 인공지능 융합교육의 가능성이 높은 성취기준을 대상으로 지도안을 개발하였다. 이 연구에서 개발한 AIBC 교육프로그램은 초등교육전문가의 검증 과정을 통해 수정·보완하였다. 초등교육전문가는 현직 교사 5명으로 과학교육경력은 8년 이상이었고, 모두 인공지능 관련 연수를 이수하였다.

초등교육전문가의 AIBC 교육프로그램에 대한 검토 문항은 선행연구(Shin, 2020)의 문항을 이 연구에 적합하게 수정하여 사용하였다(Table 1). 초등교육전문가 타당성 검토 문항은 AIBC 교육프로그램의 적절성(6), 인공지능의 적용(3), 과학과 핵심역량 반영(5), 학생 요구(4), 학습 만족도(3) 영역으로 구성하였고, 총 21개의 문항이다. 각 문항은 4점 리커트 척도(‘전혀 아니다’: 1점, ‘아니다’: 2점, ‘그렇다’: 3점, ‘매우 그렇다’: 4점)이고, 척도에 대한 평가 기준(1점: 0~24%, 2점: 25~49%, 3점: 50~74%, 4점: 75~100%)을 제시하였다. 또한 각 문항에 대한 검토의견을 제시할 수 있게 구성하였다.

초등교육전문가의 검토 결과는 선행연구들(Rubio *et al.*, 2003; Shin & Jang, 2018)에서 활용한 내용타당도지수와 평가자간 일치도지수로 분석하였다. 내용타당도지수(CVI, Content Validity Index)는 각 문항에서 전체 평가에 대한 긍정적 평가의 비율을 말하고, 평가자간 일치도 지수(IRA, Inter-Rater Agreement)는 긍정적인 평가가 일치한 문항에 대한 비율을 의미한다(Rubio *et al.*, 2003). 이 연구에서는 리커트 척도 3점과 4점을 긍정적인 평가로 하여 내용타당도와 평가자간 일치도 지수를 산출하였다(Shin, 2019; 2020). 이 연구에서 개발한 AIBC 교육프로그램은 초등학생들에게 적용하는 과정을 거치지 않았기 때문에 이 연구의 결과를 일반화하는 데 제한이 있다.

Table 1. Validity review questions

평가내용	
AIBC 프로그램 적절성	1. 생명분야의 성취기준과 잘 연계된다.
	2. 교수학습 모델은 생물분류를 학습하는 데 적합하다.
	3. 교수학습 전략은 학생·교사의 행동을 적절히 안내한다.
	4. 교수학습 지도안은 수업하는 데 체계적이다.
	5. AIBC는 현장교육에 적용하기 편리하다.
	6. 기존 생물분류 교수학습방법을 혁신적으로 개선하였다.
AI 적용	7. 생물분류에 AI를 활용하는 것이 적합하다.
	8. AIBC는 AI의 특징을 잘 반영하였다.
	9. AI 플랫폼은 생물분류 학습에 적합하다.
과학과 핵심역량 반영	10. 과학적 사고력을 향상한다.
	11. 과학적 탐구력을 향상한다.
	12. 과학적 문제해결력을 향상한다.
	13. 과학적 의사소통능력을 향상한다.
학생 요구	14. 과학적 참여와 평생학습능력을 향상한다.
	15. 학생들의 흥미와 관심을 불러일으킨다.
	16. 학생중심의 탐구가 잘 이루어진다.
	17. 초등학교의 수준에 적합하다.
학습 만족도	18. 창의적 문제해결력 향상에 도움이 된다.
	19. AIBC의 수업활동에 대해 만족한다.
	20. AIBC는 창의적 인재 양성에 도움이 된다.
	21. AIBC가 현장에 적용되기를 희망한다.

3. MLFK

이 연구에서는 선행연구(Shin, 2020)에서 사용한 Machine Learning for Kids(<https://machinelearningforkids.co.uk/>, 이하 MLFK)를 활용하여 AIBC 교육프로그램을 개발하였다. MLFK는 데이터를 기반으로 머신을 학습시키고, 이 머신을 블록코딩을 활용하여 프로젝트를 구현할 수 있는 프로그램이다(Shin, 2020). MLFK의 장점은 교사와 학생들이 체험할 수 있는 다양한 예시 프로젝트와 각 프로젝트의 설명을 제공한다는 것이다. 또한 MLFK는 별도의 로그인 없이도 머신을 학습시켜서 프로젝트를 수행할 수 있을 뿐만 아니라, 교사 계정을 만들 경우 학생들의 프로젝트를 관리할 수 있는 장점도 있다(Shin,

2020). MLFK의 데이터 유형은 텍스트, 이미지, 숫자, 소리 형태를 지원하지만, 데이터나 범주를 영어로만 입력할 수 있기 때문에(Kim *et al.*, 2019; Shin, 2020), 초등학생을 대상으로 한 학습에서는 교사들의 도움이 필요하다.

III. 연구결과 및 논의

1. 초등 생명 분야에서 인공지능 융합교육의 가능성 분석

초등 생명 분야에서 인공지능 융합교육(Artificial Intelligence Convergence Education; 이하 AICE)의 가능성 분석은 Table 2와 같다. 2015개정 초등 생명 과학 성취기준을 토대로 탐구활동을 제시하였고, AICE 활동은 생물분류를 중심으로 초등과학교육전문가들의 협의를 통해 제안하였다.

초등 생명분야에서 인공지능 융합교육이 가능한 성취기준은 8개(32%)였다. 초등 3~4학년군의 성취기준 12개에서 AICE가 가능한 성취기준은 4개(33%)

Table 2. Possibility of AICE

성취기준	<탐구 활동>	적용 수준
	인공지능 융합 활동	
[4과03-01]	<비슷한 특징을 가진 동물분류> 머신러닝 지도학습(유형: 사진)	상
[4과05-01]	<비슷한 특징을 가진 식물분류> 머신러닝 지도학습(유형: 사진)	상
[4과10-03]	<다양한 동물의 한살이 비교> 머신러닝 지도학습(유형: 숫자)	중
[4과13-03]	<다양한 식물의 한살이 비교> 머신러닝 지도학습(유형: 숫자)	중
[6과04-01]	<다양한 생물의 특징 비교> 머신러닝 지도학습(유형: 숫자)	상
[6과04-02]	<생물이 우리 생활에 미치는 영향> 머신러닝 지도학습(유형: 언어)	상
[6과05-01]	<생태계 구성요소의 관계> 머신러닝 지도학습(유형: 숫자)	상
[6과12-03]	<식물의 씨가 퍼지는 방법> 머신러닝 지도학습(유형: 사진)	중

이었고, 상 수준은 2개(50%), 중 수준은 2개(50%)였다. 초등5~6학년군의 성취기준 13개에서 AICE가 가능한 성취기준은 4개(33%)이었고, 상 수준은 3개(75%), 중 수준은 1개(25%)였다. 인공지능 융합 활동은 현재 MLFK에서 머신을 학습시키는 범주로 사진, 숫자, 언어로 나타내었다. AICE 인공지능 융합 활동은 사진을 이용한 활동이 3개(37.5%)이고 숫자를 이용한 활동이 4개(50%), 언어를 이용한 활동이 1개(12.5%)였다.

초등 생명 분야에서 성취기준별 AICE는 초등과학교육전문가들의 협의를 토대로 제안되었기에 연구 결과를 해석하는 데 제한점이 있다. 하지만 현행 초등 생명분야에서 인공지능의 머신러닝을 중심으로 AICE의 가능성을 분석한 것으로, 앞으로 생명분야에서 인공지능 융합교육을 계획하는데 기초 연구로서의 가치가 있다.

2. AIBC 교육프로그램의 타당도 분석

이 연구에서 개발한 AIBC 교육프로그램에 대한 초등교육전문가의 검토 결과는 Table 3과 같다.

1) AIBC 교육프로그램의 적절성

AIBC 교육프로그램의 적절성 영역에서 초등교육전문가들의 평균이 4.0인 항목이 2개, 3.0 이상인 항목이 3개, 2.8인 항목은 1개였다. 문항 5번을 제외하고 초등교육전문가들의 내용타당도지수(CVI)는 0.8이상, 평가자간 일치도 지수(IRA)는 0.7로 검토결과를 신뢰할 수 있었다. 초등교육전문가들이 부정적 의견이 제시된 문항은 4번과 5번 항목이었다. B는 교수학습 지도안의 체계성에 D와 E는 현장적용의 편리성에 각각 부정적으로 평가하였다. 초등교육전문가들은 서술평가에서 AIBC 성취기준의 연계와 생명분류 교수학습 방법의 개선 등에 긍정적인 평가를 했다. 반면에 AIBC 교육프로그램이 학교 현장에 적용되기 위한 교육환경의 필요성과 인공지능 플랫폼에 대한 자세한 안내를 요구하였다. 이는 선행연구(Shin, 2020; Shin & Shin, 2020)에서 현장 교사의 인공지능의 필요성과 교육환경구축에 대한 의견과 일치한다. 따라서 초등교육전문가들의 평가 결과를 종합하여 AIBC의 교수학습 전략과 지도안에서 교사의 역할을 수정·보완하였다. 초등교육전문가들의 검토의견은 아래와 같다.

Table 3. Experts' review results

영역	문항	M	SD	CVI	IRA
AIBC 프로그램 적절성	1	3.6	0.5	1.0	0.7
	2	4.0	0.0	1.0	
	3	3.2	0.4	1.0	
	4	3.2	0.8	0.8	
	5	2.8	1.3	0.6	
	6	4.0	0.0	1.0	
AI 적용	7	3.8	0.4	1.0	1.0
	8	4.0	0.0	1.0	
	9	3.8	0.4	1.0	
과학과 핵심역량 반영	10	3.8	0.4	1.0	1.0
	11	4.0	0.0	1.0	
	12	4.0	0.0	1.0	
	13	3.8	0.4	1.0	
	14	3.8	0.4	1.0	
학생 요구	15	3.8	0.4	1.0	0.8
	16	3.8	0.4	1.0	
	17	2.8	1.1	0.4	
	18	4.0	0.0	1.0	
학습 만족도	19	3.6	0.5	1.0	1.0
	20	4.0	0.0	1.0	
	21	4.0	0.0	1.0	

- A: I. 머신러닝 프로그램을 이용하여 분류 모델을 계획하고, 설계하고, 적용해 보는 활동은 초등학교 3~4학년군의 식물분류 성취기준을 달성하는 데 매우 잘 연계된 활동이다. 머신 러닝을 이용해서 생물을 분류해 보는 교수학습은 과학과의 성취기준 달성뿐만 아니라, 학생들의 인공지능 역량도 함께 향상할 수 있다.
- B: 교육과정 성취기준에 비해 학습 내용의 양은 다소 많다고 느껴지나, 성취기준을 달성하는 데 적합한 프로그램이다. 과제를 세분화하여 안내한다. 특히 MLFK는 SW활용능력에 따라 달리 안내하고 활동에 대한 진술을 더 명료하게 해야 한다.
- D: AIBC수업을 하는 데 좀 더 자세한 안내가 필요함. 학생들이 교실에서 웹기반 수업을 할 수 있는 교내 통신망이나 스마트기기의 확충이 필요함. MLFK에 대한 교사 & 학생의 준비와 교실환경에 대한 준비가 필요하다.

2) 인공지능의 적용

AIBC 교육프로그램의 인공지능 적용영역에서 초등교육전문가의 평균은 3.8 이상이었으며, 모두 긍정적으로 평가하였다. CVI와 IRA는 모두 1.0으로

검토결과의 신뢰도는 매우 높았다. 초등교육전문가들은 생물분류에 인공지능을 적용하는 것을 긍정적으로 평가하였고, 이 연구에서 활용한 MLFK에 대한 적합성을 높게 평가하였다. 초등교육전문가들의 검토의견은 아래와 같다.

- A: '생물 분류'라는 주제는 인공지능을 활용하기에 매우 적합하다. 다양한 데이터를 입력하여 기계가 학습하고, 학습한 결과에 따라 생물을 분류해 보게 하는 것은 인공지능 활용의 좋은 예라고 볼 수 있다.
- C: 교육용으로 설계된 웹기반의 머신러닝 프로그램의 예시로 제시된 워크시트가 유용하고, 분류에 능한 컴퓨터로부터 분류학습 결과가 맞는지 확인할 수 있으므로 적합하다.
- E: Machine Learning for Kids는 초등학생들에게 적합한 플랫폼이라고 생각한다. 일단 이 플랫폼에서는 한국어가 제공되고, 조작이 간단하고, 로그인도 필요 없어 학생들의 접근성도 뛰어나다.

3) 과학과 핵심역량 반영

AIBC 교육프로그램의 과학과 핵심역량 반영영역에서 초등교육전문가의 평균은 3.8 이상이었고, 모두 긍정으로 평가하였다. CVI와 IRA는 모두 1.0으로 검토결과의 신뢰도는 매우 높았다. 초등교육전문가들은 이 연구에서 개발한 AIBC 교육프로그램의 교수학습 단계에 따른 활동이 과학과 핵심역량을 향상하는 데 효과적이라고 하였고, 검토의견은 아래와 같다.

- A: AIBC 교수학습 모델은 과학자가 문제를 인식하고, 데이터를 분석하여, 문제를 해결하는 전 과정을 모델화하여 개발된 것으로 판단된다. 이는 학생들이 생물분류 문제를 해결하는 과정을 통해 과학과 핵심역량이 향상될 수 있다고 생각한다.
- B: AIBC 일련의 과정에서 학생들의 과학과 핵심역량이 개발될 것으로 판단되고, 특히 새로운 상황에 적용하는 과정과 도전하는 단계에서 과학적 문제해결력이 많이 향상될 것이다.

4) 학생 요구

AIBC 교육프로그램의 학생요구영역에서 초등교육전문가의 평균이 3.8이상인 항목은 3개이고, 부정적인 평가는 1개 항목이 있었다. A, D, E가 초등학생 수준의 적합성 항목에 부정적으로 평가하였고, CVI는 0.4로 AIBC 교육프로그램의 수정이 필

요하였다. 초등교육전문가들은 학생들의 흥미와 관심, 과학적 탐구와 문제해결력, 창의적 문제해결력 향상에 긍정적으로 평가했지만, 초등학생들의 머신러닝의 이해에 대한 교육이 사전에 필요하다고 하였다. 이는 인공지능과 관련된 교과와 통합교육 방안을 모색하여 학생들의 인공지능의 활용과 관련된 기초능력을 지도할 필요가 있다. 선행연구(Shin, 2020)에서는 교사의 인공지능에 대한 이해의 차이가 현장 적용가능성을 평가하는 데 영향을 준다고 하였다. 따라서 초등학생을 대상으로 AIBC 교육프로그램 적용하여 초등학생들의 인공지능 활용 수준을 밝히는 후속연구가 필요하다. 초등교육전문가들의 검토의견을 반영하여 AIBC 지도안에서 MLFK의 안내를 보완하였다. 초등교육전문가들의 검토의견은 아래와 같다.

- C: AIBC 교육 프로그램을 학생에게 적용하기 전에 아이들의 머신러닝에 대한 이해도를 높일 수 있는 사전 자료의 제공이나 사전 프로그램의 개발이 필요하다.
- D: MLFK는 학생들의 위한 프로그램으로 심플하고 직관적으로 구성되어 있으나, 초등 3~4학년 대다수의 학생들이 컴퓨터 활용능력이 부족하기 때문에 인공지능에 관한 사전 교육이 충분히 필요하다고 생각된다.
- E: 학생들이 머신러닝에 대한 사전 이해도가 없다면 AIBC 교육프로그램의 교수학습 곤란도는 높을 것이라고 판단된다.

5) 학습 만족도

AIBC 교육프로그램의 학습 만족도영역에서 초등교육전문가의 평균은 3.6 이상이었고, 모두 긍정적으로 평가하였다. CVI와 IRA는 모두 1.0으로 검토결과의 신뢰도는 매우 높았다. 초등교육전문가들은 현장 교육에서 인공지능 융합교육이 실행되어야 한다는 데에 공통된 의견이 있었다. 또한 각 교과교육에서 다양한 인공지능 융합 교육프로그램의 개발이 필요하고 이러한 인공지능 융합 교수학습에 대한 교사 연수가 필요하다고 하였다. 초등교육전문가들의 검토의견은 아래와 같다.

- A: 친구들과 데이터에 대한 논의를 나누고, 인공지능 관련 플랫폼 등을 활용하는 경험은 인공지능의 활용도가 더욱 높아질 미래 사회의 창의적 인재로 발전하는 데 도움이 된다.
- B: Making 과정에서 특히 독창성과 유용성을 향상시킬

수 있고, Sharing 과정에서 정교하게 다듬을 수 있으므로 창의적 인재 양성 교육에 매우 도움이 될 것이다.

D: 교사들이 본 수업모형을 활용한 수업을 하기 위해서는 시소양 교육 및 시를 활용한 교육활동에 관한 연수가 필요하였다.

3. AIBC 교육프로그램의 개발

1). AIBC 교수학습 모델과 전략

AIBC 교수학습 모델은 선행연구들(Shin, 2020; Shin & Shin, 2020)에서 제안한 인공지능 융합 과학 교육의 모델을 초등학교생들의 기초탐구능력 향상과 관련된 선행연구들(Gabel, 1993; Lee, *et al.*, 2012; Lee & Kang, 2012; Shin & Shin, 2014)과 생물분류와 관련된 선행연구들(Cheong *et al.*, 2016; Kim & Kim, 2018; Kwon *et al.*, 2011)을 종합하여 개발하였다. AIBC 교수학습 모델은 경험학습(Aoun, 2017; Dewey, 1986; Fry & Kolb, 1978)을 바탕으로 각 학습 단계에서 분류과정이 반복적으로 일어나게 함으로써 학생들의 분류 탐구 기능을 향상하고, 분류 지식이나 기준을 생성하는 데 도움을 주고자 하였다. AIBC 교수학습 모델은 해보기, 생각하기, 만들기, 공유하기의 4단계이고, 각 단계는 4개의 요소로 구성되어 있다. AIBC 교수학습 모델은 교육내용과 방법에 따라 그 단계나 하위요소를 가감하여 적용할 수 있고, 교사의 재량에 따라 각 단계의 시간과 운영 방법에 대한 자율성이 보장된다. 이 연구에서 개발한 AIBC 교수학습 모델은 Fig. 1과 같고, 교수학습 전략은 Table 4와 같다.

첫 번째, Doing 단계에서는 사전 분류 경험 연결, 관찰, 공통점과 차이점 찾기, 분류 모델 체험 활동을 한다. 먼저 분류 학습과 관련된 학생들의 사전 경험을 연결한다. 학생들의 사전 경험은 학습에 영향을 미치고, 이는 생물 분류 활동에서도 동일하게 적용되기 때문에(Chung *et al.*, 1991), 학생들의 분류에 대한 사전 경험을 학습상황에 연결하는 것은 중요하다. 학생들의 분류에 대한 사전 지식이 부족할 경우, 분류 기능의 기초 과정을 익히거나, 일상생활의 소재를 대상으로 분류하는 체험과정을 실행할 수 있다. 다음으로 본 학습에서 분류할 대상을 관찰하여 그 특징을 구체적으로 기록한다. 분류 대상의 관찰이 완료되면 소집단 의사소통을 통해 분류

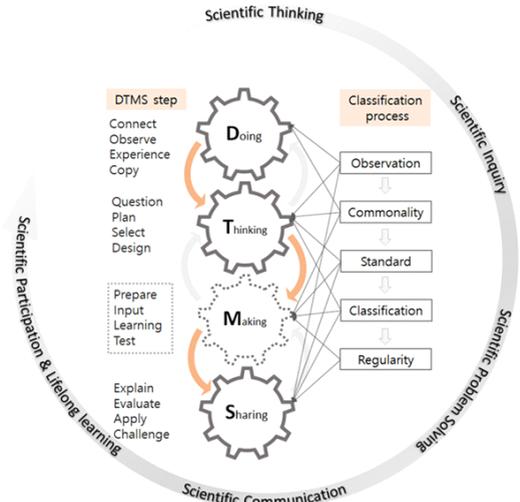


Fig. 1. AIBC teaching learning model.

Table 4. Teaching learning strategy

학습 과정		학생 행동	교사 행동	
단계	요소			
D	연결	• 사전 분류경험	AI 환경	
	관찰	• 분류 대상 관찰	관찰대상	
	비교	• 공통점&차이점	관찰관점	
	체험	• AI 모델 체험	체험모델	
T	기준	• 분류기준 정하기	분류기준	준비
	계획	• 분류모델 계획	계획절차	
	선택	• AI모델&범주	AI 모델	안내
	설계	• 분류모델 설계	설계절차	
M	준비	• 데이터 준비 (입력70%, 검증30%)	Data탐색	조력
	입력	• 분류데이터 입력	범주입력	모니터
	학습	• 기계 학습시키기	절차·방법	피드백
	검증	• 모델 평가&수정	수정·보안	
S	설명	• 분류 모델 발표	모델평가	
	평가	• 모델 상호평가	상호평가	
	적용	• New 상황 적용	New상황	
	도전	• New 모델 구성		

대상의 공통점과 차이점을 찾는다. 이 과정에서 학생들은 자신이 관찰한 사실을 근거로 동료 학생들과의 공통된 합의를 이끌어내는 과학적 의사소통을 해야 한다. 마지막으로 학생들은 본 분류학습과 관련된 인공지능 분류 모델을 경험한다. 초등학교 수준에는 머신러닝의 지도학습을 기반으로 한 모

델을 체험하게 한다. 단, 아직 학생들이 분류 기준을 정하지 않았기 때문에 분류 대상과 직접 관련성이 높은 것은 제한하도록 한다. 예를 들어 초등학교 4학년 1학기의 잎의 분류를 지도하는 데 식물 잎의 모양이나 색깔에 따른 분류 모델을 체험하는 것은 지양한다.

두 번째, **Thinking** 단계에서는 분류기준 정하기, 분류 모델 계획, 분류 범주 유형과 모델 선택, 분류 모델 설계 활동을 한다. 분류 기준은 **Doing** 단계에서 분류 대상의 공통점과 차이점을 근거로 정하도록 하고, 학생들의 수준에 따라 2단 분류에서 다단 분류로 발전시키도록 한다. 분류는 하위 범주는 물체의 특성에 따라 분류하는 것과 분류된 것으로부터 특성을 찾는 것으로 구분할 수 있다(Kim *et al.*, 2007). 분류 모델 계획하기 단계에서는 정한 분류 기준으로 기계를 학습시켜서 다른 대상을 예측하는 분류모델 만들기 또는 분류 대상을 비지도 학습으로 분류하여 분류 기준의 확인하여 그 특성을 탐구할지 등의 방법을 정한다. 초등학교 수준에서는 정한 분류 기준에 따라 기계를 학습시켜서 다른 대상을 분류하는 지도학습이 분류 기초 탐구 기능을 학습하는 데 적합하다. 또한 자신이 만들 모델로 다른 대상을 분류한 예측 값을 토대로 자신의 분류 기준을 평가하는 활동도 효과적이다. 분류 범주의 유형과 모델은 선택단계에서는 먼저 분류 범주의 유형을 사진, 소리, 움직임, 텍스트, 숫자 등에서 선택하고, 이러한 범주를 가장 손쉽게 구현할 수 있는 분류 모델을 선택한다. 현재 학생들이 손쉽게 사용할 수 있는 인공지능 플랫폼이 많지 않은 상황이지만 플랫폼에 따라 특성이 다르니, 이에 대한 것은 교사의 효과적인 안내가 필요하다. 마지막으로 분류 모델 설계 단계에서는 실제로 인공지능 분류 모델을 만들기 전에 전반적인 상황을 체계적으로 설계하는 단계이다. 이 과정에서 자신이 만들고자 하는 분류 모델을 명확히 할 수 있고, 분류 기준과 범주 등의 문제점을 찾을 수 있다.

세 번째, **Making** 단계에서는 데이터 준비, 데이터 입력, 기계 학습, 검증 활동을 한다. Shin & Shin (2020)의 창의적 문제해결에서 **Making**단계는 다양한 소재로 창작하는 활동이 가능하지만, 이 연구에서는 머신러닝의 지도학습에 국한하여 활동을 제시하였다. 먼저 분류 모델을 만들기 위한 학습 데이터의 양은 70%, 테스트 데이터는 30% 수준으로

준비한다. 데이터의 입력은 인공지능 플랫폼에 따라 제한이 있기 때문에 이러한 구체적인 내용은 교사의 안내가 필요하다. 데이터 준비가 완료되면 데이터를 범주에 따라 입력한다. 대부분의 머신 러닝은 범주를 레이블(Label)로 표기하고 있다. 데이터 입력이 완료되면 기계를 학습시키고 검증과정을 거친다. 이 과정에서 학생들은 자신들이 고안한 분류 모델의 예측 정확성을 평가하여 개선할 수 있다. 이 단계에서 학생들의 자신의 분류 기준의 적합성을 다시 점검하여 환류하는 정교성을 기를 수 있다. 대부분의 교과서의 분류 활동에서는 대상을 관찰하여 공통점과 차이점을 찾고, 분류기준을 세워 분류하면 모든 활동이 끝나지만 이 연구에서 개발한 AIBC 교수·학습 모델은 각 단계에서 분류 기준의 적합성을 평가하고 환류하는 과정이 있기 때문에 학생들의 분류 탐구 기능을 기르고 향상하는 데 도움이 된다.

네 번째, **Sharing** 단계에서는 설명, 평가, 적용, 도전 활동을 한다. 즉, 학생들은 분류 모델을 발표하는 활동을 통해 자신들의 관찰하기, 공통점과 차이점 찾기, 분류기준 정하기, 분류 모델 만들기 등의 전반적인 학습활동에 자기평가와 더불어 과학적 의사소통능력을 기를 수 있다. 또한 다른 학생들의 과학적 사고, 탐구력, 문제해결, 의사소통능력 등을 간접적으로 체험할 수 있는 기회를 통해 성장할 수 있는 발판을 마련할 수 있다. 자신이 만든 분류 모델에 다른 친구들의 데이터를 적용해 보거나 자신의 모델을 새로운 상황에 적용하는 경험을 가진다. 이를 통해 학생들은 자신의 분류 모델에 대한 재평가와 더불어 새로운 모델의 필요성을 찾거나, 새로운 맥락에 도전할 수 있는 기회를 갖는다. **Sharing** 단계는 단순히 자신의 분류 활동을 발표하고 평가하는 단계를 벗어나 선행연구들(Kim, 2015; Lim, 2012)에서 강조하는 새로운 상황에 적용하고 도전한다는 중요한 의미를 갖고 있다(Shin & Shin, 2020).

2) AIBC 교수학습 지도안

AIBC 교수학습 모델과 전략을 초등 3~4학년군 성취기준 [4과 05-01]에 적용한 교수학습 지도안은 Table 5와 같다. AIBC 교수학습은 과학교과에서 블록단위로 한 차시씩 분할하여 지도하거나 STEAM이나 프로젝트 학습의 형태로 2~4차시 연속하여 지도할 수 있다.

Table 5. AIBC teaching learning instruction of leaves classification

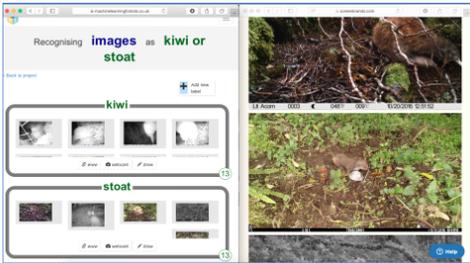
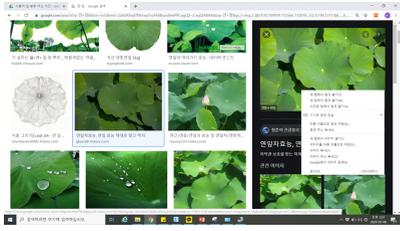
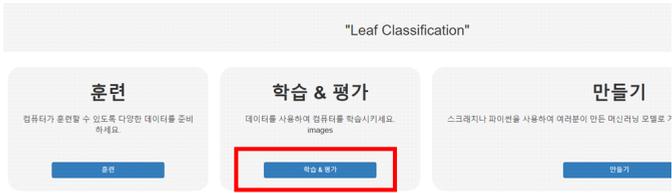
대상	4학년	단원	2. 식물의 생활	플랫폼	MLFK
상취기준	[4과05-01] 여러 가지 식물을 관찰하여 특징에 따라 식물을 분류할 수 있다.				
단계	교수학습 활동				자료(☆)/유의점(※)
연결	<ul style="list-style-type: none"> 사전 분류 경험 떠올리기 [과학적 의사소통] 주변에서 분류를 활용하고 있는 사례에 대한 이야기 나누기 (혼합물의 분리 단원 연계, 분리 배출 등의 실생활의 예) 				☆ 과학교과서 실험관찰
관찰 비교	<ul style="list-style-type: none"> 분류 대상을 관찰하기 [과학적 탐구력] 공통점과 차이점 비교하기 [과학적 사고력], [과학적 의사소통] 				※ 분류 기준은 잎의 외형적인 생김새를 중 심으로 한다.
Doing	<ul style="list-style-type: none"> 학습과 관련한 분류 모델 체험하기 [과학적 참여와 평생학습능력] 이미지 훈련을 통한 분류 프로그램 예) 'kiwi or stoat' in Machine Learning for Kids 				
체험					☆ MLFK의 워크시트 에서 이미지 분류 체험 활동을 준비 한다.
기준	<ul style="list-style-type: none"> 분류 기준 정하기 [과학적 탐구력] 			<ul style="list-style-type: none"> ※ 학생들이 분류 기준을 정한 까닭을 서로 이야기해 봄으로써 분류 기준의 근거를 평가한다. 	
Thinking	<p>계획</p> <ul style="list-style-type: none"> 분류 모델 계획하기(drawing) [과학적 의사소통] 학생들과 협력하여 스케치 수준에서 계획 활동을 한다(추리, 예상). 			☆ 학습지	
	<p>선택</p> <ul style="list-style-type: none"> 분류 모델과 범주 유형 선택 [과학적 탐구력] 인공지능 모델을 선택하고, 범주를 어떻게 구성할지 선택한다. 			※ 분류 모델의 구체적인 설계활동에 활용할 학습지를 제공한다.	
	<p>설계</p> <ul style="list-style-type: none"> 분류 모델의 구체적인 설계 [과학적 문제해결력] 데이터 종류 및 형태(이미지, 숫자, 문자 등), 데이터 수집 방법(웹 이미지, 숫자나 문자 입력, 사진촬영 등), 입력과 테스트 데이터 분류 방법, 모델 등의 구체적으로 설계한다. 				
Making	<p>준비</p> <ul style="list-style-type: none"> 데이터 준비 (입력:70%, 테스트:30%) [과학적 탐구력] 구글 이미지 URL 수집 (자료 수집) 			☆ 잎 사진 자료 ※ 웹 이미지에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 이미지 주소 복사를 선택하고, MLFK에서 이미지를 입력할 때 주소를 붙여넣기 한다.	
	<p>입력</p> <ul style="list-style-type: none"> 분류 데이터 입력하기 [과학적 탐구력] 이미지 데이터를 레이블에 맞게 추가(URL 붙여넣기 방식) 			※ 학생들이 협력적으로 활동을 할 수 있게 역할을 정하여 모든 학생들이 참여하게 한다.	

Table 5. Continued

단계	교수학습 활동	자료(☆)/유의점(※)
Making	<ul style="list-style-type: none"> 기계 학습시키기 [과학적 탐구력] 	※ 데이터의 양이 많을수록 시간이 오래 걸리나, 대부분 3분 내에 기계학습이 완료된다.
	테스트 <ul style="list-style-type: none"> 분류 모델 평가 및 수정·보완하기 [과학적 사고력], [과학적 문제해결력], [과학적 의사소통] 	※기준에 알맞은 이미지를 선정하고, 데이터의 개수가 많을수록 정확한 훈련이 가능함을 찾아낼 수 있도록 한다.
설명 평가	<ul style="list-style-type: none"> 분류 모델 설명하기 [과학적 의사소통], [과학적 참여와 평생학습] 분류 모델 상호평가하기 [과학적 의사소통], [과학적 탐구력] - 모둠별로 상호평가를 한다. 	☆ 상호평가지
Sharing	적용 <ul style="list-style-type: none"> 새로운 상황에 모델 적용하기 [과학적 문제해결력] - 훈련된 모델로 스크래치 프로그램 구성하기(창의적 문제해결) 도전 <ul style="list-style-type: none"> 새로운 인공지능 모델 구상 - 새로운 상황에 적용한 후 의문을 생성과 새로운 분류 모델을 구상한다. 	※ 초등수준에서는 스크래치 프로그램이 적용하기에 적합하지만 지도 학생의 수준에 따라 교사의 안내가 필요하다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등 생물분류 학습에 적용 가능한 AIBC 교육프로그램을 개발하였다. 2015개정 초등 생명분야에서 인공지능 융합교육의 가능성은 초등과학교육전문가들의 협의과정을 통해 제안하였고, AIBC 교육프로그램은 초등교육전문가들의 타당도 검토과정을 통해 수정·보완하였다. 이 연구의 결과를 바탕으로 한 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 초등 생명분야에서 인공지능 융합교육이 가능한 성취기준은 8개(32%)였다. 이 연구에서는 초등 3~4학년군과 5~6학년군에서 각각 4개의 성취기준에 대해 인공지능 융합 활동을 제안하였다. 인공지능 융합 활동은 머신러닝의 지도학습이 중심이었고, 범주의 유형은 사진, 숫자, 언어를 제안하였다. 인공지능 융합 활동은 초등과학교육전문가의 협의를 통한 것으로 이 연구 결과를 현장에 적

용하는 데 제한적이지만, 초등 생명분야에서 인공지능 융합교육의 방안을 제안하였다는 데 가치가 있다. 이 연구에서 제안한 인공지능 융합 활동은 후속 연구를 통해 그 적합성을 밝힐 필요가 있다.

둘째, 이 연구에서 개발한 인공지능 생물분류 교육프로그램에 대한 초등교육전문가 타당도 검토 21개 문항 중에서 18개(86%) 항목에 긍정적 평가를 받았다. 또한 초등교육전문가들은 초등학생의 생물 분류 학습뿐만 아니라, 과학과 핵심역량과 창의적 문제해결력, 인공지능 리터러시를 향상하는 데에도 도움이 될 것이라고 하였다. 현재 각 교과교육에서 인공지능 융합교육의 필요성을 강조하고 있고, 이에 인공지능 융합교육은 각 교과교육의 성취기준과 핵심역량, 인공지능 리터러시 등을 향상하고 최종적으로 2015개정 교육과정의 창의적 인재 양성을 목표로 해야 한다. 부정적인 항목은 교수학습 지도안의 체계성, 현장 적용의 편리성, 초등학생의

수준의 적합성이었다. 선행연구(Shin, 2020)와 동일하게 전문가에 따라 의견의 차이가 있었지만 인공지능의 이해와 활용 수준이 다른 현장 교사와 학생을 대상으로 한 인공지능 융합교육은 자세한 교수학습 안내가 필요함을 알 수 있다. 이와 더불어 초등 교사를 대상으로 한 인공지능 융합교육의 이해와 인공지능 플랫폼에 대한 연수가 필요하다.

셋째, 이 연구에서는 초등 생명분야에서 인공지능 융합교육의 가능성 분석과 초등교육전문가의 검토를 통해 인공지능 생물분류 교육프로그램을 제안하였다. 인공지능 생물분류 교육프로그램은 인공지능 융합 과학 교수학습 모델(Shin, 2020)과 생물 분류과정을 토대로 개발되었고, 이는 생물분류뿐만 아니라, 과학과 다른 분야나 타 교과에서 분류와 관련된 교수학습에 적용할 수 있는 교육프로그램이다. 이 연구 결과는 초등 교과교육에서 인공지능 융합교육 프로그램을 개발하는 데 중요한 기초 연구로 활용할 수 있을 것이다.

이 연구에서 개발한 인공지능 생물분류 교육프로그램은 초등교육전문가의 타당도 검토과정만 거쳤기 때문에 초등학생들을 대상으로 한 후속연구를 통해 그 효과성을 검증할 필요가 있다. 마지막으로 이 연구 결과가 생물분류 학습에 적용되어 학생들의 분류 탐구 기능과 분류지식을 생성하는 데 도움이 되기를 기대한다.

참고문헌

- Aoun, J. E. (2017). *ROBOT-PROOF: Higher education in the age of artificial intelligence*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Cheong, H. I., Park, J. W. & Kim, J. G. (2016). Development of an educational program on the change of biological classification using argumentation. *Biology Education*, 44(3), 463-476.
- Choi, H. D., Yang, I. H. & Kwon, C. S. (2006). Classification activity thoughts of elementary sixth grade pupils about artificial and natural stimulus. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(1), 40-48.
- Chung, W., Hur, M. & Cha, H. (1991). A study on the concept of plant classification among Korean elementary, middle and high school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 11(1), 25-36.
- Dewey, J. (1986). Experience and education. In the educational forum, 50(3), 241-252. Taylor & Francis Group.
- Fry, R., Kolb, D. (1979). Experiential learning theory and learning experiences in liberal arts education. *New Directions for Experiential Learning*, 6, 79.
- Gabel, D. L. (1993). *Introductory science skills*. Waveland Press.
- Honey J. N. & Paxman H. M. (1986). The importance of taxonomy in biological education at advanced level. *Journal of Biological Education*, 20(2), 103-111.
- Hur, M. & Cha, W. (2010). A study on misconception frequency of plant classification and interest rates of elementary and secondary students. *Biology Education*, 38(1), 1-14.
- Jho, H. (2018). Exploration of predictive model for learning outcomes of students in the e-learning environment by using machine learning. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(21), 553-572.
- Kim, E. K. & Kim J. G. (2018). Development of problem-based learning program for high school student using everyday life materials to learn biology classification. *School Science Journal*, 12(1), 59-74.
- Kim, H., Park, B. & Lee, B. (2007). Analysis of the basic inquiry process in Korean science textbooks: Focused on classification, prediction and reasoning. *Elementary Science Education*, 26(5), 499-508.
- Kim, K. (2015). A self-regulated learning model development in computer programming education. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 19(1), 21-30.
- Kim, S., Kim, S. & Kim, H. (2019). Analysis of international educational trends and learning tools for artificial intelligence education. *The Korean Association of Computer Education*, 23(2), 25-28.
- Koh, Y. S. & Kim H. N. (2016). Content analysis of life science area in science textbooks according to Korean elementary curriculum change. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(2), 203-219.
- Kwon, Y., Choi, S., Park, Y. & Jeong, J. (2003). Scientific thinking types and processes generated in inductive inquiry by college students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(3), 286-298.
- Kwon, Y., Jeong, J., Shin, D., Lee, J., Lee, I. & Byeon, J. (2011). *Creation and evaluation of science knowledge*. Seoul: Hakjisa.
- Kwon, Y., Lee, J. & Lee, I. (2007). Development of the classification ability quotient equation through the

- analysis of science teachers' classification knowledge generated in the pollen classification task. *Secondary Education Research*, 55(3), 21-43.
- Lee S., Kang, T. & Kim, N. (2004). A study on the conception of the biological classification in the elementary students' grade. *Biology Education*, 32(1), 16-26.
- Lee, E. & Kang, S. (2012). Sub-component extraction of inquiry skills for direct teaching of inquiry skills. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(2), 236-264.
- Lee, H. & Kim, Y. (2002). Effective structure of web-based Learning materials for high school biology taxonomy class. *Biology Education*, 30(2), 147-157.
- Lee, H. & Kim, Y. (2002). Effective structure of web-based learning materials for high school biology taxonomy class. *Biology Education*, 30(2), 147-157.
- Lee, H. W., Min, B. M., & Son, Y. A. (2012). Development and application of the explicit and reflective learning strategy for enhancement of the elementary school students' basic inquiry skills; -Based on observation and classification-. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(1), 95-112.
- Lee, J. H., Kim D. R. & Moon, D. H. (2010). Development of activity-based learning program for understanding of biological classification concept for middle school students. *Teacher Education Research*, 49(2), 123-150.
- Lee, S., Kang, T. & Kim, N. (2004). A study on the conception of the biological classification in the elementary students' grade. *Biology Education*, 32(1), 16-26.
- Lim, C. S. (2012). Development of an instructional model for brain-based evolutionary approach to creative problem solving in science. *Biology Education*, 40(4), 429-452.
- Ministry of Education. (2015). Science curriculum.
- Ministry of Education. (2019). Science 6-2 teacher's guide, Seoul: Visang Education.
- Park, K., Yoon, K. S. & Jeon, S. (2011). Development of sequential classification program for arthropods taxonomy. *School Science Journal*, 5(2), 92-108.
- Raschka, S. & Mirjalili, V. (2019). Python machine learning: Machine learning and deep learning with python, scikit-learn, and TensorFlow 2. Packt Publishing Ltd.
- Rubio, D. M., Berg-Weger, M., Tebb, S. S., Lee, E. S. & Rauch, S. (2003). Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research. *Social Work Research*, 27(2), 94-104.
- Russell, S. & Bohannon, J. (2015). Artificial intelligence. Fears of an AI pioneer. *Science*, 349(6245), 252.
- Shin, W. (2019). Development of energy club program in connection with the curriculum of the 5th and 6th graders in the 2015 revision of elementary school. *Energy and Climate Change Education*, 9(2), 149-159.
- Shin, W. (2020). Exploring the possibility of artificial intelligence science convergence education in energy and life unit. *Energy and Climate Change Education*, 10(1), 73-86.
- Shin, W. S. & Shin, D. H. (2014). The development of intervention program for enhancing elementary science-poor students' basic science process skills. - Focus on eye movement analysis -. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(8), 795-806.
- Shin, W. S. & Shin, D. H. (2020). A study on the application of artificial intelligence in elementary science education. *Elementary Science Education*, 39(1), 117-132.
- Shin, W. & Jang, K. (2018). The effect of a fairy tale-based energy education program on energy literacy of 6th grade elementary school students. *Energy and Climate Change Education*, 8(2), 207-218.
- Shin, W. & Shin, D. (2020). A study on the application of artificial intelligence in elementary science education. *Elementary Science Education*, 39(1), 117-132.
- Yoo, H. M. & Kim, J. G. (2006). A Study on the biology II textbooks by analysing questions for the college scholastics ability test and the biology teachers' appointment test - Focused on the chapters of taxonomy and ecology -. *Biology Education*, 34(3), 307-320.

† 신원섭, 서울교육대학교 강사(Shin, Won-Sub; Instructor, Seoul National University of Education).