

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.1.581>

JCCT 2023-1-71

자폐아를 위한 표정 훈련 디지털 치료제

Facial Expression Training Digital Therapeutics for Autistic Children

박지연*, 이경원**, 엄성용***

Jiyeon Park*, Kyoung Won Lee**, Seong Yong Ohm***

요약 최근 자폐 스펙트럼 장애가 있는 변호사를 주인공으로 하는 TV 드라마가 많은 화제를 불러일으키면서 그 영향으로 자폐 스펙트럼 장애인이 겪는 어려움에 관한 관심도 높아졌다. 자폐 스펙트럼은 조기에 발견해 교육과 치료를 제대로 받으면 예후를 좋게 할 수 있어 그 치료제 개발이 절실히 요구되고 있다. 현재 자폐 스펙트럼 치료에 사용되는 약물은 부작용이 있는 경우가 많아, 그에 비해 부작용이 없고 대량 공급이 가능한 디지털 치료제가 주목받고 있다. 본 논문에서는 자폐 스펙트럼을 가진 영유아를 위한 감정 및 표정 학습을 제공하는 애플리케이션이자 디지털 치료제인 '아이모션(AEmotion)'을 소개한다. 본 시스템은 훈련에 대한 흥미를 높이고 손쉬운 적용 테스트를 위해, 스마트폰용 애플리케이션으로 개발되었다. 머신 러닝 기법을 활용하는 본 시스템은 표정 카드를 통해 감정을 학습하는 '감정 학습' 단계, 감정과 표정을 잘 이해했는지 확인하는 '감정 식별' 단계, 그리고 감정과 알맞은 표정을 짓는 '표정 훈련' 단계 등 총 3단계로 이루어져 있다. 이 시스템을 통해, 표정 인식과 감정처리가 익숙하지 않아 사회적 상호작용이 어려운 자폐 스펙트럼 장애 아동들의 표정 훈련 및 치료에 효과가 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 자폐 스펙트럼 장애, 표정 인식, 디지털 치료제, 머신 러닝, 티처블 머신

Abstract Recently a drama that features a lawyer with autism spectrum disorder has attracted a lot of attention, raising interest in the difficulties faced by people with autism spectrum disorders. If the Autism spectrum gets detected early and proper education and treatment, the prognosis can be improved, so the development of the treatment is urgently needed. Drugs currently used to treat autism spectrum often have side effects, so Digital Therapeutics that have no side effects and can be supplied in large quantities are drawing attention. In this paper, we introduce 'AEmotion', an application and a Digital Therapeutic that provides emotion and facial expression learning for toddlers with an autism spectrum disorder. This system is developed as an application for smartphones to increase interest in training autistic children and to test easily. Using machine learning, this system consists of three main stages: an 'emotion learning' step to learn emotions with facial expression cards, an 'emotion identification' step to check if the user understood emotions and facial expressions properly, and an 'expression training' step to make appropriate facial expressions. Through this system, it is expected that it will help autistic toddlers who have difficulties with social interactions by having problems recognizing facial expressions and emotions.

Key words : Autism Spectrum Disorder, Facial Expression Recognition, Digital Therapeutics, Machine Learning, Teachable Machine

*준회원, 서울여자대학교 소프트웨어융합과 학사과정 (제1저자) Received: November 30, 2022 / Revised: January 5, 2023

**준회원, 서울여자대학교 아동학과 학사과정 (참여저자) Accepted: January 9, 2023

***정회원, 서울여자대학교 소프트웨어융합학과 교수 (교신저자) ***Corresponding Author: osy@swu.ac.kr

접수일: 2022년 11월 30일, 수정완료일: 2023년 1월 5일

Dept. of Software Convergence, Seoul Women's Univ, Korea

게재확정일: 2023년 1월 9일

I. 서 론

최근 자폐 스펙트럼 장애(Autism Spectrum Disorder, ASD)를 가진 변호사를 주인공으로 한 드라마가 흥행하면서 자폐성 장애인이 겪는 어려움에 대한 사회적 관심이 높아졌다[1]. 자폐는 1~2세 무렵부터 나타나는 발달 장애로 아동의 약 1~2%에서 발병한다. 자기중심적인 행동을 하고 사회적 관계 형성에 어려움을 갖는다는 특징을 지니고 있다[2]. 정신의학 전문가에 따르면, ASD는 조기에 발견하여 의학적인 조치를 취하면 예후를 좋게 해 가족의 삶의 질을 높일 수 있으며, 뇌 기능 발달도 일부 개선시킬 수 있다고 한다[3]. 따라서 자폐 스펙트럼의 근본 증상을 조기에 치료할 수 있는 치료제 개발이 절실히 요구되고 있다.

자폐아는 행동, 심리치료와 함께 약물치료가 병행되는데 자폐 스펙트럼과 관련된 치료제를 장기 복용할 경우 소아비만이 발생하는 경우가 많다[4]. 또한, 영유아의 약물치료 거부와 번거로움 등 수동적인 약물 투여로 인한 부모들에게 거부감으로 인해 다른 교육-행동치료에 비해 만족도가 낮다[5]. 반면 디지털 치료제는 독성이나 부작용이 없고 저렴한 비용으로 대량 공급이 용이하기 때문에 의료계에서 많은 주목을 받고 있고[6], 자폐 영유아들의 시각적 정보처리 기능이 청각적 정보처리 기능보다 훨씬 월등한 점을 토대로 이를 보완할 수 있는 디지털 치료제의 필요성이 대두되고 있다[7]. 또한, 비교적 주의 집중 능력이 부족한 자폐아가 훈련에 대한 흥미를 높이는데 기여할 수 있을 것이다.

2007년 유럽에서는 IROMEC(Interactive Robotic Social Mediators as Companions : 동료로서의 대화형 로봇 중개자) 프로젝트의 일환으로서 KASPAR라는 자폐증 전용 인간형 로봇을 개발하였다. KASPAR는 눈 깜박임이나 목을 움직이는 방법을 활용하여 미소, 놀람, 슬픔 등의 감정을 표현하고 이를 통해 표정 인식과 감정처리가 어려운 자폐증 유아가 사회적 상호작용을 학습할 수 있도록 도와주는 것이 목적이었다[8]. 또한 2014년에는 ‘룩앳미(Look At Me)’라는 애플리케이션이 자폐를 겪고 있는 아이와 부모 사이의 관계를 개선할 목적으로 개발되기도 했다[9]. 최근에는 과학기술정보통신부 주관으로 추진되어 서울대병원 소아청소년정신과 김봉년 교수를 주축으로 자폐 문제행동을 완화할 디지털 치료제 개발에 착수하였다[10].

따라서 본 논문에서는 자폐 스펙트럼을 가진 영유아를 위한 감정 및 표정 학습을 제공하는 애플리케이션이자 디지털 치료제인 ‘아이모션(AEMotion)’을 개발했다. ‘아이모션’은 자폐를 뜻하는 Autism의 A와 감정을 뜻하는 Emotion을 결합한 형태이다. ‘아이모션’의 핵심 기능은 다음과 같다. 첫 번째 단계인 ‘감정 학습’ 단계에서는 감정에 부합하는 표정 카드를 제시하여 감정을 학습할 수 있도록 한다. 두 번째 단계인 ‘감정 식별’ 단계에서는 문제에서 표정을 제시하고 이러한 표정이 나타나는 상황에 알맞은 감정을 선택하도록 한다. 마지막으로 세 번째 단계인 ‘표정 훈련’ 단계에서는 제시되는 감정에 부합하는 표정을 지어 사진을 촬영하며 감정 및 표정을 직접 표현할 수 있도록 한다. 기존 기술들은 표정 및 감정 학습에만 초점을 맞췄다면 아이모션은 ‘표정 훈련’ 단계를 통해 학습한 감정에 적합한 표정을 짓는 연습을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 OpenCV를 활용한 표정 인식 기술과 터치블 머신 플랫폼에 대해 살펴본다. 3장에서는 제안된 시스템의 구성 및 주요 기능을 구체적으로 설명한다. 4장에서는 머신러닝(Machine Learning) 학습 방법 및 적용 결과에 대해 설명한다. 마지막 5장에서는 논문의 결론 및 향후 연구 방향에 대해 제시한다.

II. 관련 기술

1. OpenCV(Open Source Computer Vision)

OpenCV는 컴퓨터 비전 및 머신 러닝용 오픈소스 라이브러리이다. 기본적인 영상 파일 입출력, 영상의 화질 향상, 객체 검출과 인식, 추적, 그리고 3차원 비전 문제 해결 등 다양한 기능을 제공하고, k-최근접 이웃 알고리즘과 서포트 벡터 머신과 같은 머신 러닝 알고리즘도 제공한다. 최근에는 딥러닝(Deep Learning) 기법으로 알려진 심층 신경망 모델을 실행하는 기능도 제공되어 OpenCV 라이브러리의 활용도가 더욱 높아지고 있다. 이러한 OpenCV는 얼굴 검출과 인식, 객체 인식, 객체의 3D 모델 추출, 영상 검색, 적목 현상 제거 등 수 많은 응용 분야에 활발하게 이용되고 있다[11].

OpenCV는 기본적으로 C/C++ 언어로 작성되었지만, 현재 널리 사용되고 있는 Python, Java, Matlab, Java Script 등의 인터페이스도 제공한다. OpenCV는 윈도우,

리눅스, MacOS 등 운영체제를 지원하고, 안드로이드와 iOS 같은 모바일 환경도 지원한다. 따라서 공개된 소스인 OpenCV 라이브러리를 이용하여 새로운 응용 프로그램을 손쉽게 개발할 수 있다. 실제로 구글, 야후, 마이크로소프트, 인텔, IBM, 소니, 혼다, 토요타와 같은 대기업과 많은 스타트업 회사에서도 이 라이브러리를 많이 활용되고 있다[12].

2. 티처블 머신(Teachable Machine)

티처블 머신은 구글에서 제공하는 머신 러닝 학습 및 개발용 플랫폼이다. 여기서는 머신 러닝 모델의 학습 과정을 쉽게 이해하고, 직접 모델을 생성해 활용할 수 있다. 특히 머신 러닝 모델을 훈련시키는 과정을 경험하고 이를 활용하여 이미지, 오디오, 포즈 등의 데이터 패턴이 다양한 용도의 학습 모델로 활용할 수 있도록 구성되어 있으며, 데이터 수집하기, 모델 훈련하기, 학습된 모델 내보내기 등의 3단계로 이루어져 있다[13].

이미지나 자세 데이터를 사용할 경우에는 저장된 기존 이미지 파일을 불러오거나 웹캠으로 직접 촬영한 실시간 데이터를 활용할 수 있으며, 사운드 데이터를 활용할 경우에는 저장된 오디오 파일을 업로드하여 데이터를 활용할 수 있다.

다량의 데이터가 확보되면, 모델을 학습시켜야 한다. 모델을 학습시킨 후에는 해당 모델이 정확하게 학습되었는지 새로운 데이터를 이용하여 테스트한다.

마지막으로 해당 모델을 사용하기 위해서는 내보내기를 통해 학습된 모델을 다운로드한다. 학습된 모델을 수정하기 위해서는 이전에 저장된 모델에 다시 데이터 수집 및 학습 단계부터 시작하여 새롭게 수정된 모델을 생성할 수 있다.

3. 안드로이드 스튜디오

안드로이드는 모바일 운영체제 종류 중 하나로, 다양한 서비스를 제공하는 플랫폼이다. 안드로이드 스튜디오는 안드로이드 앱 개발을 위한 공식 통합 개발 환경(IDE)이며 IntelliJ IDEA를 기반으로 한다. IntelliJ의 강력한 코드 편집기와 개발자 도구 외에도, 안드로이드 스튜디오는 안드로이드 앱을 빌드할 때 생산성을 높여주는 모든 안드로이드 기기용으로 개발할 수 있는 통합 환경, 광범위한 테스트 도구 및 프레임워크, 빠르고 기능이 풍부한 에뮬레이터, 유연한 Gradle 기반 빌드

시스템, Github 통합, 구글 클라우드 메시징과 앱 엔진을 간편하게 통합하는 구글 클라우드 지원 등과 같은 여러 기능을 제공한다[14]. 코드 편집, 디버깅, 테스트 및 프로파일링 도구를 비롯한 맞춤형 도구 또한 안드로이드 개발자들에게 제공한다.

III. 제안된 시스템의 구성 및 기능

1. 시스템 구성

본 논문에서 개발한 시스템은 자폐 영유아와 그들의 활동을 보조하는 보호자가 함께 애플리케이션을 실행한다. 해당 애플리케이션은 크게 3가지 단계로 구성되어 있으며, 단계별로 실행하는 것을 권장한다.

그림 1은 전체 시스템의 작업 흐름도를 보여준다.

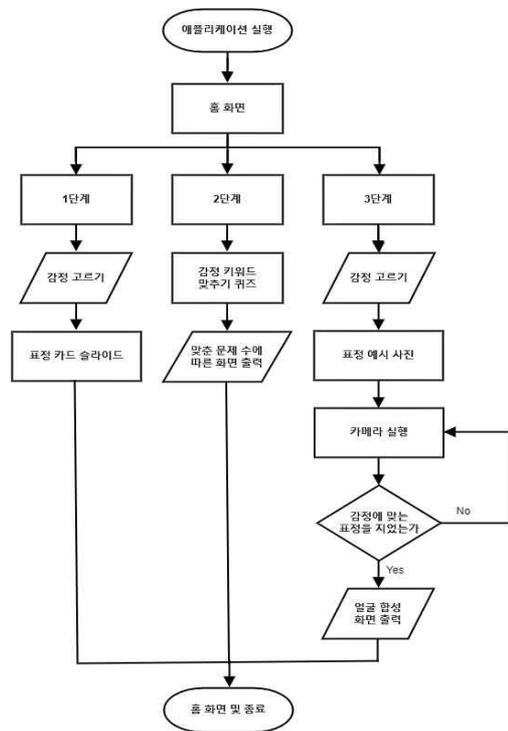


그림 1. 시스템의 작업 흐름도
 Figure 1. System Flowchart

2. 시스템의 주요 기능

첫 번째 단계는 '감정 학습' 단계로 기쁨, 슬픔, 놀람, 화남 총 4가지 감정에 부합하는 표정 이미지를 각각 10장씩 제시하여 표정을 학습시킨다. 이미지는 슬라이드

형식으로 제공되며, 자동 또는 수동으로 넘길 수 있다. 이 단계를 재실행할 때마다 이미지 슬라이드를 무작위로 제공함으로써 학습의 범위를 넓힌다.

그림 2는 첫 번째 단계인 ‘표정 학습’ 단계의 화면 예이다.



그림 2. ‘감정 학습’ 단계에서 ‘화남’에 해당하는 화면 예시
Figure 2. Screen of ‘Angry’ in the ‘emotion learning’ step

두 번째 단계는 ‘감정 식별’ 단계로 총 4문제의 퀴즈 풀이 과정으로 구성된다. 각각의 문제에서는 기쁨, 슬픔, 화남 또는 놀람 중 한 표정을 짓고 있는 사람의 사진이 나타나며 사용자는 해당 사진을 보고 부합하는 감정을 선택한다. 선택한 답이 정답일 시와 오답일 시 해당 결과를 정확히 알 수 있도록 서로 다른 도형과 색을 이용하여 정답 및 오답을 표현해준다. 문제를 모두 풀고 난 후에는 맞은 문제 수만큼 별이 채워진 결과 화면이 나타난다.

그림 3은 두 번째 단계인 ‘감정 식별’ 단계의 화면 예이다.



그림 3. ‘감정 식별’ 단계에 해당하는 화면 예시
Figure 3. Screen of the ‘emotion identification’ step

마지막으로 세 번째 단계는 ‘표정 훈련’ 단계로 기쁨, 슬픔, 놀람, 화남 총 4가지 감정에 부합하는 표정을 사용자가 직접 지어보고 촬영한다. 사진 속 사용자의 모습이 각 감정에 알맞은 표정인 것으로 판단되면, 예시

사진 속 얼굴에 사용자의 얼굴이 합성된 결과를 제공한다. 사용자에게 성취감을 주고 학습 동기를 부여하고자 사용자의 얼굴이 합성된 화면에서 폭죽 효과와 축하의 합성 소리를 추가했다.

그림 4는 ‘표정 훈련’ 단계에서 ‘기쁨’에 해당하는 화면 예이다.

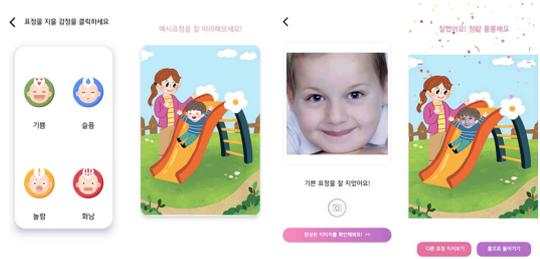


그림 4. ‘표정 훈련’ 단계에서 ‘기쁨’에 해당하는 화면 예시
Figure 4. Screen of ‘Happy’ in the ‘expression training’ step

IV. 시스템 구현 및 실험 결과

1. 학습용 데이터 세트

본 시스템에서는 정확한 표정 인식을 위해 Kaggle에서 수집한 포토 세트와 인터넷을 통해 수집한 사진을 통합하여 기쁨의 경우 1,966장, 슬픔은 1,202장, 놀람은 1,079장, 화남은 1,305장으로 총 5,552의 표정 사진 데이터 세트로 구성된다.

2. 티처블 머신에서의 모델 학습 과정

본 논문에서는 티처블 머신 사이트를 활용하여 Kaggle 및 인터넷에서 수집한 감정 이미지 데이터를 학습시켰다. 구체적으로 배치 사이즈 128, 에포크 50, 학습률은 0.0002로 설정하여 모델 학습을 수행하였다.

그림 5는 티처블 머신에서 진행되는 학습 과정을 보여준다.

실험 결과, 기쁨의 경우, 약 84%, 화남은 약 86%, 놀람은 약 85%로 나타났으며 마지막으로 슬픔은 약 91%의 정확도를 보였다. 아래 그림 6을 통해 확인할 수 있다.

3. 스마트폰 앱을 이용한 실험 결과

사용자 편의를 위해 티처블 머신에서 학습된 모델을 다운로드받아 스마트폰 앱으로 구현하였다. 그림 7, 그림 8, 그림 9은 ‘표정 훈련’ 단계에서 티처블 머신 학습 모델을 반영한 결과이다. 스마트폰에 내장된 카메라를

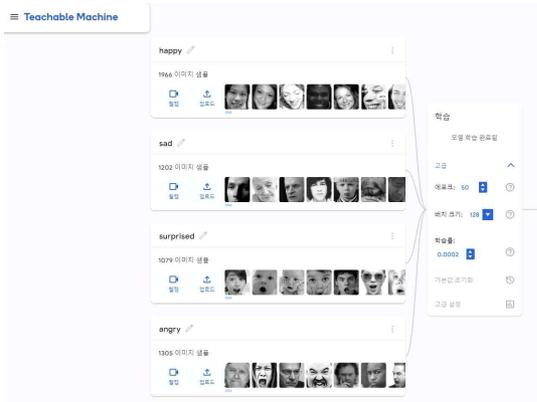


그림 5. 티처블 머신에서 진행되는 학습 과정
 Figure 5. Teachable Machine Training Process

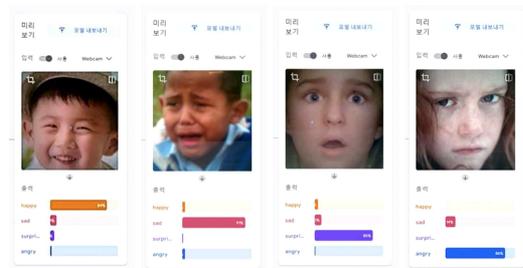


그림 6. 티처블 머신에서 학습된 모델에 대한 실험 결과
 Figure 6. Teachable Machine Training Result

통해 새로운 데이터로 직접 촬영하여 정확도를 확인하였다. 그 결과, 그림 7과 그림 8에서와 같은 표정 데이터 모두 각각 슬픔과 놀람의 감정으로 정확하게 식별한 것을 알 수 있다. 또한, 그림 9처럼 화난 표정 대신 다른 표정을 지었을 경우, 해당 감정에 맞지 않은 표정임을 정확하게 식별했다.

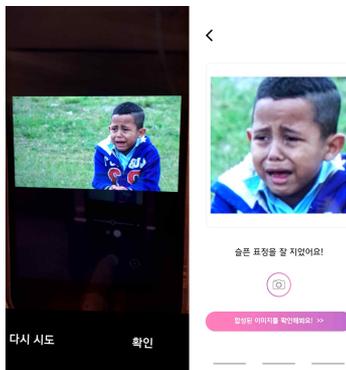


그림 7. 결과 화면 예시 ('슬픔')
 Figure 7. Example of Result Screen ('Sad')

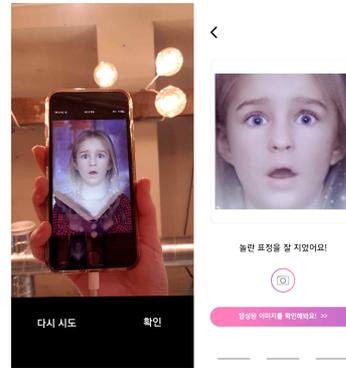


그림 8. 결과 화면 예시 ('놀람')
 Figure 8. Example of Result Screen ('Surprised')

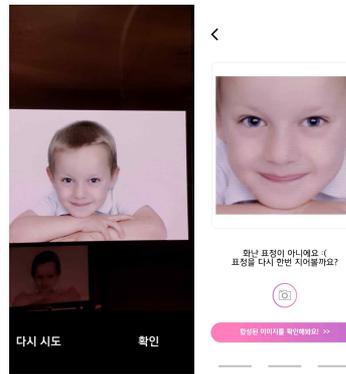


그림 9. 결과 화면 예시 ('화남')
 Figure 9. Example of Result Screen ('Angry')

V. 결론

본 논문에서는 감정을 표현하고 이를 통해 표정 인식과 감정처리가 어려워 사회적 상호작용과 관계 형성이 어려운 자폐 스펙트럼 장애 영유아들이 이러한 어려움을 극복하도록 표정 훈련 디지털 치료제를 개발하였다. 유아기는 한 인간의 일생의 발전 단계에서 가장 기초적인 단계에 해당한다[15]. 따라서, 그만큼 중요한 시기에 해당 디지털 치료제를 통해 자폐 스펙트럼 장애가 있는 많은 영유아가 이차적인 문제를 예방하고 경과를 개선하여 다른 아이들과 더불어 살아갈 수 있을 것으로 기대한다.

본 시스템은 티처블 머신을 기반으로 총 5,502개의 이미지 데이터를 학습시켰으며 그 결과 각 감정 식별 정확도가 모두 대략 85% 이상으로 높은 정확도를 보였다.

향후, 다량의 데이터를 추가로 학습시켜 정확도를 높일 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 자폐 스펙트럼 장애의 종류 및 집단을 좀 더 세부적으로 분류하여, 단계별로 세분화된 학습이 이루어질 경우, 더욱 다양한 결과가 나올 것으로 기대한다. 더 나아가 다국어가 지원되도록 본 시스템을 수정하여 전 세계의 자폐아들에게 도움을 줄 수 있기를 기대한다[16].

References

- [1] Y.G. Seo, "NYT 'WooYoungWoo Syndrome Raises Interest in Autism in Korean Society'". Chosun Ilbo, Sep. 2022. <https://www.chosun.com/international/2022/09/05/UKCDILLSYNEIVETVQHW2HMBHBM/>
- [2] Autism, National Institute of Korean Language, https://stdict.korean.go.kr/search/searchView.do?word_no=513291&searchKeywordTo=3
- [3] S.Y. Yoon, "Early diagnosis is important for developmental disorders. It can improve some of your brain function", Dong-A Science, Nov. 2018. https://www.dongascience.com/news.php?id_x=24818
- [4] Y.H. Yoo, "Children who take drugs for autism have discovered why they become obese", Seoul News, June 2021. <https://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20210517500087>
- [5] K.M. Kim, Choi, S.B. Lee, K.K. Lee, K.C. Paik, J.Y. Lee, M.H. Lim, "Use of Various Treatment Modalities for Autism Spectrum Disorder and Mental Retardation", Department of Psychology, College of Public Service, Dankook University, Cheonan, Korea, Vol. 25, No. 2, pp. 73-81, 2014. <https://doi.org/10.5765/jkacap.2014.25.2.73>
- [6] C.Y. Park, "Autism Spectrum Disorder Without Medicine ...Is there no hope for 'Extraordinary Attorney Woo'", Mediasobiznews, July 2022. <http://www.mediasobiznews.com/news/articleView.html?idxno=89384>
- [7] M. Lee, "A Design of Cooperative Game Matching Model for Autistic Children Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method", Graduate School of Techno Design, Kookmin University, Seoul. http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=03548cf2ff79f332ffe0bdc3ef48d419
- [8] "An interactive robot that teaches 'expression' to children with autism", BRIC, July 2007. <https://www.ibric.org/myboard/read.php?Board=news&id=128842>
- [9] H.J. Min, "Looking at the story of Samsung's 'Look at Me', an app for autistic children", I-News24, Dec. 2014. <https://www.inews24.com/view/872338>
- [10] H.J. Cho, "Seoul National University Hospital has begun developing a 'digital treatment' for autism spectrum disorder", BKT News, July 2022. <https://bktimes.net/detail.php?number=90181&thread=06r01>
- [11] J.Y. Yong, S.G. Lee, "An Object Tracking Method for Studio Cameras by OpenCV-based Python Program", The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT), Vol. 4, No. 1, pp. 291-297, February 2018. <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.1.291>
- [12] S.G. Hwang, 『Computer Vision and Machine Learning with OpenCV 4』, Gilbut
- [13] S.M. Lee, S.J. Jeon, "The effect of artificial intelligence experience programs using teachable machines on artificial intelligence perception of elementary school students", JOURNAL OF The Korean Association of information Education (JKAIE), Vol. 25, No. 4, pp.611-619, Aug. 2021.
- [14] "Meet Android Studio", developers, <https://developer.android.com/studio/intro>.
- [15] H.G. Jo, E.K. Kang, Y.J. Yoon, Y.S. Choi, "Body Food: Touch Mat for Emotional and Physical Development of Children", International Journal of Advanced Culture Technology (IJACT), Vol. 7, No. 1, pp.162-173, July 2019. DOI 10.17703/IJACT.2019.7.1.162
- [16] Yonsei University Industry-Academic Cooperation Foundation, "Development of app-based skills program for children with high functioning autism R&D Report", The Ministry of Health and Welfare of Korea Health Industry Promotion Agency, Seoul, October 2017.

※ 본 논문은 2022학년도 서울여자대학교 교내 연구비의 지원을 받았음(2022-0115).