

디지털헬스케어에서의 인공지능 적용 사례 및 고찰

박민서

서울여자대학교 데이터사이언스학과 교수

Artificial Intelligence Application Cases and Considerations in Digital Healthcare

Minseo Park

Assistant Professor, Department of Data Science, Seoul Women's University

요약 디지털 헬스케어의 정의는 광의로는 헬스케어 산업과 ICT가 융합되어 개인건강과 질환을 관리하는 산업 영역을 의미하고, 협의로는 환자의 건강을 향상시키기 위해 의료 서비스를 관리하는데 다양한 의료 기술을 사용하는 것을 포함한다. 본 논문은 디지털 헬스케어 분야에 적용되고 있는 인공지능과 기계학습 기법들의 활용사례 소개를 통해 다양한 디지털 헬스케어 분야에 인공지능 기술이 안정적이고 효율적으로 적용할 수 있도록 설계 지침을 제공하는 데 목적이 있다. 이를 위해 본 논문에서는 의료분야와 일상생활 분야로 나누어서 살펴보았다. 두 영역은 다른 데이터 특성을 갖는다. 두 개의 영역을 보다 세분화하여 데이터 특성 및 문제 정의 및 특징에 따른 인공지능 알고리즘 활용사례를 살펴보았다. 이를 통해 디지털 헬스케어 분야에서 활용되는 인공지능 기술들에 대한 이해도를 높이고 다양한 인공지능 기술의 활용에 대한 가능성을 검토하여 인공지능 기술이 헬스케어 산업과 개인의 건강한 삶에 기여할 수 있는 근본적인 가치에 대해 고찰한다.

주제어 : 인공지능, 머신러닝, 디지털 헬스케어, 예후, 진단, 치료, 임상 워크플로

Abstract In a broad sense, the definition of digital health care is an industrial area that manages personal health and diseases through the convergence of the health care industry and ICT. In a narrow sense, various medical technologies are used to manage medical services to improve patient health. This paper aims to provide design guidelines so that artificial intelligence technology can be applied stably and efficiently to more diverse digital health care fields in the future by introducing use cases of artificial intelligence and machine learning techniques applied in the digital health care field. For this purpose, in this thesis, the medical field and the daily life field are divided and examined. The two regions have different data characteristics. By further subdividing the two areas, we looked at the use cases of artificial intelligence algorithms according to data characteristics and problem definitions and characteristics. Through this, we will increase our understanding of artificial intelligence technologies used in the digital health care field and examine the possibility of using various artificial intelligence technologies.

Key Words : Artificial Intelligence, Machine Learning, Digital Healthcare, Prognosis, Diagnosis, Treatment, Clinical Workflow

*Corresponding Author : Minseo Park(mpark@swu.ac.kr)

Received October 28, 2021

Accepted January 20, 2022

Revised December 1, 2021

Published January 28, 2022

1. 서론

디지털 헬스케어에서의 인공지능(AI) 활용사례를 통해 건강관리 시스템과 기술이 추구하는 올바른 방향성과 인공지능이 더할 수 있는 가치에 대해 토의해 보고자 한다. 사람은 태어나 유전적, 후천적인 원인과 다양한 환경, 습관, 정신적인 스트레스 등으로 인해 몸의 골격, 근육, 신경계통에 이상 증후가 발생하고, 불편함과 고통을 느끼며 살아가거나 진단 및 치료를 필요로 하는 경우가 필연적으로 생기게 된다. 기존의 헬스케어 시스템에 ICT (Information and Communication Technology)가 융합되어 진단-치료중심의 건강관리뿐만 아니라 예측-예방중심의 서비스가 가능해졌지만 이는 대부분 효과를 향상시키는 수단에 집중되어 있으며 이상 증후가 발생하는 근본적인 원인과 해결책을 명확히 제시하지는 못하고 있다.

인공지능/기계학습(AI/ML, Artificial Intelligence/Machine Learning) 기술의 발달 및 활용이 건강관리 시스템에 더해 줄 가치는 자동화, 효율화를 넘어 개개인에게 이상 증후가 발생하는 원인을 추적하고 개인화된 건강관리 가이드를 제공함으로써 사용자는 건강관리에 투자하는 시간과 돈을 최소화하면서 각자의 본업에 충실한 삶을 영위해 나갈 수 있도록 돕는데 있다고 볼 수 있다.

디지털 헬스케어의 정의는 광의로는 헬스케어 산업과 ICT가 융합되어 개인건강과 질환을 관리하는 산업영역을 의미하고, 협의로는 환자의 건강을 향상시키기 위해 의료 서비스를 관리하는 데 다양한 의료 기술을 사용하는 것을 포함한다[1]. 디지털 헬스케어 서비스는 개인의 휴대형 또는 착용형 기기 그리고 병원 정보 시스템에서 수집된 생활 습관, 신체 검진, 의료 정보, 유전체 정보 등과 통합·연계·분석을 바탕으로 제공되는 개인 맞춤형 건강관리 지원을 포함한다. 더불어 ICT 기술의 발전에 힘입어 다양한 이질적 데이터 간의 통합 분석을 이용한 개개인에 맞춤 건강관리 서비스가 시도되고 있다[2,3]. 특히, 유무선 인터넷에 연결된 장치들 간에 전송되는 데이터를 수집/통합/분석하여 가치있는 패턴을 도출하는 디지털 변화는 일상 업무와 사회생활에서 영향을 미치고 있다. 이러한 변화는 빅데이터(Bigdata), IoT(Internet of Things), 클라우드 컴퓨팅 (Cloud computing), 인공지능(AI, artificial intelligence), 기계학습(ML, machine learning) 등 ICT 기술 간의 데이터 상호

운용성(data interoperability)이 강조되면서 시장 리더들은 혁신적 서비스 창출의 기회로 이용하고 있다. 디지털 헬스케어 서비스에서도 이와 같은 변화와 혁신이 가속화되고 있으며 성과를 보이는 사례들이 나타나고 있다.

인공지능/기계학습(AI/ML)은 사람 지능을 디지털로 표현하기 위해 "이해-분석-적용"할 수 있는 시스템을 목표로 하는 활용 기술이다. 계산 문제의 세부 해결 단계를 절차화하여 구성되는 계산 중심 알고리즘과 다르게 인공지능 알고리즘은 해결하려는 문제에서 수집된 데이터로부터 규칙들을 찾는다. 이런 문제 해결 방식을 "데이터로부터 학습(learning from data)" 또는 "데이터 기반 알고리즘(data driven algorithm)"이라고 한다[4-6]. 디지털 헬스케어 데이터 분석 측면에서 인공지능/기계학습(AI/ML) 기술 활용은 수집된 데이터의 특징 표현(feature representation)과 학습알고리즘을 적용하여 내재된 분류 또는 군집화 규칙을 발견한다[7,8]. 알고리즘은 반복 과정을 통해 입력 데이터로부터 분류 또는 군집화를 수행하는 모델(model)을 생성하며 테스트 데이터에 대해 예측 결과를 출력한다. 의료분야에서의 인공지능/기계학습 (AI/ML) 기술의 주요 응용은 예후 (prognosis), 진단(diagnosis), 치료(treatment), 임상 워크플로 (clinical workflow) 등으로 구분할 수 있다[9]. 개인 맞춤 운동과 식이습관 등의 일상생활에서의 건강관리분야에서도 인공지능 기술이 적용되고 있다.

본 논문에서는 의료분야와 일상생활 분야로 나누어서 인공지능 기술의 적용 사례를 살펴 보았다. 두 영역은 다른 데이터 특성을 갖는다. 데이터 특성 및 문제 정의 및 특징에 따라 보다 세분화하여 인공지능 알고리즘 활용 사례를 살펴 보았다. 이를 통해 디지털 헬스케어 분야에서 활용되는 인공지능 기술들에 대한 이해도를 높이고 다양한 인공지능 기술의 활용에 대한 가능성을 검토하여 헬스케어 산업과 개인의 건강한 삶에 기여할 수 있는 근본적인 가치에 대해 고찰한다.

2. 의료분야에서의 인공지능(AI)과 기계학습(ML) 활용사례

2.1 병원전자건강기록(EHR, Electronic Health Record)에서의 머신러닝(ML, Machine Learning) 활용

병원과 기타 의료 서비스 제공은 전자 건강 기록(EHR)을 기반으로 하고 있으며 환자의 완전한 투약 이력도 포함된 정형 또는 비정형 데이터로 구성되어 있다. 최근에는 진단 과정을 용이하게 하기 위해 기계학습(ML) 분석이 임상 특징표현에 활용되었다[10]. EHR에서 비정형화된 진단 정보를 추출하기 위해 반지도 모델[11], 당뇨병 진단을 위한 기계학습 모델[12] 등이 적용되었다. 각 레코드에 대한 치료는 연도별 EHR 데이터를 사용하여 사망률 예측 및 체류 기간에 따라 분석 및 조사했으며 기계학습(ML)모델이 이력 데이터에 대해 학습될 때 예측 성능에 대해 실험적 결과를 보고했다[13].

개인 건강 데이터 중 생체정보 감지기술을 통해 수집되는 산소포화도, 체온, 체중, 혈압, 체성분, 심전도 등의 정보들이 있는데 이는 웨어러블 디바이스, 모바일 등 IT(Information Technology)산업 발전으로 연속적인 측정 및 수집이 가능해졌다. 단일 정보로는 활용가치가 적지만 연속적인 라이프로그 데이터로 수집되고 이를 바탕으로 질병의 위험도 예측이 향상되는 것을 증명한다면, EHR과 함께 적절한 시기에 활용도를 극대화할 수 있다.

2.2 의료 영상에서의 인공지능(AI) 활용

의료 영상 분석에서 AI 기술은 자기 공명 영상(MRI, magnetic resonance imaging), 컴퓨터 단층 촬영(CT, computed tomography), 초음파(ultrasound), 양전자 방출 단층 촬영(PET, position emission tomography) 등 의료 영상 기기들로부터 획득한 영상에서 관심 정보를 추출한다. 인공지능 이미지 영상 처리 방법 중 대표적인 딥러닝 방법인 합성곱(CNN, Convolutional neural network)은 질병 진단을 지원하기 위해 의료분야에서 성공적으로 응용되었다. Long 등은 안구 영상 학습을 통해 선천성 백내장 질환 진단에서 90% 이상의 정확도를 제공했다[14]. Esteva 등은 임상 이미지에서 피부암을 검사하기 위한 합성곱(CNN) 분석을 수행하였다. 악성 병변(예: 민감도)과 양성 병변(예: 특이도)의 예측은 90% 이상으로 우수한 성능을 보였다 [15]. Gulshan 등은 망막 안저 사진을 합성곱(CNN) 모델을 통해 학습하여 당뇨병 성 망막증 탐지를 수행했다 [16]. 그 외, 임상 방사선 보고서에 주석을 달기 위한 자연어 처리 기반 방법 [17]과 의료 영상의 자동 태깅 및 설명을 위한 다중 작업 기계학습(ML)

기반 프레임워크[18]가 제안되었다. 합성곱(CNN)과 순환신경망(RNN, recurrent Neural Network)을 통합하여 개발된 end-to-end 모델은 흉부 X-선에서 흉부 질환 분류 및 보고를 위해 제시되었다[19]. 자동 보고서 생성을 위해 합성곱(CNN)과 장단기 메모리(LSTM, Long Short-Term Memory) 모델을 활용한 새로운 다중 모드 시스템을 개발하였다[20].

2.3 환자 모니터링에서의 기계학습(ML) 활용

환자의 실시간 모니터링은 매우 중요하며 치료 과정의 핵심 구성 요소이다. IoT(Internet of Things) 건강 모니터링 기기, 스마트폰을 활용한 지속적인 건강 모니터링에 대한 관심이 높아 지고 있다. 지속적인 건강 모니터링의 일반적인 설정에서는 웨어러블 장치와 스마트폰을 사용하여 데이터를 수집한 다음 기계학습(ML) 적용을 위해 클라우드로 전송한다. 분석 결과는 적절한 조치를 위해 다시 사용자 장치로 재전송된다. 예로 광전용 정맥파(PPG, Photoplethysmography) 신호를 사용하여 심박수 모니터링을 수행하는 클라우드 통합 프레임워크가 제안되었다[21]. 유사하게 웨어러블 장치를 사용하는 환자의 원격 모니터링을 통해 사람 활동을 인식하는 다양한 기계학습(ML)이 적용되었다[22]. 이를 통해 환자의 일상생활 데이터를 관찰 및 분석하여 보다 효과적인 치료가 가능하게 되었다. 실제로 만성질환의 경우 환자 모니터링을 통해, 치료의 효과를 높일 수 있었다.

2.4 질병 예측 및 진단에서의 기계학습(ML) 활용

의료 데이터에서 질병을 조기에 예측하고 진단하는 것은 기계학습(ML)의 주요 응용분야이다. 다양한 연구에서 질병에 대해 시기적절한 치료를 위해 예방 및 예측 의료의 중요성이 강조되고 있다. 암의 예측 및 예후에 대한 기계학습(ML) 기반 방법의 사용 가능성을 분석하였다[23]. 임상 데이터와 함께 서로 다른 기계학습(ML) 알고리즘을 사용하여 심혈관 위험 예측에서 정확성 향상을 보고하였다[24]. 다양한 질병(예: 당뇨병(diabetes), 뎅기열(dengue), 간염(hepatitis), 심장(heart), 간(liver))의 감지 및 진단을 위한 다양한 기계학습(ML) 기술에 대한 조사 및 연구가 수행되었다[25]. 연구개발 사례를 보면 보스턴에 본사를 둔 바이오 제약 회사인 Berg는 종양학, 신경학, 희귀질환 질병에 대해

인공지능(AI)을 활용하여 진단 및 치료법을 연구하고 있다[26]. Oxford의 P1vital Predicting Response to Depression Treatment (PREdicT)는 우울증과 같은 뇌 질병을 예측하는 프로젝트를 진행하고 있다[27]. 이외에도 치매를 비롯 영상 및 진단검사에 기반한 질병의 경우 인공지능 알고리즘이 적용되어서 질병 예측의 정확도를 높이고 있다.

2.5 임상실습에서의 인공지능(AI) 활용

예후는 임상 실습에서 질병의 발전을 예측하는 과정으로 특정 질병과 관련된 증상 및 징후, 시간이 지남에 따라 악화, 개선 또는 안정적으로 유지되는지 여부와 잠재적인 문제, 합병증, 일상적인 활동 수행 능력 및 생존 가능성에 대한 식별 등이 포함된다. 임상 환경에서와 같이 표현형(phenotype), 유전체, 단백질체(proteomic), 병리학 (pathology) 데이터 결과 및 의료 이미지 등과 같은 다중 모드(multi-modal) 데이터에 대한 분석에 인공지능/기계학습(AI/ML)이 사용된다[28]. 예로, 기계학습(ML) 모델은 뇌종양(brain tumor)[29], 폐결절(lung nodule)[30] 등 암을 분류하기 위해 선택되었다. 질병 예후 예측을 위한 잠재적인 인공지능/기계학습(AI/ML) 응용은 개인화 의학을 가능하게 하는 것을 목표로 시도되고 있으며 높은 성장 가능성이 기대된다. 이외에도 걷기를 포함한 일상생활의 신체활동과 암 발생 위험 간의 연구에서도, 암과의 관련성을 찾을 수 있었다. 특히, 대장/직장암(Colon cancer), 유방암(Breast cancer), 자궁내막암(Endometrial cancer) 등이 신체활동과 관련이 높은 것을 알 수 있었다 신체활동이 적은 집단과 신체활동이 많은 집단 간의 암 발생 위험을 비교하였을 때 직장암은 60 여 개의 연구에서 신체활동이 많은 집단에서 20~25%의 위험 감소를 보였다. 유방암의 경우 73 개의 연구 중 3/4 이상의 연구에서 신체활동이 유방암 위험 감소에 도움을 주는 것으로 나타났으며 그 위험 감소 정도는 25% 정도로 나타났다. 자궁내막암은 20 개의 연구 결과에서 20~30%의 위험 감소 효과가 있는 것으로 나타났다[9].

3. 일상관리에서의 인공지능(AI)과 기계학습(ML) 활용사례

3.1 개인 맞춤 운동을 위한 기계학습(ML) 활용

퍼스널 트레이닝과 같이 운동 보조의 목적으로 인공지능과 결합한 맞춤형 서비스가 등장하고 있다. 주로 운동 진행 상황 추적, 동작 가이드, 운동 기록, 맞춤형 운동 추천 등을 통해 인공지능(AI) 기반의 개인 운동 관리를 맞춤형으로 설계하는 서비스를 제공한다. 운동방식을 측정하는 동작 인식 기술이 발전하면서 측정의 정확도가 높아지고, 올바른 자세를 유지하도록 도와주는 맞춤형 코칭이 가능해졌으며, 인공지능(AI) 스피커를 활용하여 실제 트레이너와 상호작용하는 서비스로 진화하고 있다. 기계학습(ML)을 활용한 운동 측정 연구 사례를 보면 운동장비에 부착된 센서를 기반으로 힘, 속도, 시간 주기 등 매개변수를 직접 측정해 운동의 평가를 위한 패턴 인식을 위해 ANN(Artificial Neural Network) 기반 모델링을 통해 운동 분석 및 코칭이 적용되었다[31]. 기계학습(ML)을 활용해 에어로빅 특수동작의 근력강화 코어 근육을 측정해 운동 효과를 증가시키는 시스템이 개발되었다[32]. 상용화 사례로는 미국의 Tempo AI Home Gym, Fitness AI, Aaptiv Coach 등이 있다. 국내에서도 카카오 VX 에서 인공지능(AI)기반 동작 인식 홈트레이닝을 해주는 스마트홈트를 출시했으며, 딥러닝 기반의 인공지능 기술을 이용해 이용자의 실시간 움직임을 분석해 바른 운동자세를 알려준다. 875는 국내 최초로 인공지능(AI) 코치를 도입한 앱으로 인공지능(AI) 코치가 개인의 건강 상태를 고려해 운동 습관을 관리해주는 앱이다. 사용자의 상태, 목표, 체력을 분석해 이상 운동법 조합 중 가장 적합한 운동을 찾아준다. 국내 라이크핏, 아이픽셀 등에서도 인공지능(AI) 기반의 온라인 홈트 기술을 상용화해 서비스를 제공하고 있다. 피트(FITT)는 데이터 기반으로 심폐지구력, 근력, 관절가동성 등 개인의 운동 능력을 분석하고 맞춤형 운동을 처방하는 솔루션을 개발했다. 또한 피트는 전문 장비 없이 일상에서 사용할 수 있는 운동 검사 알고리즘을 자체 구축했다. 아마존은 자체 디바이스(Halo Band)에 앱서비스 (Movement Health)를 출시하여 스마트폰 카메라를 통한 사용자의 기본 동작을 분석하고 맞춤형 운동 가이드를 제공한다.

개인 맞춤 운동에서 올바른 자세, 적합한 운동이란 개인의 골격 및 근육발달 정도, 이 둘의 조합에 의해 고착된 평상시 자세에 따라 그 정의가 달라질 수 있다. 예를 들어 거북목 증후군 환자에게는 통증이 느껴지지 않는 범위에서 특정근육을 자극하고 자세를 교정해 가는

것이 병행되어야 다른 운동에서도 부작용을 최소화할 수 있다. 이러한 관점에서 기계학습(ML)을 활용한 자세 측정 및 교정에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다 [33,34]. 평상시 기본자세 및 동작을 사진 및 영상으로 촬영하여 데이터 기반 알고리즘으로 분석한 후 사용자의 운동 능력 및 범위를 진단하고 진단 결과를 바탕으로 사용자에게 최적의 운동시간(속도), 횟수(패턴) 및 운동 강도를 제시한다[35,36]. 이를 위해 개개인의 운동 능력에 대한 정확한 진단이 선행되어야 한다. 이를 기반으로 개인에게 맞는 운동목표를 설정하고 가이드를 제공할 수 있으며 주기적인 진단으로 교정 및 발달 정도를 관리해 나갈 수 있다.

3.2 식품 및 식단 추천을 위한 기계학습(ML) 활용

최근에는 인공지능 기술의 발달로 건강관리를 위한 식단 추천 기술이 등장하고 있으며, 식품 사진을 통해 칼로리를 알려주거나 하는 이미지 인식(Image Recognition), 요리 및 칼로리 정보를 활용해 개인의 라이프스타일에 따른 건강 식단 추천, 레시피 추천 등이 포함되고 있다. 비만 관리를 위해 칼로리를 알려주는 기술로는 자동으로 음식 이미지를 수집하고, 정확하게 분류하고 음식 속성을 추정하는 딥러닝(DL, Deep Learning) 모델인 합성곱(CNN)이 사용되고 있으며[37] 정형화되어 있을 경우, 기계학습(ML) 중 서포트 벡터 머신(SVM, Support Vector Machine)이 사용되기도 한다[38]. 카카오 AI lab에서는 음식 인식을 위한 모델로 InceptionV4를 채택해서 추가적인 성능을 향상시키고 있으며 최적화 알고리즘을 위해 초반에는 학습 속도가 빠른 ADAM(A Method for Stochastic Optimization)을 사용하였고, 후반에는 SGD(Stochastic Gradient Descent)처럼 높은 성능에 안정적으로 수렴하는 AdaBound를 선택해서 성능을 향상시키고 있다[39]. 레시피나 식단을 추천해주는 추천 모델은 전통적인 모델인 협업 필터링(CF, Collaborative Filtering), 콘텐츠 기반 추천 시스템(CB, Content-based Recommender Systems) 그리고 하이브리드 추천 시스템 등이 활용된다[40]. 기계학습(ML) 모델 적용을 통해 개개인의 건강 상태에 따른 맞춤형 식단 추천이 가능해지고 있다.

4. 고찰

디지털 헬스케어 서비스를 위한 인공지능과 기계학습 응용이 확대되고 있다. 이러한 변화의 시작은 디지털 혁신, 데이터 가용성의 증가, 기계학습 알고리즘의 기대 부응, 오픈소스 소프트웨어의 활용 등에 기인한다. 인공지능/기계학습(AI/ML) 기술을 의료와 일상 관리로 나누어 적용 사례로부터 발전 동향을 정리하였으며 실제 적용 사례를 소개하였다. 인공지능/기계학습(AI/ML) 적용은 실행 가능한 문제 정의를 비롯 여러 가지 인공지능 방법론 및 알고리즘과 전문가 지식 활용 등을 포함하는 여러 종류의 데이터들을 통합하여 분석할 수 있다. 의료에서의 예후, 진단, 치료, 임상 워크플로에서 사용되고 있다.

헬스케어 빅데이터와 인공지능 플랫폼이 상호발전하기 위해서는 고품질 데이터가 보장되어야 한다. 병원과의 밀접한 협력이 필요하다. 최근에는 웨어러블 기기의 발전 및 웨어러블 디바이스가 출시되면서 보다 정확하고 정밀한 측정이 가능하게 됨에 따라 고품질의 걸음, 수면, 체중 등의 데이터를 수집할 수 있다. 인공지능 기술의 발전과 가용 가능한 고품질 데이터 확보를 통해 인공지능/기계학습(AI/ML) 기술이 보다 많은 디지털 헬스케어 서비스에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 단, 인공지능(AI) 기술이 예측의 정확성 입증을 넘어 헬스케어 산업에 그리고 각 사용자에게 일상 관리와 질환관리 측면에서 어떠한 가치를 더할 수 있을 것인가에 대한 깊이 있는 고찰이 필요하다. 뿐만 아니라 인공지능(AI) 기술의 적용 가능한 영역을 잘 선별하는 것도 필요하다. 인공지능(AI)를 통한 편하고, 빠르고, 자동화된 헬스케어 시스템 구축의 의미를 넘어 기존의 헬스케어 시스템이 다룰 수 없었던 영역을 얼마만큼 명확하게 정의하고 세밀하게 분석-예측할 수 있는지 살펴보아야 한다. 이상 증후에 대한 근본적인 원인분석이 가능해야 일상 진단 및 사전 예방도 가능해질 것이다. 인공지능(AI) 기반 헬스케어가 기존 시스템과 사람을 대체하는 것이 아닌 사람의 몸과 마음의 건강에 대해 보다 본질적인 고민을 하고 실행해 가는 것을 돕는 수단이 되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] G. Iyawa, M. Herselman & A. Botha (2016). Digital Health Innovation Ecosystems: From Systematic Literature Review to Conceptual Framework. *In: Procedia Computer Science, 100*, 244-252.
DOI : 10.1016/J.PROCS.2016.09.149
- [2] A. Arora. (2020). Conceptualising Artificial Intelligence as a Digital Healthcare Innovation: An Introductory Review". *In: Medical Devices: Evidence and Research, 13* 223-230.
DOI : 10.2147/MDER.S262590.
- [3] J. Hwang. (2021). *Global Health Care Outlook* , Deloitte Insights
- [4] C. Bishop. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics). Berlin, Heidelberg: *Springer-Verlag*, ISBN: 0387310738.
- [5] T. Hastie, R. Tibshirani & J. Friedman. (2001). *The Elements of Statistical Learning*. Springer Series in Statistics, New York, NY, USA: Springer New York Inc.
- [6] R. Schapire & Y. Freund. (2012). *Boosting: Foundations and Algorithms*, The MIT Press, ISBN: 0262017180, 9780262017183.
- [7] K. Yu, A. Beam & I. Kohane (2018). Artificial intelligence in healthcare". *In: Nature Biomedical Engineering, 2*, 719-731.
- [8] Y. Woo, S. Lee, C. Choi, C. Ahn & O. Baek(2019). Trend of Utilization of Machine Learning Technology for Digital Healthcare Data Analysis, *ETRI, 34*.
- [9] A. Qayyum et al. (2020). Secure and Robust Machine Learning for Healthcare: A Survey. *In: IEEE Reviews in Biomedical Engineering*.
DOI : 10.1109/RBME.2020.3013489.
- [10] B. Peter, L. Jensen & S. Brunak. (2012). "Mining electronic health records: towards better research applications and clinical care. *In: Nature Reviews Genetics, 13*, 395-405.
DOI : 10.1038/nrg3208.
- [11] Z. Wang et al. (2012). Extracting Diagnoses and Investigation Results from Unstructured Text in Electronic Health Records by Semi-Supervised Machine Learning. *In: PLOS ONE, 7(1)*, 1-9.
DOI : 10.1371/journal.pone. 0030412.
- [12] T. Zheng et al. (2017). A machine learning-based framework to identify type 2 diabetes through electronic health records. *In: International journal of medical informatics, 97*, 120-127.
DOI : 10.1016/j.ijmedinf.2016.09.014.
- [13] B. Nestor et al. (2019). Feature Robustness in Non-stationary Health Records: Caveats to Deployable Model Performance in Common Clinical Machine Learning Tasks. arXiv: 1908.00690 [cs.LG].
- [14] E. Long et al. (2017). An artificial intelligence platform for the multihospital collaborative management of congenital cataracts. *Nature biomedical engineering, 1(2)*, 1-8.
DOI : 10.1038/s41551-016-0024.
- [15] A. Esteva et al. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *In: Nature, 542*.
DOI : 10.1038/nature21056.
- [16] V. Gulshan et al. (2016). Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *In: JAMA, 316*.
DOI : 10.1001/jama.2016.17216.
- [17] J. Zech et al. (2018). Natural Language-based Machine Learning Models for the Annotation of Clinical Radiology Reports. *In: Radiology, 287*, 570-580.
DOI : 10.1148/radiol.2018171093.
- [18] B. Jing, P. Xie & E. Xing. (2018). "On the Automatic Generation of Medical Imaging Reports". *In: Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 1*.
DOI : 10.18653/v1/p18-1240
- [19] X. Wang et al. (2018). TieNet: Text-Image Embedding Network for Common Thorax Disease Classification and Reporting in Chest X-rays. arXiv: 1801. 04334 [cs.CV].
- [20] Y. Xue et al. (2018). Multimodal Recurrent Model with Attention for Automated Radiology Report Generation. *21st International Conference, Granada, Spain, September 16-20, Proceedings, Part I*, (pp. 457-466).
DOI : 10.1007/978-3-030-00928-1_52.
- [21] V. Jindal. (2016). Integrating Mobile and Cloud for PPG Signal Selection to Monitor Heart Rate during Intensive Physical Exercise. *In: 2016 IEEE/ACM International Conference on Mobile Software Engineering and Systems (MOBILESoft)*, (pp. 36-37).
DOI : 10.1109/MobileSoft.2016.027.

- [22] F. Attal et al. (2015). Physical Human Activity Recognition Using Wearable Sensors. *In: Sensors*, 15, pp. 31314-31338. DOI : 10.3390/s151229858.
- [23] J. Cruz & D. Wishart. (2007). Applications of Machine Learning in Cancer Prediction and Prognosis. *In: Cancer Informatics*, 2, (pp. 59-77). DOI : 10.1177/117693510600200030
- [24] S. Weng et al. (2017). Can Machine-learning improve cardiovascular risk prediction using routine clinical data?. *In: PLoS ONE*, 12, DOI : 10.1371/ journal.pone.0174944
- [25] M. Fatima & M. Pasha. (2017). Survey of Machine Learning Algorithms for Disease Diagnostic. *In: Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, 09, (pp. 1-16). DOI : 10.4236/jilsa.2017.91001.
- [26] <https://www.berghealth.com/>
- [27] <https://www.p1vital.com/>
- [28] A. Collins & Y. Yao. (2018). Machine Learning Approaches: Data Integration for Disease Prediction and Prognosis. *In Applied Computational Genomics* (pp. 137-141). Springer, Singapore. DOI : 10.1007/978-981-13-1071-3_10.
- [29] P. Afshar, A. Mohammadi & K. Plataniotis. (2018). Brain Tumor Type Classification via Capsule Networks. *In 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (pp. 3129-3133). IEEE. DOI : 10.1109/ICIP.2018.8451379.
- [30] W. Zhu et al. (2018). DeepLung: Deep 3D Dual Path Nets for Automated Pulmonary Nodule Detection and Classification. *In 2018 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)* (pp. 673-681). arXiv: 1801.09555 [cs.CV].
- [31] H. Novatchkov & A. Baca. (2013). Artificial intelligence in sports on the example of weight training. *J Sports Sci Med*, 12(1), 27-37.
- [32] L. Jia & L. Li. (2020). Research on core strength training of aerobics based on artificial intelligence and sensor network. *J Wireless Com Network*, 164.
- [33] S. Park, S. Ryoo & S. Dong. (2021). Responsive Healthcare System for Posture Correction Using Webcam-Based Turtle Neck Syndrome Discrimination Algorithm. *J Korea Multimedia Society*, 24(2), 285-294. DOI : 10.9717/kmms.2020.24.2.285
- [34] E. Piñero-Fuentes et al. (2021). A Deep-Learning Based Posture Detection System for Preventing Telework-Related Musculoskeletal Disorders. *Sensors*, 21, 5236. DOI : 10.3390/s21155236
- [35] A. Aguirre et al. (2021). Machine Learning Approach for Fatigue Estimation in sit to stand exercise. *Sensors*, 21, 5006. DOI : 10.3390/s21155006
- [36] F. Galbusera, G. Casaroli & T. Bassani. (2019). Artificial intelligence and machine learning in spine research. *JOR Spine*. DOI : 10.1002/jsp2.1044
- [37] Z. Shen, A. Shehzad, S. Chen, H. Sun & J. Liu (2020). "Machine Learning Based Approach on Food Recognition and Nutrition Estimation. *Procedia Computer Science*, 174, 448-453. DOI : 10.1016/j.procs.2020.06.113
- [38] P. Pouladzadeh, G. Villalobos, R. Almaghrabi & S. Shirmohammadi (2012). A Novel SVM Based Food Recognition Method for Calorie Measurement Applications. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops*, (pp. 495-498). DOI : 10.1109/ICMEW.2012.92.
- [39] 'Deep learning technology to manage diet smartly.' <https://tech.kakaoenterprise.com/84>
- [40] N. Jhamat, G. Mustafa, Z. Arshad & R. Abbas. (2021). Expert System for Recommendations of Healthy Food Recipes using machine learning. *xllkogretim Online - Elementary Education Online*, 20(5), 2867-2874. DOI : 10.17051/ilkonline.2021.05.313

박민서(Minseo Park)

[정회원]



- 2009년 : 메사추세츠 대학교 공학박사
- 2010년 ~ 2015년 삼성 SDS 바이오인포메틱스랩 수석연구원
- 2015년 ~ 2019년 SK 텔레콤 부장 및 팀리더
- 2019년 ~ 2021년 : 한화시스템 AI랩장(상무)
- 2018년 ~ 2021년 : KAIST기술경영대학원겸직교수
- 2021년 ~ 현재 : 서울여자대학교 데이터사이언스학과 조교수
- 관심분야 : 머신러닝/딥러닝, 바이오인포메틱스, 헬스케어, AI to 유통/금융/산업
- E-mail : mpark@swu.ac.kr