



인공지능시대의 발파작업



Index

1

인공지능 개요

2

건설분야 인공지능관련 정책

3

발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

4

결언 및 제언

1. 인공지능 개요

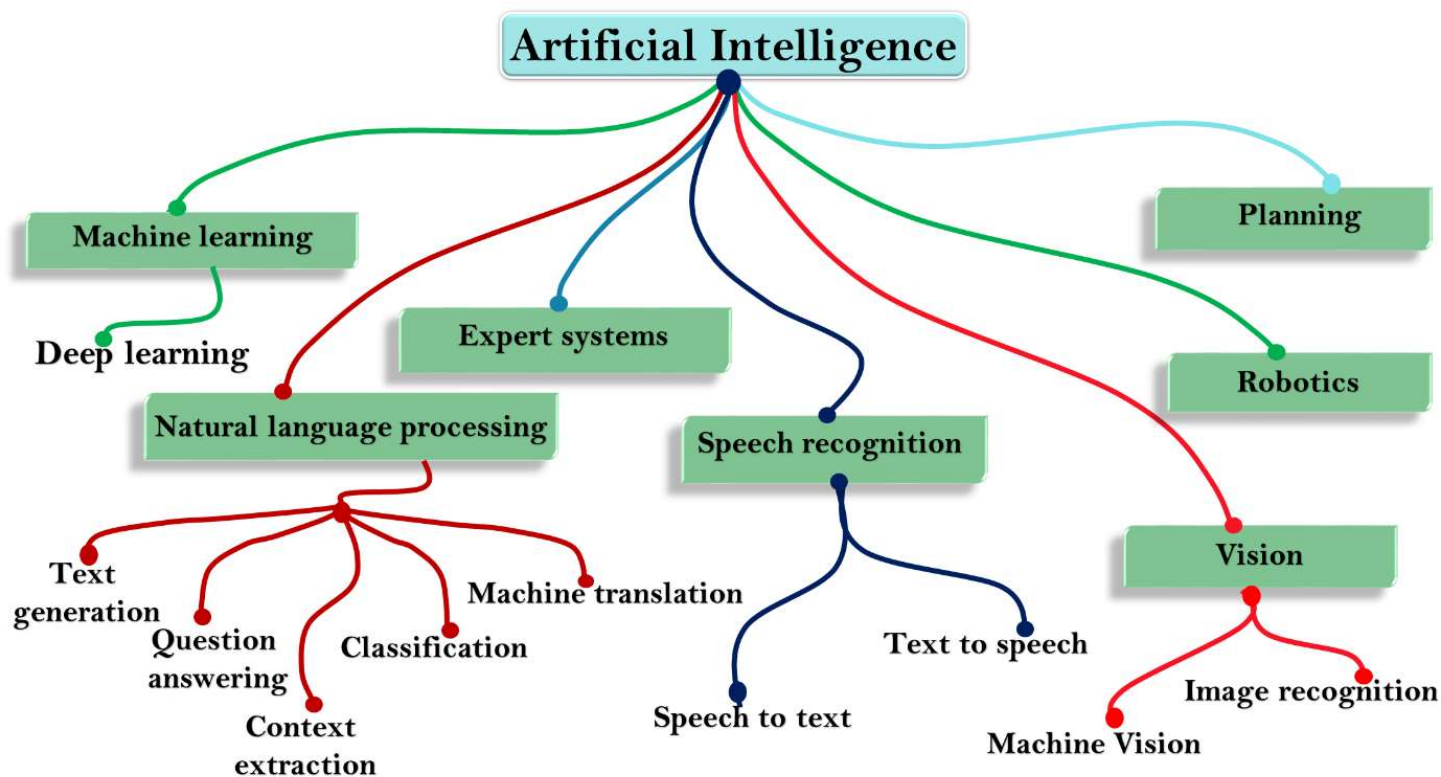
■ 생활에서의 인공지능 활용현황

안면인식 체온감지기	페이스북 사람이름	딥페이크	면접	자율주행자동차 (객체(사물) 인식 등)
				
스마트폰 음성인식	AI스피커(AI비서)	모창가수	챗봇	인터넷쇼핑 상품추천
				

1. 인공지능 개요

■ 인공지능(Artificial Intelligence, AI)이란

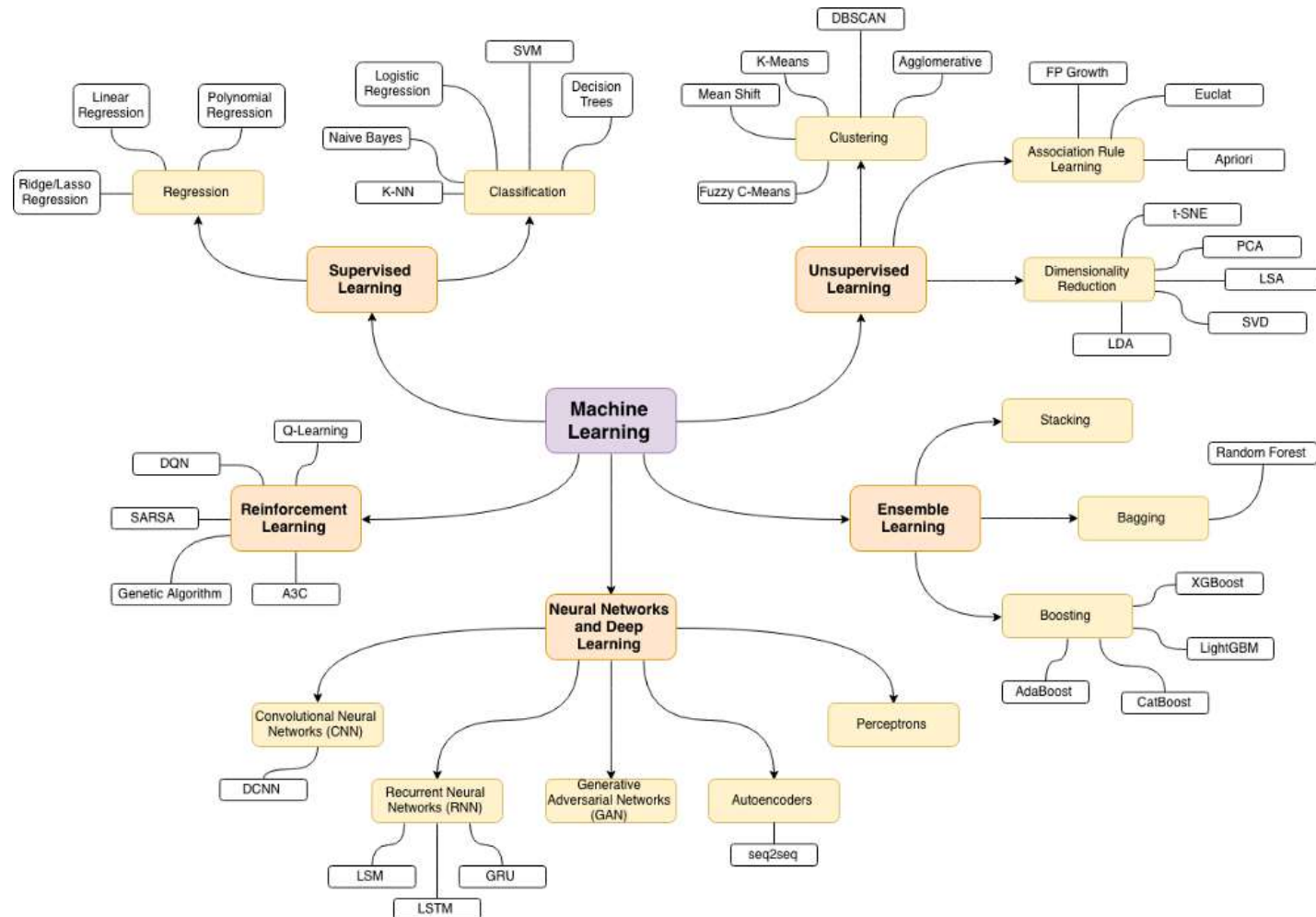
John McCarthy (2007) : “AI란 지능적 기계 특히 지능적 컴퓨터 프로그램을 만드는 과학과 공학이며, 컴퓨터를 사용해서 인간의 지능을 이해하는 작업들과 관련되어있다”



<<https://www.javatpoint.com/subsets-of-ai>>

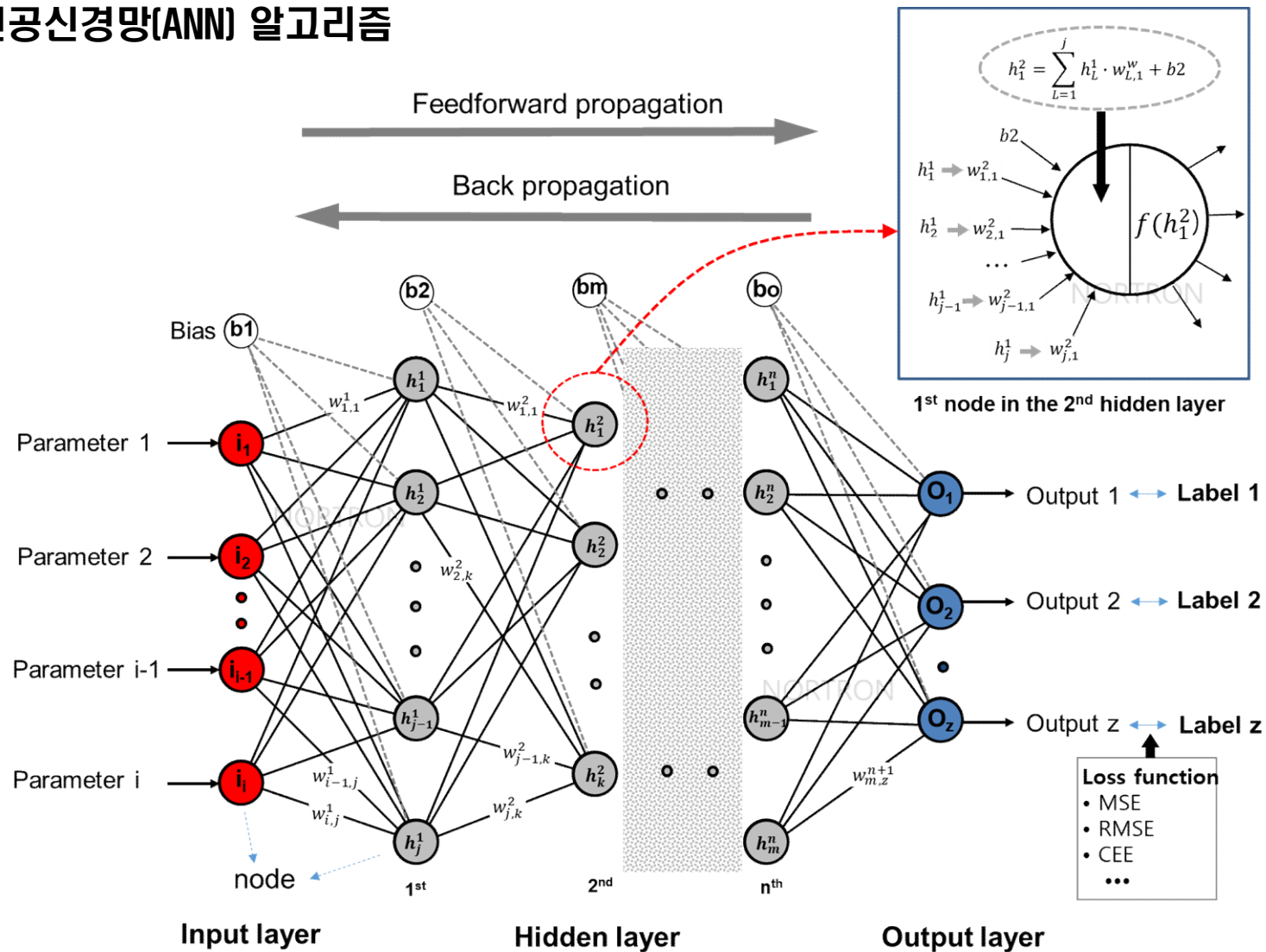
1. 인공지능 개요

■ 기계학습(Machine learning) 기법



1. 인공지능 개요

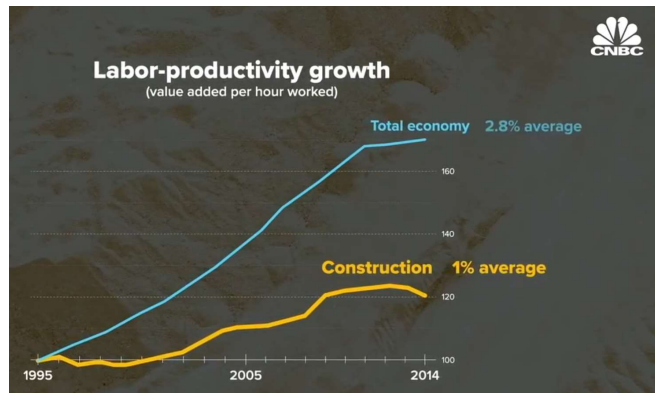
■ 인공신경망(ANN) 알고리즘



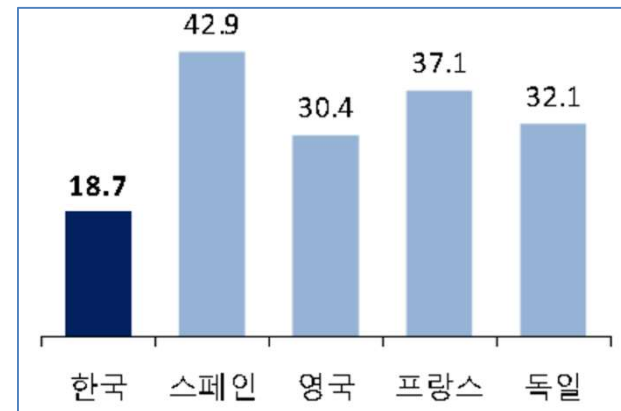
2. 건설분야 인공지능관련 정책

■ 건설분야 현황

- 매년 세계 건설분야에 투입되는 규모가 10조달러(1경 1100조원)이고, 세계 GDP의 13%차지
- 세계경제 전체의 노동생산성은 평균적으로 2.8%증가한 반면, 건설분야 노동생산성은 겨우 1% 증가
- 국내 건설분야 노동생산성은 18.7\$/시간 : 선진국대비 낮은 수준



<건설분야 노동생산성 추세, CNBC(2020)>



<국가별 건설노동생산성(\$/시간), "건설산업혁신방안(2015)">

- 국내 재해 천인율(1000×재해자수/근로자수) : 제조업 6.17‰, 건설업 8.43‰('16년, 산업재해현황분석 보고)

■ 국토교통부

- 건설산업의 생산성 혁신과 안전성 강화를 위해 '18년 10월 '스마트 건설기술 로드맵' 수립
- => 건설산업의 생산성을 25% 이상 향상하고 공사기간과 재해율은 25% 이상 감축해갈 계획

2. 건설분야 인공지능관련 정책

■ 스마트 건설기술 로드맵 (2018, 국토교통부)

- 스마트건설기술 : 건설에 첨단기술(BIM, 드론, 로봇, IoT, 빅데이터, AI 등)을 융합한 기술.

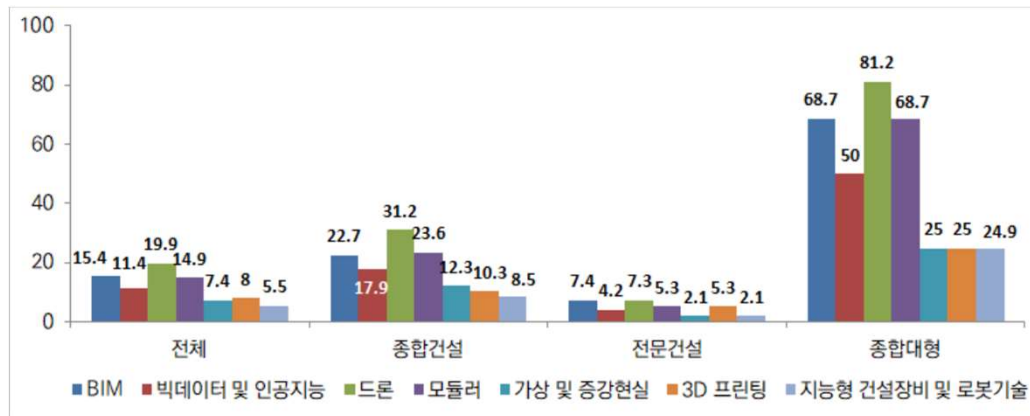
분야	수행 방법	
설계	현재	설계자가 대량의 2D CAD도면 작성 : 설계오류 및 변경 빈번
	미래	목적물과 같은 3차원모델(BIM)구축, AI를 통해 설계 자동화 : 설계오류 감소, 엔지니어링 지식이 포함된 설계자동화로 설계 생산성 향상
시공	현재	건설기계운전자가 육안관측 및 수동조작 : 정밀도, 시공성, 안전성 낮음
	미래	자동화건설기계가 AI의 관제에 따라 자율주행 및 시공, 안전정보 즉시 제공



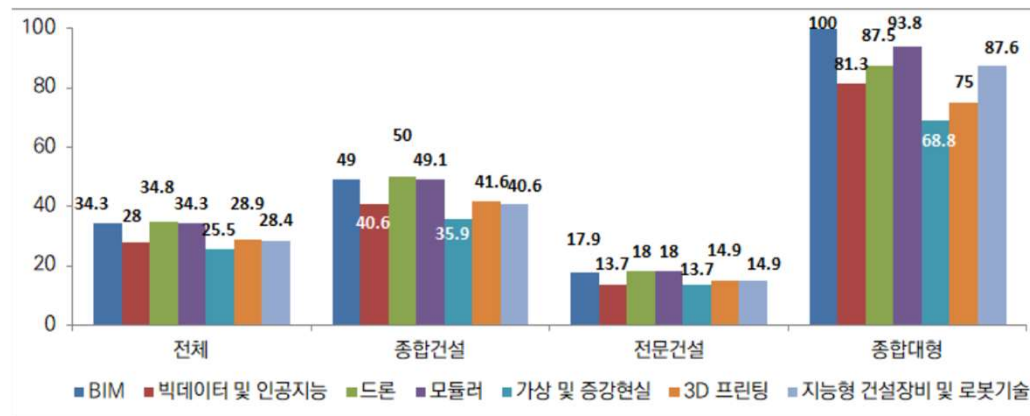
2. 건설분야 인공지능관련 정책

■ 국내 건설기업의 스마트 건설기술 활용 (국내건설기업의 스마트 기술 활용 현황과 활성화 방향, CERIK, 2019)

- 조사대상 건설기업 201개 (대형건설회사 16개, 종합건설회사 90개, 전문건설회사 95개)



< 스마트건설기술 활용수준 >



< 스마트건설기술 10년내 도입계획 >

2. 건설분야 인공지능관련 정책

■ 직업별 자동화대체확률

• 한국고용정보원(2016)

자동화 대체 확률 높은 직업 상위 30개		자동화 대체 확률 낮은 직업 상위 30개	
순위	직업명	순위	직업명
1	콘크리트공	1	화가 및 조각가
2	정육원 및 도축원	2	사진작가 및 사진사
3	고무 및 플라스틱 제품조립원	3	작가 및 관련 전문가
4	청원경찰	4	지휘자·작곡가 및 연주자
5	조세행정사무원	5	애니메이터 및 만화가
6	물품이동장비조작원	6	무용가 및 안무가
7	경리사무원	7	가수 및 성악가
8	환경미화원 및 재활용품수거원	8	메이크업아티스트 및 분장사
9	세탁 관련 기계조작원	9	공예원
10	택배원	10	예능감사
11	과수작물재배원	11	패션디자이너
12	행정 및 경영지원관련 서비스 관리자	12	국악 및 전통 예능인
13	주유원	13	감독 및 기술감독
14	부동산 컨설턴트 및 중개인	14	배우 및 모델
15	건축도장공	15	제품디자이너
16	매표원 및 복권판매원	16	시각디자이너
17	청소원	17	웹 및 멀티미디어 디자이너
18	수금원	18	기타 음식서비스 종사원
19	철근공	19	디스플레이디자이너
20	도금기 및 금속분무기 조작원	20	한복제조원
21	유리 및 유리제품 생산직(기계조작)	21	대학교수
22	곡식작물재배원	22	미술사 등 기타 문화 및 예술 관련 종사자
23	건설 및 광업 단순 종사원	23	출판물기획전문가
24	보조교사 및 기타 교사	24	큐레이터 및 문화재보존원
25	시멘트·석회 및 콘크리트생산직	25	영상·녹화 및 편집기사
26	육아도우미(베이비시터)	26	초등학교교사
27	주차 관리원 및 안내원	27	촬영기사
28	판매 관련 단순 종사원	28	물리 및 작업 치료사
29	샷시 제작 및 사공원	29	섬유 및 염료 시험원
30	육류·야채류·농산물가공 생산직	30	임상심리사 및 기타 치료사

자료 : 한국고용정보원
16.03.24 / 뉴시스 그래픽 : 전진우 기자 618tue@newsis.com

NEWSIS

• LG경제연구소(2018)

자동화 위험이 높은 상위 20대 직업			자동화 위험이 낮은 하위 20대 직업		
분류코드	직업명	대체확률	분류코드	직업명	대체확률
5302	통신서비스 판매원	0.990	2440	영양사	0.004
5303	텔레마케터	0.990	2411	전문 의사	0.004
5304	인터넷 판매원	0.990	2591	장학관·연구관 및 교육 관련 전문가	0.004
8922	사진인화 및 현상기 조작원	0.990	1312	교육 관리자	0.007
2714	관세사	0.985	1331	보건의료관련 관리자	0.007
3125	무역 사무원	0.985	2521	중고등학교 교사	0.008
3142	전산 자료 입력원 및 사무 보조원	0.980	2545	학습지 및 방문 교사	0.009
3132	경리 사무원	0.970	2221	컴퓨터시스템 설계 및 분석가	0.011
5220	상품 대여원	0.970	2523	특수교육 교사	0.012
8212	표백 및 염색 관련 조작원	0.970	2420	약사 및 한약사	0.012
8222	신발제조기 조작원 및 조립원	0.970	1390	기타 전문서비스 관리자	0.014
8324	고무 및 플라스틱 제품 조립원	0.970	2542	컴퓨터 강사	0.014
8912	가구조립원	0.970	2489	기타 종교관련 종사자	0.017
8919	기타 목재 및 종이 관련 기계조작원	0.970	2481	성직자	0.017
9991	구두 미화원	0.970	2321	화학공학 기술자 및 연구원	0.017
3201	출납창구 사무원	0.965	2392	섬유공학 기술자 및 연구원	0.017
3126	운송 사무원	0.960	2393	가스에너지 기술자 및 연구원	0.017
8211	섬유제조 기계조작원	0.960	1311	연구 관리자	0.018
2712	회계사	0.957	2311	건축가 및 건축공학 기술자	0.018
2713	세무사	0.957	2341	환경공학 기술자 및 연구원	0.018

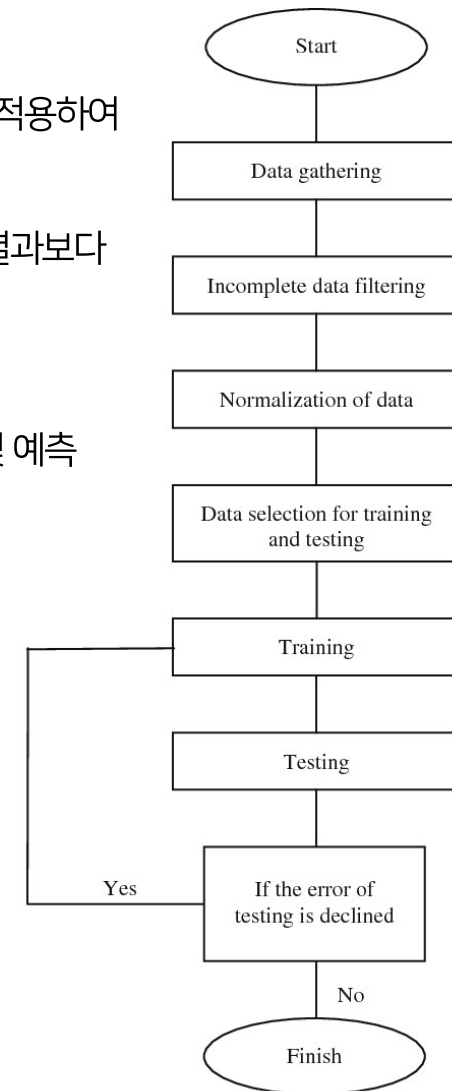
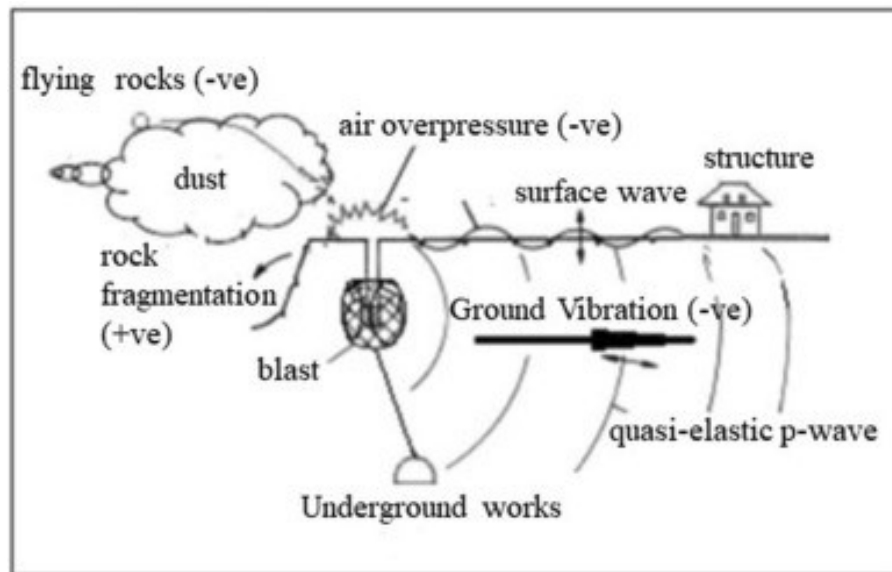
자료 : Frey & Osborne(2013), LG경제연구원

<http://www.lgeri.com/report/view.do?idx=19620>

3. 발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

3.1 설계 및 사전 예측시

- 기존에 수행된 발파데이터를 수집 및 가공하여 다양한 머신러닝 기법(주로 ANN)을 적용하여 실제 발파시공전 설계 및 사전예측
- 시공된 발파데이터를 기반으로 결과가 도출되므로 다양한 발파설계식/통계에 의한 결과보다 다양한 발파조건에서 더 양호한 결과
- 분석데이터가 부족하거나 불량한 경우 예측정확도는 현저히 감소
- 주요 적용분야 : 발파패턴, 파쇄도, 비산거리, 발파진동, 적정장약량 등의 최적 설계 및 예측

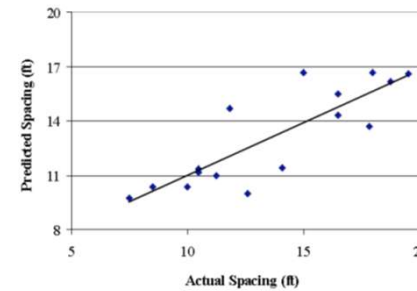
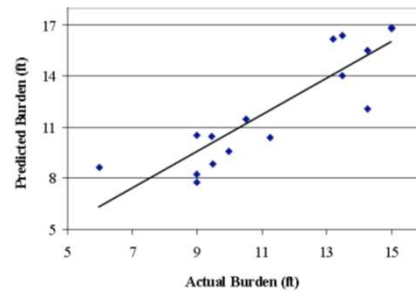
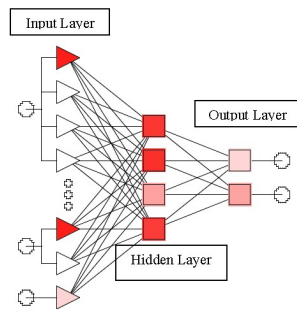


3. 발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

1) 발파패턴 설계

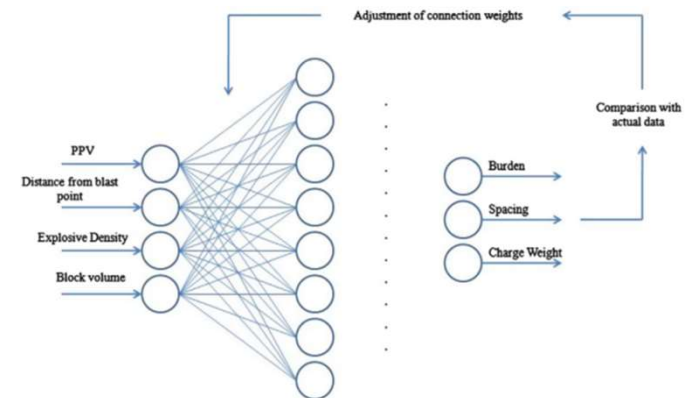
■ TAWADROUS (2006) : ANN을 이용한 노천발파패턴 설계

- 입력인자 및 데이터수 : 암종, 층리, 천공경, 벤치고, 폭약종류, 뇌관위치, 비장약량, 파쇄입도 등 8가지 / 43개
- ANN 구조 : 입력층(8개 뉴런) - 1개의 은닉층(4개 뉴런) - 출력층 : 천공간격 및 최소저항선
- 실제 와 비교 결과 (예측값과 실제값의 상관계수) : 0.84(천공간격), 0.88(최소저항선)



■ Amnieh (2012) : ANN을 이용한 노천발파패턴 설계

- 입력인자 및 데이터수 : PPV, 거리, 장약밀도, 4가지 / 51개
- ANN 구조 : 입력층(4개 뉴런) - 4개의 은닉층(16 x 14 x 12 x 10 뉴런) - 출력층 : 천공간격, 최소저항선, 총장약량
- 실제 와 비교 결과 (예측값과 실제값의 상관계수) : 0.96(천공간격), 0.77(최소저항선), 0.65(총장약량)

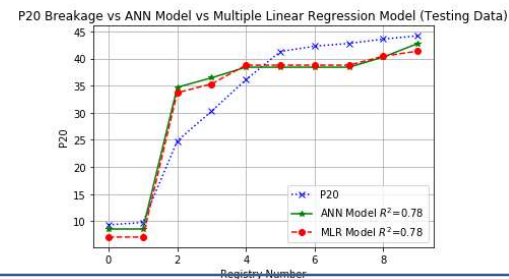
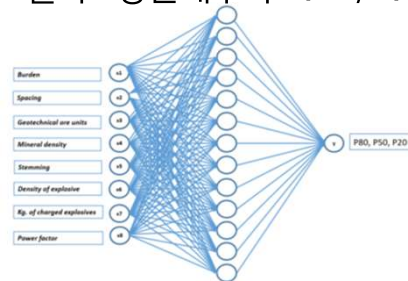


3. 발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

2) 파쇄입도 예측

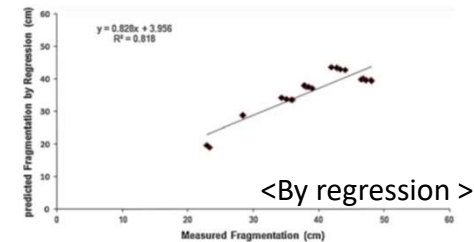
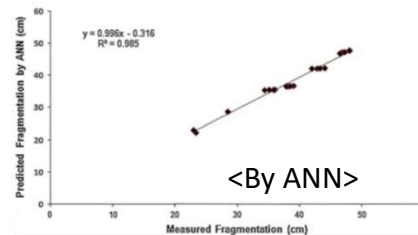
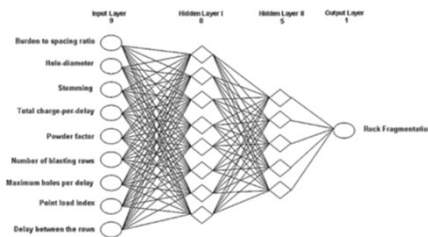
■ Rosales-Huamani et al. (2020) :

- 입력인자 및 데이터 수 : 최소저항선, 벤치높이, 천공경, 장약량, 폭약밀도 등 8가지 인자로 구성된 47개 데이터
- ANN 구조 : 입력층(8개 뉴런) - 1개의 은닉층(13개 뉴런) - 파쇄도
- 실제 파쇄입도와 비교 결과 : 상관계수가 0.82/0.78(Train/Test)로 다중회귀분석결과(0.78/0.78)와 유사



■ Monjezi etl al. (2010) : ANN을 이용한 파쇄도 예측

- 입력인자 및 데이터 수 : B/S비, 천공경, 전색, 지발당장약량 등 9가지 인자로 구성된 132개 데이터
- ANN 구조 : 입력층(9개 뉴런) - 2개의 은닉층(8 x 5 뉴런) - 파쇄도
- 실제 파쇄입도와 비교 결과 : 상관계수 0.985 (기존 회귀분석방법 : 0.818)

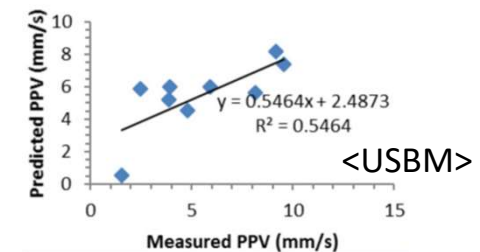
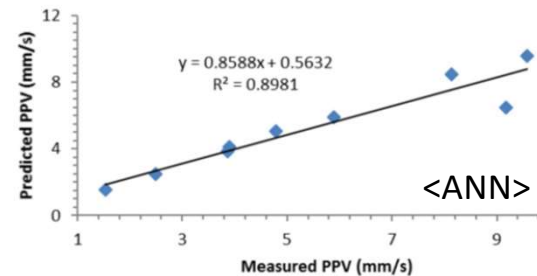
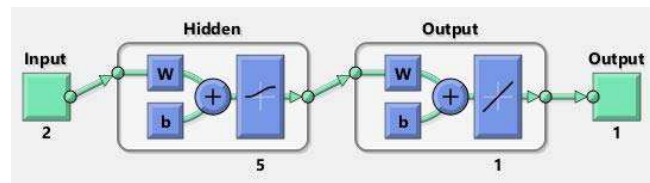


3. 발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

3) 발파진동 예측

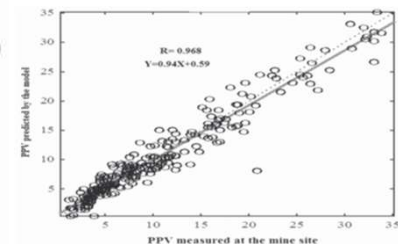
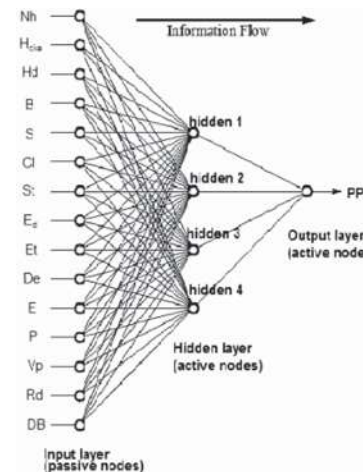
■ Parida and Mishra(2015) : ANN을 이용한 PPV예측

- 입력인자 및 데이터 수 : 지발당장약량, 거리 2가지 인자로 구성된 9개 데이터
- ANN 구조 : 입력층(2개 뉴런) - 2개의 은닉층(5 x 1 뉴런) - PPV
- 실제 PPV와의 비교 결과 : 상관계수 0.898 (USBM(0.55), Hendron(0.49) 등의 진동추정식보다 양호)



■ Das et al.(2019) : ANN을 이용한 PPV예측

- 입력인자 및 데이터 수 : 암반밀도, 천공수, P파속도, 폭약밀도 등 15가지 인자로 구성된 248개 데이터
- ANN 구조 : 입력층(15개 뉴런) - 1개의 은닉층(4개 뉴런) - PPV
- 실제 PPV와의 비교 결과 : 상관계수 0.97, 진동 오차 11.8% (회귀분석 결과 : 상관계수 0.8, 진동오차 16.01%)



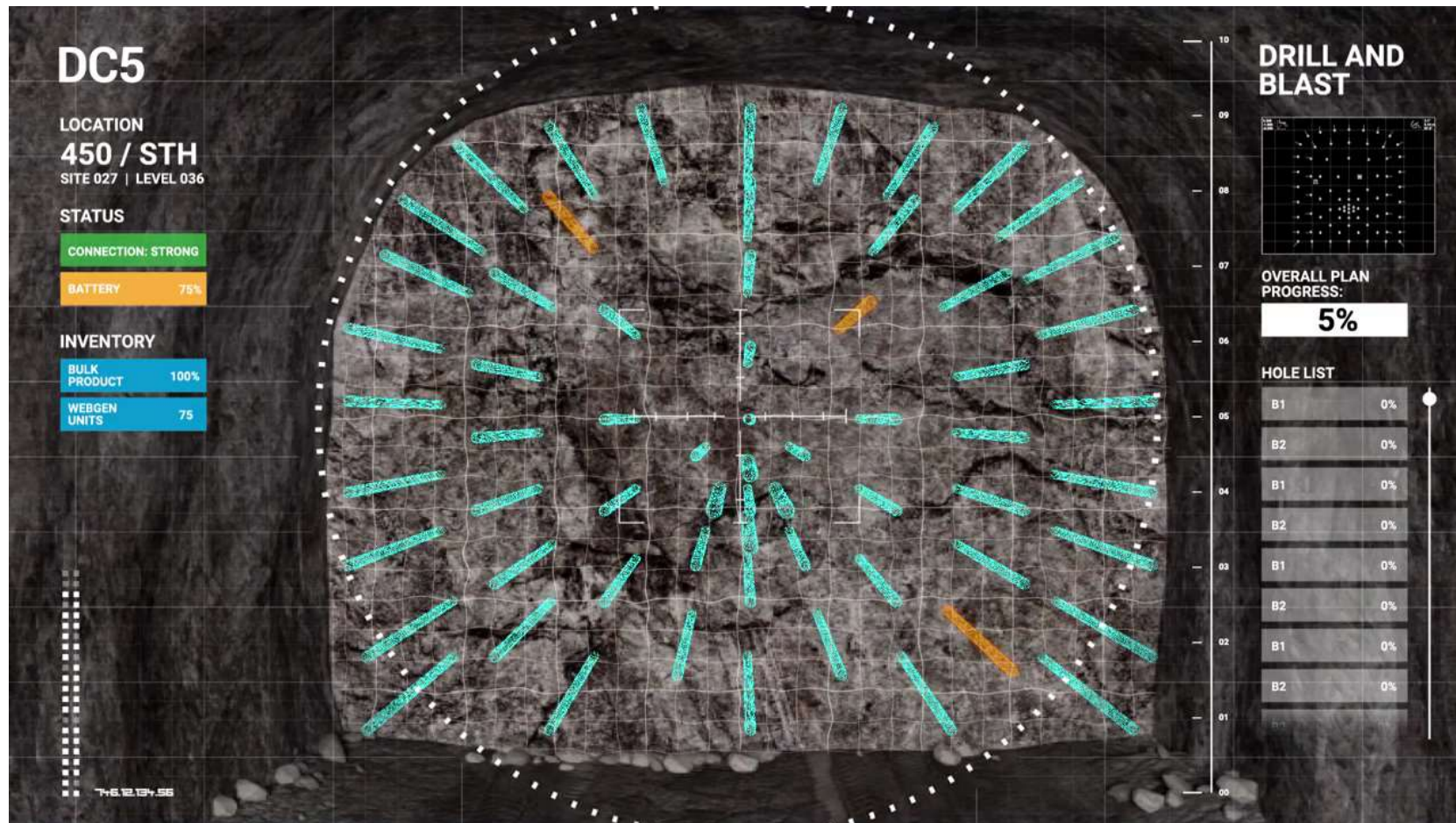
3. 발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

3.2 발파시공시

구분	공종	필요 작업 및 도구(현재)		향후 작업가능 방법 및 자동화 시기
설계	시추공 시험발파	시추공에 깊이별로 장약하고 발파하여 실제 터널 시공시 거리에 따른 진동 추정		<ul style="list-style-type: none">• 실제 시험발파대신 AI를 이용한 예측• 단기
	발파패턴	암질에 따른 천공장, 천공경, 최소저항선/공간격, 사용화약, 사용뇌관 및 단차, 지발당장약량 설계		<ul style="list-style-type: none">• 현재도 이론식에 의한 발파패턴설계 프로그램 활용중• 중단기
		노천	벤치고, 추가천공	
		터널	심발공종류, 여굴	
	도면화	설계내용의 CAD도면화		<ul style="list-style-type: none">• 단기
시공	천공	설계된 위치에 천공간격/저항선,천공경사, 천공장 유지하면서 천공		<ul style="list-style-type: none">• 1인 또는 무인 천공/장약 장비 개발• 뇌관 결선이 필요없는 무선뇌관 개발 완료• 중단기
	장약	폭약에 뇌관삽입후 발파공에 설계된 만큼 장약		
	결선	전기	뇌관 각선 연결	
		비전기	Bunch연결	
		전자	뇌관신호선 연결	
	발파	발파경보 및 발파실시		<ul style="list-style-type: none">• 단기(단, 최소한의 안전을 위해 사람이 수행하는 것이 적절)
	버력처리	덤프 및 로더		<ul style="list-style-type: none">• 무인 로더 및 덤프 개발(중단기)

3. 발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

▣ 미래의 터널발파 시공



3. 발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

▣ 미래의 노천발파 시공



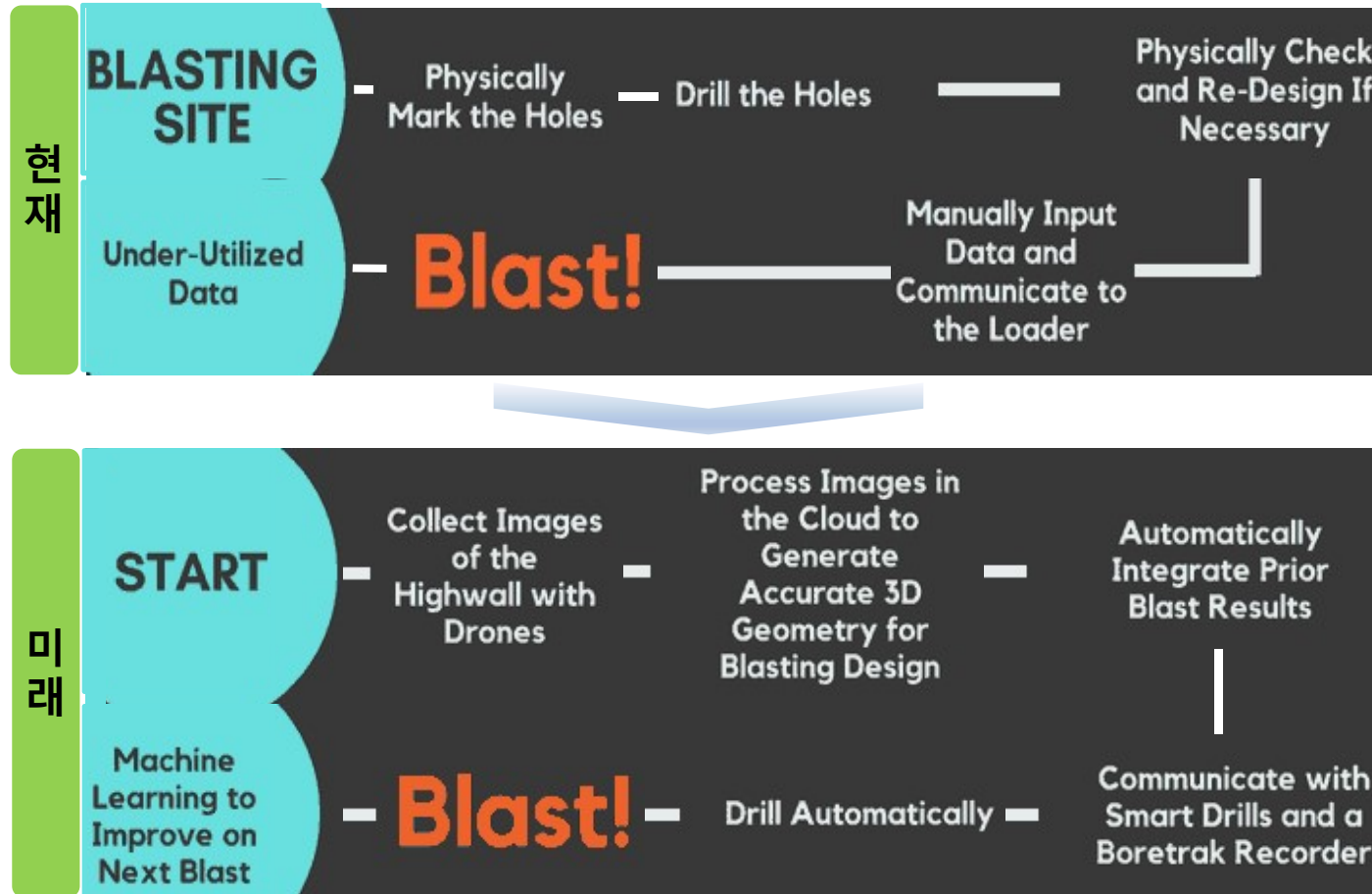
※ 자율주행 덤프 및 로더도 이미 개발됨



3. 발파에 적용된 인공지능 및 자동화 기술

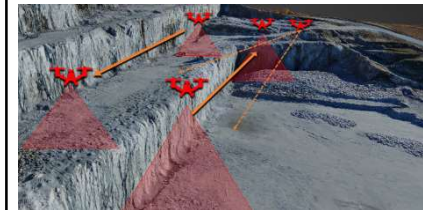
■ 현재와 미래의 노천발파시공 비교

(<https://blog.strayos.com/using-machine-learning/>)



데이터 수집 비교

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 장비 : Laser profiler • 시간 : 15-20시간 • 방법 : 수동 Laser • 분석 : 수동 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 장비 : 드론 • 시간 : 2시간 • 방법 : 자동 드론 • 분석 : 머신러닝 |



4. 결론 및 제언

- 4차산업혁명시대의 도래에 따라 인공지능 활용분야가 급속도로 증가.
- 건설 및 발파분야에서도 다양한 인공지능기술의 적용 및 자동화장비가 개발되면서 발파 설계 및 시공방법도 기존의 노동집약적 작업에서 스마트기술을 활용한 작업방식으로 전환중.
- 발파설계 : 발파패턴, 파쇄입도, 진동크기 등의 세부분야에서 인공지능의 다양한 기법중 효율성과 정확성의 측면에서 인공신경망(ANN)기법이 압도적으로 많이 활용되고는 있음. 그러나 인공지능기술의 지속적인 확대적용 및 신뢰성확보를 위해 상업적으로 사용되는 ANN프로그램의 예측결과에 대한 공식적인 검증이 필요하고, 발파설계의 고급화를 위해 성능이 더욱 우수한 여타 머신러닝기법 및 딥러닝기법에 대한 연구 및 적용이 필요.
- 발파시공 : 기존의 대형 화약제조사 및 장비제조사의 주도로 인공지능 및 로봇기술을 활용한 스마트장비가 개발되면서 현재의 전통적인 발파작업관련 인력 수요가 지속적으로 감축될것으로 예상.
- 인공지능시대에 대처하기 위해 발파기술자들도 인공지능에 대한 기본적인 지식함양 필요.

고맙습니다 !

