

BIO ECONOMY REPORT

July 2021. Issue 31

인공지능 및 빅데이터 관련 의료기기 주요기업 특허 출원 동향과 의료 분야 응용 기술 개발동향

인공지능 및 빅데이터 관련 의료기기 주요기업 특허 출원 동향과 의료 분야 응용 기술 개발동향

유민규 대표변리사
온유특허법률사무소
김철호 선임연구원
한국전자통신연구원

1. 서론

(배경) 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야는 인구 고령화 심화, 만성질환 증가 등으로 인해 전 세계적으로 의료비 부담이 급등함에 따라 질병의 진단·치료는 물론 예방 및 사전 관리의 중요성이 확대되고 있는 분야임. 최근, 인공지능/빅데이터 등의 기술 발달로 인해 질병을 사전에 예측하고 예방할 뿐만 아니라 초기에 정밀 진단하고 효과적으로 치료하며, 재발 방지를 위해 지속적 사후관리 시스템을 가동하는 방향으로 보건의료 패러다임이 변화하고 있음. 이에 시간과 공간에 구애받지 않고 의료서비스를 제공할 뿐만 아니라 데이터 분석 기반의 최적화된 개인 맞춤 건강관리 및 맞춤 치료를 구현할 수 있는 의료기술에 대한 관심이 증대되고 있음. 이와 같은 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야의 특허동향과 대표 기업인 IBM과 SIEMENS 기업의 기술수준, 기술개발동향 등 특허 기술 동향에 관한 파악을 목적으로 함.

또한 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야의 기술은 적용 분야 및 형태, 적용의 목적, 응용의 수준, 다루는 데이터의 종류, 활용하는 알고리즘의 종류 등에 따라 다양한 관점 및 계층적 구조가 존재함. 관련 특허 동향 및 향후 기술개발 방향을 파악하고 활용하기 위해서는 전반적인 기술의 활용 범주를 인식하고, 각 범주 내에서의 세부적인 기술을 이해하는 식의 입체적 접근 방법이 효과적임. 따라서 본 보고서의 후반부는 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야에 대해 기술적 관점에서 이해의 틀을 제공하고 각 세부 분야에서의 기술 동향을 파악하고자 함.

(목적) 본 보고서는, 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야의 특허개발 동향과, 개발 방향을 파악하고, 국내외 인공지능 빅데이터 분야에 대한 역량 분석을 통한 지원전략 기획 방향을 보다 명확히 설정할 수 있도록 특허 기반의 객관적인 정보를 제공하는 것을 목적으로 함

또한 기술 개발 동향을 조사·분석함으로써, 국내기업으로 하여금 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야의 기술과 관련하여 관련한 특허의 선별 및 분석을 통해 각 기술별 특허 동향을 파악하고, 기술흐름을 살펴봄으로써, 향후 연구개발 방향을 설정함에 있어 기초 정보로 활용될 수 있도록 함

1. 특허 분석범위 및 기술의 정의

가. 특허 분석 범위

1) 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위 분석대상 특허¹⁾

자료 구분	국가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개 등록특허 (공개 등록일 기준)	한국	WIPS DB	~ 현재 (2021.06)	특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서
	일본	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서
	유럽특허 (EPO, 19개국 특허청 ²⁾)	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서

2) 특허 분석대상 기술 및 검색식 도출

본 분석에서는 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야를 기준으로 정량 및 정성분석을 수행하고자 함. 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야에 대한 기술요약서, 조사된 기술 동향, 선행문헌 등을 바탕으로 특허 분석을 위한 키워드를 도출하였으며, 추가적으로 각 키워드, 관련 IPC 분류코드를 도출하였음

본 보고서에 사용된 검색식은 상기 방법을 통해 도출된 핵심키워드를 바탕으로 해당 기술 분류를 포함할 수 있는 검색식을 작성함

1) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음. 따라서 아직 미공개 상태의 데이터가 존재하는 2020~2021년 출원된 특허는 그 정량적 의미가 유효하지 않으므로 정량분석은 ~ 2019년 12월까지 한정함.

2) 유럽 19개 각국 특허청 : 유럽특허 제도는 유럽특허조약의 회원국 사이에서 유효한 유럽특허를 부여하기 위해 만들어진 제도로서 유럽특허조약(EPC : European Patent Convention)에 따라 유럽특허청(EPO)에서 운영함. 유럽특허청(EPO)에 출원함과 관계없이 유럽의 각국 특허청에 출원한 특허를 포함하여 분석함. (DE, FR, GB, AT, BE, CH, DD, DK, ES, FI, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RU, SE, SU)

대분류	소분류	노이즈제거 및 유효특허추출기준
인공지능 및 빅데이터 의료기기	빅데이터 및 인공지능	<ul style="list-style-type: none"> - 인공지능 및 빅데이터 의료기기의 빅데이터 및 인공지능 분야에 대하여 발명의 명칭, 초록, 대표청구항, 대표도면, 서지사항을 중심으로 관련특허를 검색하고 관련성 낮은 데이터는 필터링함 - 빅데이터 및 인공지능 분야의 기술적 관련성은 빅데이터 기반 의료서비스, 빅데이터 기반 의료정보 처리 기술, 의료분야에서의 인공지능 응용, 인공지능 플랫폼에 해당하는지 여부가 집중 고려됨

3) 특허기술동향 분석방법

특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본, 유럽에서의 주요시장국 기술개발 활동현황, 구간별 출원인수와 출원 건수의 증감정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계 파악을 통해 국가별 Landscape를 분석함

핵심특허분석에서는 인공지능 및 빅데이터 의료기기 기술 분야의 기술 소분류 중 핵심기술 영역을 선정하고, 앞서 살펴본 정량분석의 결과에 따라 주요 출원인의 특허를 핵심특허로 선정하고, 선정된 핵심특허에 대한 심층 분석을 통해 주요 출원인의 핵심기술 영역에 대한 기술개발의 흐름을 살펴보고, 이를 통해 중장기적인 기술개발의 방향 설정 및 구체적인 기술개발 아이디어 확보에 활용할 수 있도록 함

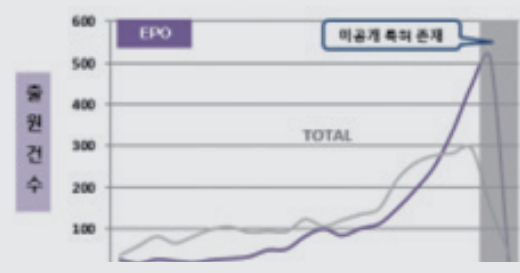
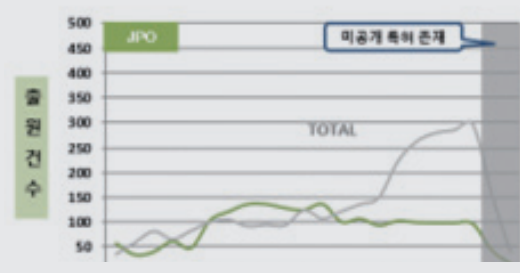
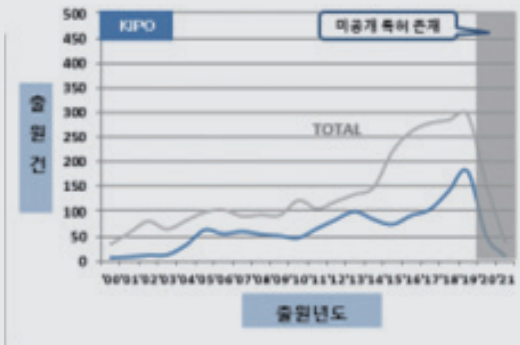
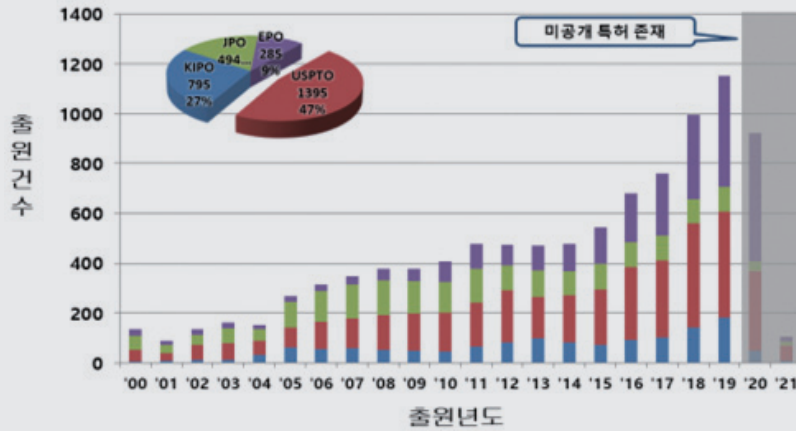
나. 의료분야 인공지능 및 빅데이터 기술 동향 용어 정의

본론에 앞서, 용어에 대한 의미 정립이 필요함. 인공지능은 인간과 같은 사고 과정을 통해 예측 또는 의사결정을 수행하고, 그 결정에 따라 행동하는 제반 기술을 통칭하는 용어임. 기계학습(또는 머신러닝)은 인공지능의 형태를 구현하는 데 있어 (외부에서 주어진 규칙 대신) 경험 또는 데이터를 기반으로 학습을 수행하는 방식의 기술을 의미함. 기계학습에는 다양한 알고리즘이 존재하는데, 이른바 빅데이터 기술에 속하는 데이터 마이닝 알고리즘의 많은 경우가 기계학습에 해당함. 인공신경망(ANN)은 기계학습의 한 종류로서 뉴런이라 불리는 노드와 노드들의 연결(시냅스)로 구성되며 노드들의 연결에 가중치를 부여하고 이들을 조정함으로써 학습을 수행하는 알고리즘임. 인공신경망은 여러 노드와 여러 층으로 구성되는데, 층의 수가 많은 경우를 일컬어 심층신경망(DNN) 또는 딥러닝(Deep Learning)이라고 함.

3. 특허기술 Landscape 및 심층분석

가. 국가별 Landscape 분석

[그림 1] 주요시장국 기술개발 활동현황



출처: Frost & Sullivan(2018)

분석한 전체 시장국의 동향을 살펴보면 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야는 거시적인 관점에서 2000년부터 최근까지 지속적으로 출원이 증가하는 경향을 보였으며, 특히 2015년대 이후 출원 건수가 급격히 증가하는 양상을 보임. 이는 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야가 1995년대 중반부터 이미 기술개발의 관심영역으로 분류되고 있으며, 비교적 최근까지도 꾸준히 연구개발 되고 있는 영역인 것으로 분석되며 전체 시장은 미국에 의해 주도되고 있는 것으로 분석됨. 2015년대 이후의 급격한 증가는 스마트폰 등의 개인용 휴대 단말 기술이 발전함에 따라 ICT 기반의 미래보건의료 분야에 대한 관심도가 증가되었기 때문인 것으로 보임

한국(KIPO)의 연도별 특허동향을 살펴보면, 2015년대 이후 급격한 증가 경향을 보이고 있음. 2005년대 중반 소폭 하락하는 하락세를 보였으나, 이후, 급격한 증가세를 나타내고 있는 것으로 볼 때, 한국은 최근까지 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야에 대한 관심도가 높은 것으로 분석됨

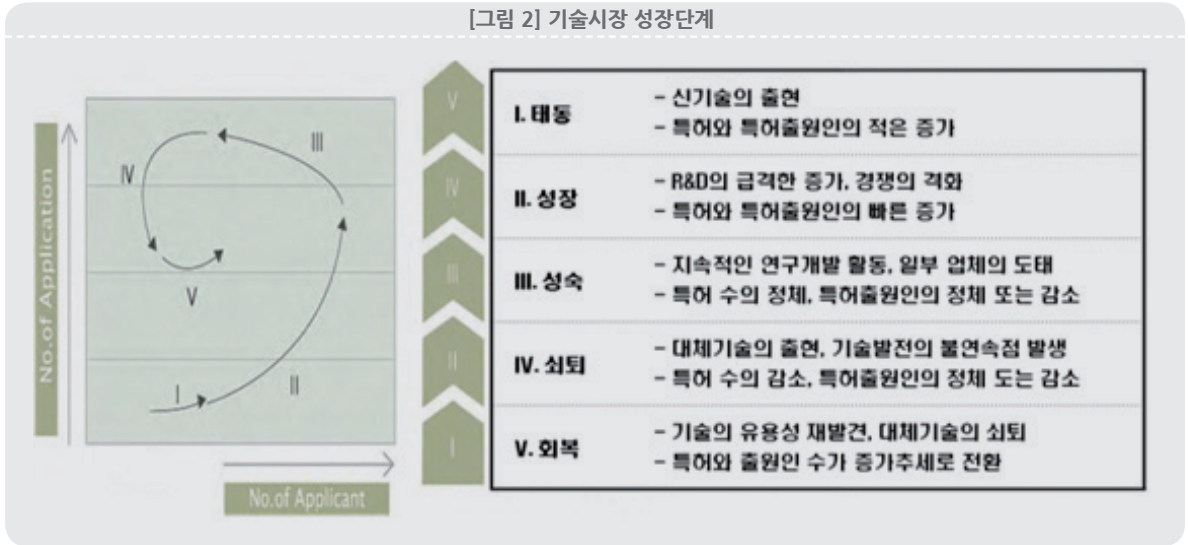
미국(USPTO)의 연도별 특허동향을 살펴보면, 2000년 이후 기술개발의 증가세를 뚜렷하게 보이며, 전반적으로 전체 시장의 그래프와 유사한 형태를 가지는 것으로 볼 때, 전체 시장의 성장을 주도하고 있는 것으로 분석됨. 특히 2015년대 이후 급격한 증가 경향을 보이고 있어 최근 기술개발에 주력하고 있는 것으로 분석됨

일본(JPO)의 연도별 특허동향을 살펴보면, 2005년대까지 기술개발의 증가세를 보이나, 2005년대 들어 기술개발이 유지 또는 감소세를 보이고 있어 2005년대 까지 기술 확보가 이루어진 이후 개발 안정기에 접어든 것으로 분석되나, 일본(JPO)의 이러한 경향은 일본의 경제 불황의 영향이 어느 정도 반영된 것이라고 판단됨

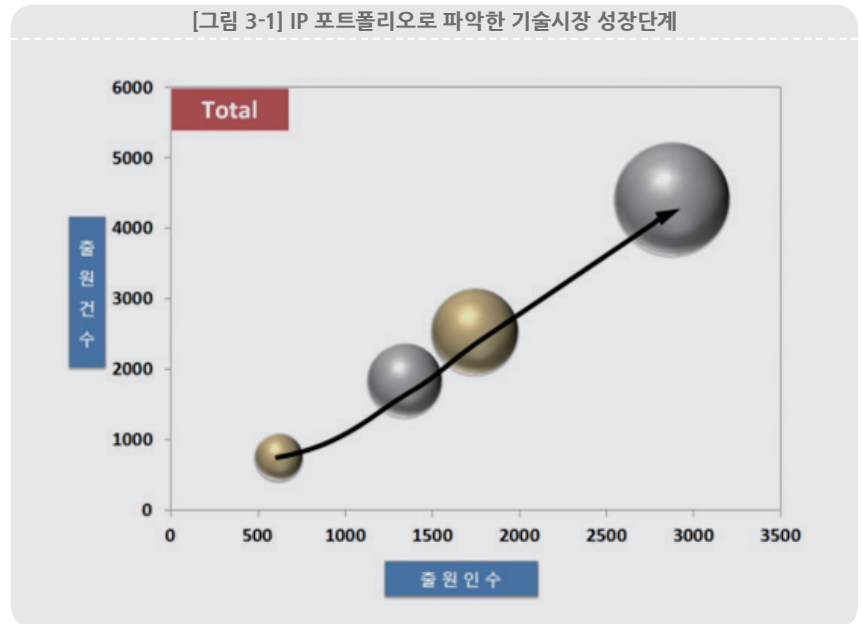
유럽(EPO)의 연도별 특허동향을 살펴보면 한국(KIPO) 및 미국(USPTO)과 유사한 양상을 보이고 있음. 다만, 유럽특허의 경우 다른 나라와 비교하여 충분한 출원 건수가 나와 있지 않음. 유럽의 출원 건수가 유럽 인구수에 비하여 낮게 집계된 것은, 유럽에서 제도적으로 개별국 출원과 EPO 출원을 모두 진행할 수 있는데, 출원 건수 집계 시 확인하는 것은 EPO를 통한 출원 뿐이기 때문인 것으로 판단됨

나. 기술시장 성장단계 파악

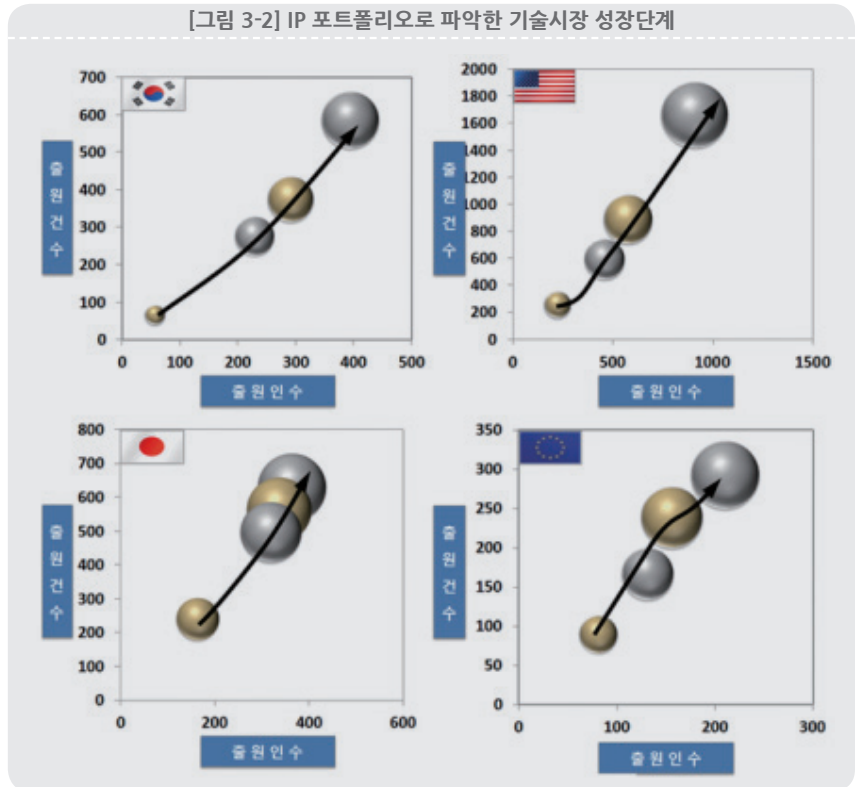
[그림 2] 기술시장 성장단계



[그림 3-1] IP 포트폴리오로 파악한 기술시장 성장단계



[그림 3-2] IP 포트폴리오로 파악한 기술시장 성장단계



본 그래프는 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야의 전체 및 해당 국가의 기술 위치를 포트폴리오로 나타낸 것으로, 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 4개 구간으로 나누어 각각의 구간 별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 있음. 각 구간은 1구간(2000년~2004년), 2구간(2005년~2009년), 3구간(2010년~2014년), 4구간(2015년~2019년)으로 나누었음

인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야는 1구간(2000년~2004년) 부터 4구간(2015년~2019년)까지 출원 건수와 출원인의 수가 급격히 증가하는 성장 단계에 있는 것으로 나타나며, 출원 건수와 출원인의 급격한 증가세를 볼 때 이 시기에 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야에서 활발한 기술개발이 진행되고 있는 것으로 분석됨. 이러한 특허 동향은 미국 (USPTO)를 비롯한 모든 국가에서 유사하게 나타나고 있으며, 미국(USPTO)에서의 활발한 기술 발전이 전체 동향에 큰 영향을 끼친 것으로 분석됨

[KPO] 포트폴리오로 나타낸 한국특허의 기술위치는 1구간(2000년~2004년)부터 4구간(2015년~2019년)까지 꾸준히 출원 건수 및 출원인 수가 증가하고 있어 성장 단계에 있음

며, 특히 4구간(2015년~2019년)에 출원인 및 출원 건수가 크게 증가하고 있어 활발한 기술 개발이 진행되고 있는 것으로 분석됨

[USPTO] 포트폴리오로 나타낸 미국특허의 기술위치는 1구간(2000년~2004년)부터 4구간(2015년~2019년)까지 출원 건수 및 출원인의 수가 증가하는 성장 단계에 있는 것으로 나타나고, 특히 4구간(2017년~2019년)에서 출원 건수 및 출원인의 수가 크게 증가하고 있으며, 전체 동향과 유사한 점을 미루어 볼 때 관련 시장에서 미국이 가장 큰 영향을 미치고 있는 것으로 분석됨

[JPO] 포트폴리오로 나타낸 일본특허의 기술위치는 1구간(2000년~2004년)부터 4구간(2015년~2019년)까지 출원 건수 및 출원인의 수가 증가하는 성장단계에 있는 것으로 나타나고 있으나, 2구간(2005년~2009년) 이후 출원 건수 및 출원인의 수가 크게 증가하고 있지는 않아 어느 정도 개발 안정기에 접어들 것으로 예상되나 일본특허의 이러한 경향은 경제 불황의 영향이 어느 정도 반영된 것이라고 판단됨

[EPO] 포트폴리오로 나타낸 유럽특허의 기술위치는 1구간(2000년~2004년)부터 4구간(2015년~2019년)까지 출원 건수 및 출원인의 수가 증가하는 성장단계에 있는 것으로 나타나고 있으나, 출원 건수 및 출원인의 수가 많지 않아, 개발 빈도는 높지 않은 것으로 분석됨

의미::: 각 출원구간으로 구분하여 출원 건수(특허건수)와 출원인수(특허권자수)를 2차원 버블차트로 구현한 그래프임. 버블의 크기는 출원인수(특허권자수)임
출원 건수는 기술개발의 활동정도를 나타내고, 출원인수의 증가는 시장의 신규진입자가 증가하는 것을 의미하며, 이는 해당 기술 분야의 시장이 커지고 있다는 것을 의미함

발전기 단계에서는 출원인과 출원 건수가 활발하게 진행되는 단계로 연구 활동이 활발한 것을 판단할 수 있으며, 성숙기 단계는 출원 건수 및 출원인의 증가율이 낮아지면서 시장진입자들이 빠져나가는 단계임. 퇴조기 단계는 출원인뿐 아니라 출원 건수도 감소하여 해당 기술의 시장이 위축되는 단계로 해석할 수 있음. 부활기 단계는 원천기술을 이용하여 현 시장에 맞는 기술들이 다시 개발되어 새로운 아이디어와 함께 시장이 재형성되는 단계로 볼 수 있음

해석 및 활용 시 유의사항::: 모든 출원국은 속지주의 원칙, 즉 동일한 발명에 대하여

상이한 국가에서 획득한 특허는 각각 독립적으로 해당국의 법률에 따라 존속 소멸한다는 원칙³⁾에 따라 독립적으로 권리의 효력이 발생하기 때문에, 해당 출원국가에 특허출원한다는 것은 해당 시장에서 권리를 이행하려는 의지가 있다고 볼 수 있음

이에 출원국가별로 해당기술의 시장 및 개발현황을 비교해봄으로써, 어느 시장이 활발한지, 기술개발형성이 어디까지 진행되었는지 판단할 수 있음. 주요 시장국과 우리나라의 상황을 비교해 보고, 우리나라보다 기술개발단계가 앞서있는 시장국을 파악하여, 현재 기술개발과 기술시장에 진입하기 위한 기술적인 강점은 무엇이며, 기회요인이 어떤 것들이 있는지 연구기획 시 주도면밀하게 분석해야 할 것임

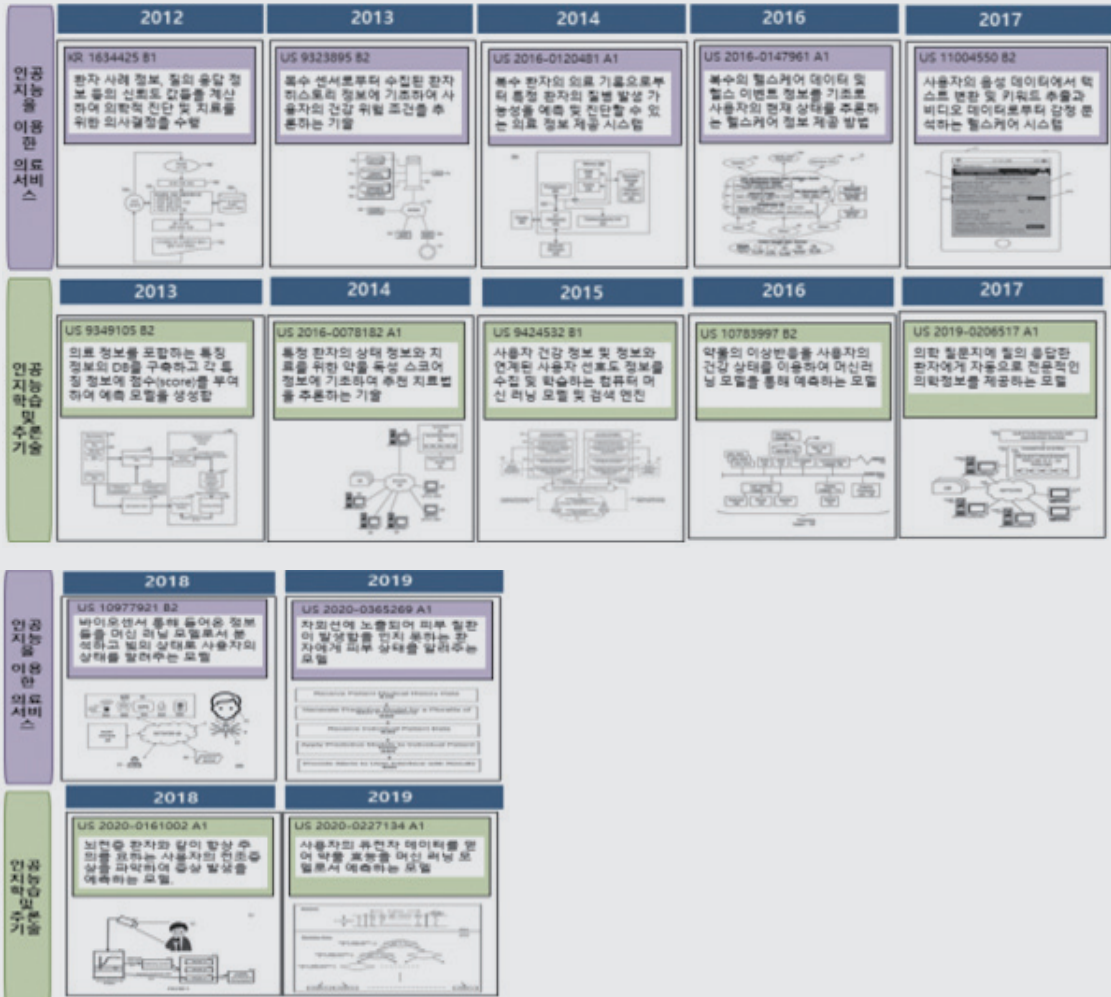
연계분석항목:: 연구기획단계는 성장기, 발전기 등에 위치하는 것이 바람직함. 특히 건수가 많고 출원인수의 증가가 큰 경우 시장국에 대하여 다출원인 현황([다출원인 특허현황, 다출원인 출원국가별 특허현황] 연계)과 최근 신규 시장진입자를 파악하고 이들의 특허문헌을 Review하고 비교함으로써 새로운 기술들을 모니터링 할 수 있음

본 예시에서도 볼 수 있듯이 각 출원국가별로 출원(특허)건수의 기준치가 모두 다르기 때문에 그래프의 해석이 왜전될 수도 있음. 따라서 모든 기준치를 동일하게 적용하여 비교해야 함

3) 특허와 정보분석(개정판), 한국발명진흥회, '07

다. 빅데이터 및 인공지능 분야에 대한 IBM사 기술개발 흐름 분석

[그림 4] IBM사의 기술흐름



인공지능을 이용한 의료 서비스 기술과 관련하여, IBM사에 의해 2012년에 환자 사례 정보, 질의 응답 정보 등의 신뢰도 값들을 계산하여 의학적 진단 및 치료를 위한 의사결정을 수행하는 방법에 관한 특허출원이 진행되었고, 2013년에 복수 센서로부터 수집된 환자 히스토리 정보에 기초하여 사용자의 건강 위험 조건을 추론할 수 있는 시스템에 관한 특허출원이 진행되었고, 2014년에 특정 환자의 상태 정보와 치료를 위한 약물 독성 스코어 정보에 기초하여 추천 치료법을 추천하는 기법 및 복수 환자의 의료 기록으로부터 특정 환자의 질병 발생 가능성을 예측 및 진단할 수 있는 의료 정보 제공 시스템에 관한 특허출원이 진행되었으며, 2016

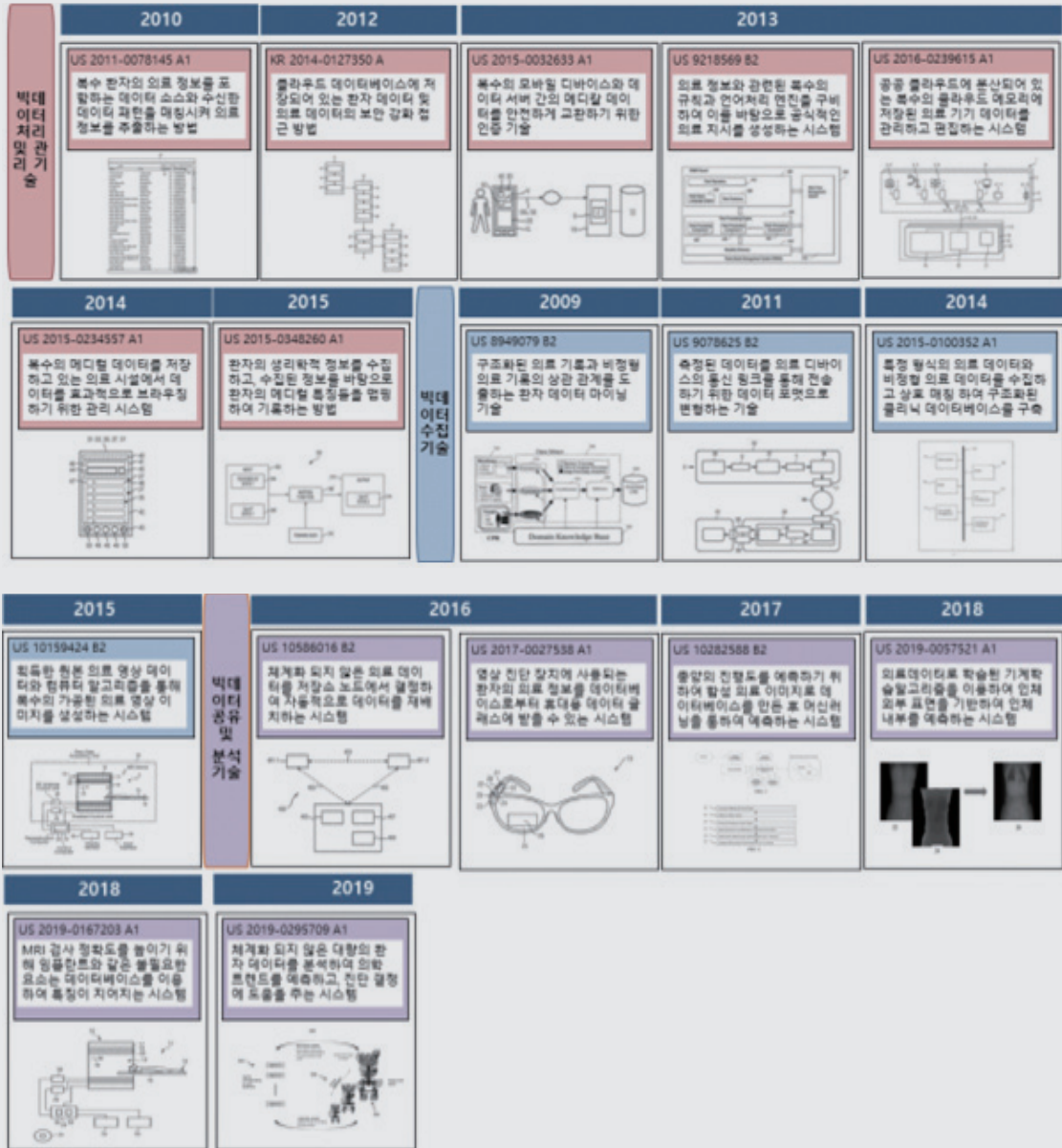
년에 복수의 헬스케어 데이터 및 헬스 이벤트 정보를 기초로 사용자의 현재 상태를 추론하는 헬스케어 정보 제공 방법에 관한 특허출원이 진행되었음. 2017년에는 환자의 음성 데이터에서 텍스트 변환 및 키워드 추출과 비디오 영상에서 감정 분석하는 헬스케어 정보 제공 시스템에 관한 특허출원이 진행되었으며, 2018년에는 바이오센서를 통해 들어온 정보들을 머신러닝 모델로써 분석하고 빛의 상태로 사용자의 상태를 알려주는 시스템에 관한 특허출원이 진행되었으며, 최근 2019년에는 자외선에 노출되어 피부 질환이 발생함을 인지 못 하는 환자에게 피부 상태를 알려주는 의료 정보 제공 시스템에 관한 특허출원이 진행되었음

인공지능 학습 및 추론 기술과 관련하여, IBM사에 의해 2013년에 의료 정보를 포함하는 특징 정보의 DB를 구축하고 각 특징 정보에 점수(score)를 부여하여 예측 모델을 생성하는 기술에 관한 특허출원이 진행되었고, 2015년에 사용자 건강 정보 및 정보와 연계된 사용자 선호도 정보를 수집 및 학습하는 컴퓨터 머신러닝 모델 및 검색 엔진을 구비한 시스템에 관한 특허출원이 진행되었음. 2016년에 약물의 이상반응을 사용자의 건강 상태를 이용하여 머신러닝을 통해 예측하는 모델이 특허출원이 진행되었으며, 2017년에는 의학 질문에 질의 응답한 환자에게 자동으로 전문적인 의학정보를 제공하는 모델이 특허출원이 진행되었으며, 2018년에 뇌전증 환자와 같은 항상 주의를 요하는 사용자의 전조증상을 파악하여 증상 발생을 예측하는 모델이 특허출원이 진행되었으며, 최근 2019년에는 사용자의 유전자 데이터를 얻어 약물 효능을 머신러닝 모델로써 예측하는 모델이 특허출원이 진행되었음

종합하면, 인공지능 및 빅데이터 의료기기 기술의 빅데이터 및 인공지능 분야와 관련하여, IBM사는 다양한 기술 분야에 걸쳐 특허출원을 진행하였으며, 2010년 이후부터 최근까지 집중하여 특허출원을 진행하고 있는 것으로 파악됨. 특히, 사용자의 개인 정보 및 사용자의 병변 질환 치료 과정과 관련된 시계열 정보를 기반으로 개인 맞춤형 헬스케어 정보를 제공하는 것을 주요 목적으로 함. 또한, IBM사는 소프트웨어, 컴퓨터 알고리즘, 프로그램 개발 등을 하나의 전문 분야로 삼고 있는 기업으로서, 특허문서 상에 보건의료분야를 직접적으로 언급하고 있지 않더라도 그 적용가능성이 충분히 높은 빅데이터 및 인공지능 기술의 R&D 및 IP 창출을 지속적으로 시도하고 있는 것으로 파악됨

라. 빅데이터 및 인공지능 분야에 대한 SIEMENS사 기술개발 흐름 분석

[그림 5] SIEMENS사의 기술흐름



빅데이터 처리 및 관리 기술과 관련하여, SIEMENS사에 의해 2010년에 복수 환자의 의료 정보를 포함하는 데이터 소스와 수신한 데이터 패턴을 매칭시켜 의료 정보를 추출하는 방법에 관한 특허출원이 진행되었고, 2012년에 클라우드 데이터베이스에 저장되어 있는 환자 데이터 및 의료 데이터의 보안 강화 접근 방법에 관한 특허출원이 진행되었으며, 2013년에 복수의 모바일 디바이스와 데이터 서버 간의 메디컬 데이터를 안전하게 교환하기 위한 인증 기술, 의료 정보와 관련된 복수의 규칙과 언어처리 엔진을 구비하여 이를 바탕으로 공식적인 의료 지시를 생성하는 시스템, 공공 클라우드에 분산되어 있는 복수의 클라우드 메모리에 저장된 의료 기기 데이터를 관리하고 편집하는 시스템 등에 관한 특허출원이 진행되었음

계속하여, 빅데이터 처리 및 관리 기술과 관련하여, SIEMENS사에 의해 2014년에 복수의 메디컬 데이터를 저장하고 있는 의료 시설에서 데이터를 효과적으로 브라우징하기 위한 관리 시스템에 관한 특허출원이 진행되었고, 2015년에 환자의 생리학적 정보를 수집하고, 수집된 정보를 바탕으로 환자의 메디컬 특징들을 맵핑하여 기록하는 방법에 관한 특허출원이 진행되었음

빅데이터 수집 기술과 관련하여, SIEMENS사에 의해 2009년에 구조화된 의료 기록과 비정형 의료 기록의 상관관계를 도출하는 환자 데이터 마이닝 기술에 관한 특허출원이 진행되었고, 2011년에 측정된 데이터를 의료 디바이스의 통신 링크를 통해 전송하기 위한 데이터 포맷으로 변형하는 기술에 관한 특허출원이 진행되었으며, 2014년에 특정 형식의 의료 데이터와 비정형 의료 데이터를 수집하고 상호 매칭 하여 구조화된 클리닉 데이터베이스를 구축하는 기술에 관한 특허출원이 진행되었으며, 2015년에 획득한 원본 의료 영상 데이터와 컴퓨터 알고리즘을 통해 복수의 가공된 의료 영상 이미지를 생성하는 시스템에 관한 특허출원이 진행되었음.

빅데이터 공유 및 분석기술과 관련하여, SIEMENS사에 의해 2016년에 체계화되지 않은 의료 데이터를 저장소 노드에서 결정하여 자동적으로 데이터를 재배포하는 시스템 및 영상 진단 장치에 사용되는 환자의 의료 정보를 데이터베이스로부터 휴대용 데이터 글래스에 받을 수 있는 시스템에 관한 특허출원이 진행되었으며, 2017년에 종양의 진행도를 예측하기 위하여 합성 의료 이미지로 데이터베이스를 만든 후 머신러닝을 통하여 예측하는 시스템에 관해 특허출원이 진행되었으며, 2018년에 의료데이터로 학습된 기계학습 알고리즘을 이용하여 인체 외부 표면을 기반으로 인체 내부를 예측하는 시스템의 특허출원이 진행되었으며 2019년에 MRI 검사정확도를 높이기 위해 임플란트와 같은 불필요한 요소는 알고리즘을 이용하여 특징이 지어지는 시스템 및 체계화되지 않은 대량의 환자 데이터를 분석하여 의학 트렌드를 예측하고, 진단결정에 도움을 주는 시스템에 관해 특허출원이 진행되었음

종합하면, 인공지능 및 빅데이터 의료기기 기술의 빅데이터 및 인공지능 분야와 관련하여, SIEMENS사는 빅데이터를 활용한 의료, 보건 기술에 관한 특허출원에 집중하고 있는 것으로 파악되었으며, 빅데이터 수집 기술 자체보다는 의료 기술 분야에 적용 가능한 빅데이터 처리 및 관리 기술, 빅데이터 기술을 활용한 의료 서비스 기술에 집중하여 특허출원을 진행하고 있는 것으로 파악됨. SIEMENS사는 2010년대에 접어들어 최근까지 의료 기술 분야에 적용 가능한 빅데이터 처리 및 관리 기술, 빅데이터 기술을 활용한 의료 서비스 기술에 관하여 지속적으로 특허출원을 다수 진행하고 있는 것으로 파악됨

마. 특허 분석 소결

인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야는 비교적 최근까지 출원 건수와 출원인의 수가 급격히 증가하는 성장 단계에 있는 것으로 나타나며, 출원 건수와 출원인의 급격한 증가세를 볼 때 이 시기에 인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야에서 활발한 기술개발이 진행되고 있는 것으로 분석됨. 이러한 특허 동향은 미국(USPTO)를 비롯한 모든 국가에서 유사하게 나타나고 있으며, 미국(USPTO)에서의 활발한 기술 발전이 전체 동향에 큰 영향을 끼친 것으로 분석됨

인공지능 및 빅데이터 의료기기 기술의 대표기업으로서, IBM사는 다양한 기술 분야에 걸쳐 특허출원을 진행하였으며, 2010년 이후부터 최근까지 집중하여 특허출원을 진행하고 있는 것으로 파악됨. 또한, IBM사는 소프트웨어, 컴퓨터 알고리즘, 프로그램 개발 등을 하나의 전문 분야로 삼고 있는 기업으로서, 특허문서 상에 보건의료분야를 직접적으로 다루고 있지 않더라도 그 적용가능성이 충분히 높은 분야로 의료기기 시장을 인식하여 R&D 및 IP 창출을 지속적으로 시도하고 있는 것으로 파악되며, SIEMENS사는 빅데이터를 활용한 의료, 보건 기술에 직접적으로 연관 있는 특허출원에 집중하고 있는 것으로 파악되었으며, 빅데이터 수집 기술을 이용해 의료 기술 분야에 적용 가능한 빅데이터 처리, 관리, 공유, 분석기술을 활용한 의료 서비스 기술에 집중하여 특허출원을 진행하고 있는 것으로 파악됨. SIEMENS사는 2010년대에 접어들어 최근까지 의료 기술 분야에 적용 가능한 빅데이터 처리 및 관리 기술, 빅데이터 기술을 활용한 의료 서비스 기술에 관하여 지속적으로 특허출원을 다수 진행하고 있는 것으로 파악됨

4. 의료분야 인공지능 및 빅데이터 기술 개발 동향

가. 기술의 적용 분야

1) 의료 서비스 관리

인공지능 및 빅데이터 기술은 의료 서비스 관리(Health Service Management) 분야에 응용되어 의사, 간호사, 행정 인력 등에 의해 수행되는 의료 전반의 서비스를 지원할 수 있음[1]. 예를 들어, 인공지능 시스템은 의료 전문 인력에게 학습지, 단행본, 임상 보고서 등의 다양한 출처의 정보를 선별하여 실시간으로 제공할 수 있음[2]. 이러한 응용은 코로나-19 팬데믹과 같은 중대한 상황에서 실시간으로 발생하는 수많은 정보들을 효율적으로 관리하고 활용하는데 있어 매우 유용함. 또 다른 예로는 환자 조정 및 관리 시스템에 응용하여, 의사의 환자 데이터 접근, 간호사의 환자 투약 등 관리, 환자 스스로의 상태 파악 등의 제반 서비스의 효율성을 높일 수 있음[3]. 또한 인공지능 및 빅데이터 시스템은 약물과 의료장비 등의 수요를 사전에 예측하여 적재적소에 빠르게 공급하는 데 활용할 수 있음. 그 밖에 의료종사자의 교육에도 활용할 수 있는데, 이는 도시 지역과 교외 지역, 또는 선진국과 개발도상국의 병원 간 격차를 줄이는데 기여할 수 있음[4].

2) 임상 진료

임상 진료(Clinical Practice)는 인공지능 및 빅데이터 기술이 가장 깊이 있게 활용될 수 있고, 그 자체로 의료 서비스의 큰 변화를 가지고 올 수 있는 분야라고 할 수 있음. 환자의 제반 데이터를 기반으로 질병 진단, 치료 방법 선택, 치료 효능 예측, 예후 분석, 환자 모니터링, 유전체 분석, 수술 자동화 등 다양한 분야에서 이미 활용이 이루어지고 있거나 적용될 것으로 예상된다[5]. 더 나아가 환자의 현재 상태를 분석함으로써 아직 증상으로 드러나지 않은 질병의 가능성을 미리 예측하고 적절한 개입을 통해 질병의 발현을 사전에 방지하는 예방의학의 활용도 매우 중요한 부분임. 또한 환자의 실시간 상태를 파악하고 이에 따라 새로운 약물을 제시하거나 다른 치료 계획을 세우는 의사결정 프로세스에 있어서도 시스템적인 접근을 가능하게 할 것임. 다음 절에 이 분야의 기술 동향에 대해 상세히 다룰 것임.

3) 생체의학 및 중개 연구

인공지능 및 빅데이터 기술은 생체의학 연구(Biomedical Research) 및 중개 연구(Translational Research) 분야에 효과적으로 응용되고 있음[5]. 임상 연구를 위한 데이터 수집, 실험 자동화, 유전자 기능 표지화, 문헌 조사 등 의료 연구에 활용될 수 있음. 또한 바이오마커 추출, 신약 개발, 약물 재창출, 화학독성 예측 등의 중개 연구에도 중요한 도구로서 응용될 수 있음. 주요 분야 중 하나는 유전체 연구로서, 최근 유전자에 대한 대량 시퀀싱 기술이

발달함에 따라 테라바이트 급의 데이터 수집이 가능하게 되었음. 개인의 유전체와 질병에 관련한 특성 변수 간의 상관관계를 분석하는 것은 정밀의료(Precision Medicine)를 위한 효과적인 방법론이 되고 있음. 또한 인공지능 및 빅데이터 기술은 환자에 대한 다양한 측정 수치와 표현형을 기반으로 아직 알려지지 않은 이들 변수 간의 상관관계를 분석하여 새로운 바이오마커를 발견해내는 것에도 매우 유용하게 쓰이고 있음.

4) 모바일 헬스케어

최근 스마트폰 및 웨어러블 기기의 이용 증대에 따라 모바일 기기를 이용한 헬스케어에 대한 관심이 높아지고 있음. 스마트폰 및 웨어러블 기기에 장착된 센서는 심박수, 혈압, 산소포화도, 신체 떨림, 움직임 등을 파악할 수 있음. 모바일 기기에 의한 헬스케어는 현재 주로 개인의 일상 건강상태의 모니터링 수준에 머무르고 있지만, 향후 전자서무기록(EHR) 빅데이터 분석 기술을 바탕으로 한 개인의 의료상 위험인자 파악에 활용하여 예방의료 및 질병관리를 위한 정밀의료 서비스까지 확장될 것으로 전망됨[6]. 예를 들어, 고도화된 인공지능 기술을 이용하면 웨어러블 기기를 통해 수집되는 심박수와 피부 온도 등의 실시간 분석을 통해 환자의 감염증 또는 염증 반응을 예측할 수 있음. 웨어러블 기기를 통해 광혈류 측정 또한 가능한데 이는 심혈관질환, 폐질환, 빈혈, 수면성 무호흡 등의 질환의 조기 발견을 가능하게 함[5]. 웨어러블 기기의 센서 데이터에 대한 인공지능 및 빅데이터 분석 기술은 파킨슨증후군의 조기 예측에도 기여할 수 있음[7]. 스마트폰 및 웨어러블 기기에 의한 헬스케어 분야는 향후 상당한 성장의 잠재력을 가지고 있지만 센서의 정밀도, 측정 환경 변수 등의 요인에 의해 신뢰도 측면에 있어 해결해야 할 요소가 산재함. 실제로 미국의 웨어러블 기기 사용자의 3분의 1이 사용 후 6개월 이내에 센서의 사용을 멈춘다는 통계[5]가 있을 정도로 모바일 헬스케어의 대중화를 위해서는 신뢰도 제고라는 현실적인 문제를 해결해야 함.

나. 인공지능 및 빅데이터 기술 기반 임상 진료

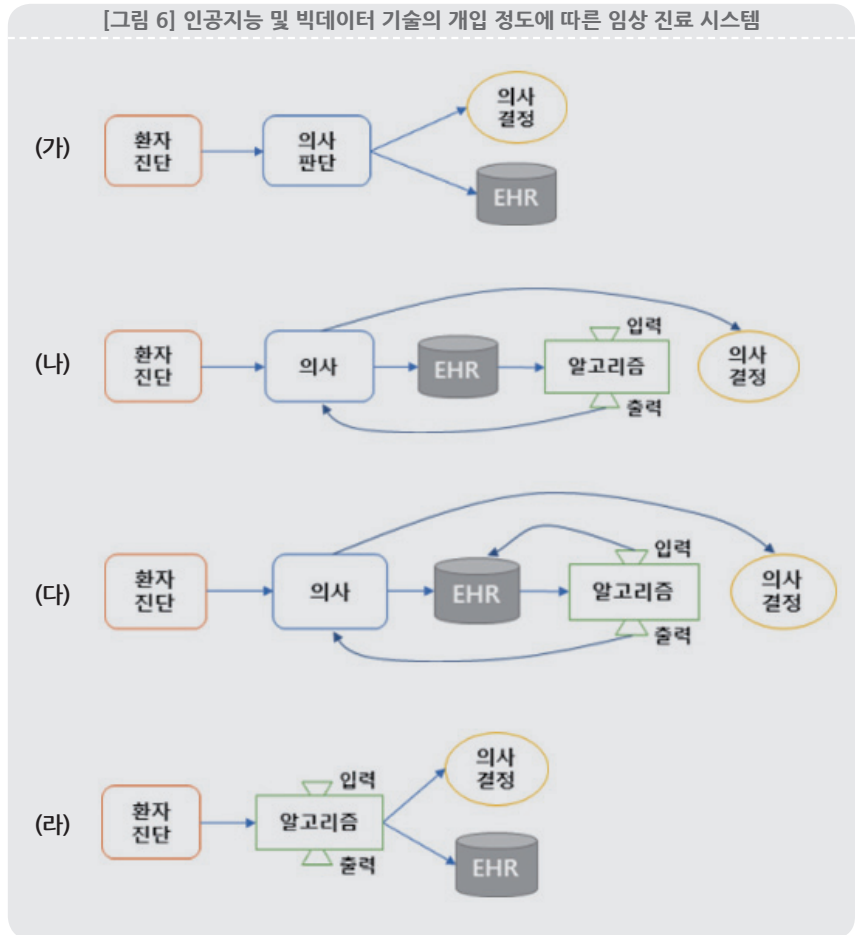
1) 인공지능 및 빅데이터 기술의 임상 진료 응용 형태

앞서 언급한 인공지능 및 빅데이터 기술의 다양한 적용 분야 중 임상 진료는 그 범위와 목표, 응용의 정도, 파급 효과가 매우 다양하고 깊은 분야임. 따라서 관련 특허 기술이 이 분야에서 어떠한 위치에 해당하고 어떠한 파급 효과를 선점하고자 하는지 파악하는 것이 필수적임. 본 장에서는 인공지능 및 빅데이터 기술이 진료 프로세스에 개입하는 수준, 달성 목표, 얻고자 하는 효과에 따라 어떠한 형태를 가지는지 기술적 관점에서 서술하고자 함.

임상 진료에 있어 인공지능 및 빅데이터 분석 기반 시스템은 기술의 개입 정도에 따라 (1)의 사결정 보조 시스템, (2) 통합 의사결정 시스템, (3) 전자동 임상 시스템의 세 가지로 분류할

수 있음[5]. 전통적인 임상 진료 프로세스는 <그림 6>의 (가)에 나타난 바와 같이 의사가 환자로부터 직접 정보를 습득하고 의사결정을 수행한 뒤, 환자로부터 얻은 정보를 전자의무기록에 기록하는 방식임. 이 경우 전자의무기록은 기록의 용도에 한정될 뿐 의사결정 과정에 개입하지 않으며 진료에 관한 판단은 오로지 의사의 결정에 따름. 의사결정에 전자의무기록의 분석 내용이 개입되는 가장 기본적인 단계는 의사결정 보조 시스템으로서 <그림 6>의 (나)에 도식화하였음. 의사결정 보조 시스템은 전자의무기록을 토대로 규칙 기반 알고리즘 또는 기계학습 알고리즘을 이용하여 의사의 결정 과정에 데이터 기반의 분석 결과를 보조적으로 활용하는 형태를 취함. 의사는 이미 구축된 전자의무기록의 분석 결과를 진료에 활용하지만 전자의무기록의 개선에는 개입하지 않음. 규칙 기반의 알고리즘은 1970년대부터 이미 활용되기 시작했으며, 최근에는 인공지능 및 기계학습 알고리즘의 발달로 인해 분석 수준의 고도화가 이루어지고 있음. 임상 과정에서 추가로 요구되는 정보를 적극적으로 전자의무기록에 반영하는 시스템은 통합 의사결정 시스템으로 <그림 6>의 (다)에 도식화되어 있음. 통합 의사결정 시스템은 임상 과정에서 필요한 정보를 이미 구축되어 있는 전자의무기록으로부터 취득하거나 임상 과정에서 구축하도록 유도하며 그 분석 결과를 의사에게 제시하여 의사결정 과정을 보조할 뿐 아니라 전자의무기록의 개선에도 기여하게 되는 등 기존의 의사결정 보조 시스템에 비해 역동적인 프로세스가 가능함. 인공지능 및 빅데이터 기술의 개입 정도가 가장 높고 임상 진료에 있어서 궁극적인 목표라고 볼 수 있는 시스템은 <그림 6>의 (라)에 도시화된 바와 같은 전자동 임상 시스템으로서 의사의 개입 없이 환자로부터 관련 정보를 획득하고 최적의 알고리즘을 통해 분석 및 진단, 예측, 치료 제시 등을 수행하며 의사결정을 내린 후, 그 결과를 전자의무기록의 개선에 활용하는 제반 과정의 자동화가 이루어진 형태임. 현재까지는 이러한 통합 및 자동화 시스템이 부분적으로 실현되는 단계이지만, 최근에 구축되고 있는 전자의무기록 데이터는 환자의 상세 정보 뿐 아니라 임상 노트, 생활 습관, 유전체 데이터 등을 담고 있어 보다 입체적이고 정밀한 분석을 가능하게 하고 있는 추세임.

[그림 6] 인공지능 및 빅데이터 기술의 개입 정도에 따른 임상 진료 시스템



2) 질병 진단 및 치료, 예후 예측

인공지능 및 빅데이터 기술이 가장 시급하게 요구되는 분야는 질병의 진단 및 예측 분야로서 이미 많은 혁신적 성과가 이루어지고 있음[8]. 예를 들어, 인체 내외부에 장착이 가능한 바이오센서 및 바이오칩을 활용하여 환자의 상세 정보를 파악하고 유전체 데이터의 기계학습 알고리즘 분석을 통해 질병의 진단 및 예측을 수행하는 기술이 이미 실현되었으며, 최근에는 유전체 데이터 분석을 암 진단에 활용하기도 함[9]. 인공지능 기술, 그 중에서도 시계열 예측 기술이 고도화됨에 따라 POC(Point-Of-Care) 기반으로 한 심혈관 질환의 진단에 획기적인 변화가 이루어지고 있음[10]. 또한 암환자의 생존 확률의 예측에도 인공지능 및 빅데이터 기술이 활용되고 있는데, 특히 딥러닝 기술을 이용하여 대장암 환자에 대해 효과적인 성과를 보이고 있음[11]. 베이저안 네트워크(Bayesian Network) 알고리즘은 전자의무기록을 기반으로 응급실 내원 환자의 사망 여부, 입원 기간 등을 예측 가능하게 하고[12], 흉부 장기이식 환자의 특성 인자를 분석함으로써 이식 후의 예후 예측에 활용할 수 있음[13]. 이러한 질병의 진

단 및 치료, 예후 예측의 자동화는 의사를 포함한 의료 종사자로 하여금 환자 개인의 상태에 특화된 진료 전략 수립을 통해 정교한 의료 서비스를 제공할 수 있을 뿐 아니라 의료진의 업무 부담을 경감시킬 수 있어 전반적인 의료 서비스의 질과 성과를 증대할 수 있음.

인공지능 및 빅데이터 기술을 이용한 질병의 분석은 환자의 진료 과정의 정교화에 기여할 뿐 아니라, 질병 자체의 기작 탐구에도 활용할 수 있음. 대량의 데이터로부터 얻은 환자과 관련된 수많은 변수들의 상관관계, 인과관계를 분석하는 것은 기존의 통계적 분석 방법으로는 불가능에 가깝다고 볼 수 있으며[5], 기계학습 기술을 활용할 경우 사전 가설을 최소화한 상태에서 미처 인지하지 못한 인자를 발견할 수 있음. 이러한 분석은 다시 환자의 진료에 활용되어 치료 결과를 향상시킬 수 있음.

3) 로봇 기반 수술 자동화

로봇 시스템은 이미 다양한 진단 및 치료 분야에서 활용되고 있으나, 인공지능 기술을 활용한 외과 수술의 자동화는 아직 초기 단계로서 널리 쓰이지 않고 있음[5]. 외과 수술을 집행하는 의사의 움직임을 보다 정교하게 만들어주는 로봇의 활용은 수십 년간 많은 발전을 이루고 널리 활용되고 있으나, 이는 여전히 수술 집도자의 제어를 보조하는 수단에 머무르고 있음. 예를 들어, FDA의 승인을 받은 다빈치(da Vinci) 수술 시스템은 의사가 콘솔을 통해 로봇을 제어하는 방식을 지니며[14], 대부분의 의료 로봇 시스템은 이와 같은 형태를 취함. 하지만 최근에는 특화된 알고리즘을 이용한 로봇 시스템 연구 결과가 발표되고 있는데 대표적인 예가 봉합 자동화 시스템임[15]. 외과 수술에 있어 가장 빈번하게 일어나는 작업 중 하나는 봉합술인데, 봉합 자동화 시스템은 3D 적외선 이미징 시스템을 기반으로 봉합에 특화된 알고리즘을 적용하여 아직은 실험실 연구 결과의 단계이지만 외과 수술의를 능가하는 봉합 성능을 달성하였음[16]. 앞으로는 더 많은 수술 요소에 있어 로봇 보조 또는 로봇의 적극적 개입 방식이 연구되고 실제 의료 현장에 적용될 것으로 전망됨[17].

다. 데이터의 종류에 따른 기술 동향

1) 이미지 데이터 기반 진단 기술

현재 의료 분야의 인공지능 기술에서 가장 성공적인 분야는 이미지 데이터 기반의 진단 프로세스임[5]. 특히 방사선과, 안과, 피부과, 병리학 등에서 활용도가 높으며, 다양한 기계학습 알고리즘 중 딥러닝 기반 기술이 가장 널리 쓰이는 분야임.

방사선과의 경우, 가장 널리 쓰이는 X-ray를 비롯하여 컴퓨터단층촬영, 자기공명영상법(MRI), 양전자방출단층촬영(PET) 등의 이미지 데이터를 기반으로 질병을 감지하고 진단하

는 데 쓰이고 있음. 컴퓨터를 이용한 방사선과 이미지 분석은 1960년대부터 이미 시작되었으나, 최근에는 대부분 딥러닝 기술(다음 장에서 상세히 다룸)을 이용함. 딥러닝 기술을 기반으로 전문가 수준의 진단 성과를 이루기도 했는데, 그 예로 컴퓨터단층촬영 이미지를 이용한 폐결절 진단[18], 흉부 방사선 이미지를 이용한 폐결핵을 비롯한 폐질환 진단[19], 유방조영술 이미지를 이용한 유방종괴 진단[20] 등이 있음. 이러한 성과는 딥러닝의 고도화 기술 중 하나인 전이학습(Transfer Learning)을 이용한 것으로서, 특정 진단 임무를 위한 모델 네트워크를 처음부터 학습시키는 대신, 이미지 패턴 인식이 최적화되도록 학습된 기본 네트워크 모델을 가져온 후 개별 임무에 따른 학습데이터를 추가하는 방식을 통해 해당 진단에 특화된 모델을 도출하는 방법을 취함. 이 경우 모델을 처음부터 만들어내기엔 부족한 데이터로도 양질의 모델을 구축할 수 있는 장점이 있음.

피부과는 병변의 판단에 시각적인 관찰이 매우 중요하기 때문에 이미지 기반의 진단 기술이 많이 적용되고 있음. 예를 들어, 피부암의 경우 악성 병변은 양성과는 다른 특정 패턴을 가지는데, 그 동안은 몇 가지 규칙을 토대로 한 진단 기법이 이용되어 왔음. 최근에는 딥러닝 기계학습 기술의 하나인 콘볼루션 신경망(CNN) 기술을 기반으로 129,450개의 임상 이미지를 학습한 결과 피부과 전문의 수준의 피부암 진단 성능을 달성하였음[21].

안과의 경우, 안저촬영 이미지의 분석을 통해 당뇨성 망막증, 녹내장, 종양, 황반변성, 시각 소실 등의 질병을 진단할 수 있음[22]. 최근에 128,175개의 망막 이미지를 이용하여 망막증을 진단하는 콘볼루션 신경망 모델을 구축하였고, 안과 전문의 수준에 비견할 만한 99%의 AUC(Area Under Receiver Operating Characteristic Curve) 성능을 보였음[23].

이미지 기반의 진단 알고리즘은 조직병리학에서도 유용하게 쓰이고 있는데, 조직의 이미지 데이터를 기반으로 콘볼루션 신경망을 이용하여 전립선암 및 유방암을 효과적으로 진단하는 연구들이 발표되었음[24]. 이는 조직을 얇게 자르고, 착색을 하고, 조직병리학 전문의들이 육안으로 판단하는 기존 조직 검사 프로세스의 부담을 한층 경감시켜 줌.

2) 전자의무기록(EHR) 기반 기술

이미지 기반의 진단 기술에 이어 최근에 많은 진전이 이루어지고 있는 분야가 전자의무기록(EHR) 또는 전자의료기록(EMR)을 이용한 인공지능 및 빅데이터 기술임. 이미지 데이터가 이미지를 구성하는 픽셀 정보로 이루어지는 동종(Homogeneous) 데이터임에 반해 전자의무기록 데이터는 임상 진단, 약물, 각종 검사 관련 변수로 이루어지는 정형 데이터(Structured Data)와 임상 노트 등의 비정형 데이터(Unstructured Data)로 이루어지는 이형(Heterogeneous) 데이터로 볼 수 있음[6]. 앞서 3장에서 다룬 임상 진료의 많은 부분이 전자의무기록의 분석을 바탕으로 함. 대부분의 이미지 기반 인공지능 기술에 딥러닝 기술이 활용되는 데 반해, 전자의무기록 기반의 진단 및 치료 기술은 기계학습의 다양한 알고리즘이 각 임무에 맞게 활용되고 있음. 전자의무기록에 특히 중요한 부분은 진단 및 의사결정 결과

에 대해 얼마나 합리적으로 설명할 수 있느냐 인데, 딥러닝 기반 기술의 경우 블랙박스 모델 성질에 의해 이 부분에 있어 한계를 가짐[5]. 전자의무기록 기반의 기술이 이미지 기반의 기술과 다른 또 다른 특징은 전자의무기록의 경우 상당히 많은 결측치를 다루어야 한다는 데 있음[25]. 인공지능 및 기계학습 분야에서 결측치를 다루는 부분은 비지도학습(Unsupervised Learning)의 영역으로서 지도학습(Supervised Learning) 분야에 비해 널리 다루어지지 않고 있으나, 실제 의료 현장에서 빈번하게 발생하는 것으로 전자의무기록 기반 인공지능 기술의 신뢰도를 좌우하는 중요한 부분임. 또한 전자의무기록을 구성하는 수많은 특성 변수들은 서로 복잡다단한 상관관계 또는 인과관계를 가지고 있는데, 기계학습 분야에서 이 부분에 대한 연구는 이미지 기반의 연구에 비해 활발하게 진행되지 못하였음. 결론적으로 말해, 인공지능 및 빅데이터 기술을 이용한 예측, 진단, 치료, 예후 등의 제반 의료 서비스는 전자의무기록을 얼마나 효과적으로 활용하느냐에 달려있는데, 이 부분은 그 성숙도에 있어 이미지 기반의 연구에 다다르지 못하고 있으며, 결측치, 변수 간 상관관계 분석, 인과관계 도출, 이중 데이터 간 편향 문제, 변수 차원 축소, 시계열 처리, 결과 및 모델에 대한 설명 등 난이도가 높은 다양한 문제들에 대한 연구가 현재 진행 중인 상황임.

3) 유전체 데이터 기반 기술

이른바 오믹스(Omics)라 불리는, 대량생산(High-Throughput) 데이터에 의해 발전된 분야 중 유전체(Genomics) 데이터는 인공지능 및 빅데이터 기술에 의해 상당한 발전을 이루고 있음[5]. 유전체 데이터는 이미지 데이터와 유사하게 동종의 데이터로 이루어져 있다고 볼 수 있으며 고차원의 변수로 이루어져 있음. 유전체 데이터는 많은 기계학습 알고리즘 중에서도 딥러닝 기반의 알고리즘이 우수한 성능을 보이고 있는 데이터 종류임. 최근에는 DeepVariant라 불리는 딥러닝 기반의 유전체 분석 기술이 널리 쓰이고 있는 Genome Analysis Toolkit을 능가하는 성능을 보임[26]. 인공지능 기술은 유전체 데이터에 담긴 고수준 특성 변수를 추출하거나, 특성 변수에 대한 해석에 기여할 수 있음. 더 나아가 유전체 데이터를 전자의무기록과 함께 다루는 것은 질병과 유전체의 연관성을 발견하는 데 매우 중요한 작업이며 이를 위해서는 이중 데이터 분석 기법이 고도화되어야 함.

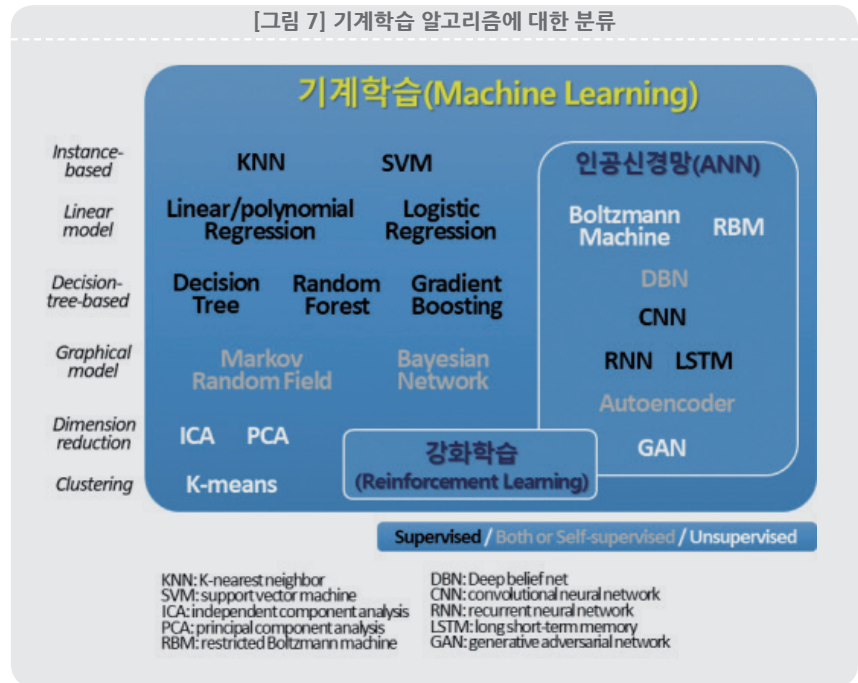
라. 인공지능 알고리즘에 따른 기술 동향

1) 의료 분야 응용을 위한 다양한 인공지능 알고리즘

인공지능 및 빅데이터 의료기기 분야에서 기술의 목표, 적용 분야 및 형태, 데이터의 종류와 더불어 기술적으로 중요하게 파악해야 할 부분은 어떠한 알고리즘에 기반하는지임. 예를 들어, 전자의무기록을 이용한 질병 예측을 전문의의 의사결정을 보조하는 데 응용한다고 했을

때, 다양한 알고리즘을 적용할 수 있으며, 달성하고자 하는 목표에 따라 각 알고리즘이 성취하는 바는 매우 다를 수 있음. 따라서 인공지능 및 빅데이터 의료기기의 특허 및 기술을 파악하는데 있어 어떠한 알고리즘이 어떠한 조건에 따라 활용되는지 파악하는 것은 매우 중요한 부분임.

인공지능은 크게 전통적인 방식의 규칙 기반 알고리즘(Rule-Based Algorithm)과 기계학습으로 나눌 수 있고, 기계학습은 다시 인공신경망 기반의 알고리즘과 통계적 방식을 포함하는 비-인공신경망 알고리즘으로 나눌 수 있음. 또한 기계학습은 학습 형태에 따라 목표 변수에 대한 표지(Label)를 대상으로 학습하는 지도학습과 이러한 표지 없이 차원 축소, 특성의 압축 표현, 클러스터링 등의 임무를 수행하는 비지도학습이 있음. 다양한 기계학습 알고리즘에 대한 분류를 <그림 7>에 도식화하였음.



의료 분야 적용의 관점에서 규칙기반 알고리즘과 非-인공신경망 알고리즘, 인공신경망 알고리즘을 인간의 작업 특성을 포함하여 비교한 것을 <표 2>에 정리하였음[5]. 기계학습 방법론이 비용이나 효율성 면에서 장점을 가지고 있으나, 인간이나 규칙기반 알고리즘에 비해 설명력 부분에서 단점을 가지는 것을 알 수 있음. 기계학습 알고리즘 중에서는 인공신경망 기반 알고리즘이 설명력 부분에서 취약함.

[표 2] 인간과 다양한 인공지능 알고리즘의 특성 비교

방법론	설명력	성능	재현력	사전지식 의존도	학습비용	작업 비용	24시간 활용도	업데이트 비용
인간	높음	보통 또는 높음	보통	높음	높음	높음	낮음	높음
규칙기반 알고리즘	높음	보통 또는 높음	높음	높음	보통 또는 높음	낮음	높음	높음
非-인공신경망 알고리즘	보통 또는 높음	보통 또는 높음	높음	보통	보통	낮음	높음	보통
인공신경망 (딥러닝)	낮음 또는 보통	높음	높음	낮음	보통	낮음	높음	낮음

2) 의료 분야 응용 기계학습 알고리즘의 활용도

의료 분야 응용을 위한 기계학습 알고리즘 중 압도적으로 많은 활용도를 보이는 것은 인공신경망 및 딥러닝 알고리즘임[27]. 기본 구조인 다층퍼셉트론(MLP) 모델을 비롯하여 콘볼루션 신경망(CNN), 순환신경망(RNN), 오토인코더(Autoencoder) 등 인공신경망의 다양한 아키텍처 기술이 활용되고 있음. 그 다음으로는 서포트 벡터 머신(SVM) 기반 기술이 많이 활용되는데 주로 전자의무기록의 분석에 응용되고 있음. 선형 회귀나, 로지스틱 회귀와 같은 전통적인 선형 모델도 상당히 많이 활용되고 있는데, 선형 모델은 높은 설명력을 가진다는 장점이 있음.

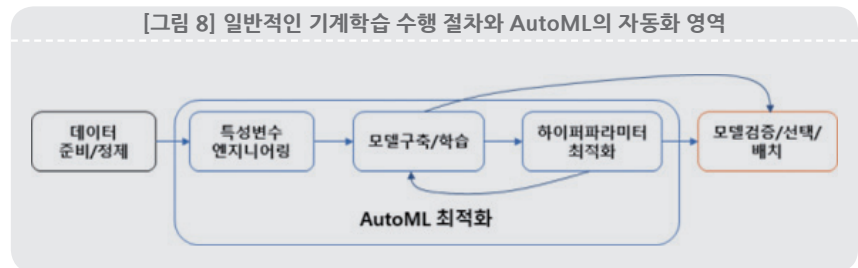
결정트리(Decision-Tree) 기반의 알고리즘은 의무전자기록과 같은 이종 데이터의 처리에 우수한 성능을 나타내면서도 어느 정도의 설명력을 지녀 의료 분야, 특히 전자의무기록과 같은 데이터의 처리에 널리 활용되고 있음. 다양한 데이터에 대해 우수한 성능을 보이는 대표적인 결정트리 기반의 알고리즘에는 앙상블 기법을 활용한 랜덤 포레스트(Random Forest)와 그래디언트 부스팅(Gradient Boosting) 알고리즘이 있음. 보편적으로 가장 우수한 성능을 달성하는 알고리즘은 그래디언트 부스팅이 고도화된 형태라고 볼 수 있는 LightGBM과 XGBoost(Extreme Gradient Boosting)이며, 여러 가지 질병 예측에 있어 우수한 정확도를 보임[28]. 뿐만 아니라 결정트리 기반의 알고리즘은 SHAP 기반의 알고리즘을 이용할 경우 결과에 대한 변수의 중요도뿐 아니라 변수의 수치 경중에 따른 영향력도 파악할 수 있어 [29], 합리적인 설명을 요구하는 의료 분야에 매우 적절한 알고리즘이라고 할 수 있음.

3) AutoML

앞서 살펴본 바와 같이 의료 분야 응용을 위한 기계학습 알고리즘은 적용의 형태, 데이터의 종류 등에 따라 다양한 알고리즘이 존재하는데, 최적의 알고리즘을 선택하여 신뢰도 있는 결

과를 도출하는 것은 기계학습 알고리즘 전문가의 전문 지식이 요구됨. 이것은 의료 응용 알고리즘에 관련된 많은 연구가 이루어지고 진료의 효용성 증대, 의료비용 절감, 의료 연구 등 다양한 면에서 유용성이 검증되고 있지만, 아직 대부분의 병원들에서는 인공지능 솔루션을 적극적으로 유치하거나 활용하지 않는 한 가지 이유임. 따라서 데이터의 종류나 임무의 성격에 따라 최적의 알고리즘을 찾아내는 자동화 기계학습(Automated Machine Learning, AutoML) 기술이 최근에 활발히 연구되고 있음[30]. AutoML은 알고리즘의 선택을 자동화하고 각 알고리즘들을 조합하고, 모델에 필요한 파라미터를 최적의 결과를 도출하도록 조정하는 등의 자동화를 목표로 함. 현재 연구되고 있는 AutoML은 <그림 5-2>에 나타낸 바와 같이 특성변수 엔지니어링, 모델 구축 및 학습, 하이퍼파라미터 최적화를 자동화하며, 이 결과를 알고리즘의 선택에 활용함. 데이터 수집 및 정제, 모델의 검증 및 선택, 배치는 아직 전문 인력의 개입이 필요함.

IBM Watson Studio는 최근 자동으로 모델을 선택할 수 있고, 데이터 준비, 특성변수 엔지니어링 및 하이퍼파라미터 최적화를 자동으로 수행하는 AutoAI를 개발하여 서비스하고 있음 [31]. AutoAI는 AutoML의 많은 연구 결과를 집약했을 뿐 아니라, 전이학습 기능, 신경망 검색, 결과 설명 등 AutoML에서 다루지 않은 많은 부분들을 제공하는 솔루션임.



4) 비지도 학습 알고리즘의 중요성

비지도학습은 의료분야 뿐 아니라 인공지능 및 빅데이터 분야 전반에서 그 중요성이 대두되고 있지만, 지도학습에 비해 많이 연구되지 못한 분야임. 의료 분야에 있어 가장 시급한 비지도학습 기술은 전자의무기록에서의 결측치 문제를 해결하는 데 있음. 전자의무기록은 환자마다 서로 다른 특성 변수로 이루어지며, 공통된 부분도 있지만 다른 부분이 더 많아 결측치를 제대로 해결하지 않는 예측이나 진단은 그 신뢰도를 보장할 수 없음. 또한 전자의무기록을 이용하여 특정 질병을 예측하는 데 있어 수많은 특성 변수를 모두 사용하는 것은 학습의 효율을 저하시키기도 하고, 관련 없는 변수의 활용으로 인해 정확도 및 신뢰도를 저하시키는 원인이 되기도 함. 따라서 변수 선택(Feature Selection) 프로세스가 필요하며 많은 경우 변수의

선택은 비지도학습 알고리즘을 통해 해결할 수 있음. 더 나아가 인공지능 및 빅데이터 기술을 이용하여 임상 진료의 효용을 더욱 높이기 위해서는 특성 변수들의 상관관계 및 인과관계 파악을 통해 새로운 발견이 이루어져야 하는데, 이는 모두 비지도학습 알고리즘을 통해 해결할 수 있음. 따라서 비지도학습 알고리즘에 대한 문제를 해결하는 기술 선점이 절실히 요구됨.

마. 기술 동향 소결

인공지능 및 빅데이터 의료기기 기술은 그 중요성이 점점 대두되고 있고, 개입의 정도와 응용의 영역 및 범위를 넓히기 위해 많은 연구가 이루어지고 있음. 특히 기술 동향 파악을 위해서는 해당 기술이 의료의 다양한 분야에서 어떠한 지점에 위치하고 있고, 어떠한 목표를 추구하며, 달성하고자 하는 효과가 무엇인지 파악할 필요가 있음. 현재 의료 현장에서 가장 널리 쓰이고 성공적인 응용이 되고 있는 분야는 이미지 기반의 진단 기술이며, 이 분야에서 가장 많이 쓰이는 알고리즘은 딥러닝 기반의 콘볼루션 신경망 기술임. 전자의무기록을 이용한 예측, 진단, 치료, 예후 분석 기술은 서로 다른 특성을 가지는 다양한 특성 변수들로 이루어진 이종 데이터를 기반으로 해야 하고, 결과에 대한 합리적인 해석이 필수적으로 요구됨. 이 분야에는 딥러닝 기술과 함께 다양한 기계학습 기술이 활용되고 있으며, 우수한 성능과 함께 상세한 설명력을 지니는 알고리즘으로 결정트리 기반의 LightGBM과 XGBoost가 있음. 인공지능 및 빅데이터 전문가의 도움 없이 실제 의료 현장에서 기계학습의 최적화된 모델을 구축하는 것은 어려움이 있음. AutoML은 특성변수 엔지니어링, 모델 선택, 모델 구축, 하이퍼파라미터 최적화 등 기계학습의 핵심 프로세스를 자동화하여 전문가의 도움 없이도 기계학습 알고리즘을 활용할 수 있도록 함. 이 밖에 비지도학습 또한 의료 분야에 있어 많은 잠재력을 가지고 있는 기술이나, 지도학습에 비해 많이 연구되지 않았음. 향후 비지도학습 분야의 연구 개발을 통해 인공지능 및 빅데이터 의료기기 기술 시장을 선점할 필요가 있음.

5. 결론

인공지능 및 빅데이터 관련 의료기기 분야 주요기업의 특허 출원 동향 및 의료분야 활용 기술 동향을 분석해 본 결과 전통적인 의료기기 산업에서 타 분야 융합을 통한 신규 서비스 개발의 디지털화된 바이오헬스 산업으로의 변화를 알아볼 수 있었으며, 이와 같은 주요 출원인들의 IP 흐름을 참조하면, 관련 기술 분야를 주도하는 기업들의 아이디어 창출 흐름을 엿볼 수 있으며, 나아가 이들의 주요 핵심특허를 구분하고 이들에 대한 추가 집중 검토를 통해, 미래에 발생할 분쟁에 대한 예방과 대응책 마련을 가능하도록 할 수 있음. 또한, 핵심특허에 대하여 주요 아이디어를 정리함으로써, 기술개발 초기 단계에서 활용 가능할 만한 기술개발의 아이디어 시드를 확보하여 실제 기술개발에 활용할 수 있을 것이며, 특히 핵심특허는 빅데이터 및 인공지능 분야에 대해서 눈여겨 볼만한 아이디어들을 다루고 있어 활용 가치가 높다고 할 것임

더불어, 향후 국내 기업들에 의하여 ICT 보건의료기술 분야의 기술개발을 진행함에 있어서, 각 정량적 지수별 TOP 10에 속한 주요 출원인들의 개발기술, 특히 IBM, SIEMENS와 같은 두 대표 출원인의 빅데이터, 인공지능과 관련된 기술과 같은 핵심 연구개발 추이를 참조하여 IP 확보 전략을 수립하고, 개별 핵심특허의 세부 기술내용을 아이디어 시드로 하여 기술개발 구체화에 활용할 필요가 있을 것임

또한 디지털 정보를 이용한 의로서비스 관리, 임상 진료, 생체의학 및 중개연구, 모바일 헬스케어 분야의 기술 개발 동향을 데이터 종류와 인공지능 알고리즘에 따라 알아보면, 경쟁자들의 위치를 파악할 수 있었음. 인공지능과 빅데이터를 이용한 기술은 이미 임상 진료, 질병의 진단과 치료와 예후 예측, 로봇 기반 수술 자동화 등 분야에서 이미지 데이터 기반 진단, 전자 의무기록 기반 융합서비스, 유전체 데이터 기반 분석 서비스 등에서 활용되고 있으며, 응용분야에 적합한 데이터 분석 알고리즘의 개발은 융합서비스 개발에 필수적으로 재현성/정확성/안전성 등을 개선하기 위한 다양한 모델(알고리즘) 개발이 활발하게 진행되고 있음

전통적인 의료기기 산업에서는 출발점이 달랐기 때문에 추격자로서 틈새시장을 집중 공략할 수밖에 없었다면, 새로운 디지털화 된 헬스케어 시장에서는 다양한 외부 변수와 함께 시장의 범위가 현재보다 더 확장될 것이기 때문에 우리의 강점을 분석하고, 글로벌 경쟁력 이면에 깔려 있는 배타적 독점권(지식재산권)에 집중한다면 비슷하거나 또는 보다 우월한 위치에서 현재 선진국 또는 다국적 기업과 경쟁할 수 있을 것임.

 <참고문헌>

1. Secinaro, S. et al., The role of artificial intelligence in healthcare: a structured literature review. *BMC Med Inform Decis Mak.* 21:125 (2021).
2. Shortliffe EH, Sepúlveda MJ. Clinical decision support in the era of artificial intelligence. *JAMA.* 2018;320(21):2199-200.
3. Chakradhar S. Predictable response: finding optimal drugs and doses using artificial intelligence. *Nat Med.* 2017;23(11):1244-7.
4. Guo J, Li B. The application of medical artificial intelligence technology in rural areas of developing countries. *Health Equity.* 2018;2(1):174-81
5. Yu, K.-H. et al. Artificial intelligence in healthcare. *Nature Biomed. Eng.* Vol. 2 (2018)
6. Miotto, R. et al. Deep learning for healthcare: review, opportunities and challenges. *Briefings in Bioinformatics.* Vol. 19, No. 6 (2018)
7. Pastorino, M., Arredondo, M., Cancela, J. & Guillen, S. Wearable sensor network for health monitoring: the case of Parkinson disease. *J. Phys. Conf. Ser.* 450, 012055 (2013).
8. Rong, G. et al. Artificial intelligence in healthcare: review and prediction case studies. *Engineering.* Vol. 6 (2020)
9. Shi TW, Kah WS, Mohamad MS, Moorthy K, Deris S, Sjaugi MF, et al. A review of gene selection tools in classifying cancer microarray data. *Curr Bioinform* 2017;12(3):202-12
10. Vashistha R, Dangi AK, Kumar A, Chhabra D, Shukla P. Futuristic biosensors for cardiac health care: an artificial intelligence approach. 3. *Biotech* 2018;8(8):358.
11. Ahmed FE. Artificial neural networks for diagnosis and survival prediction in colon cancer. *Mol Cancer* 2005;4(1):29
12. Cai, X. et al. Real-time prediction of mortality, readmission, and length of stay using electronic health record data. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 23, 553-561 (2016)
13. Delen, D., Oztekin, A. & Kong, Z. J. A machine learning-based approach to prognostic analysis of thoracic transplantations. *Artif. Intell. Med.* 49, 33-42 (2010).
14. Gomes, P. Surgical robotics: reviewing the past, analysing the present, imagining the future. *Robot. Comput. Integr. Manuf.* 27, 261-266 (2011)
15. Fisher RS, van Emde Boas W, Blume W, Elger C, Genton P, Lee P, et al. Epileptic seizures and epilepsy: definitions proposed by the international league against epilepsy (ILAE) and the international bureau for epilepsy (IBE). *Epilepsia* 2005;46(4):470-2
16. Chin LC, Basah SN, Yaacob S, Juan YE, Kadir AKAB. Camera systems in human motion analysis for biomedical applications. In: *Proceedings of International Conference on Mathematics, Engineering and Industrial Applications 2014; 2014 May 28-30; Penang, Malaysia; 2014.* p. 090006
17. Elek, R. et al. Recent trends in automating robotic surgery. In *2016 IEEE 20th Jubilee International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)* 27-32 (IEEE, 2016).
18. van Ginneken, B., Setio, A. A., Jacobs, C. & Ciompi, F. Off-the-shelf convolutional neural network features for pulmonary nodule detection in computed tomography scans. In *IEEE 12th International Symposium Biomedical Imaging (ISBI)* 286-289 (IEEE, 2015).
19. Lakhani, P. & Sundaram, B. Deep learning at chest radiography: automated classification of pulmonary tuberculosis by using convolutional neural networks. *Radiology* 284, 574-582 (2017).
20. Samala, R. K. et al. Mass detection in digital breast tomosynthesis: deep convolutional neural

- network with transfer learning from mammography. *Med. Phys.* 43, 6654-6666 (2016)
21. Esteva, A. et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 542, 115-118 (2017).
 22. Panwar, N. et al. Fundus photography in the 21st century — a review of recent technological advances and their implications for worldwide healthcare. *Telemed. J. E. Health* 22, 198-208 (2016).
 23. Gulshan, V. et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA* 316, 2402-2410 (2016).
 24. Barnett, G. O., Cimino, J. J., Hupp, J. A. & Hoffer, E. P. DXplain. An evolving diagnostic decision-support system. *JAMA* 258, 67-74 (1987).
 25. Ghassemi, M et al. A review of challenges and opportunities in machine learning for health. *AMIA*. (2020)
 26. DePristo, M. & Poplin, R. DeepVariant: highly accurate genomes with deep neural networks. *Google AI Blog* <https://research.googleblog.com/2017/12/deepvariant-highly-accurate-genomes.html> (2017)
 27. Mehta, N. et al. Transforming healthcare with big data analytics and artificial intelligence-a systematic mapping study. *Journal of Biomedical Informatics*. Vol. 100 (2019)
 28. Park, D. J. et al. Development of machine learning model for diagnostic disease prediction based on laboratory tests. *Scientific Reports*. 11:7567 (2021)
 29. Lundberg, S. M. et al. From local explanations to global understanding with explainable AI for trees. *Nature Mach. Intell.* 2 (2020)
 30. Waring, J. et al. Automated machine learning: review of the state-of-the-art and opportunities for healthcare. *Artificial Intelligence In Medicine*. 104 (2020)
 31. <https://www.ibm.com/kr-ko/cloud/watson-studio/autoai>



July 2021. Issue 31

Writer

유민규 온유특허법률사무소, 대표변리사
김철호 한국전자통신연구원, 선임연구원

BIO ECONOMY REPORT

발행 : 2021년 07월 | 발행인 : 고한승 | 발행처 : 한국바이오협회 한국바이오경제연구센터
13488 경기도 성남시 분당구 대왕판교로 700 (삼평동, 코리아바이오파크) C동 1층, www.koreabio.or.kr
* 관련 문의 : 한국바이오협회 한국바이오경제연구센터 e-mail : Koreabio1@koreabio.org



한국바이오경제연구센터
KOREA BIO-ECONOMY RESEARCH CENTER

Innovating Data Into Strategy & Business



9 772508 682002 18
ISSN 2508-6820