

Computational Thinking 기반 인공지능교육을 통한 학습자의 인지적역량 평가 프레임워크 설계

신승기

애리조나주립대학교 컴퓨터교육전공

요약

본 연구에서는 Computational Thinking 기반의 인공지능(AI)교육에 대한 학습자의 내재적 사고의 변화를 살펴보기 위한 평가도구 개발의 기준과 프레임워크를 구성하여 제시하고자 하였다. 이를 위해 데이터수집을 위한 인지적 학습보조(Agency)의 단계, 수집된 데이터의 특징을 분해하여 데이터의 패턴을 인식하고 카테고리화 과정을 수행하는 추상화(Abstracting)의 단계, 추상화과정을 수행한 정제된 데이터를 토대로 알고리즘을 구성하는 모델링(Modeling)단계의 일련의 순차적 과정이 평가요소로 구성되었다. 또한 학습자의 인식, 학습, 행동, 결과에 대한 인지적영역에 대한 평가가 구성되었으며, 학습자의 문제해결의 과정과 결과에 대하여 지식, 역량, 태도의 영역에 대하여 측정할 수 있도록 AI교육에 대한 학습의 내재적인 인지영역의 변화와 결과에 대한 평가를 할 수 있도록 프레임워크가 설계되었다. 연구의 결과는 교수학습의 맥락에 따른 개별화된 평가도구 개발에 대한 프레임워크를 구성하였다는 점에서 의미가 있으며, 향후 AI교육의 다양한 영역에서 활용될 수 있는 기준으로서 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 인공지능교육, 평가도구, 프레임워크, 컴퓨팅사고력, 컴퓨터교육

Designing the Framework of Evaluation on Learner's Cognitive Skill for Artificial Intelligence Education through Computational Thinking

Seungki Shin

Computer Science Education, Mary Lou Fulton Teachers College, Arizona State University

Abstract

The purpose of this study is to design the framework of evaluation on learner's cognitive skill for artificial intelligence(AI) education through computational thinking. To design the rubric and framework for evaluating the change of learner's intrinsic thinking, the evaluation process was consisted of a sequential stage with a) agency that cognitive learning assistance for data collection, b) abstraction that recognizes the pattern of data and performs the categorization process by decomposing the characteristics of collected data, and c) modeling that constructing algorithms based on refined data through abstraction. The evaluating framework was designed for not only the cognitive domain of learners' perceptions, learning, behaviors, and outcomes but also the areas of knowledge, competencies, and attitudes about the problem-solving process and results of learners to evaluate the changes of inherent cognitive learning about AI education. The results of the research are meaningful in that the evaluating framework for AI education was developed for the development of individualized evaluation tools according to the context of teaching and learning, and it could be used as a standard in various areas of AI education in the future.

Keywords : AI Education, Evaluation Tool, Framework, Computational Thinking, Computer Science Education

논문투고 : 2020-02-05

논문심사 : 2020-02-12

심사완료 : 2020-02-14

1. 서론

2020년은 국내외적으로 인공지능에 대한 발전과 사회적 기대가 높아지는 시기라고 할 수 있다. 1950년대부터 인공지능에 대한 지속적인 기술개발로 왓슨(Watson)이라고 불리는 인공지능 시스템을 개발한 IBM에서는 인공지능(AI) 발달 방향에 대하여 예측을 하였으며 “자동화(Automation), 자연어처리(Natural Language Processing, NLP), 신뢰(Trust)”로 3가지 키워드를 핵심요소로 제시하고 있다[12]. 이를 통해 IBM에서는 2020년의 AI의 전망을 예측하며 AI에 대한 “보다 많은 이해를 통해 더욱 많은 것을 할 수 있을 것”이라고 제시하였다[12].

국내에서도 국가전략의 새로운 방향을 제시하기 위하여 2020년부터 추진하기 위한 인공지능(AI) 국가전략을 2019년 12월에 발표하였으며, “IT 강국을 넘어 AI 강국으로!”라는 모토아래 정부의 모든 부처가 참여하여 새로운 경제성장의 추진동력을 마련하고자 하였다[10]. AI 국가전략 중에서 대표적인 분야로 교육을 통해 우리나라의 모든 국민에 대한 AI의 소양을 기를 수 있는 시스템을 구성하여 나이와 직업에 관계없이 기초 역량을 향상시킬 수 있는 방향을 제시하였다[10]. 이를 위해, 2022년까지 초중등학교에서 소프트웨어교육과 인공지능에 대한 역량(SWAI 역량)을 기를 수 있는 시수를 확보하기 위한 노력과 함께, 학생들을 가르치는 교사들의 교수학습역량을 개발하기 위하여 교대 및 사범대의 교육과정 개편을 토대로 2020년부터 교원양성 과정에 반영할 수 있도록 추진되고 있다[10].

미래사회로의 변화를 준비하고 국가적인 성장동력의 토대를 마련하여 미래인재를 길러내기 위한 노력으로 교육과정 개정과 시수 확보 등을 통해 교육을 통한 국가경쟁력 확보의 노력을 기울이고 있다. 이를 위해 2015개정 교육과정으로 소프트웨어교육이 필수정규교육과정에 도입되어 문제해결력을 신장시키기 위한 Computational Thinking(컴퓨팅사고력) 기반의 교수학습방법 및 내용에 대한 연구가 추진되고 있다[15][17]. 반면, 교육과정에서 소프트웨어교육에 대한 평가방법 및 기준이 보완의 필요성이 지속적으로 제기되고 있으나 표준화된 평가도구 개발에 어려움이 있으며, 학습자의 사고력을 측정한다는 점에서 신뢰도와 타당도 검증에 많은 시간이 요구되고 있는 실정이다[15][16]. 컴퓨팅사고력에 대한 최근의 개념적 정의가 2006년에 이루어졌다는 점을 생각한다

면 평가도구에 대한 지속적인 연구가 필요한 시기라고 할 수 있다[23][24].

인공지능(AI)교육이 컴퓨터교육의 범주에서 소프트웨어교육과 밀접한 관련성과 위계를 고려하여 추진되어야 한다는 관점을 토대로 인공지능교육을 위한 평가방법에 대해서도 깊이 있는 연구와 지속적인 논의가 필요하다고 할 수 있다[7][15][19][11]. 이는 인공지능교육이 컴퓨팅사고력을 기반으로 접근해야 하며 추상화과정을 핵심 사고과정으로 평가방법에 대한 기준이 함께 제시되어야 함을 의미한다고 할 수 있다[15][18][26]. 그러나 학습자의 내재적인 인지사고과정이라는 점에서 구체적인 표준화된 평가도구 개발보다는 평가를 위한 방향과 기준제시를 통한 루브릭기반의 프레임워크를 기반으로 학습환경과 내용에 따른 맥락기반의 구체적인 평가문항이 구성되어야 한다는 논의가 지속되고 있다[3][16][23].

따라서 본 연구에서는 인공지능교육을 위한 평가 방법을 제안하기 위하여 학습자의 인지적역량에 대한 평가 프레임워크를 설계할 수 있도록 하였다. 특히, 컴퓨팅사고력 기반의 인공지능교육에 대하여 평가도구를 개발하기 위한 루브릭을 구성하는 것에 목표를 두었으며, 실제적인 평가 문항의 개발을 지양하고 거시적 프레임워크를 구성하여 학습환경과 관련 활동을 근간으로 해당 역량을 평가할 수 있는 방향성을 제시하는데 목표를 두고 있다. 이는 평가도구 개발은 교수학습내용을 근간으로 개별화 및 다양화되어야 한다는 Hsieh와 Shannon(2005)의 의견과 일치한다고 할 수 있다. 특히, 인공지능교육은 추상화과정을 근간으로 알고리즘의 자동화과정을 실제구현하여 문제해결의 모델을 구성한다는 점에서 추상화사고를 토대로 학습자의 문제해결을 위한 알고리즘 구성과정과 결과를 평가할 수 있는 내용으로 구성하고자 하였으며, Wang et. al.(2012)와 Brennan과 Resnick (2012)가 제시한 학습과정의 다면적 평가가 필요하다는 관점을 기반으로 한다.

2. 선행연구 분석

2.1 CT기반 AI교육의 필요성

컴퓨터교육은 기존의 기능중심의 ICT활용역량을 기르는 교수학습과정에 대하여 도구적관점에서의 접근이

라는 한계점을 갖는다는 비판이 나타나기 시작하였다. 이에 따라, 문제해결력을 신장시키기 위한 사고력 중심의 교수학습방법과 모형에 대한 연구가 시작되었으며, Computational Thinking(CT, 컴퓨팅사고력)에 대한 최신의 개념적 정의가 2006년 Wing에 의해 이루어지면서 컴퓨터교육의 기저 사고과정이 확립되었다고 할 수 있다[24][25]. 인공지능교육에 대한 접근에 대해서도 모든 국민이 AI소양을 기르고 관련역량을 기르기 위해서는 기술에 대한 기능적 전문성을 키우는 방향 외에도 리터러시관점의 기초소양으로서 AI교육을 위해 기술과 알고리즘을 이해하고 이를 기반으로 문제해결을 위한 역량을 기르는 방향이 강조되고 있다[10][15].

AI교육을 위한 교육과정 편성과 교수학습방법 및 내용의 범위에 대하여 다양한 논의가 진행중이지만, 기본적으로 컴퓨터를 활용할 수 있는 소양을 토대로 소프트웨어교육에서 제시하는 문제해결능력으로서의 컴퓨팅사고력을 통한 교육과정편성이 요구되고 있다. 신승기(2019)는 인공지능교육에 대한 연구를 통해 AI교육에서 나타나는 학습자의 인지적인 특성과 절차가 컴퓨팅사고력과 일치한다는 점을 제시하였고 추상적사고를 기반으로 내용이 구성되어야 한다는 점을 분석하였다[15].

Tabesh (2017)는 K-12단계의 학생들의 핵심역량으로서 컴퓨팅사고력을 길러야 함을 제시하였으며, 로봇과 사물인터넷 등을 구현하는 활동에서 인공지능의 개념과 알고리즘을 이해하는 과정을 토대로 컴퓨팅사고력을 기를 있다고 제시하였다[19].

Silapacote와 Srisuphab (2017)은 AI교육을 위한 사고과정은 추상화과정을 통해 알고리즘을 구현하고 모델링을 통해 문제해결과정에 적용한다는 점에서 컴퓨팅사고력의 주요 단계인 추상화와 자동화 단계를 위한 알고리즘 모델링의 단계와 동일한 과정으로 수행된다고 제시하였으며, 따라서 컴퓨팅사고력을 활용한 AI교육의 필요성을 강조하였다[18].

Zeng(2013)은 AI교육을 위해서는 인공지능사고력(AI Thinking)이 필요하다고 하였으며, 기존의 컴퓨터교육에서 바탕이 되는 컴퓨팅사고력의 추상적사고가 강조된 알고리즘 모델링 기반의 문제해결과정이라고 제시하였다[26].

Oldridge(2017)은 최근의 인공지능 분야에서 활용되는 비지도학습 및 강화학습에서 데이터기반의 컴퓨터의 모델링 능력은 인간의 문제해결과정을 통해 강화될 수 있으

며, 이것이 컴퓨팅사고력이라는 점을 강조함으로써 비정형적인 인지적 문제해결의 핵심요소라고 제시하였다[11].

Luckin et. al. (2016)는 21세기 핵심 역량으로서의 AI교육에 대한 방향성과 목표를 제시하며, AI교육을 통해 컴퓨팅사고력을 통한 문제해결과정에 대한 정확(Precise)하고 명확(Explicit)한 결과를 적용할 수 있는 기회를 적용한다는 점에서 교육적인 의미를 갖는다고 제시하였다[7].

AI기술에 대한 연구와 개발은 컴퓨터의 역사와 흐름을 같이 한다고 할 수 있다. 특히 개념적 정의를 위해 인공지능(Artificial Intelligence)의 용어가 시작된 것은 1956년이라고 할 수 있으나 데이터저장과 통신망의 발달에 따라 2010년대에 이르러 급속한 발전을 거듭해왔다고 할 수 있다[14]. 또한 미래사회를 대비하기 위한 소양교육으로서의 AI교육에 대한 접근역시 2010년대 후반부터 시작되었다는 점에서 AI교육의 필요성에 대한 인식과는 별개로 이를 위한 K-12단계에서의 교수학습방법 및 내용의 설계에 대한 연구는 시작단계에 있다고 할 수 있다[15]. 그러나 AI교육을 위한 선행연구를 분석하였을 때 공통적인 부분은 컴퓨팅사고력을 기반으로 추상화를 핵심개념으로 추진되어야 한다는 점을 살펴볼 수 있었다. 따라서 AI교육을 위한 교수학습의 방법과 내용 및 평가에 대한 연구는 컴퓨터교육의 기저 사고과정 및 문제해결방법이라고 할 수 있는 컴퓨팅사고력을 기반으로 시작되어야 하며, 컴퓨터교육이라는 전체적인 맥락에서 접근이 이루어져야 한다고 할 수 있다.

2.2 AI교육을 위한 교수학습방법 및 절차

AI교육을 위한 교수학습방법에 대한 본격적인 연구는 알파고로부터 시작된 인공지능 기술에 대한 대중적인 소개가 이루어진 2016년부터라고 할 수 있으며, 2020년부터 국가주도의 본격적으로 추진되는 AI중심사회로의 변화를 위하여 최근들어 교육분야에서 집중적인 연구가 시작되고 있다.

신승기(2019)는 Computational Thinking 기반의 AI교육을 위한 프레임워크를 설계하여 교수학습을 위한 모형을 제시하였으며 인지적 학습환경의 구성 요소와 절차적 과정을 통해 AI교육을 위한 교수학습내용설계에서 고려되어야할 인지적요소를 제시하였다. 특히 추상적사고가 중심이 되어 알고리즘 설계 및 모델링 과정을

통해 자동화과정으로 일반화 및 예측의 단계에 이르는 과정은 컴퓨팅사고력의 문제해결단계를 근간으로 제시되었다는 점에서 K-12단계에서 AI교육의 방향을 제언한다는 점에서 의미가 있다고 할 수 있다[15].

류미영과 한선관(2019)은 인공지능교육 프로그램을 개발하기 위하여 CNN알고리즘을 통해 딥러닝에 대한 개념에 대한 교수학습 모델을 개발하였으며, 이에 대한 과정에서 컴퓨팅사고력의 모형을 근간으로 개념화의 단계를 통해 알고리즘 개발화 자동화의 단계를 통한 일반화의 과정으로 제시하였다는 점에서 인공지능교육의 전체적인 방향을 컴퓨팅사고력을 중심으로 제시하였다고 할 수 있다[13].

미국의 경우 AI교육연구를 위해 컴퓨터과학교육의 범주 내에서 관련학과와 대학이 함께 참여하는 비영리 기관인 AI4K12를 2018년도에 설립하여 연구가 진행되고 있다[15][20][21]. 특히, 미국의 컴퓨터과학교사협회인 CSTA(Computer Science Teachers Association)와 미국의 AI관련 대표적인 학회인 AAI(American Association Intelligence)로서 전미인공지능학회가 카네기멜론대학교와의 협력을 통해 관련 연구에 참여하고 있으며, CSTA에서 제시한 5가지 주요 개념(인지, 표현과 추론, 학습, 상호작용, 사회적영향)을 수립하고 교수학습방법에 대한 연구가 진행중이다[20][21].

2.3 교수학습평가의 모형과 실제

교육에 대한 연구와 교육현장의 개선을 위해서는 일반적으로 타일러(Tyler)의 교육과정 개발모형에 따라 ‘목표-내용-방법-평가’에 이르는 일련의 단계를 토대로 지속적인 환류를 통해 교육과정의 개선이 필요하다[22]. 교육현장에서는 타일러의 교육과정 개발모형을 구체화한 교육목표분류를 위하여 블룸(Bloom)의 텍사노미(Taxonomy)인 ‘지식-이해-응용-분석-종합-평가’에 이르는 위계를 고려한 교육과정의 설계 및 교수학습방법에 대한 연구도 함께 이루어지고 있다[1][2]. 초중등교육에서의 AI교육을 통한 기초소양교육과 미래역량강화에 대한 연구는 2010년 중반부터 본격적으로 시작되어 교수학습방법과 내용에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, AI교육의 본격적인 도입과 적용을 위해서는 평가방법에 대한 연구가 필요한 시점이라고 할 수 있다.

평가방법에 대한 연구는 크게 두가지로 분류하여 제시할 수 있다[9]. 평가하고자 하는 영역에 대한 구체적인 평가도구를 개발하여 양적평가기반의 표준화 평가도구를 활용하는 것으로서, IQ검사 등이 이에 해당한다고 할 수 있다[9]. 반면, 평가하고자 하는 대상이 사고력과 같이 외부적으로 표현이 어렵거나 내재적인 변화가 나타나는 학습과정에 대한 평가의 경우 평가 루브릭을 기반으로 프레임워크를 제시하여 학습내용과 맥락에 따라 평가도구가 필요할때마다 세부평가기준과 내용을 구성하는 방법이 있으며, 과정중심평가 등 서술평검사 등이 이에 해당한다고 할 수 있다[9].

교육과정설계를 위하여 일련의 교수학습과 이에 따른 평가모형은 Kirkpatrick (1959)의 모형을 토대로 평가내용을 구성하는 것이 널리 알려져있다. 4개의 수준으로 구성된 Kirkpatrick의 평가모형은 ‘반응 평가(Reaction Evaluation), 학습평가(Learning Evaluation), 행동평가(Behavior Evaluation), 결과평가(Results Evaluation)’를 통하여 각각의 영역에 대한 설문을 개발하고 학습자의 평가결과에 따라 교육과정과 내용에 대한 변화정도를 살펴보는 방법으로 구성되어 있으며 간단하고 쉽게 활용할 수 있다는 점에서 가장 널리 활용되고 있다[5].

2.4 CT기반 AI교육에 대한 교수학습평가

AI교육에 대한 교수학습방법의 연구결과에 따르면 컴퓨팅사고력을 기반으로 추상화과정을 통한 알고리즘 개발과 자동화과정을 통한 검증 및 적용이 이루어진다는 점에서 내재적인 사고과정에 대한 평가가 필요하다는 것을 살펴볼 수 있다[15]. 따라서 컴퓨팅사고력에 대한 평가도구 개발 연구결과에 따르면 인지적인 사고과정을 측정할 수 있는 양적인 평가도구 개발은 제한적이며, 표준화된 도구를 개발할 수 있는 영역이 아니라는 것을 밝히고 있다[3][8][23].

Brennan과 Resnick (2012)는 컴퓨팅사고력을 측정은 표준화된 양적평가도구로 한번의 평가로 살펴볼 수 있는 영역이 아니며, 여러번의 관찰과 결과물에 대한 다양한 관점으로 변화의 정도를 분석해야 한다고 하였다.[3]. 이러한 평가의 관점은 학습자의 문제해결과정과 연구자의 주관이 반영되며 다양한 관점으로 접근한다는 점에서 질적평가의 사례연구(Case Study) 기법과 유사하다고 할 수 있다. 또

한 학습자의 사고과정에 대한 변화를 살펴보기 위한 3가지 관점으로서 인지적 관점(Computational Concepts), 정의적 관점(Computational Perspectives), 실천적 관점(Computational Practice)로 제시하였다[3].

Wang et. al. (2012)는 컴퓨터교육에서 학생들의 학습 결과를 측정하고 평가하기 위하여 기존의 전통적인 평가 방법이라고 할 수 있는 일회성 혹은 단편적인 평가문항을 통해 양적평가를 통해 문제해결력을 측정하기에 제한된다는 점을 언급하며, 학습과정을 다면적으로 평가하고 유연한 방법을 적용해야 한다는 점을 강조하였다[23].

Lye와 Koh (2014)는 컴퓨터과학교육에서의 성취도를 평가하기 위하여 학습과정과 산출물에 대한 관찰을 토대로 질적평가가 필요하며, 사전에 결정된 카테고리들 기반으로 성취결과를 측정함으로써 평가방법의 주관적인 특성을 극복할 수 있는 방법을 제시할 수 있다고 제시하였다[8]. 이를 위한 평가방법으로, Polya(1957)의 4단계 문제해결과정인 “문제이해 → 계획수립 → 계획실행 → 계획반성”을 기반으로 컴퓨팅사고력에 따른 학습과정과 결과의 관찰을 통해 평가가 진행되었다[8].

Hsieh와 Shannon (2005)는 사고력에 대한 변화를 살펴보기 위한 평가는 질적평가가 적용되어야 하며, 표준화된 평가도구를 개발하거나 활용되기 어려우며 교수학습 과정에 제시된 맥락(Context)을 기반으로 평가내용과 방향이 구성되어야 함을 제시하였다[4].

3. 연구 목적 및 연구 방법

본 연구는 AI교육에 대한 평가도구 개발의 프레임워크를 설계하는데 목적을 두고 있다. AI교육에 대한 다양한 관점과 방향이 제시되고 있는 가운데, Computational Thinking 기반의 AI교육에 대한 신승기(2019)의 교수학습모형과 설계에 대한 관점을 토대로 평가도구 개발을 위한 프레임워크를 설계하고자 하였다. AI교육은 추상화 과정을 핵심사고과정으로 알고리즘 개발과 모델링을 통한 인공지능기반 문제해결모형의 자동화과정으로 구성된다[15]. 특히, 컴퓨팅사고력을 근간으로 이루어지는 문제해결의 인지적역량을 기른다는 관점에서 학습자의 내재적 변화정도를 측정해야하기 때문에 교수학습에 대한 각각의 맥락을 기반으로 실제적인 평가문항이 개발되어

야 한다. 이는 표준화된 양적평가도구를 제시하는 것이 제한됨을 의미하므로 질적평가를 위한 프레임워크를 설계하는 과정을 통해 학습자의 다면적인 평가를 통한 학습과정과 결과에 대한 관찰과 측정의 관점으로 연구를 설계하였다.

Computational Thinking 기반의 AI교육에 대한 평가도구 개발의 프레임워크 설계를 위하여 Bloom(1956)의 학습영역에 대한 분류기준(Three Domains of Learning)에 따라 교육목표를 인지적 영역(Cognitive Domain), 정의적 영역(Affective Domain), 심동적 영역(Psychomotor Domain)으로 구분하여 Kirlpatrick(1959)의 평가모형을 기반으로 프레임워크를 설계하고자 하였다. 이는 Brennan과 Resnick (2012)이 제시한 인지, 정의, 실천적 관점과 일치하는 영역이며, Kirlpatrick(1994)의 평가영역인 지식, 기술, 태도에 대한 관점과 같다고 할 수 있다.

4. CT기반 AI교육의 인지적역량 평가요소 도출

4.1 AI교육의 인지적 평가 요소 도출

AI교육을 위한 CT기반의 인지적학습환경구성을 위한 영역으로서 Agency, Abstracting, Modeling을 기반으로 AI교육을 위한 교수학습모형과 각각의 세부요소와의 관련성을 <Table 1>과 같이 살펴볼 수 있다[15]. Zeng(2013)이 제시한 AI교육에 대한 학습전략과 Gadanidis(2017)의 Computational Thinking 기반 문제해결과정에 대한 핵심요소를 기반으로 각각의 영역에 따른 세부요소가 구성되었다.

각각의 영역에서는 문제 인식과 문제해결을 위한 다양한 데이터를 수집하고 평가하는 단계인 인지적 학습보조(Agency)를 토대로 문제해결의 아이디어를 구상하기 위한 추상화(Abstracting)과정과 알고리즘 구현(Modeling)을 통한 실제적인 문제해결의 과정을 통하여 AI교육을 위한 인지적 학습환경이 구성된다고 할 수 있다. 또한, AI교육을 위한 각각의 영역과 세부요소들의 관련성을 토대로 신승기(2019)에서 제시한 AI교육을 위한 Computational Thinking 기반의 교수학습모형에 적용하여 일련의 단계를 구성하여 제시되었으며, AI교육을 위한 인지적 평가요소로서 도출되었다.

인지적 학습보조(Agency)단계의 평가요소는 자료수집

<Table 1> Cognitive Evaluation Factors for Computational Thinking Based AI Education

Instructional Model	Domain	Factors	Description	
Data Collection/ Detection	Agency	Data Collection	Collect various data for problem-solving	
		Cognitive Process	Reasoning	Conduct the reasoning to check the reliability of the data
			Recursion	Conduct the recursion to check the relevance of the collected data for the purpose of problem-solving
			Repetition	Repeat data collection and analysis to ensure the validity of the algorithm
Abstraction	Abstracting	Abstraction	Discover and categorize patterns of data	
Algorithm and Model	Modeling	Algorithm Modeling	Algorithm modeling for problem recognition and solving through categorized data	
Automation & Evaluation		Trials and Errors	Validate algorithms by applying them to a variety of similar problems	
Prediction		Data Visualization	Apply the algorithm to solve the new problem and predict the result for refining the data	

(Data Collection)과 인지적 처리(Cognitive Process)의 단계로 구성되어 문제해결을 위한 다양한 데이터를 수집하고, 데이터의 신뢰도를 확인하고 문제해결을 위한 목적과의 관련성을 확인하는 과정을 반복적으로 수행함으로써 알고리즘의 타당도를 확보할 수 있는 인지적 과정이 수행되도록 구성되었다. 특히, 인지적 처리(Cognitive Process) 단계는 3Rs로 편성되어 인지적 추론(Reasoning), 재귀적 추론(Resucsion), 반복적 추론(Repetition)이 순차 및 반복적으로 진행될 수 있는 요소로 제시되었다.

추상화(Abstracting)단계에서는 수집된 데이터의 패턴을 발견하고 카테고리화하여 공통적인 특징을 갖는 데이터를 그룹으로 정의하는 과정으로 구성되었다. 특히, 컴퓨팅사고력의 핵심과정으로서 데이터의 속성을 분해하여 각각의 데이터가 같은 세부적인 개념을 확산하여 구성한다는 점에서 Guilford(1950)의 확산적사고와 수렴적사고가 통합된 형태의 인지처리과정이 수행된다고 할 수 있다.

알고리즘 구현(Modeling)단계의 평가요소는 알고리즘 모델링(Algorithm Modeling), 알고리즘의 검증(Trials and Errors), 알고리즘의 적용을 통한 데이터 구체화(Data Visualization)의 단계로 알고리즘을 정제하고 일반화할 수 있도록 제시되었다.

4.2 평가 프레임워크의 필수 요소 도출

CT기반 AI교육의 평가요목을 구성하기 위하여 본 연구에서는 Kirkpatrick(1959)의 네가지 영역인 반응, 학습,

행동, 결과를 토대로 세부요소를 살펴보고 이를 기반으로 인지적 평가도구 개발을 위한 프레임워크를 설계하고자 하였다. 본 연구에서는 기존의 Kirkpatrick(1959)의 모형을 개선한 The New Kirkpatrick Model(2015)의 영역과 세부요소에 대한 분석을 통해 본 연구에서 개발하고자 하는 인지적영역의 평가를 위한 프레임워크 설계를 위하여 아래의 <Table 2>와 같이 Kirkpatrick 평가모형을 정리하였다. Kirkpatrick(1959)는 평가단계에 따른 위계와 순서를 갖는다고 제시하였으며, 학습자의 반응과 학습에 대한 평가인 1단계와 2단계 평가는 학습자의 내재적 반응에 대한 평가이며, 학습자의 행동적인 변화와 전체 프로그램에 대한 평가인 3단계와 4단계는 외재적 반응에 대한 평가라고 설명하였다.

첫 번째 단계인 반응평가(Reaction)에서는 학습자의 참여정도를 평가하고 학습한 내용을 토대로 다른 영역에 적용하고자 하는 의지와 프로그램의 내용과 운영에 대한 만족도를 평가하는 단계로 구성되어 있다. 두 번째 단계인 학습평가(Learning)에서는 학습자들이 실제로 학습에 참여한 내용에 따른 변화를 살펴보는 단계로서 지식, 기능, 태도와 더불어 만족도와 학습내용을 일반화하기위한 학습자의 노력에 대한 평가로 구성되어 있다. 세 번째 단계인 행동평가(Behavior)단계에서는 학습자의 문제해결과정에 참여하는 능동적 변화에 대한 평가와 더불어 학습내용을 토대로 지속적인 관심과 참여에 대한 의지 및 책임감과 동기에 대한 내용으로 지속적인 학습성과 유지에 대한 요소로 구성되어 있다. 네

<Table 2> Domain and factors of The New Kirkpatrick Model (Kirkpatrick, 2015)

Level	Domain	Factors	Description
Level 1	Reaction	Engagement	Evaluate students' response to participation in learning activity.
		Relevance	Assess the opportunities and abilities of students to apply what they have learned in other areas.
		Satisfaction	Evaluate students' satisfaction with class contents.
Level 2	Learning	Knowledge	Measure the degree of change in students' knowledge of the content.
		Skills	Evaluate students' degree of change in the competencies required in the content.
		Attitude	Assess change in learner's attitudes through learning.
		Confidence	Identify changes in learners' confidence in teaching and learning through learning.
		Commitment	Observe changes in how students attempt to participate in learning about relevant instructional content.
Level 3	Behavior	Critical Behaviors	Measure behavioral change in learner's problem-solving according to learning.
		Required Drivers	Evaluate changes in Reinforce, Monitor, Encourage, and Reward according to students' ability to solve problems.
		On-the-job learning	Evaluate learners' performance to measure changes in accountability and motivation for optimal problem-solving.
Level 4	Results	Leading indicators	Find out if the instructional goals have been achieved through the learner's learning process.
		Desired outcomes	Checking the achievement of the results required in the proposed instructional context.

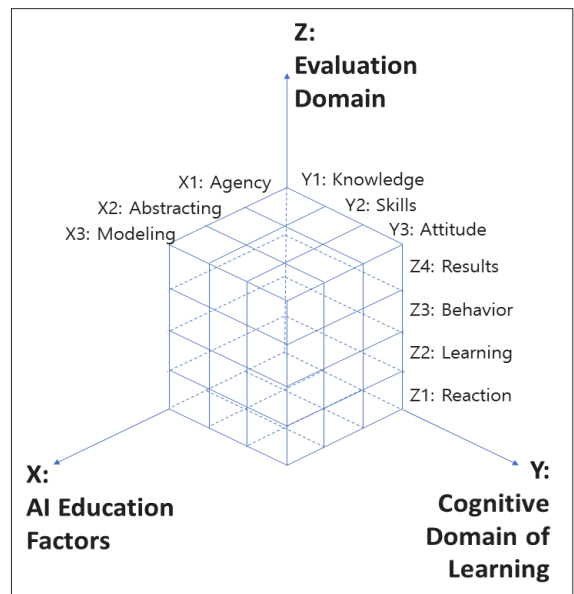
번째 단계는 결과평가(Results)로서 학습내용을 제시하는 기관에서 요구하는 학습목표에 대한 달성여부와 교수학습과정에서 제시하는 목표에 다른 결과의 성취여부를 확인하는 내용으로 구성되어 있다.

결과를 기준으로 평가의 위계를 제시하였으며, CT기반 AI교육을 위한 인지적평가의 3축 기반 평가도구 개발의 기준을 구성하여 <Fig. 1>과 같이 설계하여 평가 프레임워크를 구성하였다.

5. CT기반 AI교육 평가 프레임워크 설계

본 연구를 통해 제시하고자하는 결과는 AI교육을 통한 학습자의 인지적역량에 대한 평가 프레임워크를 설계하는 것이다. 평가는 교수학습목표로부터 시작된 교육내용 및 방법과 밀접한 관련성이 있다는 Tyler(1949)과 Bloom(1956)의 교수학습설계에 대한 일련의 단계를 근간으로 하여, 신승기(2019)의 연구에 제시된 Computational Thinking 기반의 AI교육을 위해 설계된 교수학습모형을 토대로 평가의 세부요소를 구성하고자 하였다.

학습자의 인지적역량을 평가하기 위한 요소로서 Bloom(1956)의 학습영역에 대한 분류기준을 토대로 Kirkpatrick(2015)의 인지적학습에 대한 평가요소인 지식, 기능, 태도로서 AI교육에 대한 역량평가의 기준으로 구성하였다. 평가의 단계와 영역을 구성하기 위하여 Kirkpatrick(1959)의 연구에서 제시된 반응, 학습, 행동,



(Fig. 1) Framework of Evaluation for AI Education on Cognitive Skills through Computational Thinking

5.1 X축: AI교육의 핵심 요소

AI교육을 위한 핵심 영역 3가지는 컴퓨팅사고력을 근간으로 인지적학습보조(Agency), 추상화(Abstracting), 알고리즘구현(Modeling)으로 구성되어 있으며 순차적인 위계를 갖도록 핵심요소가 구성되었다. 이는 컴퓨팅사고력기반 AI교육을 위한 교수학습모형에 제시된 일련의 단계를 포함하며 수집된 데이터에 대하여 패턴인식 및 데이터 분해를 통한 카테고리화 단계를 포함하는 추상화 과정을 기반으로 알고리즘을 설계하고 적용하여 구체화하는 과정을 수행하는 인지적 사고의 순차적 과정을 토대로 제시되었다고 할 수 있다.

5.2 Y축: 학습의 인지적역량 요소

학습자의 인지적역량을 평가하기 위한 세부요소로서 Bloom(1956)의 연구에서 제시된 기준인 인지, 정의, 심동적 영역을 기반으로 연구가 진행되었다. 컴퓨팅사고력 기반의 평가도구 개발의 연구를 수행한 Brennan & Resnick(2012)의 연구에도 인지, 정의, 실천적 관점으로 인지적 영역의 평가요소를 제시하였다는 점이 고려되었으며, 21세기 핵심역량으로 컴퓨팅사고력의 함양이 요구된다는 점에서 본 연구에서는 Kirkpatrick(2015)이 제

시한 역량기반의 평가요소인 지식, 역량, 태도를 인지적역량평가의 구성요소로 활용하였다.

5.3 Z축: 학습자 평가 영역

평가도구 개발은 일반적으로 Kirkpatrick(1959)가 제시한 4단계 평가모형을 기반으로 수행된다. 위계가 고려된 순차적인 과정으로 구성되어 있으며 학습자의 반응, 학습, 행동, 결과에 대한 내용으로 단계가 제시되어 있으며, 최근에는 평가단계의 세부내용을 보완하고 구체화하여 개선되어 2015년에 발표된 모형인 The New Kirkpatrick Model이 널리 활용되고 있다. 본 연구에서는 Kirkpatrick(1959)의 4단계 평가요소를 기반으로 AI학습의 요소와 인지적역량을 교차하여 평가할 수 있도록 설계하였다.

6. CT기반 AI교육 평가의 실제

Computational Thinking 기반의 AI교육에 대한 평가도구 개발을 위한 프레임워크를 <Fig. 1>과 같이 설계하였다. 컴퓨팅사고력에 대한 교수학습내용과 방법에 대한 설계에 대한 연구가 본격적으로 시작된 2006년부터 평가방법과 표준화된 평가도구 개발을 위한 연구가 지속

<Table 3> Cognitive Evaluation Rubrics for Computational Thinking Based AI Education

Level	Evaluation Domain	AI Education Factors	Knowledge	Skills	Attitude
Level 1	Reaction	Agency	Recognize the data detection	Demonstrate data collection	Value data detection and collection
		Abstracting	Utilize the problem decomposition	Apply principles of decomposition	Assess the problem decomposition
		Modeling	Differentiate algorithm modeling	Algorithm modeling for problem solving	Encourage modeling the algorithm
Level 2	Learning	Agency	Identify the data through reasoning	Organize data accurately through reasoning	Value the data reasoning
		Abstracting	Explain the way to simplify the problem	Distinguish the core problem	Assess to find the core problem
		Modeling	Compare algorithm	Conduct the Algorithm modeling	Encourage algorithm modeling
Level 3	Behavior	Agency	Classify the data through recursion	Compare the data through recursion	Value the data through recursion
		Abstracting	Interpret the pattern recognition	Apply pattern recognition	Assess the pattern recognition
		Modeling	Justify distinguished algorithm	Adhere the algorithm to solve the problem	Encourage automation of algorithm
Level 4	Results	Agency	Distinguish the data through repetition	Organize the data through repetition	Value the data through repetition
		Abstracting	Categorize common data	Distinguish the data for categorization	Assess the categorized data
		Modeling	Utilize algorithm for data visualization	Analyze the algorithm through data visualization	Encourage to predict the result through data visualization

적으로 실시되었으나, 인간의 내재적인 사고과정을 평가해야 한다는 점에서 학습자의 문제해결과정과 반응에 대한 관찰과 설문을 통한 질적평가가 요구된다는 결과가 지속적으로 나타나고 있다. 또한, 양적평가를 위한 평가도구 개발에도 교수학습과정과 맥락을 고려한 개별화 평가도구가 필요하다는 관점을 토대로 본 연구에서는 평가도구개발을 위한 프레임워크를 설계하여 아래의 <Table 3>과 같이 평가도구개발을 위한 루브릭을 구성하였다.

평가영역은 크게 4개의 영역과 3가지의 인지적평가요소로 구성된다. Kirkpatrick(1959)의 4가지 평가 단계인 반응평가(Reaction), 학습평가(Learning), 행동평가(Behavior), 결과평가(Results)의 위계를 가진 순차적인 평가단계로 구성되며 각각의 영역에서는 AI교육의 핵심요소인 인지적 학습보조(Agency), 추상화(Abstracting), 알고리즘 구현(Modeling)의 3가지 요소에 대하여 인지적 평가요소(지식, 역량, 태도)가 적용된다. 이는 Kirkpatrick(2015)에서 제시된 학습평가영역의 요소로 구성되었으며, 인지적평가에 대한 세부요소를 역량기반으로 제시하였다는 점에서 전체의 평가영역에 대한 기준과 루브릭을 제시할 수 있도록 설계되었다. 교수학습내용에 따른 평가도구 개발의 과정에서는 <Fig. 1>에 제시된 X, Y, Z축에 대해서는 우선순위가 있지는 않지만 각각의 축에서는 순차적인 위계가 고려되어 있다는 점에서 <Table 3>의 루브릭이 고려되어야 한다.

7. 결론 및 제언

2020년은 인공지능관련 분야에 대한 국가적인 지원이 집중이 시작되는 원년이라고 할 수 있다. 2019년 12월 발표된 AI국가전략을 토대로 국가경쟁력을 확보하고 새로운 성장동력을 마련하기 위한 큰 흐름이 시작된 시기라고 할 수 있으며, 범정부차원의 미래사회를 대비하기 위한 핵심과제로서 추진되고 있다. AI국가전략(2019)에 따르면 2030년까지 추진하기 위한 비전을 선포하고 3대 영역으로 구분하여 실행과제를 마련하였으며, 1개 영역은 AI를 가장 잘 활용하는 나라를 만들기 위한 전국민에 대한 AI교육체계를 구축하고 세계최고의 AI 관련 인재를 양성하기 위한 내용으로 구성되어 있다. 이를 위해 2022년까지 초·중·등학교에서 소프트웨어교육을 비롯하여

인공지능교육을 통해 미래사회 역량을 기를 수 있도록 하였으며, 이를 가르칠 수 있는 교사를 양성하고 역량을 기르기 위해 2020년 하반기부터 교원양성과정에 관련 내용이 포함될 계획으로 추진되고 있다[10].

이와 같이 인공지능에 대한 집중적인 투자와 국가전략으로서의 추진과 함께 학계에서는 인공지능을 교육현장에서 활용하기 위한 교수학습방법과 내용에 대한 연구가 점진적으로 확대되고 있으며, 의미있는 연구들이 제시되고 있다. 또한 인공지능 교육의 다양한 접근방법에 대한 논의가 지속적으로 이루어지고 있으나, 컴퓨터교육의 범주에서 문제해결력을 기르기 위한 방향으로 추진되어야 한다는 관련 연구결과들이 제시되고 있다[11][18][19][26]. 이는 기존의 소프트웨어교육을 통해 가르쳐야 하는 문제해결력으로서의 컴퓨터사고력을 토대로 인공지능교육에 대한 방향이 구성되어야 한다는 관점과 일치하며 인공지능교육의 내용학적인 고유의 특징과 알고리즘 모델링을 비롯한 추상화과정을 중심으로 교수학습모형과 내용 및 방법에 대하여 학교교육과정에서의 추진방향에 대한 연구가 추진되고 있다. 그러나, 인간의 내재적인 사고의 변화라는 점에서 표준화된 양적평가를 통해 학습자의 학습결과와 변화의 정도를 측정하는데 어려움이 있다는 논의도 함께 제시되고 있다.

본 연구에서는 Computational Thinking 기반의 인공지능(AI)교육에 대한 교수학습설계의 과정에서 평가를 위한 프레임워크를 구성하고자 하였으며, 기존의 일반적인 평가방법으로 활용된 표준화된 양적평가도구 개발의 형태를 지양하고 학습자의 내재적 사고의 변화를 살펴보기 위한 평가도구 개발의 기준과 프레임워크를 구성하여 제시하고자 하였다. 이는 Computational Thinking에 대한 이전의 연구에서 학습과정에 대한 관찰과 학습결과에 대한 학습자의 내재적 변화를 살펴볼 수 있는 질적평가방법으로서의 평가가 추진되어야 한다는 의견과 일치한다[3][4][8][23]. 따라서 Computational Thinking 기반의 AI교육 교수학습모형을 토대로 핵심 요소에 대한 평가를 구성하기 위한 프레임워크를 제시하고자 하였으며, Kirkpatrick(1959)의 평가도구 개발모형을 활용하여 본 연구가 진행되었다.

본 연구를 통해 제시된 Computational Thinking 기반의 AI교육을 위한 평가프레임워크는 크게 세가지 축으로 구성되어 측정이 필요한 영역에 대한 세부적인 루

브릭을 활용하여 평가도구를 개발하는 기준으로 활용될 수 있도록 제시되었다. 특히, AI교육의 핵심요소인 데이터수집을 위한 인지적학습보조(Agency)의 단계, 수집된 데이터의 특징을 분해하여 데이터의 패턴을 인식하고 카테고리화 과정을 수행하는 추상화(Abstracting)의 단계, 추상화과정을 수행한 정제된 데이터를 토대로 알고리즘을 구성하는 모델링(Modeling)단계의 일련의 순차적 과정에 대한 학습자의 인식, 학습, 행동, 결과에 대한 인지적영역에 대한 평가가 구성되었다. 아울러 학습자의 문제해결의 과정과 결과에 대하여 지식, 역량, 태도의 영역에 대한 측정을 통해 AI교육에 대한 학습의 내재적인 인지영역의 변화와 결과에 대한 평가를 할 수 있도록 프레임워크가 제시되었다.

연구의 결과는 교수학습의 맥락에 따른 개별화된 평가도구 개발에 대한 프레임워크를 구성하였다는 점에서 의미가 있으며, 향후 AI교육의 다양한 영역에서 활용될 수 있는 기준으로서 활용될 수 있을 것이다. 아울러, AI교육의 평가도구 개발을 위한 이론적 근거와 방향성을 제시하였다는 점에서도 의미를 갖는다고 할 수 있다.

참고문헌

- [1] Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain*. New York: McKay, 20-24.
- [2] Bloom, B.S. (Ed.). Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.
- [3] Brennan, K., & Resnick, M. (2012, April). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*. In Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada.
- [4] Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative health research, 15*(9), 1277-1288.
- [5] Kirkpatrick, D., & Kirkpatrick, J. (2006). *Evaluating training programs: The four levels*. Berrett-Koehler Publishers.
- [6] Kirkpatrick, J. (2015). *An Introduction to the New World Kirkpatrick® Model. K. Partners* (Ed.). Newnan, GA, USA: Kirkpatrick Partners, LLC.
- [7] Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., and Forcier, L. B., *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education* (2016), <http://www.gettingsmart.com/wpcontent/uploads/2016/02/Pearson-Intelligence-Unleashed-v11-RW-WEB.pdf>
- [8] Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?. *Computers in Human Behavior, 41*, 51-61.
- [9] Mertens, D. M. (2014). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Sage publications.
- [10] Ministry of Science and ICT (2019). *Announcement of National AI Strategy*. Retrieved from <https://msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw311&artId=2405727>
- [11] Oldridge, M. (2017). Is it about coding? No. It's about computational thinking. Retrieved from <https://medium.com/@MatthewOldridge/is-it-about-coding-no-its-about-computational-thinking-fe0ba30add61>
- [12] Raghavan, S. (2019). 2020 AI Predictions from IBM Research. Retrieved from <https://www.ibm.com/blogs/research/2019/12/2020-ai-predictions/>
- [13] Ryu, M., and Han, S. (2019). AI Education Programs for Deep-Learning Concepts. *Journal of The Korean Association of Information Education Vol. 23*, No. 6, December 2019, pp. 583-590.
- [14] Shin, G. (2015). The Big Data World, Principles and Uses. KOCW. Retrieved from <http://www.kocw.net/home/cview.do?mty=p&kemId=1132874>
- [15] Shin, S. (2019). Designing the Instructional Framework and Cognitive Learning Environment for Artificial Intelligence Education through Computational Thinking. *Journal of The Korean*

Association of Information Education Vol. 23, No. 6, December 2019, pp. 639-653

- [16] Shin, S. and Bae, Y. (2015). A Study on the Hierarchical Instructional System Design of Software Education by School System. *Journal of The Korean Association of Information Education Vol. 19*, No. 4, pp. 533-544.
- [17] Shin, S., Bae, Y. (2018). The Concept of Computational Thinking through Analysis of Computer Education Framework in the United States and its Implications for the Curriculum of Software Education. *Journal of The Korean Association of Information Education. Vol 22*, No. 2. pp. 252-262.
- [18] Silapachote, P., & Srisuphab, A. (2017). Engineering Courses on Computational Thinking Through Solving Problems in Artificial Intelligence. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 7(3), 34-49.
- [19] Tabesh, Y. (2017). Computational thinking: A 21st century skill. *Olympiads in Informatics*, 11, 65-70.
- [20] Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). *Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI*.
- [21] Touretzky, D., Martin, F., Seehorn, D., Breazeal, C., & Posner, T. (2019, February). *Special Session: AI for K-12 Guidelines Initiative*. In Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 492-493). ACM.
- [22] Tyler, R. W. (1949). Tyler, Ralph W., *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: The University of Chicago Press, 1949.
- [23] Wang, Y., Li, H., Feng, Y., Jiang, Y., & Liu, Y. (2012). Assessment of programming language learning based on peer code review model: Implementation and experience report. *Computers & Education*, 59(2), 412-422.
- [24] Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- [25] Wing, J. (2011). Research notebook: Computational

thinking – What and why? The Link Magazine, Spring. Carnegie Mellon University, Pittsburgh. Retrieved from <http://link.cs.cmu.edu/article.php?a=600>

- [26] Zeng, D. (2013). From computational thinking to ai thinking. *IEEE Intelligent Systems*, (6), 2-4.

저자소개

신 승 기(Seungki Shin)



2017년 Career and Information Studies, University of Georgia, Ph.D.

2016년 ~ 2017년 미국 칼빈슨 정부 연구소 연구원

2019년 ~ 현재 애리조나주립대학교 컴퓨터교육전공 교수

관심분야: Computer Science Education, Computational Thinking

E-mail: innocreate@asu.edu