

# 딥러닝 기반 협력적 문제 해결력 예측 시스템 개발 연구: ICT 요인을 중심으로

이영호

서울영도초등학교

## 요 약

본 연구의 목적은 협력적 문제 해결력에 영향을 미치는 PISA(Programme for International Student Assessment) 2015의 ICT 요인을 바탕으로 학생들의 협력적 문제 해결력을 예측하는 시스템을 개발하는 데 있다. PISA 2015의 컴퓨터 기반 협력적 문제 해결력 평가에는 한국에서 5,581명이 참여하였다. 연구방법은 먼저 상관분석을 사용하여 유의미한 변수를 선정하였으며, 딥러닝을 사용하여 협력적 문제 해결력 예측 모델을 생성하였다. 모델 생성 결과 테스트 데이터 셋에 대해 약 95%의 정확도로 협력적 문제 해결력을 예측할 수 있었다. 이 모델을 바탕으로 협력적 문제 해결력 예측 시스템을 설계 및 구현하였으며, 해당 시스템을 사용하여 학습자의 ICT 관련 설문을 통해 협력적 문제 해결력을 예측할 수 있다. 본 연구는 교육에서 ICT 투입 및 사용에 대한 정책 결정에서 빅데이터와 인공지능을 적용할 수 있는 새로운 관점을 제공할 것으로 기대한다.

키워드 : 컴퓨터 기반 협력적 문제 해결력, ICT 요인, PISA 2015, 딥러닝, 상관분석

## A Study on Development of Collaborative Problem Solving Prediction System Based on Deep Learning: Focusing on ICT Factors

Youngho Lee

Seoul Youngdo Elementary School

## ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a system for predicting students' collaborative problem solving ability based on the ICT factors of PISA 2015 that affect collaborative problem solving ability. The PISA 2015 computer-based collaborative problem-solving capability evaluation included 5,581 students in Korea. As a research method, correlation analysis was used to select meaningful variables. And the collaborative problem solving ability prediction model was created by using the deep learning method. As a result of the model generation, we were able to predict collaborative problem solving ability with about 95% accuracy for the test data set. Based on this model, a collaborative problem solving ability prediction system was designed and implemented. This research is expected to provide a new perspective on applying big data and artificial intelligence in decision making for ICT input and use in education.

Keywords : Computer based collaborative problem solving ability, ICT factor, PISA 2015, Deep learning, Correlation analysis

논문투고 : 2018-02-06

논문심사 : 2018-02-06

심사완료 : 2018-02-09

## 1. 서론

OECD PISA는 만 15세 학생들을 대상으로 읽기, 수학, 과학에 대한 지식 및 역량을 평가하였으며, 수학이 주 영역인 주기에 학생의 문제 해결력에 대한 평가를 시행하였다[7]. 이에 따라 PISA 2003과 PISA 2012에서 문제 해결력 평가를 하였으며, 특히 PISA 2012에서는 컴퓨터 기반 문제 해결력 평가(Computer Based Assessment of Problem Solving)를 실시하였다[8]. 최근에는 학생의 문제 해결력에 대한 중요성이 커짐에 따라 모든 주기별로 문제 해결력을 평가하기로 결정하였다[10]. 실생활에서의 문제 해결이 개인보다 팀을 중심으로 수행되고, 학교에서도 프로젝트 기반학습, 탐구중심학습 등이 확대되면서 협력의 중요성이 강조되고 있다[11]. 이러한 흐름에 따라 PISA 2015에서는 PISA 2012와 마찬가지로 컴퓨터를 기반으로 한 협력적 문제 해결력(Collaborative Problem Solving) 평가를 실시하였다[9]. 이영호 등(2017)은 학습자들의 문제 해결력에 영향을 미치는 ICT 변인에 대한 분석을 하였으며, 그 결과 학생들이 컴퓨터와 인터넷에 접하는 시기가 빠를수록 문제 해결력이 높았으며, ICT의 사용 목적이나 태도 또한 문제 해결력에 유의한 영향을 미친다고 하였다. 또한, 남창우와 신수영(2014)은 한국 학생의 ICT 관련 변인이 문제 해결력에 미치는 영향을 살펴본 결과 ICT를 오락 목적으로 사용할수록 문제 해결력이 낮아지고, 학습목적으로 사용할수록 문제 해결력이 높아진다고 보고하였다. 그리고 김성숙과 한정아(2016)는 컴퓨터가 학습도구로서 유용하다는 인식이 문제 해결력에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다. 이처럼 PISA 문제 해결력 결과는 ICT 관련 요인이 문제 해결력에 직간접적으로 영향을 미치고 있다. 본 연구에서는 이 점에 초점을 맞추어 학습자들의 ICT 요인을 바탕으로 협력적 문제 해결력을 예측해봄으로써, 교육에 있어 ICT를 어떻게 투입하고 사용하여야 하는지를 미리 예상할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 한국콘텐츠진흥원(2017)에서는 Tractica, Venturescanner, 한국정보화진흥원, 미래창조과학부에서 분류한 인공지능 기술 분류를 바탕으로 인공지능의 주요 기술을 학습, 인식, 추론으로 구분하였다. 학습 기술은 계속된 과정에 의해 사실과 규칙을 습득하는 과정으로, 최근 딥러닝 기반 기술의 발달 및 기존 기술과의 결합 등을 통해 산업 전반에 적용 가능한 수준으로 발전하고 있다[1]. 딥러닝은 인간의 뇌를 단순화하여 구

현한 인공신경망에 기반을 둔 기법으로, 특정 입력값(특성 변수)에 대한 출력값(예측값)과 정답 레이블의 오차를 교정하는 과정으로 구현되며 그 결과 하나의 모델을 생성한다[14]. 본 연구에서는 협력적 문제 해결력 값의 예측 오차를 최소화하는 모델을 심층신경망 방식을 사용하여 생성한다. 그리고 이를 바탕으로 학습자의 설문 결과를 바탕으로 협력적 문제 해결력 값을 예측하는 시스템을 개발한다.

## 2. 이론적 배경

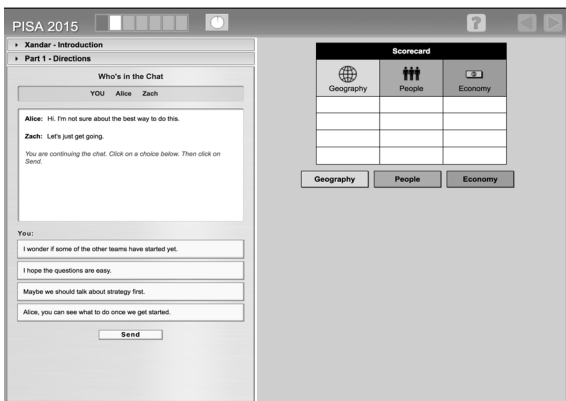
### 2.1 협력적 문제 해결력

협력은 구성원들이 의사소통을 통해 아이디어를 교환하여 공동의 목표를 향해 문제에 접근하는 것으로 기존의 분업화된 방식과는 차이가 있다[2]. 이러한 협력은 문제를 해결하기 위한 방법이며, PISA 2015에서는 협력적 문제 해결력을 둘 이상의 인물이 문제를 해결하기 위해 그들의 지식, 기술을 바탕으로 서로의 이해와 노력을 공유하는 과정에 효과적으로 참여하는 개인의 역량으로 정의한다[9]. 이 협력적 문제 해결력은 다음과 같이 세 가지의 능력으로 세분화된다[9]. 첫 번째 능력은 ‘공유된 이해를 수집하고 유지하기’이다. 이 능력은 팀원의 관점과 능력을 발견하기, 공유된 표현을 작성하고 문제의 의미를 협의하기, 수행할 작업/수행 중인 작업에 대해 팀원들과 의견 교환하기, 그리고 공유된 이해도를 점검하고 수정하기이다. 이러한 능력은 과제 수행과 관련된 자신의 강점과 약점뿐만 아니라 타인의 강점과 약점을 인식하여 문제를 해결하는 기술을 포함한다. 두 번째 능력은 ‘문제를 해결하기 위해 적절하게 행동하기’이다. 이 능력은 목표에 적합한 문제 해결을 위한 협력적 상호작용의 유형을 발견하기, 해결할 과제를 정의하기, 계획을 실행하기, 실행 결과 점검하기이다. 이 행동에는 복잡한 정보와 관점을 전달하고, 보다 창의적이거나 최적의 해결책을 달성하기 위한 설명, 협상, 토론 및 논쟁과 같은 의사소통 수단이 포함된다. 마지막으로 세 번째 능력은 ‘그룹을 조직하고 유지하기’이다. 이 능력은 문제 해결을 위한 역할 이해하기, 역할과 팀 조직하기, 참여 규칙 안내하기, 점검 및 피드백 제공과 팀 조직과 역할에 적용하기이다. 이 능력은 팀 조직에 대한 이해를 바

탕으로 자신의 역할 및 타인의 역할을 이해하여 문제를 해결해 나가는 능력을 의미한다. 또한 이 능력을 갖춘 학생은 조직원이 과제를 성공적으로 완료하고, 중요한 정보를 공유할 수 있도록 조치를 취할 수 있다.

### 2.2 PISA 협력적 문제 해결력 검사

국제학업성취도평가(PISA: Programme for International Student Assessment, 이하 PISA)는 3년 주기로 시행되는 국제 비교 연구로, OECD 회원국을 중심으로 만 15세 학생들의 지식과 역량을 평가한다[10]. PISA는 주기별로 읽기, 수학, 과학을 주 영역으로 평가하고 있다. 2003년과 2012년에는 개인적 문제 해결력에 대한 평가를 하였으며, 2015년에는 협력적 문제 해결력에 대한 평가를 실시하였다. 또한, 2012년부터 기존의 지필 검사에서 컴퓨터 기반 검사로 검사 방법을 변경하여 실시하고 있다. 학생들이 문제를 해결할 때 환경과 상호작용하는 과정과 환경에서 탐구할 수 있는 능력을 다양하게 측정하기 위해서이며, 컴퓨터 기반 검사를 통해 학생들의 다양한 기록들을 저장하고 분석할 수 있다[12]. PISA 2015에서 협력적 문제 해결력을 평가 문항은 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 먼저 팀원들과의 의사소통의 결과가 볼 수 있도록 대화 기반(chat-based) 방식이다. 구체적으로 (Fig. 1)과 같이 문제 상황에 대해 메신저나 이메일 등을 이용하여 2~3명의 가상 인물과 상호작용한다[17]. 그리고 학생들은 다수의 선택지 중 1개를 선택하여 대화를 진행하는 방식을 사용하며, 학생들이 선택한 대화가 이후의 상황에 영향을 미치는 구조이다.



(Fig. 1) Sample unit “Xander”

### 3. 연구 방법

#### 3.1. 연구 자료 및 변수

본 연구에서는 컴퓨터 기반으로 협력적 문제 해결력 평가를 시행한 PISA 2015 자료를 바탕으로 분석을 하였다. 구체적으로 우리나라의 만 15세 학생들이 시행한 협력적 문제 해결력 검사의 점수와 이 점수에 영향을 미치는 ICT 관련 변인들을 분석 자료로 사용하였다.

<Table 1> Number of students responding to the survey of Korea

	Male	Female	Total
Number	2,912	2,669	5,581

<Table 1>과 같이 한국에서는 총 5,581명을 대상으로 설문 및 협력적 문제 해결력을 측정하였다. 세부적으로 남학생이 2,912명(52.2%)이며 여학생은 2,669명(47.8%)이다.

<Table 2> Mean and standard deviation of collaborative problem-solving scores of Korea

	Mean	SD	OECD ranking
Value	537.996	75.074	2~5

연구에서 사용한 종속변수는 PISA 2015 컴퓨터 기반 협력적 문제 해결력 점수이고, 10세트의 유의 측정값(plausible value)을 모두 활용하여 분석을 수행하였다. 구체적인 값은 <Table 2>와 같다. 우리나라 학생의 협력적 문제 해결력 성취도 점수와 학생설문지의 응답결과에서 필요 변수들을 추출하였다. 선정한 변수는 <Table 3>과 같다[16].

<Table 3> Description of variable

Variable	Label
ESCS	Index of economic, social and cultural status
INTICT	Students' ICT interest
COMPICIT	Students' perceived ICT competence
AUTICT	Students' perceived autonomy related to ICT use
SOIAICT	Students' ICT as a topic in social interaction
ICTRES	ICT resources
HOMESCH	ICT use outside of school for schoolwork
ENTUSE	ICT use outside of school leisure
PVREAD	Plausible value in reading
PVMATH	Plausible value in mathematics
PVSCIE	Plausible value in science



## 4.2. 딥러닝 모델 생성

ICT 관련 변수를 바탕으로 학습자의 협력적 문제 해결력을 예측할 수 있는 딥러닝 모델을 생성한다. 딥러닝이란 계층이 깊은 인공 신경망을 사용한 알고리즘을 말한다[5]. 학계에서는 인공 신경망이 2~3개의 층으로 되어 있는 신경망을 Shallow Learning이라 하고 그 이상인 것을 Deep Learning이라 구분한다. 이러한 이유로 딥러닝을 심층 신경망(Deep Neural Network)이라고도 한다[14]. 본 연구에서는 입력층과 출력층, 그리고 세 개의 은닉층을 가진 다층 신경망 모델을 설계하였다. 입력층에는 상관관계 분석에서 유의미한 변수로 선정된 ICT 변인 관련 8개의 설명변수의 값이 입력되며, 출력층은 협력적 문제 해결력 예측값이다. 이와 같은 방식은 참, 거짓 또는 여러 개의 값 중 하나를 예측하는 분류 방식이 아닌 수치 예측을 목적으로 하는 선형 회귀 문제에 속한다. 이와 같은 선형 회귀 데이터는 구분의 문제가 아니므로, 출력층에 활성화 함수를 지정하지 않고 출력값을 그대로 사용한다[13].

본 연구에서 생성한 딥러닝 모델은 <Table 5>와 같다. 딥러닝 프레임워크인 텐서플로(Tensorflow)와 케라스(Keras)를 사용하였다. 그리고 데이터분석 도구인 넘파이(numpy)와 판다스(pandas) 라이브러리를 사용하였다. 모델의 과적합(over fitting)을 피하기 위해 데이터 셋을 학습 데이터와 테스트 데이터로 7:3의 비율로 구분하여 사용하였다.

<Table 5> Deep learning model to predict collaborative problem solving ability

```

from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
from sklearn.model_selection import train_test_split

import numpy
import pandas as pd
import tensorflow as tf

seed = 0

numpy.random.seed(seed)
tf.set_random_seed(seed)
df = pd.read_csv("./PISA_selcet.csv", header=None)

dataset = df.values
X = dataset[:,0:8]
Y = dataset[:,8]
X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y,

```

```

test_size=0.3, random_state=seed)

model = Sequential()
model.add(Dense(30, input_dim=8, activation='relu'))

model.add(Dense(10, activation='relu'))
model.add(Dense(7, activation='relu'))
model.add(Dense(3, activation='relu'))
model.add(Dense(1))

model.compile(loss='mean_squared_error',
optimizer='adam')

model.fit(X_train, Y_train, epochs=2000, batch_size=50)

```

배치 사이즈를 50으로 설정하고, 2000 epoch을 실행한 결과는 다음과 같다. 테스트 데이터를 사용하여 학습자의 협력적 문제 해결력을 예측한 결과의 일부분은 (Fig. 2)과 같다. 예측값이 실제값에 비례하여 변화하는 것을 확인할 수 있다.



(Fig. 2) Error graph between predicted and measured values

그리고 전체 테스트 데이터와 실제 협력적 문제 해결력의 값의 오차 평균 값은 27.582로 나타났다. 이는 학습자의 협력적 문제 해결력에 영향을 미치는 ICT 요인을 사용하여 학습자의 협력적 문제 해결력 값을 27.582점 이내의 오차로 예측할 수 있는 모델을 생성할 수 있음을 의미한다. 이는 협력적 문제 해결력 결과 값의 전체 평균과 비교하여 94.88%의 정확도를 보여준다.

## 4.3. 협력적 문제 해결력 예측 시스템 개발

### 4.3.1. 시스템 개발 및 테스트 환경

본 연구에서는 학습자들의 ICT 관련 설문 조사를 바탕으로 협력적 문제 해결력을 예측해보므로써, ICT를

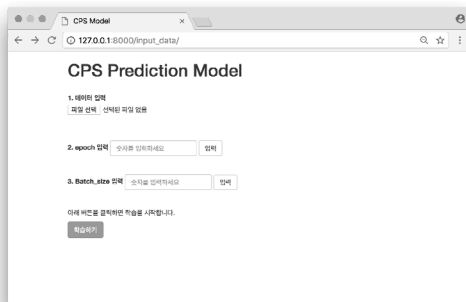
어떻게 교육에 투입하고 사용해야 하는지에 대해 예상할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 연구에서 딥러닝 기반 협력적 문제 해결력 예측 시스템을 개발하기 위해 사용한 환경은 <Table 6>과 같다. 본 연구에서는 Python 언어 기반의 Tensorflow와 Keras를 사용하여 딥러닝을 구현하였다. 웹 프로그래밍 환경은 Python 웹 프레임워크인 Django를 사용하여 구축하였다.

<Table 6> System development environment

Category	Programs and Versions	Use
OS	mac OS Sierra	Development environment
Deep-Learning Framework	Tensorflow1.2 Keras 2.0	Creating a Deep Learning Model
Web Framework	Django 1.11	Web programming
Browser	Chrome 58	Verify system is running

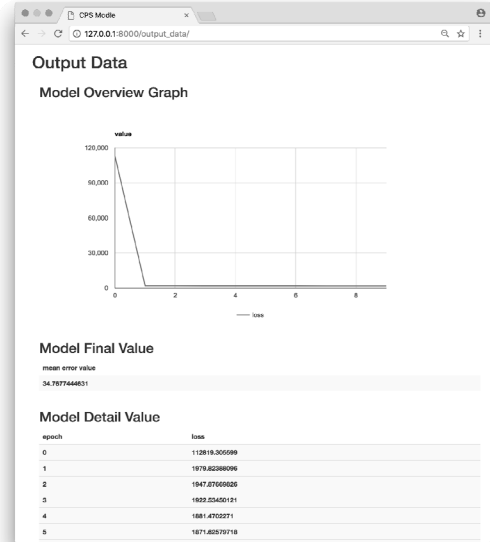
4.3.2. 개발의 실제

딥러닝 기반 협력적 문제 해결력 예측 시스템은 모델 생성 시스템과 협력적 문제 해결력 예측 시스템으로 구성된다. 모델 생성 시스템은 PISA 2015의 ICT 관련 요인만으로 구성된 8개의 설명 변수 데이터의 값을 입력값으로 받아 학습자의 협력적 문제 해결력 값을 예측하는 모델을 생성한다. 모델 생성 시스템은 (Fig. 3)과 같이 csv 파일과 epoch, batch size를 하이퍼파라미터로 입력하여 모델을 생성할 수 있다.



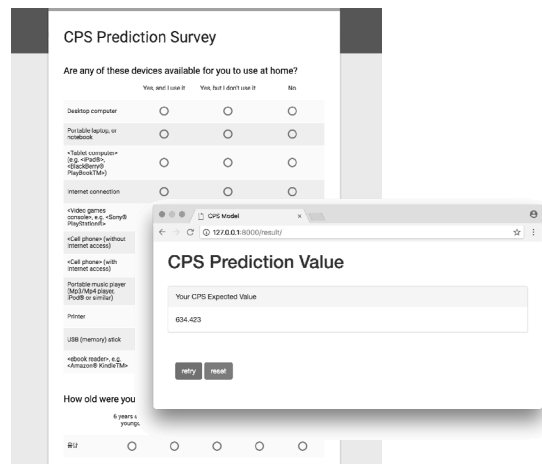
(Fig. 3) Data file and hyperparameter value input screen

모델 생성 결과는 (Fig. 4)과 같이 Loss 값과 최종 오차 값을 사용자에게 보여준다.



(Fig. 4) Loss value and final error value notification screen

다음은 문제 해결력 예측 시스템이다. (Fig. 5)에서 볼 수 있듯이 설문조사를 실시하면, 그 값을 바탕으로 학습자의 예상되는 협력적 문제 해결력 값을 제시한다.



(Fig. 5) CPS questionnaire and prediction value display screen

5. 결론 및 시사점

PISA에서 실시하는 문제 해결력 검사 결과는 학습자의 다양한 ICT 변인과 상관을 가진다[3][6][7]. 이에 본 연구에서는 학습자의 ICT 관련 요인과 협력적 문제 해결력 값에 대한 패턴을 바탕으로, 학습자의 협력적 문제 해결력을 예측하는 시스템을 개발하였다. 이를 위해 학습자의 협력적 문제 해결력에 영향을 미치는 ICT 관련 변인을 상관관계 분석을 통해 추출하였다. 상관관계 분석 결과 선정한 11개의 설명변수가 협력적 문제 해결력에 대해 유의한 상관으로 나타났으며, ICT 일상 친밀도(SOIAICT)과 오락 목적의 ICT 사용(ENTUSE)을 제외한 모든 설명변수에서는 정적 상관이 나타났다. 다음으로 추출한 ICT 관련 변인과 학습자의 협력적 문제 해결력 값을 바탕으로 심층신경망 모델을 생성하였다. 3개의 은닉층으로 구성된 심층신경망 모델을 생성하였으며 선형 회귀 모형을 사용하였다. 모델 생성 결과 테스트 데이터에 대해 94.88%의 정확도를 보였으며, 이는 ICT 관련 변인을 바탕으로 학습자의 협력적 문제 해결력 값을 유사하게 예측할 수 있다는 것을 나타낸다. 또한, 학습자들의 ICT 관련 설문 결과를 바탕으로 협력적 문제 해결력 결과를 예측할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 시스템을 사용하여 학습자의 ICT 관련 설문 조사를 바탕으로 협력적 문제 해결력 값을 예측할 수 있다.

본 연구의 시사점은 다음과 같다. 설문 결과를 바탕으로 학습자의 문제 해결력을 예측할 수 있다. 기존의 연구에서는 결과값, 즉 본 연구에서의 문제 해결력 값에 영향을 미치는 변인들에 관한 연구가 주로 이루어졌다. 본 연구에서는 결과값에 영향을 미칠 것으로 예상되는 변인을 바탕으로, 결과값을 예측하는 연구를 수행하였으며, 그 가능성을 확인하였다. 그리고 학습자들의 ICT 설문 결과를 바탕으로 협력적 문제 해결력을 예측해봄으로써, ICT를 어떻게 교육에 투입하고 사용하여야 하는지를 미리 예상할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 연구는 학습자의 역량 평가에서 새로운 관점을 제공하는 것뿐만 아니라 교육에서 ICT를 어떻게 활용할 것인지에 대한 새로운 시각을 제시할 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] Financial Security Agency (2016). *Artificial intelligence overview and technology trends*.

[2] Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). A framework for teachable collaborative problem solving skills. *In Assessment and teaching of 21st century skills*, 37-56.

[3] Kim, Sung-Sook & Han, Jung-A (2016). Comparative Analysis of the Effects of Students and School Factors on PISA 2012 Problem Solving Results in Korea, Singapore, and Japan. *Korean Journal of Educational Research*, 54(3), 225-247.

[4] Korea Creative Content Agency (2017). *Development Strategy of Intelligent Contents Technology*.

[5] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.

[6] Lee, Young-Ho, Koo, Duk-Hoi, & Lim, Hyo Jin (2017). Effects of Student- and School-level ICT-related Factors on Computer-based Problem Solving: Focusing on Korea and Japan. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 21(4), 425-435.

[7] Nam, Chang-Woo & Shin, Su-Yeong (2014). The Effects of Students' ICT related Variables on Their Attitude toward ICT Use and Problem solving Abilities. *Journal of Educational Evaluation*, 27, 1265-1286.

[8] OECD (2012). *assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. OECD: Paris.

[9] OECD (2013). *PISA 2015 Draft collaborative problem solving framework*. OECD: Paris.

[10] OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework*. OECD: Paris.

[11] Park, Hye-Young & Rim, Haemee (2014). Analyzing features of collaborative problem solving competencies in PISA and ATC 21S: Implications for instruction and assessment in Korea. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*,

- 14(9), 439-462.
- [12] Rim, Haemee (2012). PISA 2012 computer-based problem-solving ability evaluation framework and open questions. *Proceedings of the KSME Fall Conference on Math. Edu*, 61-66.
- [13] Robert, C. (2014). *Machine learning, a probabilistic perspective*.
- [14] Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural networks*, 61, 85-117.
- [15] Oecd.org. (2018). 2015 Database - PISA. Retrieved January 5, 2018, from <http://www.oecd.org/pisa/data/2015database>.
- [16] Oecd.org. (2018). 2015 Technical Report - PISA. Retrieved January 5, 2018, from <http://www.oecd.org/pisa/data/2015-technical-report>.

- [17] Pisa.ets.org. (2018). PISA. Retrieved January 6, 2018, from [https://pisa.ets.org/PISA\\_ReleasedUnits/platform/index.html?user=&domain=CPS&unit=C100-Xandar&lang=eng-ZZZ](https://pisa.ets.org/PISA_ReleasedUnits/platform/index.html?user=&domain=CPS&unit=C100-Xandar&lang=eng-ZZZ).

#### 저자소개

#### 이영호



2010~현재 서울시 초등교사  
2018 서울교육대학교 대학원 박사  
관심분야: 인공지능, 교육 빅데이터, 소프트웨어 교육, 컴퓨터 교육 이론  
e-mail: yhlee1627@gmail.com