

드론을 활용한 지반시설물의 관리



김승현

한국건설기술연구원
지반연구소 수석연구원
(sshkim@kict.re.kr)

1. 개요

지난 1월 스위스 다보스에서 개최된 세계경제포럼(World Economic Forum)의 주요 화두는 “제4차 산업혁명”이었다. 다보스포럼(Davos Forum)이라고 불리기도 하는 이 국제민간회의는 세계의 저명한 기업인, 경제학자, 저널리스트, 정치인 등이 모여 세계경제에 대해 토론하고 연구하는 모임으로서 “세계경제올림픽”이라고 불릴 만큼 권위와 영향력 있는 유엔비정부자문기구로 성장해 왔다.

제4차 산업혁명은 우리가 기본적으로 살아가는 방식, 일하는 방식, 그리고 서로 관련된 것을 연관시켜 진일보시키고자 하는 기술혁명의 미래상을 보여주는 것으로서, 그 변화 자체는 과거 인류가 경험해 왔던 산업혁명과 비교하여 그 변화속도와 규모면에서 비교가 되지 않을 정도로 크다(World Economic Forum,

2016). 제4차 산업혁명은 디지털 혁명으로 일컬어지는 “3차 산업혁명”의 토대로 디지털 세계, 생물학적 세계의 경계를 허물며 기술의 퓨전을 추구하는 것이다. 현재 기술의 전례 없는 처리 능력, 저장 능력, 지식에 대한 접근성을 가진 모바일 장비로 연결되는 새로운 개념은 신혁명에 관한 사람들의 무궁한 가능성을 끌어내게 될 것이다. 인공지능, 로봇, 사물인터넷, 무인자동차, 3D프린팅, 나노테크놀러지, 바이오테크놀로지, 재료과학, 에너지 저장과 퀀텀컴퓨팅 등과 같은 획기적인 기술 발전들이 융합되어 다중화될 전망이다. 특히, 제4차 산업혁명에 있어 드론의 미래상은 무궁무진하다. “드론(DRONE)”은 접근하기가 곤란한 척박한 환경의 광범위한 지형 자료, 주요한 지반 자료, 공공분야의 실증사업, 교통관리 등의 사업에 다방면으로 활용가능하다.

“드론”은 보통 조종사가 탑승하지 않은 무인/원격조



그림 1. 영화 “마이너리티 리포트”의 스파이더 드론(영화 장면 캡처)



그림 2. 영화 “오블리비언”의 정찰공격형 드론(영화 장면 캡처)

종 비행장치를 의미하며, 무인기를 통칭하는 단어이다. 일반적으로 무인기는 이동 형태나 주요 타킷의 특성에 따라 UAV(Unmanned Aerial Vehicle, 무인항공기), UGV(Unmanned Ground Vehicle, 무인지상차량), UUG(Unmanned Underwater Vehicle, 해저작업용 무인기)로 구분되며, 특히 드론은 UAV를 지칭하는 것이다. 드론에 대한 개념은 영화를 통하여도 확인할 수 있다. 영화 “오블리비언”에서 등장하는 드론은 멸망한 지구의 정찰을 담당하는 역할을 하며, “마이너리티 리포트”에 등장하는 마이크로 스파이더 드론은 사람의 망막을 읽어 신원을 파악하는 정보 취득 도구로 등장한다. 이렇듯 영화 속에서 등장하는 드론은 공격형 또는 정찰형 무기로 쓰이는 경우가 아주 많다.

본 고에서는 드론을 활용한 지반시설물의 관리에 초점을 두고, 자연재해 재난 관리에 있어 드론을 어떻게 활용해 오고 있는지를 소개하고, 앞으로 지반, 토목, 건축 등의 분야에서 드론이 어떻게 활용될 수 있는가에 대한 고찰을 하고자 한다. 드론의 미래 응용 분야를 다양하게 제시함으로써 시설물 관리에 있어 드론의 활용 가능성과 미래 기술의 확장 방향을 함께 고민해 보고자 한다.

2. 드론 산업 현황과 국가 차원의 활성화 지원 방향

2016년 6월 서울에서 개최된 “드론 활용 비즈니스 모델 및 시범사업 확대”심포지엄에서 국토교통부는 드론 활성화 정책 방향에 대하여 설명한 바 있다(위은환, 2016). 드론과 관련된 시장은 현재 취미, 레저용 및 상업용 시장 등으로 지속적으로 성장 중이며, 앞으로 세계 시장의 규모는 향후 10년간 2016년 26억\$에서 2025년에는 109억\$로 4배 이상의 급속한 성장을 보일 것으로 기대되고 있다(미 Teal Group, 2016년 7월 언론보도 자료). 취미용 드론은 22억\$에서 39억\$ 수준으로 현재 대비 약 1.7배로 성장할 것이며, 초기 시장 규모는 작지만 2019년 이후로는 보험세를 보일 전망이다. 공공용 드론은 현재의 0.3억\$ 수준에서 12.9배 증가한 4.6억\$로 전망하고 있으며, 특히 상업용 시장의 경우, 현재 3.9억\$ 수준에서 2025년에는 65억\$로 급증할 것으로 전망하고 있다(그림 3).

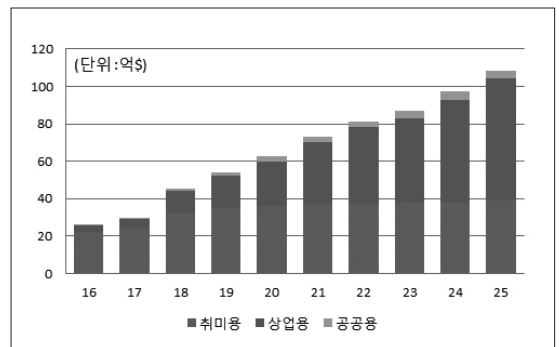


그림 3. 드론의 목적별 산업동향

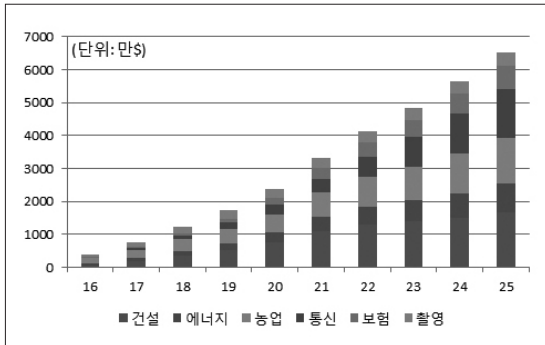


그림 4. 드론의 상업용시장 분야별 동향

상업용 드론 시장은 건설, 에너지, 농업, 통신, 보험, 촬영 등으로 구분 가능하며, 향후 10년간 약 17배 정도 크게 성장할 전망이다(그림 4). 특히 건설, 에너지, 통신, 보험 분야에서 급격한 성장을 전망하고 있으며 이는 드론 시장이 인간의 삶에 지대한 영향을 끼칠 수 있음을 보여주는 지표라고 할 수 있다. 최근 국내 드론 운용 현황을 살펴 보면 저가용 드론이 빠르게 상품으로 개발되면서 비행장치급(150kg 이하) 드론은 지속 증가하고 있으며, 농업, 촬영, 관측, 조종 교육 분야에 상업적 활용이 두드러진다. 드론 장비의 장치 신고 수준은 2016년 현재 1,344대 수준이고, 드론 관련 등록 업체 수는 817개에 달한다. 그리고 조종자증명 취득자 수는 1,087명에 이른다(위은환, 2016).

드론의 수가 급증됨에 따라 이에 대한 준비 및 관련 규제에 대한 검토를 국가 차원에서 진행 중에 있다. 드론은 빠르게 비행하는 물체이기 때문에 드론을 날리기 전에 몇 가지 유의사항을 확인할 필요가 있으며, 드론으로 발생할 수 있는 사생활 침해 문제 등의 문제점도 가지고 있다. 드론 항공에 있어 고도는 드론과 기타 항공기와의 간섭 문제 때문에 중요하다. 미국 NASA에서는 드론의 비행 공역을 높이별로 4가지로 구분하고 있으며, 일반적으로 고도 150m이하의 경우는 규제하지 않은 상황이나 그 이상의 고도에서는 드론의 비행을 제한하기도 한다(신재원, 2016). 미국 아마존에서는 드론을 활용한 배달 계획을 수립하는 과정이지만

이에 대해서는 여러 이유로 도입을 망설이고 있는 실정이다. 드론을 날리기 위한 배송 비용은 결코 싸지 않으며, 무거운 물체를 배송하기는 어렵다. 또한 장소 측면에서 아무 곳으로 다 배송할 수 있는 것이 아니며, 도난을 당하기도 하고 공역 침범에서 총격을 맞기도 한다. 또한 해킹을 통해 물건을 가로챌 수도 있고, 비행하는 드론의 수가 증가할수록 전파 방해 등 혼잡이 우려된다. 실제 사고가 발생하게 되었을 때 이에 대한 책임 소재가 분명해야 하고 낯은 날씨에 운항이 어려운 단점도 가지고 있다. 그리고 배터리의 문제상 충전시설이 필요할 수도 있다(김형중, 2016).

현재 국토교통부는 드론 활성화를 위해 “드론 제작 산업과 활용산업의 동반성장을 통한 신성장 동력 창출”을 준비하고 있다(위은환, 2016). 이를 위해 2020년까지 유망 활용분야의 상용화 및 드론 교통체계 개발에 박차를 가하고 있다. 사업범위, 드론 사용사업자 본금 요건 폐지, 비행승인, 기체검사의 면제 범위 확대, 장기 비행 승인 등의 규제 개선을 통해 공공기관 실증사업의 수요 창출을 준비하고 있으며, 비행시험 인프라 구축, 비행시험장소 확대, 통합 승인 서비스 및 안전가이드 앱 개발 등의 정책지원을 통해 수요·제작 매칭 지원 및 실용화 연구지원, 정책금융 지원 등의 수요 창출과 드론 하이웨이 등 미래 교통체계개발을 통한 시장 확대를 기대하고 있다.

3. 산사태 재해 관리 분야에서의 드론의 활용 사례

재해와 재난과 관련된 여러 가지 피해 유발 유형들에 대해서는 전방적인 조사가 요구된다. 지진, 홍수, 화산, 싱크홀(지반함몰), 태풍, 해안침식 및 하안침식, 야생산불과 같은 자연재해 뿐만 아니라, 건물이나 가시설물의 붕괴, 교량의 균열, 연약지반의 함몰, 도로포장의 파손, 저수지 제방의 훼손, 녹조나 쓰레기의 해상 오염 등의 인공적인 재해에서도 때로는 항공 자료를

활용한 재해재난의 범위가 확산 양상 등을 파악할 필요가 있다. 일반적으로 항공기를 활용한 촬영은 비행 허가나 비용 문제 등에서 쉽게 사용할 수 있는 방법은 아니며, 인공위성 사진의 경우 일반인들이 취득하기에는 다소 어려움이 있다.

드론을 활용하면 항공기 촬영과 비교하여 소규모 지역의 긴급한 촬영이 가능하며, 비행허가의 신청이나 승인에 크게 민감하지 않다. 또한 간단한 교육만으로 드론 운항 및 촬영이 가능하고 기상 조건의 제약이 없는 경우에는 즉시 비행이 가능하다. 아직 드론의 이용이 활발한 것은 아니나 다양한 기관이나 국가에서 드론을 활용한 업무를 진행하고 있다. 우리나라의 경우, 한국건설기술연구원에서는 도로비탈면의 상태 파악에 드론을 활용하고 있으며, 한국국토정보공사에서는 드론을 기반으로 한 측량자료를 작성하여 도로점용 및 지장물 현황조사에 이용하고 있다. 또한 부산교통공사는 드론을 활용하여 교각하부의 자동영상을 취득하는 업무에 활용하고 있으며, 원주지방국토관리청은 드론을 통해 도로공사현장의 안전감찰을 시행하고 있다. 울진군의 경우 2015년 태풍에 의한 피해 파악을 위해 드론을 활용하기도 했다. 해외 사례를 살펴보면 이탈리아의 베니스 교통부와 IAPR은 드론을 사용하여 도로포장의 포트홀, 러팅, 노후화 파악 등을 하고 있으며, 호주의 멜버른 대학에서도 도로포장의 현황조사에 드론을 사용하고 있다. 세계 1위의 드론 보

유국인 미국은 도로개선공사, 교량의 박리, 박락, 균열 등의 노후화 조사, 도로시설물과 낙하물 파악, 태풍으로 인한 재난재해의 현황조사 등에 드론을 적극적으로 활용하고 있다(장진환, 2016)

특히, 산사태는 한 번 발생하게 되면 복구비용이 천문학적이며 사전 관리가 매우 중요하다. 미국의 경우 산사태에 의한 피해액은 매년 20억불 이상이며, 20~50명의 사망자가 발생하고 있는 상황이다. Hyndman & Hyndman(2003)에 의하면 1969년~1993년 기간 중 산사태로 인한 사상자는 매년 1,550명에 이른다. 지구적 관점에서 인구 증가, 거주지의 확대 등으로 인하여 산악지를 개발하는 경우가 증가할 수밖에 없으며 이로 인하여 산사태 및 비탈면 붕괴에 의한 재난은 지속적으로 증가할 수밖에 없는 상황이다.

산사태를 조사하기 위해서는 그림 3.3과 같이 급경사지의 하단부, 중간부, 상단부의 정밀한 조사가 필요하다. 중간부(깎기부)에서는 불연속면의 발달 방향에 따른 암반파괴의 가능성, 낙석의 발생 유무, 배부름 현상 등을 확인하게 되고, 하단부에서는 지반의 용기나 누수 등을 중점적으로 체크하게 된다. 상단부(흔히, 상부자연비탈면이라고 표현하는)의 경우에는 상단부 내 인장균열이나 단차, 침하 등을 확인하여 산사태의 규모를 확인하여야 한다(김승현, 2016). 상단부 지반에 대한 접근은 때로는 쉽지 않을 경우가 많다. 비탈의 경사가 매우 급하고, 접근로가 없거나 수풀이 우거진 경

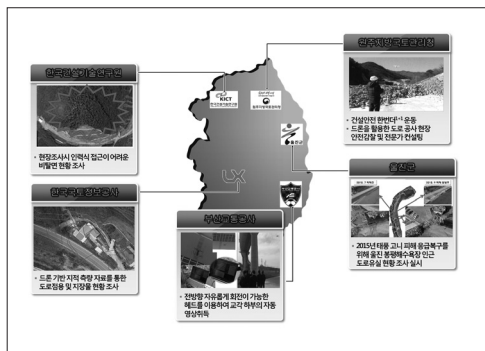


그림 5. 우리나라의 드론 활용 사례

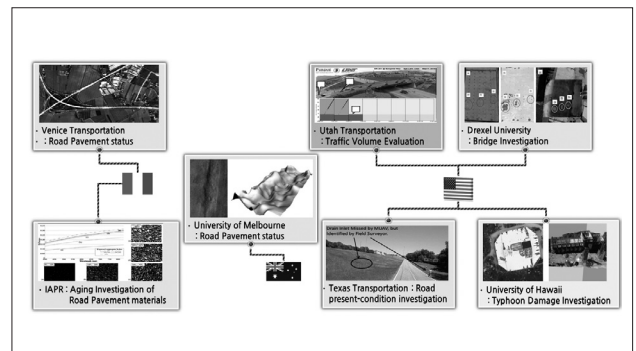


그림 6. 해외의 드론 활용 사례

우 조사자의 접근이 용이하지 못하며, 인간에 해로운 각종 동식물의 서식으로 인하여 이를 극복하면서 확인하기가 어려운 경우도 많다. 이런 경우에 있어 드론의 활용은 산사태 가능 지반의 파악에 효율적으로 활용 가능하다. 또한 상부자연비탈면 내 인공시설물(봉분, 참호, 송전탑 등) 파악이 용이하고 인장균열의 발생 여부나 지반 침하 현상 등의 인지가 드론을 통해 가능할 수 있다.

2014년 8월 전라남도 광양의 한 도로공사 현장에서 총연장 320m, 최대높이 65m의 거대 깎기비탈면에서 이상(異常)현상이 인지되었다. 본 현장은 퇴적암으로 구성된 지반으로 층리가 도로방향으로 발달하고 있어 평면파괴에 취약한 상황이었다. 쓰일네일링, 식생공, 콘크리트배수구, 산마루측구 등이 적용된 상태

에서 산마루측구 변형 및 파손, 소단배수구의 파손, 깎기부 내 붕괴 현상 등이 발생하였으며, 도로하단부가 3~5m 가량 넓은 범위로 용기되는 현상이 확인되었다. 붕괴 발생 형태와 규모를 확인하고 상부자연비탈면의 특이점을 찾기 위하여야 드론 촬영이 2014년 8월 21일 실시되었다. 그림 9와 같이 깎기부로부터 약 200m 후방에 대규모 균열이 발생하였음을 인지할 수 있었다. 당일 이 지역에 상당한 비가 추가적으로 내렸고, 다음날 실시된 2차 촬영에서는 기존에 드론으로 인지된 인장균열 등이 보다 확장하고 새로운 인장균열이 후방 400m 지점에 발생한 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 광양 지구의 산사태는 우리나라에서는 보기 드문 “병진산사태(translational landslide)”임을 확인할 수 있었고 이에 대한 대책을 준비하고 있는 상황이

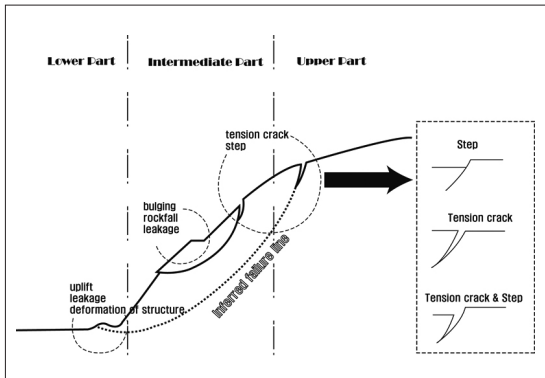


그림 7. 산사태 발생가능지에 대한 조사 개요



그림 8. 상부자연비탈면의 인장균열



그림 9. 광양 지구 드론 1차 촬영

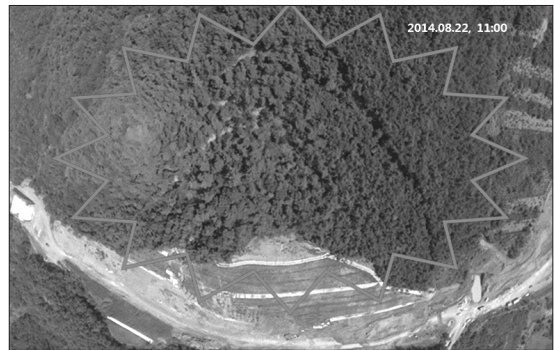


그림 10. 광양 지구 드론 2차 촬영



그림 11. 진안 지구 드론 촬영 사진



그림 12. 삼척 지구 드론 촬영 사진

다. 본 사례는 드론을 이용해 접근이 어려운 상부사면 비탈면의 상태를 파악함으로써 대책공법의 선정 과정에 있어 과학적인 근거 자료를 파악한 좋은 사례라고 할 수 있다.

국도교통부 도로비탈면유지관리시스템팀은 이를 계기로 드론을 실무에 적극적으로 활용 중에 있다. 연장 100m 이상, 최대높이 30m 이상의 거대비탈면(“시설물안전에관한특별법”에 의해 2종시설물로 분류되어 반복적인 정밀점검이 필요한 현장임)에 대해서는 드론 촬영을 통해 비탈면의 전체적인 지형 파악과 인공구조물의 확인, 주변 시설과의 연관성 등을 시행하고 있으며, 이를 데이터베이스로 관리 중에 있다.

또 다른 사례로서 전라북도 진안 지역 도로공사 현장의 대형비탈면에 대해 드론 촬영을 실시하였고, 비탈면에서 나타나는 누수의 원인과 상황 파악을 위한 유역면적의 설정, 화산암체로 구성된 지반의 지질학적인 구간별 지반 분포 등을 파악하는 데 드론을 활용한 바 있으며, 강원도 삼척 지역의 거대 비탈면에서 발생한 낙석으로 차량 사고가 발생한 지역에서는 이완암괴의 집중 분포 지역과 우기시 순간적으로 형성되는 유수의 흐름을 예측하기도 하였다.

4. 지반시설물 관리 분야의 드론의 응용 미래

앞서 설명한 바와 같이 드론은 지반시설물 관리에

있어 다양한 분야에 응용이 가능할 것으로 기대된다. 지반시설물 관리를 위한 드론의 적극적인 활용도가 현재 시점에서 크게 높지는 않으며, 아직은 드론에 대한 인식이 레저용 중심의 취미생활로 국한되어 있는 것이 사실이다. 드론을 활용하기 위한 비즈니스 모델을 찾는 상황에서 드론 자체의 고도화, 드론을 이용한 물품 수송, 조난자의 수색, 해상안전과 산림지의 파악 등에 산업계의 관심이 집중되고 있는 것이 현재의 기술 관심 수준이다.

실제 드론산업에 있어서는 현실적인 제약 요건이 아직도 많이 있다. 세계의 드론 시장을 미국과 중국이 선도하고 있는 상황에서 양국은 보다 저렴한 가격의 드론을 연일 생산하는 반면 우리나라의 경우 개발되는 드론이 상대적으로 고가이기 때문에 적극적인 도입이 아직 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 드론은 기본적으로 GPS 정보를 사용하여 자동 비행을 하거나 수동으로 조작을 하게 되는데, GPS 정보를 순간적으로 잃거나 조작자의 미숙한 비행으로 추락하기도 하며, 송전탑과 같은 지장물을 만났을 때 순간적으로 회피하는 것이 쉽지 않다. 또한 비행 중 주변의 새들이 드론으로 날라 들어 위해를 가하기도 하며, 배터리 문제로 장시간 비행이 쉽지 않다.

그럼에도 불구하고 지반 분야에서 드론의 활용처는 무궁무진하다. 재난이 발생된 저수지의 모델링과 피해 면적 추산, 초고해상도, 고해상도 열화상카메라 영상 촬영을 통한 지반구조물의 열악한 지점 파악, 3차원 모델링을 이용한 토목구조물의 균열 측정, 지하수

포화대 추정을 통한 토석류 유발 지역 예측, 소하천 지형조사 및 하천제방 위험성 검토, 연약침식, 해안침식 상태 파악 및 모래 필요 투입량 산정 등에 드론 활용이 가능하다. 또한 농업용 관개배수 설계 및 안정적 영농 활동 지원, 문화유적지의 수치 지도 제작, 통신망을 결합한 시설물의 관리 등 제4차 산업혁명에 있어 드론은 미래기술의 핵심 도구라고 할 수 있을 것이다.

드론을 활용하게 되면, 정보의 최신성 및 간편성 확보, 고해상도 영상 취득 및 시설물 변이의 센싱 파악이 가능하며, 이를 결합하여 경제성을 고려한 관리가 가능해질 것이다. 즉, 위성, 항공영상과 연계한 최신영상을 제공받음으로서 관찰 대상지에 대한 주기적, 반복적인 자료 수집이 가능하고 긴급 지역에 대한 3차원 영상지도 제작이 용이하다. 또한 고도에 따른 다양한 공간해상도의 자료 수집을 통해 재난 재해 지역의 정량적인 자료 구축이 가능하며, 다양한 센서를 결합시킴으로서 정보획득의 정확성을 높일 수 있다. 드론 활용시 인력 투입을 최소화할 수 있으며 안전 문제를 극복할 수 있고 비용 절감도 가능해진다. 드론으로 취득한 정보를 각종 지상의 데이터베이스와 연계함으로써 정확도 향상이 가능할 뿐만 아니라 다양한 분야와 연계한 콘텐츠 개발이 가능해질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 김승현(2016) 드론을 활용한 도로시설 안전진단 및 유지보수, 2016 드론 활용 비즈니스 모델 및 시범사업 확대 심포지엄. 한국건설기술연구원.
2. 김형중(2016) 드론 산업의 발전을 위한 Initiative 제안, 2016 드론 활용 비즈니스 모델 및 시범사업 확대 심포지엄. 고려대학교.
3. 신재원(2016) 무인기 연구 · 개발 분야의 국제적 동향 및 NASA의 정책 계획, 2016 드론 활용 비즈니스 모델 및 시범사업 확대 심포지엄. NASA.
4. 위은환(2016) 드론 활성화 정책 방향, 2016 드론 활용 비즈니스 모델 및 시범사업 확대 심포지엄. 국토교통부.
5. 장진환(2016) 드론을 활용한 도로관리 효율화 방안, 제25회 도로의 날. 한국건설기술연구원.
6. Hyndman, D. and Hyndman, D.(2006) Natural Hazards and Disasters, Thomson Brooks/Cole, 490p.
7. Teal Group(2016) Teal Group's 2015 Market study, Press Release.
8. World Economic Forum(2016), The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond, <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>