석유가스 개발사업의 인공지능기술 활용 현황 및 전망

민배현^{1*} · 권서윤¹ · 박가영¹ · 정대인² · 이해선²

¹이화여자대학교 기후·에너지시스템공학과, ²Software Integrated Solutions, Schlumberger

Current Status and Prospects of Artificial Intelligence in the Oil and Gas Exploration and Production Business

Baehyun Min^{1*}, Seoyoon Kwon¹, Gayoung Park¹, Daein Jeong² and Haeseon Lee²

¹Department of Climate and Energy Systems Engineering, Ewha Womans University

²Software Integrated Solutions, Schlumberger

Received 9 June 2020 Final version Received 26 June 2020 Accepted 26 June 2020

Abstract : This study reviewed the current status and prospects of using artificial intelligence (AI) technology in oil and gas exploration and production (E&P) in facing the era of digital transformation. Beginning with a brief introduction to artificial intelligence, machine learning (ML), and deep learning (DL), this manuscript discusses the following: the use of artificial intelligence in E&P projects, an introduction to the state-of-the-art deep learning techniques highlighted in recent E&P projects, an analysis of the trends in global and domestic E&P business, relevant considerations, and concluding remarks. Thus, how the oil and gas E&P business is encouraged to cope with and move forward in the era of digital transformation is examined in detail.

Key words : Artificial Intelligence, Oil and Gas E&P Business, Digital Transformation, Machine Learning, Deep Learning

요약 : 이 연구는 디지털 전환의 시대를 맞이하여 석유가스 개발사업의 인공지능기술 활용 현황과 전망을 살펴본다. 인공지능, 머신러닝, 딥러닝에 대한 간략한 소개를 시작으로 석유가스 개발사업에서 인공지능이 어떻게 활용되는지, 다양한 인공지능기술 중 최근 석유가스 개발사업에서 각광받는 딥러닝 기술의 종류에 대한 소개, 국내외 석유가스 개발사업의 딥러닝 기술 활용 현황과 전망, 고찰, 그리고 맺음말로 구성하였다. 이를 토대로 디지털 전환의 시대에서 석유가스 개발사업이 대처하고 나아가야 할 방향에 대하여 논하고자 한다.

주요어 : 인공지능, 석유가스 개발사업, 디지털 전환, 머신러닝, 딥러닝

서론

석유가스 개발사업은 바야흐로 빅데이터와 인공지능(Artificial Intelligence, AI)의 시대에 진입하였다. 구글 딥마인드(Google DeepMind)의 알파고(AlphaGo)가 2016년 3월 이세돌 9단과의 바둑 5번기에서 승리를 거두며 인류에 큰 충격을 준 것처럼, 4차 산업혁명 시대의 석유가스 개발사업은 인간의 인지능력으로는 분석하기 어려운 광구 빅데이터를 데이터 과학기술로 가공하여 정보를 추출하고 머신러닝(machine learning) 또는 딥러닝(deep learning) 기

술을 활용하여 최적의 솔루션을 제공함으로써 광구의 자산 가치를 극대화할 것이다(Min, 2020). IT 관련 교육 및 인증기관 컴티아(CompTIA)는 현재와 미래의 시장규모, 성장률, 타 산업에의 파급효과 등을 종합평가하여 2018년부터 매년 인류사회에 가장 막대한 영향력을 끼칠 10개의 핵심 신기술을 선정하여 왔다(CompTIA, 2020). 인공지능/머신러닝/딥러닝은 2020년 신기술 1위를 차지하였다(Table 1).

본 논문은 석유가스 개발사업에서 인공지능기술의 현황 및 전망에 대하여 기술한다. 인공지능, 머신러닝, 딥러닝에 대한 간략한 소개를 시작으로 석유가스 개발사업에서 인공

*Corresponding Author, Baehyun Min, bhmin01@ewha.ac.kr, Department of Climate and Energy Systems Engineering, Ewha Womans University, Seoul, Korea

지능을 언제 활용하는지, 다양한 인공지능기술 중 최근 석유가스 개발사업에서 각광받는 딥러닝 기술의 종류에 대한 소개, 국내의 딥러닝 기술의 활용 현황과 전망, 고찰, 그리고 맺음말로 구성하였다. 이를 토대로 디지털 전환의 시대를 맞이하며 석유가스 개발사업이 나아가야 할 방향에 대하여 논하고자 한다.

인공지능, 머신러닝, 딥러닝의 상관관계와 석유가스 개발사업에서의 활용 추세

Fig. 1은 인공지능, 머신러닝, 딥러닝의 상관관계를 나타낸다. 이 중 인공지능은 최상위 개념으로 인간의 지능이 수행하는 사고, 학습, 자기 개발 등을 컴퓨터가 대체하는 방법을 연구하는 분야이다. 머신러닝은 컴퓨터에게 데이터를 입력시켜 사람의 배움 과정을 모사하도록 학습(training)을 시키는 방식이다. 머신러닝은 함수 $y=f(x)$ 라는 수식을 구축할 때 자연계의 법칙에 근거하여 함수 f 의 수식을 정하지 않는다. 대신, 입력값 x 와 출력값 y 로 구성된 학습자료를 기계에게 제공하여 기계가 x 에 대응하는 y 를 재현하거나 유사한 값을 출력할 수 있도록 함수 f 의 수식을 다양한 알고리즘을 이용하여 스스로 결정한다. 잘 학습된 기계 모델은 학습되지 않은 신규 입력값에 대응하는 출력값을 사용자가 수용할만한 정확도를 유지하면서 매우 신속하게 산출할 수 있다. 이러한 기계 모델들은 자연계의 현상이나 인간의 직관을 흉내내기 때문에 대리모델(surrogate model) 또는 프록시(proxy)라고 부른다. 기계가 스스로 학습하여 구성한 함수 f 의 수식 형태는 특별한 물리적 의미가 없으므로 머신러닝 모델을 블랙박스 모델이라고도 한다. 전형적인 머신러닝에 비해 함수 f 의 수식을 훨씬 복잡하게 구성하여 학습

능력과 예측능력을 향상시킨 기술이 딥러닝이다.

이러한 인공지능, 머신러닝, 딥러닝은 기술적 차이점에도 불구하고 유사성으로 인하여 아직까지 많은 문헌에서 혼용되어 사용되고 있다. 본 논문 또한 편의상 인공지능, 머신러닝, 딥러닝 기술을 인공지능기술로 통칭한다.

인공지능의 개념은 1956년 다트머스 컨퍼런스에서 탄생하여 1974년까지의 황금기 이후 컴퓨터의 연산속도 개선 지연 등 기술 진보의 한계에 부딪혀 2000년대 초반까지 침체기를 겪고 있었다. 인공지능이 부활의 신호탄을 쏜 계기는 2012년 이미지넷(ImageNet) 대회이다. 이미지넷은 딥러닝의 잠재력을 실체화한, 최근 10년간 산업계의 가장 파격적인 사건이라 할 수 있다. 2010년부터 시작한 이미지넷 대회는 1,000개가 넘는 카테고리로 분류한 100만개의 이미지를 인식하여 그 정확도를 겨루는 시각인식(visual recognition) 대회이다. 2012년 대회 이전까지 기계의 이미지 인식률은 75% 미만이었으나 캐나다 토론토 대학의 조프리 힌튼(Geoffrey Hinton) 교수 연구진이 제안한 알렉스넷(Alexnet)은 심층신경망을 사용하여 84.7%의 인식률을

Fig. 1. Artificial intelligence (AI), machine learning (ML), and deep learning (DL).

Table 1. Top 10 emerging technologies for 2018, 2019, and 2020 (CompTIA, 2020)

2018 Rank	Technology	2019 Rank	Technology	2020 Rank	Technology
1	Internet of Things (IoT)	1	IoT	1	AI
2	Automation	2	AI	2	5G
3	Artificial Intelligence (AI)	3	5G Wireless	3	IoT
4	Augmented Reality (AR) / Virtual Reality (VR)	4	Serverless Computing	4	Serverless Computing
5	5G Wireless	5	Blockchain	5	Biometrics
6	3D Printing	6	Robotics	6	AR / VR
7	Drones	7	Biometrics	7	Blockchain
8	Biometrics	8	3D Printing	8	Robotics
9	Blockchain	9	AR / VR	9	Natural Language Processing
10	Quantum Computing	10	Drones	10	Quantum Computing

Fig. 2. (a) Concept tag cloud to reveal the relationship between the upstream oil & gas and AI (modified from www.spe.org and powered by i2k Connect), (b) Quick topic analysis for each AI-related keyword (www.spe.org).

구현하였다. 당시 2등의 인식률은 73.8%로 약 10.9%의 격차를 나타내었다(Krizhevsky *et al.*, 2012). 즉, 2012년 이후 다양한 산업분야에서 빅데이터와 딥러닝을 결합한 자료 기반 기술(data-driven technologies)을 적극 활용하여 자산가치를 극대화하는 움직임을 보이고 있다.

Fig. 2는 세계석유공학자협회(Society of Petroleum Engineers, SPE) 웹사이트에서 조사한 석유가스 개발사업과 인공지능의 관계도이다. Fig. 2(a)는 딥러닝을 검색어로 설정하여 작성한 개념 태그 클라우드이다. 검색어와 연관성이 높은 태그일수록 검색어와 가까운 위치에 배치하거나 굵게 강조하여 시각화하였다. 딥러닝과 가장 연관성이 높은 키워드는 인공지능, 머신러닝, 인공신경망(neural network), 석유가스개발(upstream oil & gas)로 나타났다. Fig. 2(b)는 SPE 웹사이트에서 인공지능, 머신러닝, 딥러닝을 각각 검색어로 설정할 때 조회된 최근 10년간 관련 자료의 개수이다(2020년 자료는 5월 31일까지의 자료). 딥러닝의 경우, 2012년 이미지넷 대회 이후 석유가스 개발사업에서 활용하기 시작하면서 2015년부터는 연평균 약 2배의 증가율을 보인다. 즉, 석유가스 개발사업이 머신러닝, 특히 딥러닝을 활발히 접목하고 있는 추세로 해석할 수 있다.

석유가스 개발사업은 인공지능기술을 언제 활용하는가?

오늘날 석유가스 개발사업은 지질자료 해석, 탄성파 해석, 물리검층 해석, 저류층 모델링 및 보정, 유정 위치 선정, 생산이상치 감지, 유가 예측 등 사업 전 영역에서 인공지능을 널리 활용하고 있다. 석유가스 개발사업에서 인공지능

기술을 성공적으로 접목하기 위해서는 고품질 광구 빅데이터의 확보와 이를 이용한 기계학습의 성공을 전제로 한다. 고품질 광구 빅데이터를 확보하였다면, 석유가스 개발사업은 인공지능을 언제 사용할 수 있을까? 인공지능, 구체적으로 머신러닝과 딥러닝이 결국 함수 $y=f(x)$ 의 수식 f 를 설계하는 대리모델 작업이라고 할 때, 그 용도는 크게 다음 세 가지로 구분할 수 있다.

첫째, 함수 f 가 존재하고 그 형태를 알고 있으나 함수의 계산에 너무 긴 시간과 비용이 소요되는 경우이다. 대표적인 예가 저류층 시뮬레이터를 대체하는 대리모델의 설계 및 활용이다. 저류층 시뮬레이터는 물리, 화학, 열역학, 유체역학, 지질역학 등 자연계의 다양한 법칙들을 연립 방정식의 형태로 푸는 프로그램으로 유·가스 생산량 예측에 있어 가장 정확한 방법이라 할 수 있다. 그러나 저류층 시뮬레이션을 실행하는데 필요한 광구 자료의 일부를 취득하지 못한 경우, 또는 자료는 확보하였으나 저류층의 불확실성으로 인해 다양한 저류층 물질 조합에 따른 유·가스 생산량을 평가해야 하는 경우 저류층 시뮬레이터와 비교하여 유사성능을 갖추면서 매우 신속히 저류층 생산성을 평가해줄 수 있는 대리모델이 필요하다. 유정 위치 선정, 생산량 또는 주입량 할당, 관측한 생산량을 재현할 수 있도록 저류층 모델을 보정하는 히스토리 매칭 문제들이 이에 해당한다. 둘째, 함수 f 가 존재하나 현재의 기술력으로는 아직 정확한 수식 f 를 도출하지 못한 경우이다. 예를 들어, 물리검층 자료로부터 공극률 또는 수포화도를 산출하는 공식, 퇴적물 입자의 크기와 분포에 따른 공극률과 유체투과율의 공식 등을 개선하는데 머신러닝 기술을 활용할 수 있다. 정치·사회적 이슈(OPEC+의 감산합의 실패에 따른 증산 등), 보건 이

슈(COVID-19로 인한 원유 수요 감소 등) 등에 영향을 받아 변동하는 유가 예측의 경우에도 머신러닝을 과거 유가이력을 학습한 고도의 통계기법으로 사용할 수 있다(Chen *et al.*, 2017). 셋째, 함수 f 가 자연계에서 명확히 존재하지 않는 경우이다.

상기 세 가지 용도는 역설적으로 인공지능기술의 한계를 드러낸다. 고품질 빅데이터를 이용한 기계학습의 성공이라는 전제를 충족하지 못한다면 자료기반 인공지능기술을 신뢰하기 어렵다. 평균적으로 높은 신뢰도를 갖추었더라도 인공지능의 판단 착오로 인한 단 한 번의 사고가 큰 손실과 책임소재 문제를 야기할 수 있다. 2016년 인공지능 기반 자율주행 자동차인 테슬라 모델 S의 운전자 사망 사고를 예로 들면, 오토파일럿 센서가 흰색 트레일러를 밝은 하늘 색 깔로 오인하고 감지하지 못하여 발생하였다. 따라서 석유 가스 개발사업은 인공지능기술을 맹신하기보다는 의사결정의 보조 도구로 활용하는 자세를 갖추어야 한다. 무엇보다, 지하에서 석유를 탐사하여 지상으로 생산하고자 하는 우리에게 석유의 지질학적 생성과정이나 지층내 유동 또는 관내 유동과 같은 자연계의 법칙을 재현하는 원천기술을 개발하는 것이 가장 정직하고 정확한 접근법이다. 오랜 시간과 비용이 소요될 원천기술의 개발 과정을 고려할 때, 인공지능기술은 현재까지 확보한 광구 자료에 기반하여 신속하고 합리적인 의사결정을 도출하기 위한 보완재 또는 대체재로 활용되고 있는 것이다.

주요 딥러닝 알고리즘의 종류와 석유가스 개발사업 적용 사례

이 장에서는 대표적인 딥러닝 알고리즘인 심층신경망, 오토인코더, 합성곱신경망, 순환신경망, 생성적적대신경망의 구조와 석유개발분야 적용 사례를 간략히 소개한다.

심층신경망(Deep Neural Network, DNN)

대부분의 딥러닝 알고리즘은 인간의 대뇌 연산을 모사한 머신러닝의 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN) 구조를 고도화한 심층신경망 구조를 가진다(Fig. 3). 인간 만이 할 수 있다고 여겨지던 고도의 추상 활동을 매우 크고 복잡한 인공신경망 구조를 이용하여 빅데이터를 통해 학습 시킨다는 특징이 있다. 인공신경망은 입력 자료를 받는 입력층(input layer), 출력자료를 도출하는 출력층(output layer), 그리고 한 개 이상의 은닉층(hidden layer)으로 구성되어 있다. 각 층은 여러 개의 노드(node)로 구성되어 있으며, 각 노드는 정보를 처리하는 기본 단위이다. 노드는 뉴런(neuron)이라고도 한다. 서로 다른 층의 노드들은 Fig. 3에서 검은색 직선으로 표현한 가중치(weight)로 연결되어 있으며, 입력자료에 대응하는 출력자료를 도출하는 가중치를 최적화하여 결정하는 과정이 학습이다. 즉, 잘 학습된 신경망은 미지의 입력 자료에 대한 출력자료를 가중합으로 매우 신속하게 예측할 수 있다. 최근 딥러닝 분야에서 활용도가 높은 오토인코더, 합성곱신경망, 순환신경망, 생성적적대신경망 모두 Fig. 3의 심층신경망의 구조를 변형한 신경망 알고리즘이다.

일례로, 스웨덴의 인공지능 소프트웨어 기업 Peltarion은 지질자료(공극률, 유체투과율, 지층 두께, 유기물 함유량 등)를 입력값으로, 유 가스 생산량을 출력값으로 하여 양자간의 관계를 학습하는 심층신경망을 개발한 후, 지질자료만 확보한 지역의 생산성을 추정하였다(Crnkovic-Friis and Erlandson, 2015). 이러한 방법은 신규 시추위치 선정 등의 의사결정에 기여한다. 이라크에서는 시추 이수의 특성, 지층압, 첨가제 농도 등을 입력값으로 끼임(stuck) 가능성을 출력값으로 설정한 심층신경망을 설계하여 시추정, 물리검층 장비 등의 끼임 가능성을 예지하고 시추비용을 최소화하는데 활용하였다(Abbas *et al.*, 2019).

Fig. 3. Structures of ANN and DNN.

오토인코더(Autoencoder, AE)

오토인코더는 원본 자료로 구성된 입력층과 원본 자료의 주요 특징을 추출하는 은닉층, 원본 자료를 재현하는 출력층으로 구성한다(Fig. 4). 대다수의 딥러닝 알고리즘은 입력층 인자의 수가 출력층 인자의 수보다 많은 반면, 오토인코더는 두 인자의 수가 동일한 특징이 있다. 이는 오토인코더가 주로 입력자료의 묘사를 위한 학습이나 입력층에 전달한 자료의 원형을 은닉층에 부호화(encoding)하여 주요 특징을 추출하기 위해 사용하기 때문이다. 따라서 오토인코더는 이미지 자료의 압축, 변환, 복구 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 은닉층의 수가 두 개 이상일 경우 심층 오토인코더라고 한다. 석유가스 개발사업에서 오토인코더는 탄성파 자료처리, 저류층 암상 모델의 보정, 로드 펌프 유량 측정 등에 활용되고 있다.

일례로, Fig. 4는 히스토리 매칭 과정에서 손상된 암상의 지질학적 연속성을 오토인코더로 복구하는 방법을 나타낸다. 히스토리 매칭 과정에서 생산량 관측자료를 재현하다 보면 유정 인근 등 특정 지역의 물성(유체투과율 등)을 크게 변화시키곤 하는데 이때, 저류층 모델이 본래 유지해야

하는 암상의 지질학적 연속성이 약화되는 현상을 겪을 수 있다. 이러한 경우, 지질학적 연속성을 보전한 동일한 석유 물리모델 다수를 입출력자료로 활용하여 오토인코더를 학습시킨 후, 히스토리 매칭된 저류층 모델을 학습된 오토인코더에 입력하면 히스토리 매칭 성능을 유지하면서 지질학적 연속성도 일부 복구시킨 저류층 모델을 얻을 수 있다. 관련 기술은 현재 브라질 국영석유회사 페트로브라스(Petrobras), 미국 털사대학교(University of Tulsa), 한국지질자원연구원 등에서 활발히 개발 중이다.

합성곱신경망(Convolutional Neural Network, CNN)

합성곱신경망은 이미지 및 영상의 특징 추출에서 탁월한 성능을 보인다. 합성곱신경망은 입력자료의 특징을 추출하는 전반부 합성곱 단계와 추출된 특징을 기반으로 분류 또는 회귀 추정치를 산출하는 후반부 심층신경망 단계로 구성한다(Fig. 5). 합성곱 단계는 입력값으로 2차원 또는 3차원 이미지와 같은 다차원 배열을 받아들인 후, 합성곱(convolution)과 풀링(pooling) 연산 등을 통해 입력값의 특징을 추출한다. 추출된 다차원 배열의 특징은 1차원 배열

Fig. 4. Structure of AE and its application to the calibration of reservoir facies distribution (modified from Kim *et al.*, 2020b).

Fig. 5. Structure of CNN and its application to well placement optimization (modified from Chu *et al.*, 2020).

로 전환하여 심층신경망 단계에 전달한다. 석유가스 개발 사업에서 합성곱신경망은 유정 위치 선정(Chu *et al.*, 2020), 생산설비(너트, 용접, 파이프 등)의 이미지를 이용한 외관 검사, 퇴적물 분류, 인공채유법 진단, 라이저 예후 관리 등에 활용되고 있다.

일례로, Fig. 5는 합성곱 신경망을 이용한 생산정 시추위치 선정 절차이다. 합성곱 신경망의 입력층에 시추 후보지 인근의 저류층 물성을 입력한 후, 해당 위치를 시추했을 때 기대되는 유·가스 생산량 예측치를 저류층 시뮬레이션을 수행하여 획득하면(시추 위치, 생산량)이라는 입력력자료 쌍이 얻어진다. 이 과정을 일부 후보지에서 반복하여 얻은 입출력자료쌍 집합으로 합성곱 신경망을 학습시킨다. 잘 학습된 신경망은 남아 있는 다양한 후보지에서의 생산량 예측치를 신속히 평가하는데 활용할 수 있다. 최근 관련 기술을 이화여자대학교(Chu *et al.*, 2020)와 서울대학교(Kim *et al.*, 2020a)에서 진행 중이다.

순환신경망(Recurrent Neural Network, RNN)

순환신경망은 현재 시점의 자료가 다음 시점의 자료에 영향을 끼치도록 사슬형 구조로 연결하여 구성한 심층신경망이다(Fig. 6). 이러한 사슬형 구조는 순차적으로 발생하는 정보간 유기성을 확보하는 강점이 있다. 현재 시점으로부터 가까운 이전 시점의 자료들이 보다 높은 가중치를 부여받도록 완전연결층들이 반복되는 사슬 형태의 신경망 구조를 갖는 특징이 있다. 입력 자료는 순환형 완전연결층을 거쳐 최종 완전연결층인 출력층에서 분류 또는 회귀 분석 결과를 산출할 수 있다. 석유가스 개발사업에서 순환신경망은 생산량 등 시계열 자료 분석, 심도에 따라 값이 변하는 탄성과 해석, 물리검층 해석 등에 활용되고 있다.

일례로, Fig. 6은 순환신경망을 이용한 물리검층 및 코어 자료 기반 공극률 평가 방법을 나타낸다. 물리검층자료 대

비 코어자료는 일부 목표 심도에서만 획득하기 때문에 코어 미회수 구간의 공극률을 물리검층자료에 기반하여 평가하는 것이 일반적이다. 이때, 밀도 검층, 중성자 검층 등 다양한 물리검층자료는 입력자료로, 획득한 심도의 코어 공극률 자료는 출력자료로 활용하여 순환신경망을 학습시킨다. 잘 학습된 순환신경망은 코어 자료가 미확보된 심도에서의 공극률을 물리검층자료와 코어자료 간 상관관계에 기반하여 평가할 수 있다. 이러한 물리검층 해석법에는 인공신경망, 퍼지군집 등이 활용되어 왔는데, 암석의 분포처럼 근거리 자료에 보다 높은 가중치를 부여할 수 있는 순환신경망이 최근 높은 관심을 받고 있다. 관련 기술은 현재 미국 스탠포드 대학교, 조지아 공과대학교 등에서 활발히 연구 중이다.

생성적적대신경망(Generative Adversarial Network, GAN)

앞서 서술한 딥러닝 알고리즘들은 학습자료를 입출력자료쌍으로 제공해야 하는 지도학습 기반이다. 반면, 2014년 구글 브레인의 이안 굿펠로우(Ian Goodfellow)가 제시한 생성적적대신경망은 대표적인 비지도학습 방식의 딥러닝 기법이다(Goodfellow *et al.*, 2014). 생성적적대신경망은 학습입력자료와 유사한 새로운 자료를 만들어내는 생성(Generator)과 새로운 자료의 유사도 정도에 따라 진위를 판별하는 감별자(Discriminator)의 경쟁을 통해 학습입력자료와 유사한 다수의 자료를 만들 수 있다. 기존 딥러닝 알고리즘들과 달리 생성적적대신경망은 기계가 스스로 답을 찾는 비지도학습 방식을 사용하므로 인공지능 연구의 새로운 장을 열었다는 평가를 받는다. 석유가스 개발사업에서 생성적적대신경망은 확보한 현장자료(탄성과, 물리검층, 코어 등)에서 자료를 일부 미확득하였거나 누락하여 복원이 필요한 경우, 취득한 현장자료에 기반한 유사 자료를 다수 생성하여 미확득 지점 또는 복원 구간의 물성치를 추정하는데 활용할 수 있다.

일례로, Fig. 7과 Fig. 8은 각각 생성적적대신경망을 활용한 탄성과 자료 복원의 과정과 결과를 나타낸다(Carpenter, 2019). Fig. 7의 입력자료에서 보이는 것처럼 일부 탄성과 자료가 누락된 입력자료를 복원해야 하는 경우, 다양한 탄성과 학습자료 군으로 잘 학습시킨 생성적적대신경망에 해당 입력자료를 넣으면 누락된 지점의 합성자료를 형성할 수 있다. 만약 합성자료가 탄성과 학습자료와 유사한 이미지 특성을 지닌다면 판별자가 참으로 구분할 것이며, 그렇지 않다면 거짓으로 구분하여 생성자에게 새로운 합성자료를 생성할 것으로 요청할 것이다. 즉, 생성자는 판별자를 속일 수 있을 정도로 학습자료와 유사한 자료를 생성하려고 노력하고, 판별자는 최대한 속지 않기 위해 노력한다. 이러한 과정을 반복하여 성능이 향상된 생성적적대신경망은

Fig. 6. Structure of RNN and its application to porosity evaluation using well logging (modified from <https://mc.ai>).

Fig. 7. Structure of GAN and its application to seismic data reconstruction (modified from Carpenter, 2019).

Fig. 8에 보이는 것처럼 입력자료에 대응하는 합성자료, 즉 출력자료의 결과가 정답인 원본자료와 거의 유사하게 될 것이다. 위 과정으로 검증한 생성적적대신경망은 다양한 광구에서 탄성과 자료 복원에 활용할 수 있다. 관련 기술 개발에 대하여 국외에서는 사우디아람코, 프랑스 토탈(Total), WesternGeco, 중국 칭화대, 국내에서는 서울대, 한양대, 전남대 등 다양한 기관에서 활발히 연구 중이다.

상기 소개한 대표적 딥러닝 신경망 알고리즘들은 합성곱 생성적적대신경망, 순환형합성곱신경망, 합성곱 오토인코더 등 다양한 형태로 진화하고 있다. 그 외, 타 분야에서 좋은 성능을 보인 신경망 구조를 재활용하는 전이학습(transfer learning) 등 딥러닝 기술은 계속 발전하고 있다. 우리에게 중요한 점은 해결해야 할 석유개발 문제의 속성을 정확히 파악하는 석유 도메인 지식과 해당 문제에 적합한 딥러닝 기술을 선정하고 활용할 수 있는 디지털 지식의 융합임을 명심해야 한다.

석유가스 개발사업에서 인공지능기술의 글로벌 현황과 전망

세계 인공지능기술 시장은 2018년 100억 달러 안팎에서 2025년 1,260억 달러로 매출이 늘어나는 등 대규모 성장세를 보일 것으로 전망되었다(Tractica, 2019). 글로벌 석유가스산업에서 인공지능 시장가치는 2018년 약 17.5억 달러였으며 2025년 약 40.1억 달러로 증가하여 연평균 12.5%의 성장률을 보일 것으로 예상되었다(Zion Market Research, 2019). 석유가스산업의 상류, 중류, 하류부문 중 상류부문인 석유가스 개발사업의 자료가 가장 방대하고 불확실성이 크기 때문에 인공지능기술을 가장 적극적으로 활용할 것으로 전망된다. 석유가스 개발사업에서 인공지능 솔루션 개발은 2015년 이후 본격화된 추세이다. 기술의 적용분야 별로 살펴보면 하드웨어에서는 최첨단 로봇 및 모

Fig. 8. Results of seismic data reconstruction using GAN (modified from Carpenter, 2019).

바일 애플리케이션이 증가할 것이며, 소프트웨어에서는 빅데이터를 처리하는 딥러닝을 탑재한 소프트웨어 수요가 크게 증가할 것이다. 이러한 인공지능 솔루션들은 예지보전, 장비검사, 현장서비스, 자재이동, 품질관리, 매립, 생산 계획 등에 활용될 것이다. 소프트웨어의 경우 전통적인 해석 프로그램 내부에 딥러닝을 추가하여 성능을 향상하거나, 딥러닝 기반 최적화 프로그램을 개발하고 있다.

특히, 인공지능 솔루션은 웹 기반 클라우드 서비스의 한 부분으로서 석유가스 개발사업 전주기에 적용되는 형태로 변모할 것이다. 최근 E&P 기술서비스는 수요기업에게 클라우드 환경에서 고성능 컴퓨팅(high-performance computing, HPC), 인공지능, 증강현실, 사물인터넷, 사용자 상호작용 등의 기능들을 조합한 솔루션 제품군(하드웨어, 소프트웨어, 컨설팅 서비스)을 실시간 제공하는 형태로 발전하기 시작하였다. 수요기업이 클라우드 서버에 빅데이터를 업로드하고 프로젝트에 따라 클라우드 내 기능들을 조합하여 작업의 일관성은 높이고 작업시간은 단축하는 애자일

(agile) 방법을 통한 솔루션 도출을 지향하고 있다. 또한, 수요기업에게 클라우드 상에서 기술 컨설팅을 진행할 수 있도록 추진하고 있다.

빅데이터 분석 및 시뮬레이션용 하드웨어의 경우, 클라우드 서버의 고성능 컴퓨팅을 활용할 것이다. 클라우드 서버의 경우 기술서비스 제공기업이 자체 클라우드 플랫폼을 사용하거나 글로벌 IT 기업의 상용 클라우드 플랫폼을 사용한다. 주요 상용 클라우드 플랫폼에는 구글 클라우드 플랫폼(Google Cloud Platform, GCP), 마이크로소프트 애저(Azure), 아마존웹서비스(Amazon Web Services, AWS)가 있다. 2019년 기준 글로벌 클라우드 산업의 점유율은 AWS 33%, Azure 18%, GCP 8%로 추정된다(JPT, 2020).

작업환경이 점차 클라우드 환경으로 옮겨지면서 솔루션 소프트웨어 제품의 형태 역시 기존 독립형(standalone) 패키지 소프트웨어 중심에서 클라우드 기반 소프트웨어 중심으로 전환될 것이다. 이는 자연스럽게 요금체계의 변화를 가져온다. 독립형 패키지별 라이선스 요금을 지불하던 방식에서 점차 데이터 사용량만큼 요금을 지불하는 주문형 방식(on demand)으로 전환될 가능성이 높다. 수요기업은 프로젝트 규모에 따라 기술서비스 제공기업과 탄력 요금제를 맺게 될 것이다. 요금은 클라우드 서비스 사용 권한을 가진 최대 접속자 수와 데이터 사용량에 연동되어 부과될 것이다. 이는 클라우드 서버의 디지털 데이터 사용량을 최적화할 필요가 있음을 의미한다. 특히, 히스토리 매칭, 유정 위치 선정 등 다양한 시나리오를 조합하여 수백~수천회 이상 시뮬레이션 분석을 실시해야 하는 의사결정 작업의 경우 최적화 알고리즘과 딥러닝을 결합한 하이브리드 최적화의 방향으로 진행할 것이다. 최적화 과정에서 기술서비스 기업의 컨설팅 또한 주요 사업의 영역이 될 것이다.

서비스 사용 방법의 측면에서, 사용자가 디지털 기술의 배경지식이 깊지 않더라도 인공지능 서비스 모델 카탈로그를 활용하는 블랙박스의 형태로 이용이 가능할 것이다. 빅데이터를 입력하면 인공지능 서비스가 자동으로 데이터를 분석한 후 사용자에게 적합한 인자들이나 모델들을 추천한다. 정형화된 기술 서비스뿐만 아니라 수요기업의 전문인력과 협업하여 수요기업 맞춤형 신규 플러그인 모듈을 개발하고 클라우드 플랫폼에 탑재할 수 있는 개발자모드 또한 점차 제공할 것으로 예상된다.

석유가스 개발사업에서 데이터 보안은 중요한 이슈이다. 수요기업은 프로젝트 빅데이터를 클라우드 서버에 업로드해야하므로 기술서비스 기업들은 프로젝트 정보에 대한 사이버보안(cyber security)을 보증하기 위해 노력중이다. 석유가스산업에서 이러한 데이터 보안 형태는 아직 낯설지만 구글이나 네이버의 이메일 서비스처럼 석유개발기업들도 점차 E&P 기술서비스 기업의 클라우드 시스템을 신뢰하

고 사용하는 형태로 변화할 것이다.

글로벌 석유개발기업의 클라우드 기반 인공지능기술 활용 현황은 다음과 같다. 2017년 이후 BHGE(Baker Hughes, a GE Company), DNV GL, SAP, 지멘스, 슈나이더 등은 고객사의 빅데이터를 자사의 클라우드 서버에서 인공지능기술로 분석하고 솔루션을 제공하는 클라우드 서비스를 제공하기 시작하였다. BHGE는 NVIDIA와 협업하여 AI Factory를 개발하고 있다. AI Factory는 자체 클라우드 플랫폼 Predix를 활용하거나 GCP, AWS, Azure 등에 구축할 수 있으며, 이를 활용하여 다중정 생산 관리, 생산량 이상감지 시스템 등을 개발하고 있다. 프랑스 Total은 셰일가스전에서 자료 기반 생산감퇴곡선 분석에 딥러닝을 활용하였다. Shell은 스탠포드 대학교, MIT와 산학연계하여 탄성과 속도모델 개선용 GeoDNN을 개발하고 2018년 발표하였다.

할리버튼(Halliburton), Computer Modelling Group(CMG), 슬럼버저(Schlumberger) 등 글로벌 E&P 기술서비스 기업들은 자체 클라우드 서버보다는 글로벌 IT 기업의 상용 클라우드 플랫폼을 이용한 인공지능기술 서비스를 제공하는 방향으로 솔루션을 개발하고 있다. 2017년 8월 할리버튼과 마이크로소프트는 석유가스 개발사업의 디지털 전환을 위해 전략적 제휴관계를 발표하였다. 할리버튼의 랜드마크 필드 어플라이언스 V2와 Azure를 이용해 유정과 펌프를 디지털화하여 연결하는 사물인터넷 사업에 착수하였다. 캐나다 CMG는 2018년부터 저류층 시뮬레이터 IMEX, GEM, STARS, 머신러닝을 탑재한 최적화 프로그램 CMOST 등 자사의 소프트웨어들을 기존처럼 독립형 패키지 소프트웨어로 판매하는 동시에 Azure와 AWS를 활용한 클라우드 서비스를 제공하기 시작하였다. 2019년 8월 슬럼버저는 구글 및 마이크로소프트와 협업하여 E&P 클라우드 플랫폼 델피(DELF)를 발표하였다. DELFI에는 전세계 약 500만개 이상의 유정 정보가 포함되어 있다. DELFI는 호주 Woodside Energy에서 사용할 것으로 알려졌다. 프랑스 CGG는 2019년 9월 자사의 물리검층 해석 소프트웨어 PowerLog와 저류층 특성화 소프트웨어 Jason, HampsonRussel에서 오픈소스 파이썬 환경의 심층신경망 딥러닝 코드들을 탑재하여 성능을 향상시키고 있다고 발표하였다. 빅데이터를 수집하고 소프트웨어 성능을 개선할수록 CPU 집약적인 대용량 계산이 요구되므로 효율적인 분산처리를 위해 자사의 다양한 소프트웨어를 Azure 등 여러 종류의 클라우드 고성능 컴퓨팅 서버에서 실행시킬 수 있도록 “lift & shift” 운동을 전개하고 있다.

스타트업 기업을 살펴보면, 미국 웨스트버지니아대학교 석유공학과 교수인 Shahab Mohaghegh 교수가 1996년 설립하고 현재까지 CEO로 재직중인 ISI(Intelligent Solutions, Inc)가 있다. ISI는 Top-Down Modeling(TDM) 이라는 대

리모델 컨셉을 제시하고 딥러닝을 이용한 저류층-유정 통합 모델링 기법, 히스토리 매칭 자동화, 세일가스전 생산성 분석에 관한 기술서비스 사업을 수행하고 있다. 2016년 설립한 휴스턴 소재 Agile Data Decisions은 빅데이터 수집 및 처리기술을 개발하고 있다. 과거 북해 탐사에서 수십년간 축적된 물리검층자료와 PDF, 사진, 보고서 등 서로 다른 유형의 빅데이터를 디지털화하여 체계화한 후 머신러닝을 이용하여 핵심 정보를 신속히 추출하는 빅데이터 종합 정보시스템을 구축하고 있다.

Rice Alliance for Technology and Entrepreneurship은 미국 텍사스 휴스턴 소재 Rice University가 운영하는 기업 육성 프로그램이다. 1999년 출범하여 약 20여년간 총 81억 불 이상의 금액을 투자하면서 현재까지 2,400개 이상의 스타트업 기업과 180개 이상의 프로그램을 후원하고 있다. 특히, 2015년부터는 매년 5월 미국 OTC(Offshore Technology Conference) 학회에 40-50여개의 스타트업 기업을 초청, 각 스타트업 기업별로 2분 30초 정도 회사 홍보의 기회를 제공하고 투자자 및 글로벌에너지기업(액센추어, 쉘브론, 엑손모빌, 쉘 등)과의 미팅을 주선한 후, 가장 유망한(most promising) 스타트업 기업 10곳을 선발한다. Table 2와 Table 3은 각각 2018년, 2019년 선정된 10개 기업을 나타낸다. 2020년의 경우 COVID-19로 인해 OTC가 취소되었으나 스타트업 및 글로벌에너지기업의 요청으로 2020년 5월 7일 Rice Alliance Energy Tech Venture Day를 온라인

개최하고 약 40개의 스타트업 기업을 초청하였다. 2020년에는 가장 유망한 기업을 선정하지는 않았으며, 대표적인 휴스턴 소재 스타트업 기업 13곳은 Table 4와 같이 정리되었다. Table 2에서 Table 4의 기업별 사업 분야에 정리한 것처럼 석유가스 개발분야의 스타트업 기업들은 빅데이터, 인공지능, 데이터마이닝 등 다양한 디지털 기술을 업스트림에서 다운스트림까지 석유가스산업 전 부문에 적용하며 E&P 디지털 생태계 조성에 힘쓰고 있다.

다만, 구글의 경우 2020년 5월 석유가스 상류부문과의 신규사업 제휴 중단을 선언하였는데, 이는 기존 제휴를 통해 얻은 수익성이 기대 이하였기 때문인 것으로 추정된다(JPT, 2020). 구글은 “data is the new oil”을 주창하며 Repsol, Total, 쉘버저, BHGE 등과 클라우드 서비스 제공 계약을 맺고 2017년에는 쉘버저의 DELFI 출시에 기여하였다. 그러나 2019년 구글이 석유가스기업으로부터 얻은 수익은 6,500만 달러 정도로 구글의 클라우드 사업 수익 총액의 1% 미만이다. 구글은 상류부문과의 기존 사업은 유지할 것으로 발표하였으나 중류 및 하류 부문과의 기존 제휴 지속 및 신규 제휴 추진에 대해서는 논평하지 않았다. 일각에서는 구글의 신규사업 제휴 중단이 최근 급격한 유가 하락으로 인한 수익성 악화 예상과 더불어 그린피스(Greenpeace) 등 환경보호단체들이 3대 클라우드 제공업체(아마존, 마이크로소프트, 구글)와 석유가스 개발 상류 부문 회사의 협력이 기후변화 대응을 약화시키고 있다는

Table 2. Most promising oil & gas startups of the year 2018 as recognized by the Rice Alliance for Technology and Entrepreneurship (JPT, 2018a)

Company Name	Founded in	Headquarter	Employees	Business Areas
AlphaX Decision Sciences	2017	San Jose, CA	11-50	Data Analytics, ML, Cloud Computing, AI, SW
Belmont Technology	2017	Houston, TX	11-50	AI, NLP, Computer Vision, Oil & Gas, Geosciences, Realtime Simulation
DeepCast.ai	2017	Houston, TX	1-10	Big Data, Data Analytics, ML, Microservices, Software Engineering, Cloud, IoT
Febus Optics	2015	Pau, France	11-50	Fiber-optic Sensing, Asset Integrity Management, Distributed Sensing, Monitoring
ResFrac Corporation (a.k.a. McClure Geomechanics)	2015	Palo Alto, CA	1-10	Geomechanics, Fracture Mechanics, Reservoir and Production Engineering
Pursuit Technologies Ltd.	2016	Calgary, Canada	1-10	Horizontal Multi-stage Wells, Well Optimization, EOR, Artificial lift
ReserMine Inc.	2017	Austin, TX	1-10	Reservoir Simulation, Cloud Computing, Reservoir Consulting, EOR
Senslytics Corporation	2015	Peachtree Corners, GA	1-10	Internet of Things, Machine Automation, Predictive Analytics, Big Data
Triad Technologies, LLC	2016	Vandalia, Ohio	51-200	Motion and Control, Pneumatic, Electromechanical, Hydraulic, Filtration, Power
WFS Technologies Ltd	2003	Livingston, Scotland	11-50	Subsea Wireless Instrumentation & Control Products, Subsea Communications

사회운동과도 연관이 있을 것으로 분석하였다. 아마존과 마이크로소프트의 경우 아직까지 입장을 표명한 바 없는 것으로 알려져 있다.

정리하면, 석유가스산업은 석유 도메인 지식을 클라우드 환경에서 빅데이터 과학, 인공지능, 고성능 컴퓨팅, 사이버

보안 등 디지털 지식과 결합하면서 디지털 전환의 시대를 맞이하고 있다. 이러한 기술 혁신은 마치 애플의 iOS와 구글의 안드로이드처럼 클라우드 기반 석유기술서비스 생태계를 구축할 것으로 기대한다. 당분간은 생태계 점유율 확보를 위한 치열한 경쟁이 예상되며, 생태계 안정화 이후에

Table 3. Most promising oil & gas startups of the year 2019 as recognized by the Rice Alliance for Technology and Entrepreneurship (Rice University News and Media Relations, 2019)

Company Name	Founded in	Headquarter	Employees	Business Areas
Cemvita Factory Inc.	2017	Houston, TX	11-50	CO ₂ Utilization Platform
DarkVision Technologies	2013	Vancouver, Canada	11-50	Ultrasound-based Imaging Technology
Ingu Solutions	2014	Calgary, Canada	11-50	Pipeline Leakage Detection
LaserStream, LP	2014	Humble, TX	1-10	NDT, Inspection, Failure Analysis, Erosion Measurement, Pipe Quality, Lasers
LiftETC	2018	Whitesboro, TX	11-50	Liquid Assist Gas Lift
Oliasoft AS	2015	Oslo, Norway	11-50	Well Planning, Casing Design, Trajectory Planning and Design, Wellplan
Ondaka	2017	Palo Alto, CA	1-10	Computer Vision, ML, Asset Analysis, Data Annotation, Lidar, Processing
Sensorfield	2011	Houston, TX	1-10	Remote Oilfield Monitoring, Oil Production Monitoring
Syzygy Plasmonics	2017	Houston, TX	1-10	Nanomaterials, Chemistry, Hydrogen, Catalysis, Photocatalysis, Sustainability
TOKU	2018	Singapore	11-50	Telecommunications, VoIP, International voice, SMS, Virtual numbers, DIDs, OTT

Table 4. Most promising oil & gas startups of the year 2020 as recognized by the Rice Alliance for Technology and Entrepreneurship (innovationmap, 2020)

Company Name	Founded in	Headquarter	Employees	Business Areas
Bluware	1987	Houston, TX	51-200	E&P Science & Engineering Software, Subsurface Data Management, HPC
DAMorphe	2019	Houston, TX	11-50	Nanotechnology, Built-in AI
dataVediK	2017	Houston, TX	1-10	Upstream Consulting, Big Data, Data Analytics, ML
DelfinSia, Inc.	2018	Houston, TX	1-10	NLP, AI, ML, Data Mining, Oil & Gas, Chemical Processing, E&P
Flutura	2012	Houston, TX	51-200	IOT Platform, Business Intelligence, ML, OEM, Oil & Gas, Industrial IOT
MyPass Global	2017	Perth, Australia	11-50	Innovation, Workforce Management, Technology, Compliance Management
Nomad Proppant Services	2019	Dallas, TX	1-10	New, Mobile Mine for Revolutionized Sand Delivery
Osperity	2012	Calgary, Canada	11-50	Visual monitoring for oil and gas operations, oil and gas leak detection
PhDsoft Technology	2000	Houston, TX	11-50	Oil & Gas, Marine, Civil, Aviation, Industrial Plants, Renewable Energy
Quidnet Energy	2013	Houston, TX	1-10	Geomechanical Pumped Storage (GPS)
SOTAOG	2017	Houston, TX	11-50	Cloud Analytics, Edge Analytics, IoT, Predictive Analytics, Real Time Monitoring
Voyager	2018	Houston, TX	11-50	Maritime, Software, Shipping, Platform, APIs, Workflow Management
WellNoz	2019	Houston, TX	1-10	Inflow Control Devices (ICDs)

는 기술을 선도하는 일부 글로벌 기업에 의한 과점 시장이 형성될 가능성이 있다. 또한, 석유가스 개발사업이 빅데이터와 인공지능기술을 활용하여 에너지 효율을 높임으로써 기후위기를 완화할 수 있음을 홍보하는 사회적 측면의 중요도 역시 증가할 것으로 전망된다.

석유가스 개발사업에서 인공지능기술의 국내 현황과 전망

국내 또한 세계적 추세에 발맞추어 데이터과학과 머신러닝을 접목한 에너지산업 기술개발과 융합인재의 양성에 투자할 적기이다. 2020년 5월 12일 발표된 제6차 해외자원 개발 기본계획(2020-2029) (안)은 자원산업의 디지털전환에 대응하여 스마트 자원개발 기술, 가스하이드레이트 생산기술 및 특수 환경지역 탐사 개발 장비 첨단화의 중요성을 강조하고 있다(MOTIE, 2020). 특히 석, 박사급 전문인력의 경우 AICBM(Artificial intelligence, Internet of things, Cloud computing, Big data, and Mobile) 기술을 활용한 자원개발 및 현장 실증연구를 통하여 현장 전문가를 육성하는 대학원 교육 프로그램 운영을 강조하고 있다. 이를 위해 산업통상자원부는 2020년 5월 에너지인력양성사업의 일환인 “스마트 자원개발 융합인력양성 프로그램”을 수행할 사업단으로 서울대학교를 선정하였다. 최대 5년간 연 5억 원 내외를 지원하며 산업체 수요에 기반한 커리큘럼 운영을 통한 현장맞춤형 연구개발(R&D) 전문 인력을 육성할 계획이다.

산업계에서는 한국석유공사의 경우 2019년 12월 16일 자원개발 머신러닝 워크숍을 성공적으로 개최하며 인공지능과 석유가스 개발의 융합의 중요성을 강조하였다. 에너지홀딩스와 포스코ICT는 2017년부터 2020년까지 4년간 “중소형 육상 유가스전을 위한 디지털 오일필드 시스템 구축 및 사업화기술 개발” R&D 프로젝트를 수행하고 있다. 유·가스전 빅데이터를 현장에 설치한 센서로 실시간 수집한 후 처리, 활용하는 시스템 아키텍처를 개발하며 석유개발 현장의 자동화와 디지털화를 지향하고 있다. 한국가스공사와 포스코인터내셔널은 현대중공업 등과 함께 “해양 유가스전 유지보수 스마트 운영솔루션 개발” R&D 프로젝트를 수행하며 가스 수송관내 하이드레이트 발생의 예지보전기술 등을 개발하고 있다. SK이노베이션은 머신러닝 기법으로 로드펌프의 상태를 모니터링하고 예측하여 유·가스 생산성을 높이는 활용방안을 마련하고 있다. 학계와 연구계는 2000년대 중반부터 다양한 인공지능 기법을 석유가스 개발사업의 탐사, 개발, 생산단계에 적용하며 기술 노하우를 축적하고 상기 산업계 프로젝트에 참여하며 개발기술의 현장적용성을 높이고 있다. 한국지질자원연구원은

2020년부터 2024년까지 5년간 주요 사업으로 차세대 에너지 지원인 메탄 하이드레이트 탐사 및 생산기술 연구에서의 딥러닝 활용방안을 모색중이다.

다만 2015년부터 현재까지 신저유가 지속에 따른 자원 개발 R&D와 인력양성의 위축, 기존 프로젝트와 후속 프로젝트의 연계 부족에 따른 개발기술의 사후관리 미흡, 자료 보안 등의 이슈로 인한 산학연 연계의 약화는 큰 아쉬움으로 남는다. 신저유가와 광구 디지털화라는 패러다임 전환의 시대에서 국내 석유가스 개발사업이 글로벌 경쟁력을 갖추기 위해서는 스마트 자원개발을 모토로 한 산·학·연·관 협력 네트워크의 강화가 필수적이다. 정부의 지원하에 학계와 연구계는 산업혁신기술을 개발하고 이를 현장에 적용하여 검증할 수 있도록 산업계의 적극적인 지원이 필요한 시기이다.

석유가스 개발사업의 디지털 전환과 과제

인더스트리 4.0 시대에서 빅데이터와 인공지능기술은 석유가스 개발사업의 디지털 전환을 위한 핵심 요소 중 하나이다. ExxonMobil의 자회사 XTO Energy의 전임 사장 Sara Ortwein은 재직중인 2018년 “석유가스 개발사업의 디지털 전환은 저비용 센서, 로봇 기술, 고성능 컴퓨팅과 애플리케이션의 확산, 빅데이터에서 고부가가치 정보를 추출하는 인공지능기술에 중점을 두고 있다”고 말하였다(JPT, 2018b). 추출한 정보는 자동화하고 단순화한 프로세스를 거쳐 솔루션 도출에 활용되고, 현장의 소형 디바이스부터 글로벌 클라우드 서버까지 각종 디지털 장치로 초연 결되어 사업 관련자에게 공유되어야 한다.

석유가스 개발사업의 성공적인 디지털 전환에서는 몇 가지 고려해야 할 이슈가 있다. 첫째, 인공지능의 학습에 필요한 광구 빅데이터의 측면이다. 우리는 지하 수십~수천m에 위치한 수십~수백 km² 면적의 저류층 부피에 비해 상대적으로 극히 일부의 자료(코어, 로깅, 탄성파, 생산인력 등)만을 획득하여 저류층의 상태(두께, 공극률 분포, 유체투과율 분포, 압력 분포, 포화도 분포 등)를 추정한다. 그러나 역설적으로 획득한 자료의 절대적 양은 하루에 테라바이트까지 해당할 정도로 방대하다(BHGE, 2017). 뿐만 아니라 자료 출처 간 상이한 크기, 해상도, 이방성, 지질학적 불확실성, 자료의 수집·처리·해석 과정에서 포함된 잡음 등이 빅데이터 처리와 해석을 어렵게 한다. 또한, 석유가스산업은 타 산업에 비해 빅데이터의 불확실성이 큰 편이다. 지질학적 불확실성을 고려한 빅데이터 처리기술에 대한 지속적인 연구와 개선이 필요하다.

둘째, 신저유가 시대가 지속되는 경우 인공지능기술을 이용한 생산광구의 고효율화는 자산 경량화와 노동 유연성

을 가속화하는 동시에 신규 탐사사업의 성장세를 지연시킬 가능성이 있다. 시추 등 위험도가 높은 작업이나 송유관 등 원거리 장비 점검 등을 인공지능 기반 자동화 시스템으로 원격 진행하면 광구 운영 리스크를 낮추고 현장 노동자들에게 보다 안전한 작업환경을 제공할 것이다. 이는 고령화된 노동력에 대한 업계의 의존도를 줄여 배럴당 운영비를 절감하고, 관련 기술의 아웃소싱을 촉진할 수 있다. 특히 이러한 현상은 인공지능기술의 수요가 높은 북미 지역에서 가장 빠르게 나타날 것으로 예상된다. 광구 생산성 향상이 2014년 하반기부터 시작한 신저유가의 지속, 유럽을 중심으로 하는 탈탄소화 움직임, 글로벌 보건 이슈에 따른 오일 수요 감소와 연계되면 신규 탐사사업의 하향세를 야기할 수 있다(JPT, 2019). 석유개발기업들은 디지털 전환에 맞추어 탄력적으로 포트폴리오를 재구성해야 할 필요가 있다.

셋째, 빅데이터와 인공지능 역량 강화를 위한 석유가스 산업계의 인식 제고가 필요하다. 보수적인 석유가스산업은 빅데이터와 인공지능이란 신기술을 구현할 역량을 어떻게 마련할 것인가? 기술의 가치는 결국 사용자인 사람의 능력과 활용도에 의존하는데, 빅데이터 전문가, 인공지능 전문가들이 진로를 결정할 때 석유가스산업을 첫 번째 선택지로 고려하지 않는 것이 작금의 현실이다. 기술적 측면의 디지털 혁신이 성공적으로 이루어지려면 석유가스산업계에서 디지털 기술을 수용하기 위한 문화 전환(cultural transformation)이 함께 일어나야 한다. 석유가스산업의 도메인 지식을 갖춘 경영, 경제, 지질, 지구물리, 공학 전문가들이 각 사업부에서 데이터 과학자, 인공지능 전문가, 전산과학자들과 협력하는 다학제간 접근이 필요하다.

결 론

현장에서 취득한 원형의 빅데이터를 실시간으로 디지털화하여 중앙에 송신한다. 중앙에서는 빅데이터에 숨어있는 고부가가치 정보를 데이터 과학기술로 추출하고 인공지능기술로 해석하여 솔루션 후보들을 의사결정자에게 제공한다. 의사결정자는 도메인 지식을 바탕으로 현장과 소통하며 솔루션을 정한다. 현장 기술자의 스마트 위치 등 소형 모바일 웨어러블 디바이스부터 슈퍼컴퓨터까지 다양한 규모의 기기를 인터넷을 통해 초연결하여 정보를 공유한다. 이 모든 과정을 자동화함으로써 광구의 자산가치를 극대화하는 것, 이것이 석유가스 개발사업이 지향해야 하는 기술적 측면의 디지털 전환이다. 디지털 전환의 시대에서 클라우드 컴퓨팅, 데이터 과학기술, 머신러닝 기술은 불가분의 관계로 함께 발전할 것이다. 석유개발기업은 산학연의 관련 기술개발을 적극적으로 지원하고 개발기술을 사업의 영역으로 수용할 능동적 자세를 갖추어야 한다.

디지털 전환의 실현이 기술 혁신으로만 달성되는 것은 아니다. 우리의 문화 전환이 함께하여야 한다. 석유가스 개발사업 종사자 모두가 디지털 기술 활용능력을 갖출 필요는 없으나, 사업의 각 부문에서 디지털 지식을 갖춘 직원들을 개발, 모집, 보유하여야 고부가가치를 창출할 수 있다. 기업 내 모든 사업부문이 어떻게 디지털 기술을 활용하여 업무 계획수립과 수행과정을 최적화할 수 있을지 고민하고 재구성하여야 한다. 즉, 기계의 학습뿐만 아니라 사람 또한 디지털 지식과 기술을 이해하고 활용하기 위한 지속적인 학습이 필요하다. 문화와 사고의 변화가 없다면 데이터 과학기술과 인공지능기술 모두 석유가스 개발사업에 대한 장기적이고 근본적인 전략적 접근보다는 단기 전술적 도구로 남을 것이다. 무엇보다 디지털 기술의 장단점을 바르게 인지하여 기술을 맹신하지 않고 올바르게 활용할 수 있는 실력과 마음가짐을 갖추어야 한다.

마지막으로, 디지털 전환과 문화 전환은 석유가스 개발사업의 궁극적 목표인 지속가능한 에너지 사회의 실현을 위한 초석임을 명심하여야 한다. 이는 경제적 가치와 사회적 가치의 조화를 통하여 달성할 수 있다. 경제적 가치에 해당하는 유·가스 생산성 향상은 디지털 기술의 활용을 통해 극대화할 수 있을 것이다. 사회적 가치에 해당하는 탄소 순배출 제로는 석유의 원료화, 제로 가스 플레어링, 기후 빅데이터와 신재생에너지를 결합한 설비(시추기, 플랫폼 등) 고효율화 등 기후변화 대응기술의 개발을 통해 추구할 수 있다. 디지털 전환과 문화 전환의 융합, 경제적·사회적 가치의 상생이 함께할 때, 석유가스 개발사업은 에너지 전환의 시대에서 여전히 주요 에너지원의 주역으로서 자리매김할 것이다.

사 사

이 연구는 한국연구재단 한-베트남 국가간 협력기반조성사업(No. 2017K1A3A1A05069660), 중점연구소(No. 2018R1A6A1A08025520), 신진연구지원사업(No. 2019-R1C1C1002574)의 지원을 받았습니다. 이에 감사드립니다.

References

- Abbas, A.K., Flori, R., Almubarak, H., Dawood, J., Abbas, H., and Alsaedi, A., 2019. Intelligent Prediction of Stuck Pipe Remediation Using Machine Learning Algorithms, *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, Calgary, Alberta, Canada, Sep. 30-Oct. 2, SPE 196229.
- Baker Hughes, a GE company (BHGE), 2017. *Minds + Machines Conference*, San Francisco, California, USA, Oct. 25-26.

- Carpenter, 2019. Artificial Intelligence Improves Seismic-Image Reconstruction, *J. Pet. Technol.*, 71(10), p.65-66.
- Chen, Y., He, K., and Tso, G.K.F., 2017. Forecasting Crude Oil Prices: a Deep Learning based Model, *Procedia Comput. Sci.* 122(2017), p.300-307.
- Chu, M.-G., Min, B., Kwon, S., Park, G., Kim, S., and Huy, N.X., 2020. Determination of an Infill Well Placement using a Data-driven Multi-modal Convolutional Neural Network. *J. Pet. Sci. Eng.*, 106805.
- CompTIA, 2020.06.24, <https://www.comptia.org>.
- Crnkovic-Friis, L. and Erlandson, M., 2015. Geology Driven EUR Prediction Using Deep Learning, *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, Houston, Texas, USA, Sep. 28-30, SPE 174799.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., and Bengio, Y., 2014. Generative adversarial nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, Montréal, Quebec, Canada, p.2672-2680.
- Innovationmap, 2020.06.24., <https://houston.innovationmap.com>.
- JPT, 2018a. University Group Lists “Most Promising” Oil & Gas Startups of the Year (09 May 2018).
- JPT, 2018b. Culture Change Needed To Realize Full Value of Digital (25 Sep. 2018).
- JPT, 2019. Wood Mackenzie: Peak Oil Demand Is Coming, Will Transform Exploration Sector (02 Jul. 2019).
- JPT, 2020. Google Says No More AI or Machine Learning for Upstream Industry (20 May 2020).
- Kim, J., Yang, H., and Choe, J., 2020a. Robust Optimization of the Locations and Types of Multiple Wells using CNN based Proxy Models. *J. Pet. Sci. Eng.*, 193, p.107424.
- Kim, S., Lee, K., Lim, J., Jeong, H., and Min, B., 2020b. Development of Ensemble Smoother-Neural Network and its Application to History Matching of Channelized Reservoirs. *J. Pet. Sci. Eng.*, 191, p.107159.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G.E., 2012. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, p.1097-1105.
- mc.ai, 2020.06.24, <https://mc.ai>.
- Min, B., 2020. *Current Status and Prospects of Artificial Intelligence in E&P Business*. Petronet Weekly Review.
- MOTIE, 2020. Basic Plan for Resources Development (Proposal) - 6th Basic Plan for Energy and Mineral Resources Development (2020 ~ 2029).
- Rice University News and Media Relations, 2019. ‘Most promising’ companies win Rice Alliance Startup Roundup at OTC (09 May 2019).
- Society of Petroleum Engineers, 2020.06.24., <https://www.spe.org>.
- Tractica, 2019. *Artificial Intelligence Market Forecasts*, Omdia | Tractica, 48p.
- Zion Market Research, 2019. *AI In Oil and Gas Market by Type, by Function, and by Application: Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis, and Forecast, 2018–2025*, Zion Market Research.

민 배 현

현재 이화여자대학교 엘텍공과대학 기후·에너지시스템공학과 조교수

이화여자대학교 사회적경제협동과정 겸임교수
(本學會誌 第55卷 第5号 參照)

박 가 영

현재 이화여자대학교 기후·에너지시스템공학과 석박사통합과정
(本學會誌 第57卷 第2号 參照)

이 혜 선

2010년 서울대학교 공과대학 에너지자원공학과 공학사

2012년 서울대학교 공과대학 에너지시스템공학과 공학석사

현재 General Reservoir Engineer, Software Integrated Solutions, Schlumberger
(E-mail; hlee7@slb.com)

권 서 윤

현재 이화여자대학교 기후·에너지시스템공학과 박사과정수료
(本學會誌 第57卷 第2号 參照)

정 대 인

2000년 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학과 공학사

2013년 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학과 공학박사

현재 Petroleum Engineering Team Leader in Japan And Korea,
Software Integrated Solutions, Schlumberger
(E-mail; Djeong@slb.com)