



레이-복합도형검사기반 아동 학습 집중도 성향 인공지능 분류*

한정혜¹, 이시훈², 박영희³

<< 요약 >>

본 연구의 목적은 초등학생의 학습 집중도를 판별하기 위한 머신러닝 기반의 이미지 분류 모델의 적용 가능성을 탐색하는 것이다. 이를 위하여 학생의 다양한 인지능력을 도형그림 검사로 간단하게 측정할 수 있는 레이-오스테리스 복합도형검사(ROCF)를 영재집단과 일반집단으로 나눠 실시하여 도형 복기 시간에 따른 그린 3개의 그림 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터에 대하여 현장 전문가집단은 영재 학생, 일반학생, 주의력 결핍 과잉 행동장애(ADHD) 의심 학생을 분류 및 라벨링을 하였고, 초등학생들의 도형 복기 시간에 따른 그린 3개의 그림 데이터의 조합에 대한 머신러닝 모델을 개발하여 테스트를 비교하였다. 분류 예측 테스트 결과, 복기 시간이 가장 길었고 그림체의 특성이 명확하게 드러나는 3번째 그림만을 활용한 분류 모델의 F1-score 측정 결과가 가장 높게 나타나, 빅데이터 수집을 통해 초등학생들의 학습 집중도 판별에 활용 가능성을 높였다.

주제어 : 학습 집중도, 머신 러닝, 레이-복합도형검사, 초등 영재, 주의력 결핍 과잉 행동장애

* 이 논문은 2022학년도 청주교육대학교 학술연구비(CJE2022D007)에 의하여 연구된 것임.

1. 청주교육대학교 교수, hanjh@cje.ac.kr (주저자)
2. 충북대학교 대학원 학생, shoon1984@gmail.com (공동저자)
3. 청주교육대학교 교수, yhpark@cje.ac.kr (교신저자)

I. 서론

저출산으로 인한 학령 인구의 감소와 미래 사회 변화에 효과적으로 대응하기 위한 교육적 방안을 활발하게 탐색하고 있고, 2022개정 교육과정에서의 인공지능 융합교육을 포함한 다양한 요구에 부응할 수 있는 최적화된 맞춤형 교육 서비스의 필요성이 증가하고 있다. 코로나로 인한 기초학력과 학습부진 아동의 증가를 해결하기 위한 교사와 교육청은 다양한 해법을 모색하고 있으며 온오프라인 기초학력진단보정시스템도 운영하고 있다.

전체 아동의 5% 내외의 아동이 주의력 결핍 과잉행동장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder: 이하 ADHD)를 가지는 것으로 보고되고 있으며 최근 5년 사이에 ADHD로 진료를 받은 아동은 51.8%로 크게 증가했다(김세진, 2022). ADHD 아동들은 대부분 학업부진을 겪을 뿐만 아니라 문제행동으로 인한 또래와의 부정적인 관계를 보이고 있어, 같은 교실의 아동들에게 학습 방해를 일으키기도 한다. 교사는 문제행동 아동을 찾아내어 부모에게 임상진단을 요청할 수는 있지만 부모와 교사의 문제행동 심각성에 대한 평정이 불일치하는 경우가 많음이 보고되고 있다(송수미 외, 2002; 이영임 외, 2009; 연은모 외, 2020). 따라서 부모가 교사의 평정에 동의하지 않아 임상 진단을 거부하거나 임상 진단을 하더라도 교사의 평정은 배제되고 부모의 평정만이 반영되는 정보 불균형이 일어날 수 있다. 특히 문제아동의 부모가 임상 진단을 거부하는 경우에 해당 교사와, 같은 학급 아동들은 문제행동에 대한 공동의 부담을 지속적으로 수반하며 학교생활을 하게 된다.

한편 2022 개정 교육과정에서 목표로 하고 있는 인공지능 융합교육은 인공지능, 빅데이터 기술의 이론과 활용적 측면을 다양한 교과목에 연계한 성취수준 달성을 지향하고 있다. 그런데 인공지능을 활용한 교육 관련 연구 분야로는 챗GPT와 같은 인공지능 보조교사, 지능형 교수 시스템(Intelligent Tutoring Systems; ITS), 학습 분석(Learning Analysis; LA), 교육 데이터 마이닝(Educational Data Mining; EDM) 등으로 분류될 수 있다(Chassignol, 2018; 최속영, 2021). 다양한 인공지능 기술과 빅데이터를 활용하는 교육 시스템 중 지능형 교수 시스템은 교육적 의사결정에 합리적 판단의 근거로 작용할 수 있어 이에 대한 연구들이 인식조사와 교사 교육 요소 등으로 태동하고 있다(이준형 외, 2021; 신수범, 2022). 이에 대한 구체적인 개발관련 연구로는 뇌파, 정량뇌파 등과 같은 생체신호를 기반으로 하는 인공지능 기술을 활용하여 ADHD와 품행 장애를 자동식별하고 진단하기 위한 설계방안(류창현 외, 2021)이나 게임기법을 활용한 뇌전도 데이터 기반 분류(김도현 외, 2022) 사례가 있다. 그러나 이와 같은 경우는 생체신호를 기반으로 하는 진단할 수 있는 방법을 제시한 것으로 문제행동 아동의 부모가 임상진단

자체를 거부하거나 생체신호 수집을 거부하는 경우에는 활용도가 떨어질 것이다.

따라서 문제행동 아동과 관련된 지능형 교수 시스템의 개발 연구에 앞서, 교사가 아동의 인지 능력이나 집중력을 손쉬운 검사를 통해 얻은 후 부모에게 분석결과를 제공하면서 임상 진단을 추천하는 교수지원 시스템의 개발 연구가 선행되어야 할 것이다. 이에 본 연구에서는 인지능력을 측정할 수 있는 간단한 도형 검사를 기반으로 초등학생의 인지와 집중력 수준에 대하여 간단한 손그림 데이터를 기반으로 머신러닝 기반의 분류 모델의 가능성을 탐색하고자 한다.

II. 이론적 배경

ADHD는 학령기 아동 장애 중 흔히 나타나며 주의력 결핍, 충동성, 과잉행동을 특성으로 하는 장애이다. ADHD로 의심되는 아동들은 대체로 주의집중 기간이 짧고, 가정이나 학교에서 과제에 주의를 기울이지 못하며, 다른 활동으로 쉽게 바뀌는 경향이 있다. 정신질환의 진단 및 통계 편람 제 5판(diagnostic and statistical manual of mental disorders: 이하 DSM-5)에서는 동일한 연령대에 있는 아동보다 더 빈번하고 심각한 수준의 부주의와 과잉행동을 보일 때 ADHD 진단을 내린다. 이러한 주의 집중력에 문제가 있는 학생들은 수업 시간 동안 쉽게 집중하지 못하고 다른 생각에 잠겨 주의력이 분산되며, 과제에서 쉽게 벗어나고 다시 돌아가려 해도 지구력 부족으로 인해 재차 집중하는 데 어려움을 겪어 과제를 완수하는 데 어려움을 겪는다. 또한 준비물을 잊어버리거나 부주의한 실수로 인해 지적 잠재력을 제대로 발휘하지 못하는 경향이 있을 뿐만 아니라 수업과 관련 없는 활동으로 인해 동료들의 학습에도 영향을 주기도 한다.

집행기능(executive function)이란 ADHD의 인지적 특성 중 자신의 행동과 학습을 자기 주도로 통제하고 조절하며 통합하는 기능을 의미하는데(송찬원 외, 2007), 의학적 진단을 받지 않은 ADHD 성향을 보이는 아동들의 집행기능은 ADHD 아동의 집행기능과 매우 유사한 특성을 가진다(민운정 외, 2016). 그러나 교사는 학급에서 어려움을 가진 아동을 찾아낼 수는 있으나 집행기능 등과 같은 ADHD에 대한 전문적 판단을 할 수는 없고 부모에게 임상 진단 추천만 할 수 있을 뿐이다. 그러나 문제행동 아동에 대하여 부모와 교사의 평정이 일치하지 않는 경우가 많다.

송수미 외(2002)는 ADHD 아동과 우울 및 불안장애 아동들을 대상으로 문제행동에 대한 부모와 교사의 평정의 일치성을 연구하였다. 우울/불안장애 아동의 문제행동에 대한 부모-교사 간 평정은 상당히 일치하는 결과를 얻은 반면 ADHD 아동의 문제행동에 대한 부모-교사간

평정의 일치도는 낮은 편으로 나타났고 특히, ADHD의 핵심증상과 관련된 주의집중 문제척도에서도 상관이 유의미하지 않음을 보였다. 이영임 외(2009)은 아동의 문제행동 수준이 보다 심각한 집단에서는 모든 문제행동 영역에 대해 자기조절능력 수준에 관계없이 부모-교사의 평정 불일치를 보고하였고 이는 부모와 교사의 문제행동의 심각도 수준을 정의하는 기준의 문제와 관련된 것으로 추정했다. 또한 연은모 외(2020)은 초등학교 저학년의 부모와 교사의 자녀 및 아동에 대한 특성에 대한 평정 일치도가 가정과 학교에서의 행동 차이나 획득할 수 있는 정보 유형에 따라 높은 편은 아닌 것으로 보고하며, 부모와 교사 간 자녀의 특성에 대한 평정 일치도가 높지는 않다는 선행연구 결과를 일정 부분 지지하며 부모와 교사의 중다 평정의 필요성을 제시했다.

이와 같이 교사의 ADHD 진단추천을 받은 일부 부모들이 교사의 평정을 인정하지 않거나 자신의 평정에 대한 확신에 의해 의학적 진단을 거부하거나 받지 않는 경우가 있으며, 이런 경우 교사와 다른 학생들은 의학적 문제 해결 없이 해당 아동과 함께 수업 운영을 하여야 하는 많은 어려움이 있다. 따라서 교사가 ADHD 성향을 보이는 아동들에 대하여 간단한 검사를 통해 보통의 아동과 다르게 분류되었다는 결과를 제시하면서 학부모 상담을 한다면 의학적 진단검사를 거부하는 학부모가 자신의 아이에 대한 평정에 대한 참고자료로서 설득력을 가질 수 있을 것이다. 더구나 여러 아동들의 데이터를 학습한 인공지능 모델을 통해 보통의 아동과 다르게 분류된 가이드라인 결과를 교사들에게 제공할 수 있다면 교사도 아동에 대한 객관적 자료로서 수업이나 학교생활 지도에 참고할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 문제해결력이나 수업집중력에서 ADHD 학생들과 대비될 수 있는 영재학생들의 판별 결과와 함께 교사에게 제공하여 한 교실에서 있는 다양한 학생들에 대한 성향 판별과 지도가 더 잘 이루어질 수 있을 것이다.

레이-오스테리스 복합도형검사(Rey-Osterrieth complex figure test, ROCF)는 Rey(1941)가 개발한 신경심리학적 시각 기억검사로 Osterrieth(1944)가 개정하여 다양한 인지능력을 평가할 수 있는 도구로서, Bensur, B. 외(1997)에 의하면 도형과 선으로 이루어진 복합 도형을 아동들이 인식하여 회상하고 재현하는 과정이 일반적인 지적 발달과 연계되어 인지능력 평가에 대한 유효하고 신뢰성 있는 도구로서 제시하고 있다. 국내에서도 현기정(2017)은 ADHD 진단 청소년을 정상 청소년과 구분하는 도구로서 레이-오스테리스 복합도형검사를 사용하였으며, 김은영(2018)은 자폐 범주성 장애를 가진 아동을 대상으로 치료방법의 효과를 측정하기 위한 도구로서, 조현아 외(2020)에서도 ADHD 아동의 인지행동의 변화를 측정하기 위한 도구로 사용되었다. 특히 조현아 외(2020)는 이 검사의 방법 및 용이성 등을 고려하여 해외 연구들과 같이 주의력 결핍 아동을 선별하기 위한 도구로 사용할 것을 제안하였다.

현기정(2017)은 각각 30명의 정상 청소년과 ADHD를 가진 청소년에 대하여, 종이로 된 ROCF를 보고 디지털 태블릿의 스크린에 전자펜을 이용하여 ROCF를 그리도록 하였다. 그 결과 복사와 지연 회상에서 ADHD 청소년은 정상 청소년과 비교할 때 유의미한 차이를 보였지만 즉각 회상에서 유의미한 차이를 보이지 않았음을 확인하였다. 김은영(2018)은 자폐 범주성 장애를 가진 아동에 대한 작업 치료 분야에서 실행기능을 향상시키기 위한 중재의 특정 방법을 사용한 효과를 알아보기 위한 여러 검사 중의 하나로 레이-오스테리스 복합도형검사를 사용하였다. 그래서 실행기능의 변화를 측정하여 메타 인지 전략의 사용이 작업수행 및 실행 능력을 높이는 데 효과가 있는지 알아볼 때 그 하위 요소가 되는 계획 및 조직화의 변화를 알아보기 위하여 레이-오스테리스 복합도형 검사의 조직화, 정확성, 오류의 점수를 종속변수로 하여 알아보았고 조직화 점수가 중재 전에 비해 중재 후에 향상되었음을 확인하였다. 아동 주도적인 도전적 과제는 ADHD 아동의 주의집중을 증진시킬 수 있기 때문에(장시현 외 2013) 조현아 외(2020)에서는 ROCF검사를 동반한 인지행동 치료가 이러한 ADHD 학생들의 문제행동을 감소시켜줄 수 있다고 제안하였다.

ROCF의 측정 방법은 복잡한 도형의 형태를 제시한 후, 제한 시간 없이 도형을 모사하도록 하되, 30초마다 펜의 색깔을 다르게 그리도록 한다. 따라서 모사 시간이 오래 걸리는 피험자는 여러 색깔의 펜으로 도형을 완성하게 된다. 1차 모사가 끝난 후, 3분 후에 복기한 도형을 즉시 회상하여 그린 후, 다시 20분 후에 복기한 도형을 지연 회상을 실시하여 그림으로써 총 3회의 그림을 그리도록 한다. 이 그림 결과들을 통하여 시각적 지각 능력, 인지적 유연성, 추론 능력 및 추상적 사고 능력 등의 인지능력을 평가한다. 현기정(2017)은 청소년 대상으로 태블릿을 활용한 검사를 했으나, 이 연구에서는 초등 아동 대상으로 색연필을 준비하여 ROCF 지필 검사를 하였다. 왜냐하면 초등학교 고학년의 경우 ROCF검사는 통상적으로 2분~3분 내에 1차 복사가 종료되는데, 초등학생의 경우 태블릿 그림 그리기는 아동의 태블릿 그림그리기의 숙련도와 펜의 선택과 펜의 민감도에 따라 중지 또는 지연이 발생할 수 있기 때문이다.

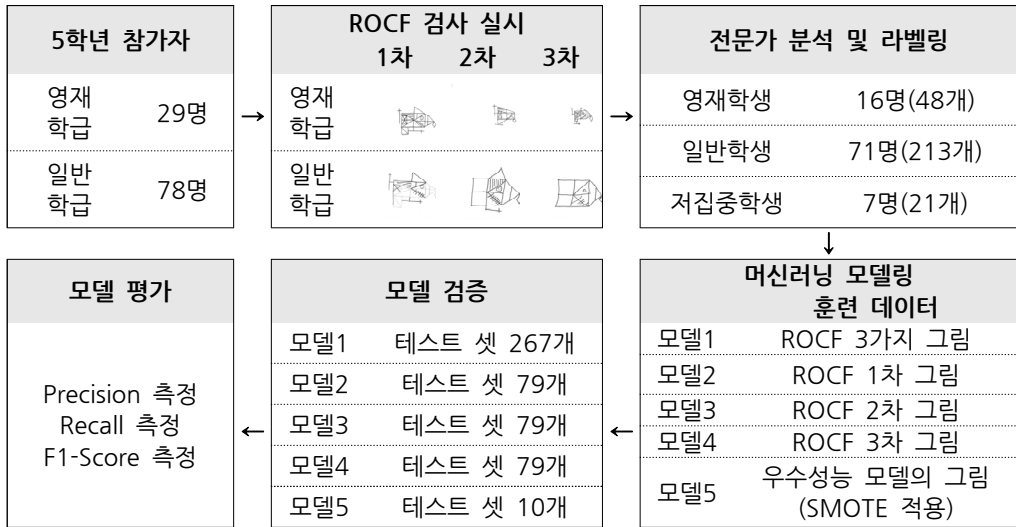
Ⅲ. 연구방법

1. 연구 대상 및 절차

이 연구는 <표 1>과 같이 실험 참여자 선정부터 시작하여 ROCF 검사 실시, 1차 분석, 모델링,

2차 분석 및 모델 평가 순서로 진행되었다.

〈표 1〉 연구 절차



먼저 실험 참여자를 선정하기 위하여 영재교육 경험이 10년 이상 있는 교수 2명 및 각 학급을 담당하고 있는 담임선생님 및 영재교육 담당선생님 4명으로 구성된 연구 협력진을 구성하였다. 연구 협력진은 ROCF 검사방법에 대해서 충분히 숙지하고 사전교육을 받았다. 그리고 연구참여에 대한 학부모 및 아동의 동의를 위한 IRB를 득한 후, 연구 협력진이 소속한 대학 부설 영재교육원 6학년과 초등학교 영재교육을 받고 있는 5학년 학생 29명을 선정하였고, 5학년 일반 초등학생 3개반 78명을 선정하여 총 107명을 모집하였다.

두 번째 단계인 ROCF 검사는 각 실험 참여자에게 A4용지를 제공하여 색깔 펜을 이용한 복사, 즉시 회상, 지연회상의 3번의 그림 그리기를 통해 실시되었다. 수집된 그림자료 총 321개는 도형의 크기와 여백 정보를 모두 담기 위하여 모두 동일하게 A4사이즈로 스캔을 받아 gif 파일로 저장했다.

세 번째 단계로 이렇게 수집된 학생 데이터에 대하여 연구협력진은 수업에 대한 참여도, 이해도, 응용력, 집중도, 행동 특성에 대해서 관찰한 내용을 연구진과 함께 공유하여 다음 〈표 2〉와 같은 판단 준거에 의하여 영재, 일반학생, ADHD의심 학생으로 분류하였다.

〈표 2〉 학생 분류 판단 근거

그룹	판단 근거
일반	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 초등학교에서 일반적인 교육을 무리 없이 받고 있는가? · 영재교육에 참여하지 않고 있거나 참여한 경험이 없는가? · 영재교육에 참여하긴 하지만, 선행학습 영향이 의심되는가?
영재	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 영재교육을 받고 있는가? · 수업 중 독창적인 사고 및 문제해결능력이 확인되는가? · 수업 중 과제에 대한 집중력이 뛰어난가?
저집중	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 초등학교에서 일반적인 교육을 받고 있는가? · 수업 중 타인을 방해되는 행동이 자주 관찰되는가? · 수업 중 과제에 집중력이 떨어져 다른 행동을 하는 모습이 자주 관찰되는가?

ROCF 분석 결과와 수업 중 행동 관찰결과가 일치하는 학생들을 추출하여 연구참여자를 〈표 3〉과 같이 최종 선정하였다. 특히 영재반에 소속되어 있을지라도 담당교사의 지속적인 관찰에 의해 문제해결력이나 과제 집중력이 평이한 경우, 단순 선행학습으로 인하여 영재반에 선발될 가능성이 있는 아이들 13명은 일반학생으로 재분류하였다. 이에 따라 〈표 3〉과 같이 일반 그룹은 71명, 영재 그룹은 16명, ADHD 의심 그룹은 7명으로 결정되었다. 이렇게 세 집단(영재, 일반학생, ADHD 성향의심)으로 수집된 그림들에 대하여 연구진들은 회차별로 나열해 놓고 분석하여 패턴이나 경향을 분석하였다.

〈표 3〉 최종 연구 대상자 (N=94)

그룹	N
일반학생	71 (75.5%)
영재학생	16 (17.0%)
ADHD 의심 학생	7 (7.4%)

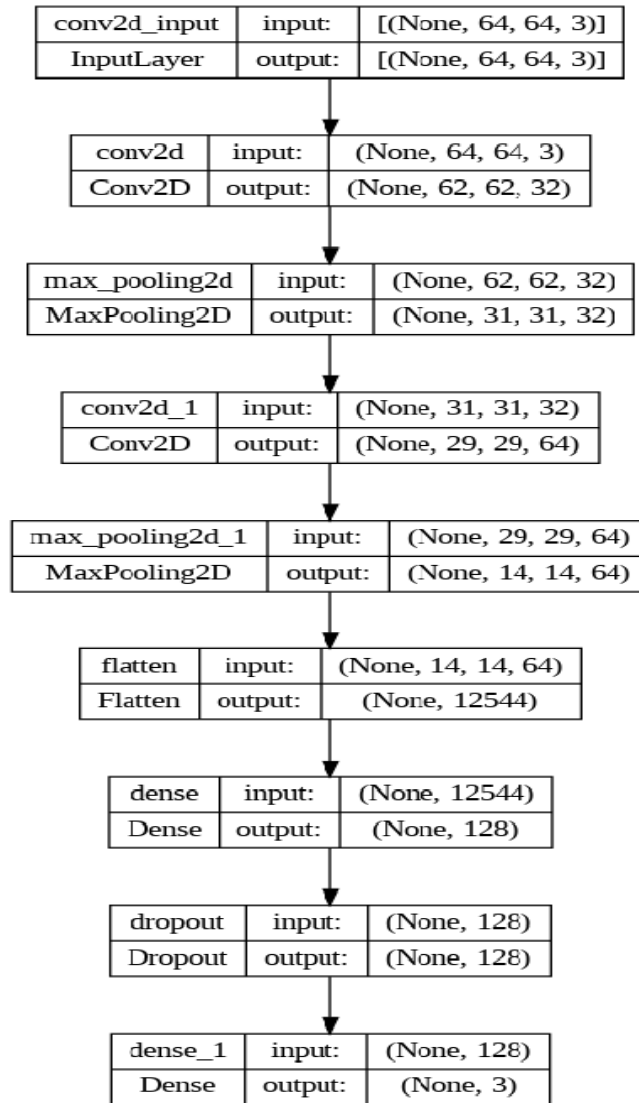
네 번째 단계로 ROCF 검사 초기 데이터를 정제하고 연구에 필요한 정보를 추출하여 머신러닝 모델링 작업에 착수하여 적합한 예측 모델을 개발하였다. 이후 개발된 예측 모델에 테스트 데이

터를 입력하여 검증을 실시하였고, 이를 통해 모델의 성능과 정확도를 계산하여 평가를 하였다.

2. 연구 방법

〈표 3〉의 최종 선정된 참여자 94명에 대한 ROCF 검사 그림 데이터는 총 282개이다. 이 3가지 종류의 ROCF 결과 그림에 나타나는 특징이 상이하기 때문에, 그림 종류의 조합에 따라 여러 가지 모델링을 실시하였다. 레이-오스테리츠 복합도형검사 결과 3가지가 그림에 나타나는 특징이 각각 다르기에 머신러닝을 통해 이러한 차이가 구분되는지 확인하고, 이를 바탕으로 가장 최적의 데이터 셋을 찾아 모델을 개선하고자 함이다. 따라서 3가지 그림을 모두 사용하는 모델(Model 1)과 그림을 1종류씩만 사용하는 모델(Model 2, Model 3, Model 4)을 구분하여 모델을 구축하였다. ROCF 결과 종류에 따른 그룹별 데이터의 표본 크기가 다르므로 표본의 크기가 가장 작은 ADHD 의심 학생 데이터 수를 기준으로 훈련 데이터의 수를 5개로 제한하였다. 이후 성능을 측정한 4개의 모델 중 가장 성능이 좋은 모델을 선정하여 모델을 개선하고자 하였다.

모델의 구조는 (그림 2)와 같다. 모델은 Colab으로 Tensorflow의 Keras를 사용하여 합성곱 신경망(Convolution Neural Network, CNN)으로 Epoch를 50회 거쳐 학습하도록 구축하였다. 첫 번째 Conv2D는 2차원 합성곱 계층으로, 32개의 필터와 크기가 (3, 3)인 커널을 사용하였고, 두 번째 Conv2D는 64개 필터에 크기가 (3, 3)인 커널을 사용하였다. 이를 통해 첫 번째 Conv2D에서는 입력 이미지에서 보다 단순한 지역적 패턴을 검출할 수 있고, 두 번째에서는 추출된 패턴을 기반으로 복잡한 패턴을 인식할 수 있다. 활성화 함수로 ReLU(Rectified Linear Unit)함수를 사용하였다. MaxPooling2D는 풀링 윈도우 크기를 (2, 2)로 설정하였으며, 이를 통해 합성곱 계층의 출력에서 최댓값을 추출하여 차원을 축소하고, 모델의 가중치 개수를 줄여 모델의 과적합을 방지할 수 있다. 이후 Flatten 계층을 통해 2차원의 이미지 특성 맵을 1차원 벡터로 평탄화하고 128개의 뉴런을 가진 Dense 층으로 전해진 후, Dropout 계층을 거쳐 최종적으로 모델의 결과를 예측하는 과정을 수행한다.



(그림 2) 사용된 CNN 분류 모델 구조

훈련에 사용하지 않은 데이터들은 테스트 데이터로 사용하였으며, 이를 통해 F1-score를 도출하였다. F1-score는 분류모델에서 사용하는 머신러닝 평가지표로 모델의 재현율(recall)값과 정밀도(precision)로 측정하며 1에 가까울수록 높은 성능임을 나타낸다 (Paper, D. 외, 2020)

$$F1 - Score = 2 \times \frac{recall \times precision}{recall + precision}$$

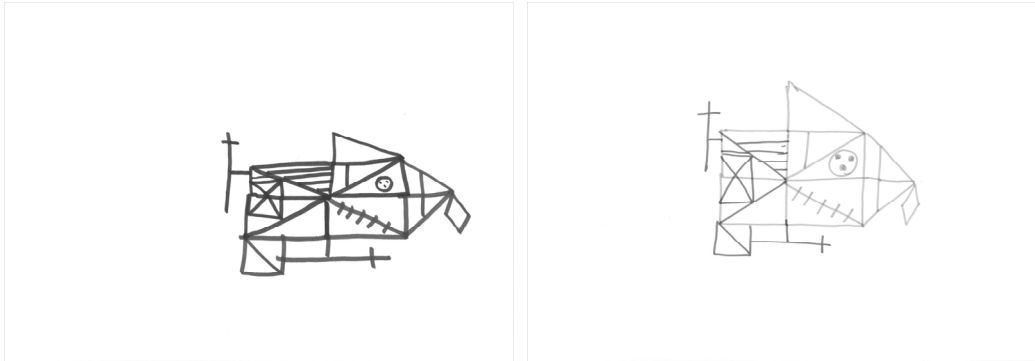
IV. 분석 결과

1. 전문가 질적 분석

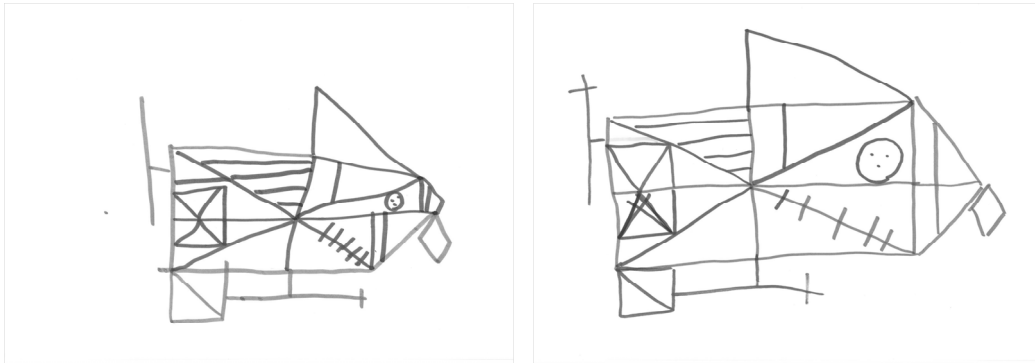
전문가들은 다음 (그림 3)과 같이 ROCF검사 결과를 그대로 스캔하여 도형뿐만 아니라 여백 정보도 살려서 집단별로 관찰 분석하였다. 먼저 수학영재 학생들의 경우 (a)와 같이 도형의 형태를 온전히 보존하며 복사하였고 대부분이 제시되었던 (A4 사이즈에 꼭 찬)도형크기에 비해 작게 그리는 경향이 뚜렷하게 관찰되었다. 특히 회상과정에서 나타나는 (2차, 3차)그림의 경우 도형의 크기는 기존의 도형에 비해 1/4 정도로 그려내는 경우가 대부분이었으며, 중앙보다는 한쪽에 치우치는 경우가 많았다. 도형에 나타난 선들은 직선의 형태를 매우 잘 유지하였으며, 그리는 속도가 빨라 한 색 그리기가 많으며 대칭을 잘 표현하고 정교하고 등분선의 간격도 정확하게 마무리가 표현되어 있다.

일반학생들의 경우에는 (b)와 같이 제시된 도형의 형태와 비슷한 크기로 비슷하게 그려냈으나, 회상시간이 걸려 (a)집단 학생들보다 여러 색깔 펜으로 그려졌으며, 선의 직선 형태나 마무리가 다소 구불구불하거나 \boxtimes 의 대칭에 흔들림이 있는 경우가 관찰되었다. 또한 등분선의 간격과 길이나 방향이 일정하지 않았다.

ADHD 의심 학생들의 경우에는 (c)와 같이 크기와 모양에 있어 주어진 도형을 온전히 복제하는 능력이 현저히 떨어지는 것으로 나타나고 그리는 시간 편차도 커서 시간이 많이 소요된 아동은 빨간 펜까지 사용한 경우도 있다. 도형의 많은 부분이 삭제되거나 다른 위치로 옮겨졌으며, 없던 부분을 그리거나 얼굴모양 그림을 회전한 경우가 자주 발견되었다. 선분은 형태가 불안정하여 기울기와 떨림이 강했고, 등분선이 없거나 길이와 방향이 매우 불규칙하고 3차 그림에서는 도형 좌측의 \boxtimes 부분에 대한 표현이 미숙하거나 생략되기도 하였다.

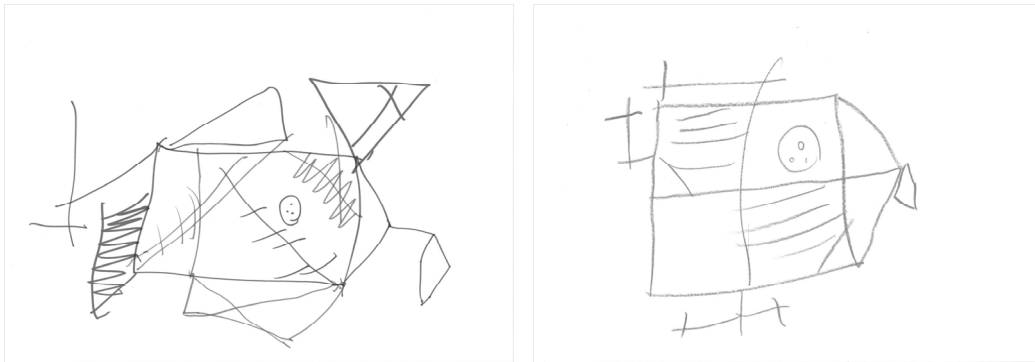


(a) 영재학생 A, B



(b) 일반학생 A(제시 그림과 유사한 크기)

일반학생 B

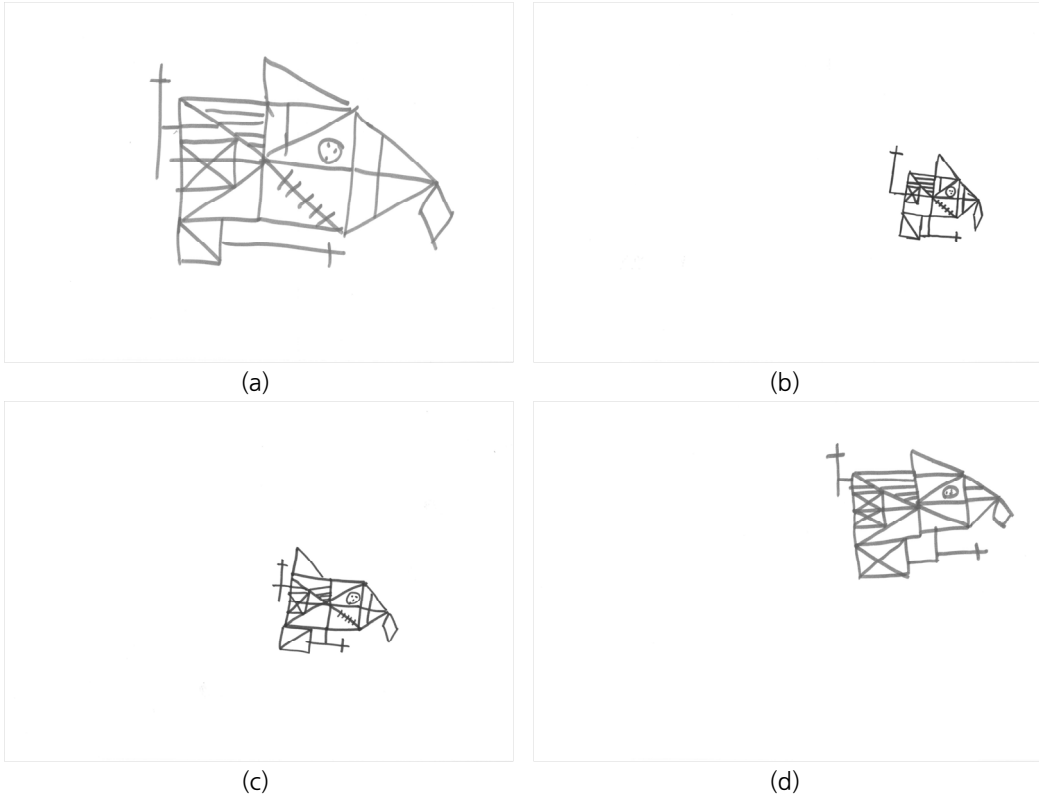


(c) ADHD 의심 학생 A, B

(그림 3) 집단별 ROCF 3차 결과 예시

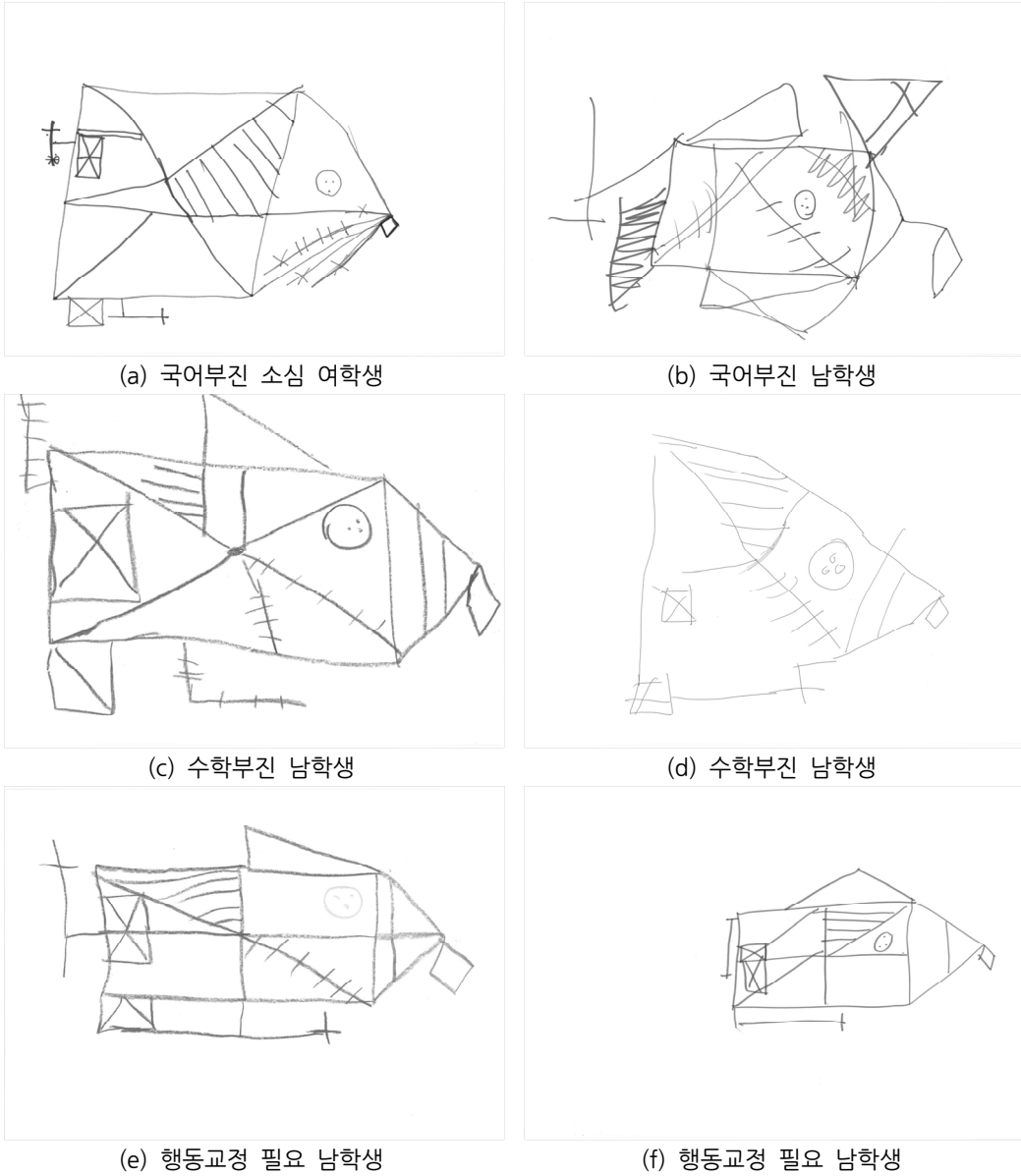
수학 영재학생 16명은 영재원 수업시 교수자에게 S급, A급, B급으로 평가를 받는데 S급을 6회 이상 받은 학생은 4명일 정도로 영재 반에서도 매우 우수한 학생이라 할 수 있다. 이 우수한 영재 4명은 모두 남학생으로 3차 ROCF 결과는 (그림 4)와 같다. (a)는 밝고 사교적이며 발표

및 경청과 반박을 잘하며, (b)는 완벽주의적 성향으로 예의바르고 디테일을 매우 캐치하고 많은 질문과 발화를 하는 주도적이며, (c)는 매우 사교적이고 모둠활동을 잘 이끌며 확장된 사고나 응용력이 뛰어나며, (d)는 관찰력이 매우 뛰어나고 질문을 많이 하고 엉뚱한 생각에 잠겨있는 경우가 잦은 영재의 결과이다. 다른 영재에서도 관찰되는 경향으로 사교적인 경우가 도형이 대체로 큰 편이고, 관찰력이나 사고력에 뛰어나거나 활발하지 않은 경우는 도형이 작고 섬세했다.



(그림 4) 영재 집단 16명중 최우수 영재 4명의 ROCF 3차 결과

이 연구에서 ADHD 의심 학생으로 분류된 7명(남 5명, 여 2명)은 학습이 부진하거나 친구들과의 수업 활동에 심각한 문제를 가진다고 담당교사가 판단한 아동들이다. 이 아동들은 모두 학습 부진을 공통적으로 가지고 있는데 특히 부진한 교과목이나 행동 패턴을 담당 교사 인터뷰를 통해서 조사하니, 3개의 그룹(국어부진, 수학부진, 수업시 행동교정이 안되서 친구들과 수업 운영에 방해)로 나누었다. 지면상 국어 부진학생 3명중 1명을 제외한 6명의 3차 ROCF 결과는 (그림 5)와 같다.



(그림 5) 저집중 학생 7명 중 6명의 ROCF 3차 결과

(a)는 극소심하고 혼자 있으며 수업집중도가 떨어지는 여학생이고 (b)는 언어능력이 특히 심하게 떨어지지만 교우관계는 보통인 남학생으로 두 그림은 (그림 3)과 (그림4)에 비해서 빗금과 같은 불필요한 선들이 많이 관찰되었다. (c)학생의 경우 친구관계는 평범하나 공부에 자신감이

없어 집중도가 떨어지는 편인데 수학추론이 매우 떨어지며, (d)학생은 매우 사교적인 편이나 학습이 부진하며 수학은 전반적으로 매우 낮은 편인데 도형의 유사도가 현격히 떨어짐을 관찰할 수 있다. (e)학생은 혼자만의 상상에 간혀 수업 집중력이 낮아 수업을 따라오지 못하고 친구들과 사교적인지 못하며, (e)학생은 수업집중력이 낮고 주변 친구들에게 치대거나 수업분위기를 흐트리는 행동이 심각한여 전·현 담임들이 수업운영에 매우 힘들어 하는 남학생이다. (e)와 (f) 학생들의 도형은 (a)~(d)학생들에 비해 도형이 안정적이고 어느 정도 모양을 유사하게 띄고 있고 (f)학생은 일반학생 도형의 평균 크기보다 다소 작아 학습부진이 선천적이기보다는 행동교정이나 상담을 통하여 극복될 수 있지 않을까 추론하였다.

2. 인공지능 분류 결과

각각의 모델은 라벨별로 5개씩의 학습 데이터로 훈련되었으므로, 결과적으로 모델 1의 테스트 데이터는 267개, 모델 2, 모델 3, 모델 4의 테스트 데이터는 79개로 검증하였다. 모델의 신뢰성 확보를 위하여 같은 과정을 5회 반복 분석하여 합산한 결과는 <표 4>와 같다.

〈표 4〉 인공지능 모델 분류 결과

모델			예측			
	N = 1,335		일반	영재	ADHD의심	
모델 1	정답	일반	653	96	292	
		영재	69	106	40	
		ADHD의심	44	4	31	
모델 2	정답	N = 395		일반	영재	ADHD의심
		일반	156	31	143	
		영재	17	26	12	
모델 3	정답	ADHD의심	1	0	9	
		N = 395		일반	영재	ADHD의심
		일반	175	35	120	
모델 4	정답	영재	24	18	13	
		ADHD의심	5	0	5	
		N = 395		일반	영재	ADHD의심
모델 4	정답	일반	153	81	96	
		영재	10	44	1	
		ADHD의심	5	4	1	

3가지 종류의 그림을 모두 사용한 모델 1은 일반 학생을 예측하는데 1,040회 시도 중 653회 성공하여 좋은 성능을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 영재 학생을 예측하는데있어서는 215회의 수행 중 106회만 올바르게 예측하였으며, ADHD 의심 학생은 79회의 수행 중 31회만

올바르게 예측하여 낮은 예측력을 나타내었다. ROCF의 1번 그림만 사용한 모델 2의 경우에는 ADHD 의심 학생에 대한 예측력이 10회 중 9회 올바르게 예측하여 매우 높게 나타났으나 일반, 영재 그룹에 대한 예측력이 낮게 나타났다. ROCF의 2번 그림만 사용한 모델 3의 경우에는 일반 학생에 대한 예측을 330회 예측 중 175회를 올바르게 예측하였고 ADHD 의심 학생을 10회 중 5번 올바르게 예측하였으나, 영재 학생에 대한 예측력은 떨어지는 것으로 나타났다. ROCF의 3번 그림만 사용한 모델 4의 경우에는 영재 그룹에 대한 분석 55회 중 44회를 올바르게 예측하였으나 일반, ADHD 의심 학생 그룹에 대한 예측력은 떨어지는 것으로 나타났다.

〈표 5〉 모델 성능 평가 결과

	모델 1	모델 2	모델 3	모델 4
Precision(%)	0.745	0.814	0.765	0.826
Recall(%)	0.592	0.454	0.501	0.612
F1-Score	0.652	0.584	0.596	0.666

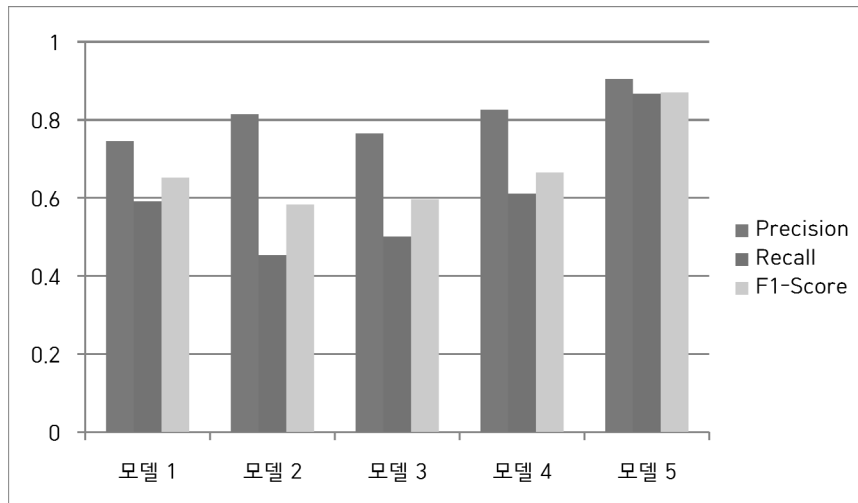
이를 바탕으로 각 모델에 대한 F1-Score를 〈표 5〉와 같이 도출하였다. 모델 4가 Precision, Recall, F1-Score가 가장 높게 나타나 가장 성능이 좋은 것으로 나타났다. 이는 그림 자체를 분석한 1차 분석 결과와도 일맥상통 하는 것으로, 3번째 그림의 경우 일정한 시간이 흐른 후 회상을 통해 기억한 내용을 그대로 그려내는 것이 상당한 과제 집중도를 요구하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 3번째 그림에서 그룹별 그림 차이가 컸고, 머신러닝에도 이러한 부분이 반영되었으리라 추측해볼 수 있다. 모델 1의 경우에는 Recall값이 매우 높게 나타났으나 Precision이 낮게 나타났으며, 반면 모델 2의 경우에는 Precision은 매우 높게 나타났으나 Recall은 낮게 나타나 결과적으로 F1-Score는 낮은 점수를 얻게 되었다.

F1-Score가 가장 좋았던 모델 4에서 사용한 데이터들을 기반으로 새로운 모델 5를 구축하였다. 모델 5는 이전의 모델들과 다르게 라벨별로 동일한 양의 테스트 데이터를 사용하도록 하였으며, 가장 표본이 적은 ADHD 의심 학생 그룹의 표본 수의 20%인 2개씩을 테스트 데이터로 사용하였다. 이렇게 구성하게 되면 학습 데이터의 수에 차이가 발생하여 학습 데이터 불균형 문제가 발생하므로, 모델 학습 전 SMOTE를 사용하여 이를 해결하였다. SMOTE는 머신러닝에서 불균형 데이터로 인한 부작용을 해소하기 위해 다수 클래스를 샘플링하고 소수 클래스를 보간하여 새로운 데이터를 합성하는 오버샘플링 기법이다(N. V. Chawla 외, 2002).

〈표 6〉 모델 5의 분류 결과

모델 5	N = 30		일반	영재	저집중
	정답	일반	8	2	0
	영재	0	10	0	
	ADHD의심	0	2	8	

라벨 별로 2회씩 5회 반복하여 총 30회 측정을 진행하였으며, 결과적으로 〈표 6〉과 같이 일반, 영재, ADHD 의심 그룹에 대해서 높은 예측력을 갖는 것으로 나타났다. 이를 기반으로 모델의 성능을 측정한 결과 Precision은 0.905, Recall은 0.867, F1-Score는 0.870으로 나타났으며, 이를 다른 모델들과 (그림 6)과 같이 비교하여 분석한 결과 모델의 전반적인 성능 수치가 높게 나타나 머신러닝을 활용하여 학생들의 복합도형검사 결과 분류를 통해 학습 집중도를 예측하는데 활용할 수 있을 것으로 나타났다.



(그림 6) 모델별 성능 비교 결과

V. 결론

본 연구에서는 ROCF 검사를 통해 학생들의 학습 집중도를 분류할 수 있는 인공지능 모델을

개발하였다. 먼저, 전문가들이 진행한 질적 분석 결과를 토대로 일반학생, 영재학생, ADHD 의심 학생들의 ROCF 검사 결과를 분석하였다. 일반학생들은 대체로 그림의 형태를 어느 정도 보존하며 복제하는 능력을 가지고 있었고, 영재학생들은 그림의 형태를 완전히 보존하면서 작게 그리는 경향이 있었다. 반면 ADHD 의심 학생들은 주어진 도형을 온전히 복제하는 능력이 현저히 떨어지는 것으로 나타났다.

이러한 판단을 바탕으로 인공지능 분류 모델을 구축하였고, 분류 모델의 성능이 가장 좋았던 ROCF 3차 회상 그림을 바탕으로 개선된 모델을 만들어 적용한 결과 ADHD 의심 학생, 일반, 영재 학생들을 예측하는 모델의 Precision은 0.905, Recall은 0.867, F1-Score는 0.870으로 다른 모델에 비해 매우 우수한 성능을 나타내었다. 이러한 결과는 ROCF 검사 결과 분석 기반의 인공지능 분류모델은 학생들의 학습 집중도 판별을 위한 효과적인 도구로 활용될 수 있음을 보여주는 것을 시사한다.

이번 연구에서는 그룹 간 데이터의 개수 차이가 크고, ADHD 의심 학생 그룹의 경우 확보된 데이터의 수가 적다는 제한점이 있었다. 차후 부족한 데이터를 충분히 확보하여 모델의 성능을 더욱 개선할 필요가 있다. 이와 관련한 지속적인 연구를 통해 교육 현장에서 학생들의 개인 차이를 파악하고 맞춤형 교육 프로그램을 제공하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

※ 논문 투고일: 2023. 7. 3. ※ 논문 수정일: 2023. 8. 11. ※ 게재 확정일 : 2023. 8. 31.

〈참고문헌〉

- 김도현, 박승민, 김동현(2022). CNN 모델 기반의 소아 ADHD 분류 기법. **한국전자통신학회 논문지**, 17(5), 809-814.
- 김수정, 지은(2020). 초등학교 고학년 아동의 자기결정과 학습몰입의 관계: 진로인식도의 매개 효과를 중심으로. **학습자중심교과교육연구**, 20(10), 993-1018.
- 김은영(2018). **자폐 범주성 장애 아동의 작업수행과 실행기능 향상을 위한 Cognitive Orientation to daily Occupational Performance(CO-OP) 중재의 효과**. 연세대학교 대학원 석사학위 청구논문.
- 김희정(2012). **교사-학생관계 및 학습동기와 학습몰입간의 구조적 관계**. 숙명여자대학교 대학원 교육학과 박사학위 청구논문.
- 김희정(2014). 학습몰입의 발달경향 분석. **학습자중심교과교육연구**, 14(12), 69-90.
- 데이터솜(2022.9.27). “5~14세 ADHD 환자 5년 전보다 51.8% 증가”, <http://www.datasom.co.kr/news/articleView.html?idxno=124647>
- 류창현, 황영섭(2021). ADHD와 CD 자동식별과 자동진단을 위한 생체신호의 인공지능분석. **교정담론**, 15(3), 87-118.
- 민운정, 김화수, 이근용(2016). ADHD 성향을 보이는 학령기 아동의 집행기능 및 언어특성. **특수교육재활과학연구**, 55(4), 379-391.
- 박문숙, 유미현(2014). 초등 영재학생과 일반학생의 성격 강점, 정서지능, 학습몰입 비교 및 관계 분석. **영재교육연구**, 24(5), 829-849.
- 송수미, 김재환(2002). ADHD 및 우울/불안장애 아동의 문제행동에 대한 부모-교사간 평정일치도. **한국심리학회지:임상**, 21(4), 859-869.
- 송찬원, 변찬석(2007). 집행기능 관련 국내 연구의 최근 동향. **정서·행동장애 연구**, 23(1), 143-162.
- 신복진(2007). **교육용게임에서 학습자의 사회성에 따른 인간 기계 상호작용성이 과제집착력에 미치는 영향**. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위 청구논문.
- 신수범(2022). 지능형 학습시스템 활용을 위한 교사 교육 요소. **교육실습연구**, 4(1), 19-27.
- 연은모, 최효식(2020). 학교준비도 잠재계층에 따른 초등학교 저학년 시기의 학교적응 및 심리적 특성 차이 검증: 부모, 교사의 중다 평정자료 활용을 중심으로. **한국산학기술학회 논문지**, 21(6), 41-50.
- 윤수진(2021). 영재의 특성과 영재교육의 의미. **영재와 영재교육**, 20(4), 57-80.
- 이영임, 정형수, 정미나, 양은주(2009). 아동의 문제행동에 대한 부모-교사 평정 일치도와 자기 조절능력의 관계. **한국심리학회지:학교**, 6(3), 395-412.
- 이준형, 송기상(2021). 인공지능 기반의 ITS에 관한 초중등교사의 인식 조사. **에듀테크인턴트연구**, 3(2), 25-36.
- 장시현, 강옥려(2013). 놀이 활용 자기표현훈련프로그램이 ADHD 아동의 문제행동 및 대인관계에 미치는 영향. **아시아교육연구**, 14(1), 275-303.
- 조현아, 전효정(2020). ROCF 그리기 접목 인지행동적 미술치료가 ADHD 아동의 ROCF 그리기 수행과 주요 증상 및 문제행동 변화에 미치는 효과. **인지발달중재학회지**, 11(1), 85-105.
- 최숙영(2021). 교육에서의 인공지능: 인공지능 활용 교육에 관한 문헌 고찰. **컴퓨터교육학회 논문지**, 24(3), 11-21.

- 현기정(2017). 주의력 결핍 과잉행동 장애를 가진 청소년에서 디지털 태블릿을 이용한 시공간 작업기억력의 평가. 중앙대학교 대학원 의학과 박사학위 청구논문.
- American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and Statistical manual of mental disorders.
- Bensur, B., Eliot, I. & Hegde, L. (1997). Cognitive correlates of complexity of children's drawings. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 1079-1089.
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial Intelligence trends in education: a narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16-24.
- N. V. Chawla, L. O. Hall, K. W. Bowyer, and W. P. Kegelmeyer (2002). Smote: Synthetic minority oversampling technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*. 16, pp. 321-357.
- Osterrieth, P. A. (1944). Le test de copie d'une figure complexe. *Archives de Psychologie*, 30, 206-356.
- Paper, D., & Paper, D. (2020). *Classification from Complex Training Sets. Hands-on Scikit-Learn for Machine Learning Applications: Data Science Fundamentals with Python*, 71-104.
- Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encephalopathie traumatique. *Archives de Psychologie*, 28, 286-340.
- Russo, C. F. (2004). A comparative study of creativity and cognitive problem-solving strategies of high-IQ and average students. *The Gifted Child Quarterly*, 48(3), 179-190.
- Terman, L. M., & Oden, M. H. (1959). *Genetic Studies of Genius. The Gifted group at Mid-life*. Stanford, CA: Stanford University Press.

〈Abstract〉

AI Classification of Learning Concentration Tendency of Elementary School Students Based on the Rey-Osterrieth Complex Figure Test

Jeonghye Han¹, Sihoon Lee², Younghee Park³

This study aims to investigate the applicability of a machine learning-based image classification model for determining the academic concentration of elementary school students. To this end, a model employing supervised learning was developed and implemented using the results of the Rey-Osterrieth complex figure test, which measures students' cognitive abilities via an image test. Five classification models were developed based on the type of test result image. After five random instances of learning, test data were applied and analyzed. The F1-score measurement results of the model were extremely high. Future enhancements are anticipated to allow the use of the model for determining elementary school students' learning concentration.

Key Words : Rey-Osterrieth complex figure test, machine learning, learning concentration, artificial intelligence, gifted elementary student, attention deficit hyperactivity disorder

1. Professor, Cheongju National University of Education, hanjh@cje.ac.kr (Lead Author)

2. Ph.D. Candidate, Chungbuk National University, shoon1984@gmail.com (Co-Author)

3. Professor, Cheongju National University of Education, yhpark@cje.ac.kr (Corresponding Author)