

박사학위 청구논문

2022학년도

4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형  
탄약고 스마트화 방안 연구

A Study on the Smartization of Underground Ammunition  
Storage using the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution Technology

광운대학교 대학원

방위사업학과

김 병 규

# 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안 연구

A Study on the Smartization of Underground Ammunition  
Storage using the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution Technology

광운대학교 대학원  
방위사업학과  
김 병 규

# 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안 연구

A Study on the Smartization of Underground Ammunition  
Storage using the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution Technology

지도교수 이 석 준

이 논문을 공학박사 학위 청구논문으로 제출함.

2022년 6월

광운대학교 대학원

방위사업학과

김 병 규

김병규의 공학박사 학위논문을 인준함

심사위원장 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

광운대학교 대학원

2022년 6월

## <감사의 글>

세상 모든 일을 주관하시는 하느님께 감사드립니다.

그리고 부족한 저를 열과 성으로 지도해주시고 세심하게 가르쳐주신 지도 교수 이석준님, 바쁘신 와중에도 논문 주제에 깊은 관심으로 응원해주시고, 완성도 향상을 위해 꼼꼼하게 지도해주신 심상렬 교수님, 논문의 핵심 논리 보강을 위해 귀한 말씀해주신 정석재 교수님, 연구 방법의 중요 요소를 되짚어주신 김장엽 교수님, 많은 응원을 해주신 건국대학교 김남수 교수님께 진심으로 감사를 드립니다.

아직도 살아갈 날이 더 많다는 확신을 되뇌면서, 더 열심히 살자는 저와의 약속으로, 박사학위를 목표로 달려왔습니다. 오늘이 어제가 되고, 내일이 오늘이 됩니다. 언젠가는 아득한 이야기가 될지라도 한순간 한순간 최선을 다했던 모습은 아름다운 기억으로 남을 것입니다.

항상 자식의 인생을 사랑으로, 정으로 지켜보고 계실 부모님께 이 책에 감사의 마음을 새겨서 전합니다. 인생의 산과 강을 건너올 때, 그리고 앞으로도 같이 할 든든한 동반자인 아내 해연에게 박사학위의 영광을 온전히 드리고자 합니다. 그리고 지금까지도 열심히 살아왔지만, 앞으로도 열심히 행복하게 살아갈 사랑하는 딸 초롱이와 사위 현민, 그리고 소중한 아들 현우의 미래를 위해, 엄마와 함께 항상 기도하고 있음을 여기에 기록으로 남기니, 힘든 일이 있더라도 잘 이겨내기 바랍니다. 그리고 항상 기도해주시는 장인, 장모님께도 깊은 감사를 드립니다.

이 박사 논문이 완성되기까지 아낌없이 도와주신 많은 분들께 진심으로 감사를 드립니다. 마음속에 그 고마운 이름들을 꼭꼭 새겨서 간직하겠습니다. 도움을 필요로 하는 누군가에게 따뜻한 마음으로 전하겠습니다.

소회를 밝힐 수 있는 기회가 있어, 더없이 행복합니다.

“Heaven helps those who help themselves”

2022년 6월 김 병 규 拜相

## 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안 연구

수도권 지역의 인구집중과 도시개발이 주변 지역으로 점차 확장됨에 따라 탄약 시설과 주거지 간에 안전거리를 충족하지 못하는 사례가 지속적으로 발생하고 있다. 이에 따라 국방부 입장에서는 탄약의 안전한 저장을 위협받고 있고, 지자체와 주민 입장에서는 탄약저장시설이 넓은 부지를 차지하고 있어 도시의 정상적인 발전에 걸림돌이 된다는 불만을 가지게 되었고, 이와 관련한 민원이 점차 증가하고 있다.

2015년에는 국방부가 수도권 인근 OO시와 기부대 양여 합의각서를 체결하여, 지자체는 지하형 탄약고를 신축하여 국방부에 기부하고, 국방부는 지하형 탄약고 신축으로 소요가 없어진 부지를 지자체에 양여하는 방식으로 이러한 문제점들을 해결한 좋은 사례가 있었다. 이 사업을 계기로 국방부는 기부대 양여방식 또는 국방예산사업으로 지하형 탄약고 신축을 점차 확대하여 추진하는 방안을 검토하고 있다. 지하형 탄약고가 안전과 저장 공간 측면에서는 유리하지만, 지하 저장시설이기 때문에 가지고 있는 출입구 수의 제한, 좁은 지하 공간에서 많은 탄약의 보관으로 인한 일시 불출의 어려움, 전시 탄약 지원계획의 수시 변동에 대응할 시스템 부재, 탄약부대 인력 감축으로 인한 인력투입의 한계 등 여러 가지 불리한 여건이 존재하고 있다.

본 연구의 목적은 이러한 문제점들을 극복할 수 있는 지하형 탄약고의 기준과 스마트화 방안을 마련하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 4차

산업혁명 기술(AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드)을 활용한 탄약 저장과 관리 혁신을 모색하였다. 연구 방법으로는 지하형 탄약고의 스마트화 방안 마련을 위한 기준 6개(경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리)와 세부기준 21개 항목을 선정하고 전문가 대상으로 AHP 설문을 진행하였다. 설문 결과를 토대로 향후 지하형 탄약고 신축 및 설비 기준, 정책부서와 야전부대의 임무와 역할 분담 체계를 분석하여 정책적 시사점을 도출하였다.

AHP 분석 결과, 6개 기준에서는 안전, 경계, 수명관리, 장비설비, 물류체계, 환경 순으로 중요도가 높은 것으로 나타났다. 하위 세부기준에서는 안전은 화재탐지, 경계는 침입탐지, 수명관리는 탄약상태관리, 장비설비는 통합관제, 물류체계는 통합가시화, 환경은 온습도관리가 가장 중요한 것으로 나타났다. 또한, 지하형 탄약고의 스마트화를 위해서는 4차 산업혁명 기술 중에서 AI, IoT, 빅데이터, 클라우드, 로봇 순으로 중요도가 높은 것으로 나타났으며, 양질의 데이터 구축이 제일 우선될 때 나머지 기술도 적용할 수 있음을 확인하였다.

연구 결과는 신규 탄약고 건설 소요제기에 활용할 수 있으며 기존 탄약고 중축, 관리 개선에도 활용될 수 있다. 지하형 탄약고 스마트화는 전시 전투부대에 대한 탄약 수송 및 지원의 정확성과 신속성을 보장하고, 평시에도 탄약관리의 안전성 확보를 통한 대국민 신뢰 확보와 저장비용 및 소요 인원 절감을 통해 국방예산 절감에도 기여 할 것으로 판단된다. 그리고 군의 다른 물자를 저장하는 저장시설과 민간 기업의 대형 저장시설에서도 적용이 가능할 것으로 기대된다.

주제어: 스마트화, 지하형 탄약고, 4차 산업혁명 기술, AHP

# ABSTRACT

## A Study on the Smartization of Underground Ammunition Storage Using the 4th Industrial Revolution Technology

Kim, Byungkyoo

Dept. of Defense Acquisition Program

The Graduate School of Kwangwoon University

As population concentration and urban development in the metropolitan area gradually expand to surrounding areas, there are continuous cases in which safety distances between ammunition facilities and residences are not met. As a result, the Ministry of National Defense is threatened with safe storage of ammunition, and local governments and residents have complained that ammunition storage facilities occupy a large site, which is an obstacle to the normal development of the city, and related complaints are gradually increasing.

In 2015, the Ministry of National Defense signed a memorandum of donation and loan agreement with OO City near the metropolitan area, and the local government built an underground ammunition warehouse and donated it to the Ministry of National Defense. With this project as an opportunity, the Ministry of National Defense is considering gradually expanding and promoting the construction of underground ammunition depots as a donation loan method or a defense budget project.

In this study, the underground ammunition depot is advantageous in terms of safety and storage space, but there are many disadvantages, such as restrictions on the number of entrances and exits, difficulty in temporary delivery due to storage of large amounts of ammunition in a narrow underground space, lack of systems to cope with frequent changes.

The purpose of this study is to prepare standards for underground ammunition depots and smart measures to overcome these problems. To this end, this study seeks ammunition storage and management innovation using the technologies (AI, big data, IoT, robots, and cloud) of the 4th industrial revolution. As a research method, six criteria (boundary, safety, environment, logistics system, equipment facilities, life management) and 21 detailed criteria were selected through the AHP technique. Based on these criteria, policy implications were derived to derive the standards for the construction and facility of underground ammunition department in the future, and the mission and role-sharing system of policy departments and field units.

As a result of the AHP analysis, it was found that the priority was high in the order of safety, boundary, life management, equipment facilities, logistics system, and environment in the six criteria. In the lower detailed criteria, fire detection in safety, intrusion detection in boundary, ammunition status management in life management, integrated control in equipment facilities, integrated visualization in logistics system, and temperature and humidity management in the environment were the highest priority. This is a good representation of the opinions of experts, and it is considered to be the first part to be reflected in the design when constructing an underground ammunition

warehouse in the future.

In addition, it was found that the importance was high in the order of AI, IoT, big data, cloud, and robots among the 4th industrial revolution technologies.

The results of this study can be used to raise the requirements for the construction of a new ammunition depot, and can also be used to build an existing ammunition depot and improve management. Smartening the underground ammunition depot is expected to ensure the accuracy and speed of ammunition transportation and support for wartime combat units, and to reduce defense budget by securing public trust and reducing storage costs and personnel. This study can be applied to storage facilities that store other materials in the military, and it is expected to be applied to large commercial storage facilities.

Key-words: Smartization, 4th Industrial Revolution Technology,  
Underground Ammunition Storage, AHP

# 목 차

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| <감사의 글> .....                    | i      |
| 국 문 요 약 .....                    | ii     |
| ABSTRACT .....                   | iv     |
| 목 차 .....                        | vii    |
| 그 립 목 차 .....                    | x      |
| 표 목 차 .....                      | xi     |
| <br>제1장 서 론 .....                | <br>1  |
| 제1절 연구의 배경 및 목적 .....            | 1      |
| 제2절 연구의 범위 및 절차 .....            | 3      |
| 제3절 논문의 구성 .....                 | 4      |
| <br>제2장 선행연구 고찰 .....            | <br>5  |
| 제1절 지하형 스마트 탄약고 관련 선행연구 고찰 ..... | 5      |
| 제2절 AHP 연구 기법 검토 .....           | 9      |
| 제3절 4차 산업혁명 기술 발전 .....          | 13     |
| 1. 국내외 기술 동향 .....               | 13     |
| 2. 국내외 산업 적용사례 .....             | 15     |
| <br>제3장 탄약의 특성과 환경 변화 .....      | <br>18 |
| 제1절 탄약의 특성 .....                 | 18     |
| 1. 탄약의 중요성 .....                 | 18     |
| 2. 탄약의 저장 및 관리 .....             | 21     |
| 3. 탄약의 물류 특성 .....               | 24     |

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| 제2절 국방 정책의 변화 .....                    | 27        |
| 1. 국방 적용 추세 및 방향 .....                 | 27        |
| 2. 국방 군수 환경 변화 .....                   | 30        |
| 제3절 스마트 지하형 탄약고 .....                  | 31        |
| 1. 지하형 탄약고 .....                       | 32        |
| 2. 스마트 탄약고 .....                       | 35        |
| 3. 시사점 .....                           | 38        |
| <br><b>제4장 연구 방법 .....</b>             | <b>40</b> |
| 제1절 AHP의 개념 .....                      | 40        |
| 제2절 AHP 기법 적용 절차 .....                 | 43        |
| 1. 1단계 : 의사결정 계층(hierarchy) 구조화 .....  | 44        |
| 2. 2단계 : 의사결정 요소의 쌍대비교 .....           | 46        |
| 3. 3단계 : 상대적 가중치 추정 및 논리적 일관성 검증 ..... | 47        |
| 4. 4단계 : 가중치 종합, 최적 대안 선택 .....        | 49        |
| 제3절 스마트 지하형 탄약고를 위한 AHP 기법 활용 .....    | 49        |
| 1. 평가를 위한 기준 항목 식별 .....               | 50        |
| 2. 조작적 정의 .....                        | 54        |
| <br><b>제5장 실증연구 .....</b>              | <b>57</b> |
| 제1절 설문 대상 전문가 선정 .....                 | 57        |
| 제2절 AHP 설문을 위한 계층구조 .....              | 60        |
| 제3절 AHP 분석 결과 .....                    | 62        |
| 1. 최종목표를 위한 우선순위 분석 .....              | 62        |
| 2. 6개 분야별 우선순위 분석 .....                | 65        |
| 3. 시사점 .....                           | 70        |
| 제4절 대안 연구 .....                        | 72        |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 1. 안전 .....                | 72        |
| 2. 경계 .....                | 73        |
| 3. 수명관리 .....              | 74        |
| 4. 장비설비 .....              | 75        |
| 5. 물류체계 .....              | 76        |
| 6. 환경 .....                | 78        |
| 제5절 지하형 탄약고의 스마트화 방안 ..... | 79        |
| <b>제6장 결 론 .....</b>       | <b>82</b> |
| 제1절 연구의 요약 및 함의 .....      | 82        |
| 제2절 연구의 한계 및 후속 연구과제 ..... | 84        |
| <b>참고문헌 .....</b>          | <b>86</b> |
| <b>부 록 .....</b>           | <b>92</b> |

## 그림 목차

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| <그림 2-1> 4차 산업혁명 시대의 특징 .....               | 14 |
| <그림 2-2> 스마트 공장 개념 .....                    | 16 |
| <그림 3-1> 스마트 탄약 물류 비전 .....                 | 26 |
| <그림 3-2> 지하형 탄약고 운영개념 .....                 | 32 |
| <그림 3-3> 탄약 업무의 제약사항 .....                  | 36 |
| <그림 3-3> 스마트 물류를 위한 핵심 요구사항 .....           | 37 |
| <그림 4-1> AHP 이론 .....                       | 42 |
| <그림 4-2> AHP 분석적 사고원칙 .....                 | 44 |
| <그림 4-3> 계층구조 설정 .....                      | 46 |
| <그림 5-1> 최종목표, 기준, 세부기준 및 대안과의 계층구조 .....   | 61 |
| <그림 5-2> 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안 .. | 80 |

# 표 목차

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| <표 2-1> 지하형 탄약고 관련 선행연구 .....                   | 8  |
| <표 2-2> AHP 기법 관련 선행연구 .....                    | 12 |
| <표 3-1> 탄약고 일반물자 비교 .....                       | 20 |
| <표 3-2> 지하형과 지상형의 비교(0,000톤 기준) .....           | 22 |
| <표 3-3> 지하형 탄약고의 장점과 단점 .....                   | 23 |
| <표 3-4> 미래 주도 국방역량 구축 .....                     | 29 |
| <표 3-5> 지하형 탄약고의 스마트화 분야 .....                  | 38 |
| <표 4-1> 중요도 비교평가 척도 .....                       | 47 |
| <표 4-2> 무작위 일관성 지수 .....                        | 48 |
| <표 4-3> 지하형 탄약고 스마트화를 위한 요구사항 .....             | 52 |
| <표 4-4> 지하형 탄약고 스마트화를 위한 기준과 세부기준 선정 .....      | 53 |
| <표 4-5> 지하형 탄약고 스마트화를 위한 필요 기준 .....            | 54 |
| <표 4-6> 지하형 탄약고 스마트화를 위한 4차 산업혁명 기술 .....       | 56 |
| <표 5-1> 설문 참여자 소속 기관별 구성 인원 .....               | 58 |
| <표 5-2> 설문 참여자 직업별 구성 인원 .....                  | 58 |
| <표 5-3> 설문 참여자 경력별 구성 인원 .....                  | 59 |
| <표 5-4> 설문 참여자 연령별 구성 인원 .....                  | 59 |
| <표 5-5> 설문 참여자 학력별 구성 인원 .....                  | 60 |
| <표 5-6> AHP 설문 결과 .....                         | 62 |
| <표 5-7> 최종목표와 기준 6개 항목과의 가중치 및 우선순위 .....       | 63 |
| <표 5-8> 최종목표를 위한 4차 산업혁명 기술 적용 가중치 및 우선순위 ..... | 64 |
| <표 5-9> 안전과 세부기준 4개 항목과의 가중치 및 우선순위 .....       | 65 |
| <표 5-10> 경계와 세부기준 4개 항목과의 가중치 및 우선순위 .....      | 66 |
| <표 5-11> 수명관리와 세부기준 3개 항목과의 가중치 및 우선순위 .....    | 67 |
| <표 5-12> 장비설비와 세부기준 3개 항목과의 가중치 및 우선순위 .....    | 68 |
| <표 5-13> 물류체계와 세부기준 3개 항목과의 가중치 및 우선순위 .....    | 69 |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| <표 5-14> 환경과 세부기준 4개 항목과의 가중치 및 우선순위 ..... | 70 |
| <표 5-15> 안전의 세부기준별 대안 .....                | 72 |
| <표 5-16> 경계의 세부기준별 대안 .....                | 73 |
| <표 5-17> 수명관리의 세부기준별 대안 .....              | 75 |
| <표 5-18> 장비설비의 세부기준별 대안 .....              | 76 |
| <표 5-19> 물류체계의 세부기준별 대안 .....              | 77 |
| <표 5-20> 환경의 세부기준별 대안 .....                | 78 |

# 제1장 서론

## 제1절 연구의 배경 및 목적

국방개혁 2.0은 저출산 고령화로 인한 인구 감소와 이에 따른 병력감소, 장병 복무기간 단축, 기존 시스템의 비효율성 등을 극복하기 위해 국방예산을 절감하고 국방 운용의 효율성을 높여 전투력을 상승시키려는 국방부의 기본 정책이다. 이에 따라 군은 군수 경영 효율화를 목표로 4차 산업혁명 기술을 적용한 군 시설의 첨단화 및 자동화를 추진 중이다. 특히 노동집약적이고 사고 예방 중심의 탄약관리 분야에 대해서도 4차 산업혁명 기술들을 도입해서 탄약 운용과 관리의 효율에 대한 개선 요구가 날로 커지고 있다.

인구집중으로 도시가 확장됨에 따라, 정주 및 개발을 위한 부지가 부족하여 국민의 경제적인 활동 제약과 재산권 행사의 제한 등으로 인해 지속적으로 민원이 발생하고 있다. 그 결과, 국방부는 물론 관련 부대들은 기본 임무조차 영향을 받고 있기에 민관군 갈등 해소 및 토지 사용의 최적화를 위한 탄약부대가 점유하는 부지면적 축소를 위한 탄약고의 최적화(지하화)가 대안으로 제시되고 있다.

2015년에는 국방부와 지방자치단체인 OO시가 상호 합의각서를 체결하여, 기부대 양여방식으로 지하형 탄약고를 신축하게 되었다. 2017년 국방부가 OO시로부터 지하형 탄약고를 기부받아 현재까지 안전, 시설 측면에서 문제점 없이 정상 운영하는 가운데, 지하형 탄약고 신축은 기부대 양여사업 뿐만 아니라 향후 국방 중기계획과

예산에 반영되어 국방사업으로도 추진될 예정이다.

현재 운용하고 있는 지하형 탄약고는 시스템 측면에서 기존 지상형 탄약고의 시스템을 대부분 그대로 준용하는 실정으로, 일부 CCTV를 활용한 경계, 정맥 인식 출입관리시스템, 온습도 모니터링 시스템 정도만 추가로 설치하는 등 부분적으로만 관리 시스템을 도입하여 운용하고 있다.

민간영역에서는 이미 산업현장 및 물류체계에서 ICT를 기반으로 하는 4차 산업혁명 기술을 이용한 관리와 물류 혁신을 통한 비용 절감과 운용 효율화를 달성하고 있다. 따라서 군에서도 이러한 새로운 기술과 시스템들을 적극적으로 도입해야 할 시점에 놓여있다.

탄약은 정확한 성능을 발휘하기 위해 고도의 첨단 가공 기술이 포함되어 있고, 엄격한 규격에 의해 생산 재료를 관리하고 있으며, 생산 시에도 허가된 생산시설에서만 생산이 가능한 점 등을 종합적으로 고려할 때, 전시에 긴급히 필요하다고 해서 단기간에 확보할 수 있는 것은 아니다. 그래서 군에서 확보하고 있는 탄약을 양질의 상태로 저장될 수 있도록 해야 한다. 지하형 탄약고는 기존의 지상형 탄약고와는 다른 제한사항을 가지고 있다. 지하형 탄약고의 특성에 맞는 탄약 저장, 관리, 보급 등 일련의 탄약 업무를 근본적으로 재검토하여 새롭게 개념을 정립하고, 스마트화 노력이 필요하다.

본 연구의 목적은 평시에는 탄약 저장관리 효율성을 제고하고, 전시에는 전투부대가 요구하는 적시, 적소, 적정량의 탄약을 효과적으로 보급할 수 있는 지하형 탄약고의 스마트화 방안을 제시하는 것이다.

## 제2절 연구의 범위 및 절차

본 연구의 범위는 지하형 탄약고 신축 시 적용할 수 있는 4차 산업혁명 기술을 대안으로 검토하였으며, 연구 방법으로는 전문가의 설문을 통해 지하형 탄약고의 스마트화를 위한 AI(인공지능), 빅데이터, IoT(사물인터넷), 자동화 로봇, 클라우드 기술의 중요도와 세부기준에 따른 4차 산업혁명 기술 적용 우선순위를 AHP 기법을 통해 분석하였다.

이를 위해 스마트 지하형 탄약고가 갖추어야 할 필수요소가 무엇인지를 현장 확인, 관련 자료 검토, 정책 및 야전부대의 의견 청취를 통해서 6개의 기준과 그 하위 세부기준 21개를 선정하였다. 그리고 전문가의 설문을 통해서 각각의 기준과 세부기준에 우선시 되는 4차 산업혁명 기술의 중요도 및 가중치를 도출하였다. 또한, 설문 결과를 분석하여 4차 산업혁명 기술을 정책적으로 어떻게 적용할 것인지에 대해 제시하였다.

연구 절차는 문헌 연구와 설문조사 방법을 활용하여 4단계의 절차로 수행하였다. 1단계로 스마트 지하형 탄약고가 갖추어야 할 기준과 세부기준을 선정하고, 2단계로 AHP 기법 적용을 위한 계층구조를 설계하였다. 3단계로 탄약 분야에 10년 이상 실무경험이 있으며, 4차 산업혁명 기술에 대한 지식이 있는 전문가를 대상으로 AHP 설문을 실시하였다. 마지막 4단계로 설문 결과를 토대로 4차 산업혁명 기술을 적용하여 구현할 수 있는 스마트 지하형 탄약고의 아키텍처를 제시하였다.

### 제3절 논문의 구성

본 논문은 총 6장으로 구성된다. 제1장에서는 본 논문의 연구 배경 및 목적, 연구 범위 및 절차에 대해 살펴보았다. 제2장에서는 선행연구 고찰로 지하형 탄약고 관련 연구와 AHP 기법 등에 대해 검토하였다. 제3장에서는 탄약의 특성, 대외 환경 변화에 대해 진단하고, 4차 산업혁명 기술 적용사례를 확인하였다.

또한, 제4장에서는 본 논문의 연구 방법인 AHP 기법의 개념 정의 및 특징을 기술하고, 제5장에서는 실증연구로서 AHP 기법을 통해 평가항목별 상대적 가중치를 산출하여 그 결과를 분석하였다. AHP 분석 결과를 토대로 4차 산업혁명 기술을 적용하여 지하형 탄약고의 스마트화 방안 및 아키텍처를 제시하였다. 마지막 제6장은 결론으로 본 연구의 요약 및 함의, 한계 및 후속 연구과제를 제시하였다.

## 제2장 선행연구 고찰

### 제1절 지하형 스마트 탄약고 관련 선행연구 고찰

지하형 탄약고에 대한 선행연구는 <표 2-1>과 같이 크게 네 가지 측면에서 나누어 접근하였다. 첫째, 지상형 탄약고의 문제점과 이에 대한 대응 방안을 제시한 연구이고, 둘째, 지하형 탄약고를 건축, 설계 시 어떠한 점을 유의해야 하는지 안전 측면, 군사적 측면을 제시한 연구이다. 셋째, 지하형 탄약고 운용의 비효율성을 개선하기 위한 지하형 운용방안을 제시한 연구이며, 마지막으로 싱가포르의 지하공간 개발에 관한 연구이다.

이성학(2021)은 00탄약대대의 예비설계를 검토하여 지하형 탄약고의 안전거리 확보를 위한 격실 및 통로 설계방안을 제시하고 있으며, 환기, 온습도 장치 등에 대한 기본적인 설비와 장비들을 갖추어야 함을 강조하였고, 군의 요구사항과 설계기준에 대한 문헌조사 결과를 바탕으로 지하형 탄약고 설계 방법을 연구함으로써 이론과 실무의 연계를 시도하였다.

안효춘 외(2020)는 4차 산업혁명의 지능 정보기술은 과거 기계가 진입하지 못한 다양한 산업 분야에서 생산성을 높이고 산업구조의 대대적 변화를 촉발함으로써 경제·사회 전반의 ‘혁명적 변화’를 초래할 것으로 전망하였고, 이 기술을 탄약고 운용 방법에 적용하는 정책적 결정이 필요하다는 의견을 제시하였다.

박영준(2020)은 탄약고의 경우는 우발적 폭발로부터 인접한 기반 시설, 주택 등의 피해를 방지하기 위하여 보수적인 수준의 안전거리를 군사보호구역으로 설정하고 있으며, 이에 따라 사회, 경제활동 등이 활발한 지역에서는 끊임없는 이전 요구 대상이 된다고 주장하였다. 문제는 탄약고가 탄약의 적시적인 공급을 위하여 교통 요지에 있어서 지역사회가 풍부한 교통 인프라에 따른 도시화가 가속화되면서 탄약부대의 이전을 빈번하게 요구하고 있다는 점이다. 이에 대한 타개책의 하나로 군에서는 민군이 상생할 수 있도록 탄약고의 지하화를 확대하는 방안을 검토해야 한다고 피력하고 있다.

백장운 외(2020)는 탄약고의 지하화는 탄약을 저장하는 격실, 탄약고 내 이동을 위한 터널 등의 설계에 있어 다양한 요소를 고려할 필요가 있으며, 제한된 공간과 예산 범위 내에서 탄약 저장 및 수불을 위한 격실과 터널을 배치하고 우발적 폭발에 따른 피해 방지를 위한 안전거리를 고려해야 함을 강조하였다.

이희석 외(2018)는 싱가포르는 국토 면적이 부족한 도시 국가로 인해 지하 공간의 개발과 활용을 위해 정부 차원에서 범국가적으로 적극적으로 추진하고 있음에 주목하였고, 특히 지하철과 지하 도로와 같은 얕은 심도의 지하 공간 활용뿐만 아니라 대규모 지하공간 사업으로서 암반 내 지하 탄약 저장고 프로젝트를 성공적으로 마무리한 것을 제시하면서 국내에서도 싱가포르의 사례를 벤치마킹할 필요가 있음을 제안하고 있다.

정봉룡(2015)은 지하형 탄약고는 지상형 탄약고가 가진 단점을 해결할 수 있는 획기적인 대안으로, 안전거리 위반 해소, 부족한 저장

능력 확보와 민원 해소가 가능하고, 탄약의 수명연장과 점유 부지 감소로 지상형 탄약고 보다 비용대 효과 측면에서 유리하다고 언급하였다. 그리고 지하형 탄약고의 격실 크기와 격실 상부 두께 등에 대한 개략적인 최적화 설계방안을 제시하였고, 분산저장을 통해 적 공격으로부터 집단피해 방지, 전투부대 지원을 위한 양호한 보급로 확보, 지하형 탄약고 내부에서 외부로의 진·출입을 편리하게 하기 위한 출입구 다수 확보 등을 강조하였다.

김두호(2003)는 저장 탄약의 성능 유지와 현장 인력의 건강을 위하여 제습 및 환기설비는 지하형 탄약고 설비에 빼놓을 수 없는 매우 중요한 시설이고, 특히 금속의 경우 상대습도 60%를 넘으면 부식 진행 속도가 빨라지기 때문에 탄약의 품질을 온전하게 유지하기 위해서 지하형 탄약고의 습도는 그 이하로 유지하는 것이 바람직함을 언급하였다. 그리고 적재, 하화를 위하여 수송차량이 탄약고 내 적하장에서 작업하는 동안 배기가스가 저장고 내에 확산되면서 가득 차기 때문에 오염된 공기를 효과적으로 희석 및 배출하고, 터널 내부의 온습도 제어 및 화재 사고와 같은 비상 상황에 대한 신속하고 안전한 대피 및 대응을 위하여 환기설비의 필요성을 제시하였다.

지하형 탄약고에 대한 선행연구를 통해서 아래와 같은 시사점도 도출할 수 있었다. 첫째, 지하형 탄약고는 지상형 탄약고가 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 획기적인 대안으로, 안전거리 위반 해소, 부족한 저장능력 확보와 민원 해소가 가능하고, 탄약의 수명연장과 소요 부지 감소로 지상형 탄약고 보다 비용대 효과 측면에

서도 매우 유리함을 언급하고 있다. 그렇지만 지하형 탄약고의 구비요건에 대해서는 안전거리 확보를 위한 격실 규모, 탄약고 상부 두께 등에 대한 기본적인 안전 요건 위주로 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

둘째, 탄약의 수명연장과 작업자의 건강을 고려한 탄약고 내부의 온습도 및 공기 질 관리 등 최소한의 요건에 관해서만 연구가 이루어지고 있고, 지하형 탄약고가 점차 확대되고 대규모로 이루어지는 현시점을 고려할 때, 지하형 탄약고가 가지고 있는 문제점을 극복하고 효율성을 극대화할 수 있는 제반 요구조건과 기준에 관한 연구가 시급함을 알 수 있었다.

셋째, 4차 산업혁명 기술 도입을 통한 탄약 관리 혁신의 필요성에 대해서도 언급하고 있었다. 그러나 4차 산업혁명 기술을 어떤 분야에 어떻게 적용하면 좋을지에 대한 체계적인 연구가 이루어지지 않음을 알 수 있었다. 전시와 평시를 고려한 탄약의 효율적 저장과 운영을 위한 4차 산업혁명 기술의 적용방안에 대한 깊이 있는 연구의 필요성을 확인할 수 있었다.

<표 2-1> 지하형 탄약고 관련 선행연구

| 연구자           | 연구 제목                                               | 연구 내용      |
|---------------|-----------------------------------------------------|------------|
| 이성학<br>(2021) | 안전거리를 고려한 지하형 탄약고 설계 방법에 관한 연구 : 00 탄약대대 예비 설계 중심으로 | 사례연구, 실증분석 |

|                 |                              |                     |
|-----------------|------------------------------|---------------------|
| 안효춘 외<br>(2020) | 지하형 스마트 탄약고 도입 운용의<br>필요성 연구 | 사례연구, 실증분석          |
| 박영준<br>(2020)   | 지하형 스마트 탄약고                  | 사례연구, 실증분석          |
| 백장운 외<br>(2020) | 지하형 탄약고 안전거리                 | 제도연구, 실증분석          |
| 이희석 외<br>(2018) | 싱가포르 지하공간 개발의 현황 및 이슈        | 제도연구, 사례연구          |
| 정봉룡 외<br>(2015) | 터널형 탄약고 최적화 설계방안             | 제도연구, 사례연구,<br>실증분석 |
| 김두호<br>(2003)   | 지하 탄약고 제습 및 환기 설계            | 사례연구, 실증분석          |

## 제2절 AHP 연구기법 검토

스마트 탄약 저장 및 관리를 위해서 지하형 탄약고가 반드시 갖추어야 할 기준을 선정하기 위해서 전문가 설문을 통한 AHP 기법을 활용하였다.

이영중(2014)은 총수명주기체계관리(TLCSM<sup>1)</sup>)를 고려한 무기체계 획득사업의 낙찰자(기종) 결정 평가항목 연구를 위하여 AHP 기법을 적용하여, 총수명주기 관점에서 국외상업구매사업의 기종결정 평가항목의 현상태를 진단하고, 새로운 평가항목을 개발하였다. 개발된 평가항목은 비용 2개 항목, 기본계약요소 13개 항목, 운영유지 요소

1) Total Life Cycle Systems Management : 무기체계를 비롯한 군수품의 최초 개발부터 폐기까지의 전 수명 주기를 통합 · 관리하는 기법. 비용을 최소화하는 동시에 가용도를 높임으로써 효과적으로 전투준비태세를 갖추게 하는 기법

10개 항목이며, 문헌 연구와 전문가를 대상으로 한 델파이 조사, 요인분석, AHP 설문을 통해 개발되었다. 이러한 연구를 통해 TLCSM 측면에서 유리한 기종이 결정될 수 있었고, '성능'에서 큰 차이가 나지 않는 경우에는 '운영유지 요소'에 따라 기종결정이 될 수 있도록 제시하는 성과를 달성하였다.

최담(2014)은 AHP 기법과 판단지수를 활용하여 창정비 수행기관의 선정과 관련하여 개선방안을 제시하였다. 창정비를 수행하는 기관 선정은 창정비 능력, 창정비 비용대 효과, 관련기관 의견 등을 비교 분석하여 군 정비창 또는 민간업체로 결정하고 있지만, 평가항목별 가중치 미적용 및 관련기관 의견에 대한 불명확성 등의 문제점을 해결하고자 연구를 진행하였다. AHP 기법을 적용하여 평가항목별로 상대적 가중치를 부여하고 판단지수를 통해 창정비 수행기관의 상대적 차이를 지수로 산출하여 기존 방안보다 본 연구의 창정비 수행기관 선정방안이 더 합리적이고 효과적인 방안임을 입증하였다. AHP 기법과 판단지수를 적용한 창정비 수행기관 선정방안은 방위력개선사업뿐만 아니라 민간분야에서도 사업수행기관을 선정하는데 활용도가 높을 것으로 예상되는 등 AHP 기법의 효용성을 확인하였다.

김한경(2013)은 절충교역을 통한 국방 기술 이전 과정의 리스크 요인을 분석하기 위해 AHP 기법을 활용하여, 국방 기술 이전 과정의 리스크 요인을 분석하였다. 연구의 목적을 달성하기 위해 리스크 요인별 원인분석 및 신뢰도를 정량적으로 검증하여 총 31개 리스크 요인을 확정하였다. 이후 리스크 요인 간 우선순위 분석을 위

해 AHP 기법을 활용하였다. 요인분석 결과 10개로 분류된 요인들을 토대로 AHP 계층구조를 설계하고 절충교역 업무 관계자(50명)를 대상으로 리스크 요인 가중치 산정을 위한 설문조사를 실시하고 분석하였다. AHP 기법을 적용함으로써 리스크의 중요도와 관리방안을 제시하는 성과를 달성하였다.

엄재섭·김승범(2013)은 국방연구개발사업의 성공을 위한 리스크를 중요도에 따라 우선순위를 선정하기 위하여, 델파이 기법으로 선정된 위험요인에 대해 분석하였다. 신뢰성 및 타당성을 검증하고, AHP 기법으로 위험요인의 상대적 중요도를 구하여 우선순위를 정하고 국내·외 연구와 비교하였다. 연구 결과를 통해 사업 초기 단계에 요구사항의 결정, 정확한 연구개발 범위, 적정한 완료 시기, 필요한 자원의 확보 등이 중요함을 확인하였다.

이범구 외(2010)는 군용차량에 대하여 전문성 있는 군수부대의 장비 운용 및 정비 인력들의 의견을 수렴하여, 군용차량 개발 시부터 고려해야 할 요소들을 도출하였고, AHP 기법을 이용하여 개발단계에서 고려해야 할 요소들의 우선순위를 설정하였다. 연구 결과, 군용차량 개발 시 고려되어야 할 요소는 8개 요소로서, 이들의 우선순위는 방호 및 생존성, 성능, 작전 운용성, 정비성, 계열화·모듈화, 신기술 적용, 편의성, 경제성 순으로 나타났다. 향후 군용차량 개발 시 의사결정에 기여할 수 있는 연구성과를 달성하였다.

설현주 외(2009)는 무기 획득 방식인 국내연구개발, 기술협력생산, 해외 구매를 비교·평가하기 위해 평가요인을 도출하고, 이를 계층구조로 설계하였다. AHP 기법을 통해 각각의 대안들에 대한 중요도

를 도출함으로써 승무원을 위한 최적의 장비획득 대안을 선택하는데 기여하였다.

<표 2-2> AHP 기법 관련 선행연구

| 연구자             | 연구 제목                                                 | 연구 방법          |
|-----------------|-------------------------------------------------------|----------------|
| 이영종<br>(2014)   | 총수명주기체계관리(TLCSM)를 고려한 방위력개선사업의 낙찰자(기종) 결정 평가항목에 관한 연구 | 델파이, 요인분석, AHP |
| 최담<br>(2014)    | AHP 기법과 판단지수를 활용한 창정비 수행기관 선정방안 연구                    | 요인분석, AHP      |
| 김한경<br>(2013)   | 절충교역을 통한 국방 기술 이전 과정의 리스크 요인분석                        | 요인분석, AHP      |
| 엄재섭 외<br>(2013) | AHP 기법을 이용한 국방연구개발사업 위험요인 분석에 관한 연구                   | 델파이, 요인분석, AHP |
| 이범구 외<br>(2010) | AHP 기법을 통한 군용차량 개발 시 운용자 요구사항 우선순위 설정 연구              | 델파이, 요인분석, AHP |
| 설현주 외<br>(2009) | AHP 기법을 이용한 공중승무원비행 환경 적응 장비 획득방안 선정에 관한 연구           | 델파이, 요인분석, AHP |

AHP 기법을 적용한 선행연구들을 분석한 결과, AHP 기법은 의사결정 문제가 다수의 평가 기준으로 이루어져 있을 때 평가 기준을 계층화하여 중요도를 결정하는데 매우 효과적인 연구기법임을 확인할 수 있었다. 특히 AHP 기법은 국방 분야의 각종 정책결과 과정에 관한 연구에서 우선순위 판단, 중요도 판단에서 많이 활용되고 있다.

따라서, AHP 기법은 본 연구의 주제인 지하형 탄약고의 스마트화를 위하여, 4차 산업혁명 기술을 어느 요소에 우선 적용할지에 관한 연구와 그 중요도와 우선순위를 평가하기에 매우 효과적이고 적절한 기법으로 판단된다.

## 제3절 4차 산업혁명 기술 발전

### 1. 국내외 기술 동향

2016년 다보스포럼에서 ‘모든 것이 연결되고, 보다 지능적인 사회로 진화한다’라고 언급된 이후 불과 6년이 지난 현재 우리의 과학 기술은 급속도로 발전하여, 컴퓨터, 무선네트워크 등 정보통신 기술의 발전으로 사람, 사물, 공간을 초연결하고, 초지능화 하여 산업구조와 사회 전반에 혁신이 일어나고 있다(<그림 2-1> 참조). 그중에서도 산업 및 물류 현장에서의 스마트 공장, 스마트 물류센터 등의 발전은 4차 산업혁명 기술의 좋은 적용사례이다.

4차 산업혁명의 핵심 요소기술인 로봇틱스와 자동화, 클라우드 시스템을 활용한 물류 기술, 자율주행기술, 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 가상현실 및 디지털 트윈 등은 물류 분야에 다양한 형태로 응용이 시도되고 있다. 4차 산업혁명 기술의 적용은 물류산업을 노동 집약에서 기술 집약 산업으로 전환하여 수송, 보관·재고관리, 하역, 포장 등에서 비용을 절감하고 물류 표준화를 통해 서비스 정확성을 확보하는 계기가 될 것이다. IoT의 진화는 물류에 관한 모든 정보를 폭넓게 연결하여 조달 및 생산에서부터 판매 및 배송까지 공급망 전체의 상황을 실시간으로 파악할 수 있도록 해준다.<sup>2)</sup>

<그림 2-1> 4차 산업혁명 시대의 특징



자료 : 다보스포럼 2016<sup>3)</sup>

2) 국토교통부, “고부가가치 융복합 물류배송 인프라 혁신 기술 개발 기획보고서”, 2019.12

3) <https://www.khan.co.kr/economy/economy-general/article/201601200957091>

물류기업들은 4차 산업혁명 요소기술을 물류산업에 접목시켜 온라인 채널 물류, 온디맨드 배송 등으로 기존의 물류 비즈니스의 제한 사항을 극복해나가고 있다. 특히 최근 COVID-19 팬데믹 상황으로 새로운 방식의 물류인 온디맨드 배송수요는 급증하고 있으며, 그 시장도 급격하게 성장하고 있다.

## 2. 국내외 산업 적용 사례

인더스트리 4.0과 관련해서 국내에 구현 사례는 스마트 공장과 스마트 물류센터가 대표적이다. 스마트 공장은 광의의 의미에서 제품의 기획·설계·생산·유통·판매 등 전 과정을 IT 기술로 통합, 최소 비용 및 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 공장의 운영 시스템을 의미한다.

국내의 최신 스마트 공장 추진은 한국전자통신연구원과 현대중공업이 선박 건조 공장에서의 안전관리 영역을 혁신하고자 추진한 테스트베드 사업이다. 스마트 공장을 구축하기 위해 수집되는 정보는 작업자의 데이터인 생체정보, 작업자 착용 장비 정보, 위치정보, 출입 정보와 작업장의 데이터인 이미지, 위험 구역 정보, 고위험 장비, CAD 데이터를 수집하여 각종 서비스를 제공하는 등 관련 분야에서 선도적으로 스마트 공장을 구현하고 있는 것이 대표적인 사례이다.

스마트 공장은 <그림 2-2>와 같이 제품기획, 연구개발, 양산 등

---

(검색일 : 2022. 5. 3)

을 포함하는, 주문에서부터 완제품을 만들어 출고하는 것까지 모든 과정을 의미한다.<sup>4)</sup>

<그림 2-2> 스마트 공장 개념



자료 : 중소기업벤처부 스마트제조혁신추진단(2022)

2015년 미래창조과학부와 산업통상자원부는 제조업 혁신 3.0 전략 실행 대책을 발표하였다. 실천 과제로 스마트센서, 3D 프린팅, 사물 인터넷, 빅데이터, 클라우드, 홀로그램 등을 포함한 8가지의 스마트 제조 기술 개발을 포함하여, 중장기 연구개발 계획을 제시하였다.<sup>5)</sup>

4) <https://www.smart-factory.kr/smartFactoryIntro> (검색일 : 2022.5.3)

5) 미래창조과학부·산업통상자원부 공동 보도자료, “제조업 혁신을 촉진하기 위한 스마트 제조 R&D로드맵”, 2015.12.11.

이는 외국과의 기술경쟁이 치열한 상황에서 생존하기 위한 노력으로 평가된다. 2022년까지 중소기업의 공장 50%(3만 개)를 스마트 공장으로 개선하고, 10개의 산업단지를 스마트화된 생산거점으로 육성하는 것을 목표로 하고 있다.

스마트 물류를 달성하기 위해 국내 기업들도 자체적으로 스마트화 방안을 마련하여 추진하고 있다. 삼성 SDS는 물류서비스 플랫폼인 Cello를 개발하여 세계 각국의 기업들에게 스마트 물류 서비스를 제공하고 있고, LG CNS는 스마트 물류 플랫폼을 개발하여 생산 및 물류 현장의 효율성을 증대시키기 위해 노력하고 있다.

외국의 경우, 독일이 가장 선도적인 국가로 평가받고 있다. 독일은 유엔에서 발표한 ‘2021 세계 제조업 경쟁력 지수’에서 11년 연속 1위를 달성하였다. 정부 차원에서 인더스트리얼 4.0이라는 스마트화 전략을 수립하여 제품 생산 현장에 IT 기술을 가장 먼저 적용하여 생산성과 효율성을 향상시켰으며, 국가차원에서 세부 계획을 수립하여 기업들을 적극적으로 지원하고 있다.

우리 정부와 글로벌 기업들은 4차 산업혁명 기술을 생산, 물류 등 산업현장에 적극 도입하기 위해 노력하고 있으며, 실제 산업현장에서 생산성과 효율성 측면에서 성과를 달성하고 있다. 국방 분야에서도 민간에서 검증된 4차 산업혁명 기술들을 적극적으로 도입하기 위한 전략을 수립하고, 세부 실천방안을 마련해야 한다.

# 제3장 탄약의 특성과 환경 변화

## 제1절 탄약의 특성

### 1. 탄약의 중요성

전쟁 양상에 따라 차이가 있지만, 최근 우크라이나와 러시아의 전쟁처럼 전면전으로 전쟁을 하는 경우에는 대화력전 수행을 기반으로 누가 얼마나 더 먼 거리에서 더 정확하게 타격할 수 있는지, 그리고 누가 많은 탄약을 가지고 있는지가 전쟁의 승패에 중요한 요인이 된다. 제2차 세계대전 당시 무기 제조 기술이 세계 최고 수준이었던 독일의 전쟁 영웅 롬멜은 “전쟁이나 전투에 있어서 승패는 전장에 참여하는 병력 규모에 의해 결정되는 것이 아니라, 전투가 시작되기 전에 보유한 탄약에 의해 결정된다.”라고 했다(김병규, 2022).

전장 환경이 과학화됨에 따라 장비의 성능이 아무리 뛰어나더라도 결국 전장에서 운용하는 탄약의 성능이 적군에 비해 뒤떨어진다면, 그 무기체계는 전쟁의 승리에 기여할 수 없다.

현재 육군의 평시 총자산 중 탄약이 차지하는 비중은 약 25% 정도이며, 전시 총자산 중 비중의 65%가 바로 탄약이고, 평시보다 전시에 더욱 중요하다고 할 수 있으며 전장에서 꼭 필요한 핵심 물자로서 무기체계의 발전에 따라 탄약의 확보, 저장, 관리, 보급 등이 더욱더 중요하게 인식되고 있다(나종철 외, 2012).

평시에 탄약을 전·후방의 광범위한 지역에 분산하여 탄약을 저장 관리하고 있으며, 전시에는 전투부대가 요구하는 탄약을 적기, 적소, 적량을 보급해야 하는 것이 탄약지원의 핵심이라고 할 수 있다. 그래서 평시부터 탄약부대의 중요한 임무는 전시에 소요될 것으로 판단되는 탄약들을 미리 확보하여, 안전하게 성능이 보장되도록 저장 및 관리하는 것이다.

탄약은 단기간에 획득할 수 없기 때문에 평시부터 확보하여 유사시를 대비하여 장기간 저장해야 한다. 저장하는 동안 성능과 품질이 보장되어야 하고, 그 과정에서 안전을 확보하는 것 또한 매우 중요하다. 그래서 전시 작전계획을 고려하여 많은 양의 탄약을 전방 역과 후방지역에 분산하여 저장하고 있으며, 이러한 임무를 담당하고 있는 것이 전방지역에는 탄약보급소(ASP<sup>6)</sup>)이며, 후방지역에는 탄약창이다. 폭발에 대비하여 안전거리를 확보해야 하므로 탄약보급소는 대략 00만 평 규모로, 탄약창은 대략 000만 평 정도의 부지를 점유하고 있다.<sup>7)</sup>

탄약은 군수품 중에서도 전투력 발휘와 대화력전 수행에 기본이 되는 전투력 발휘의 핵심 요소이다. 전장에서 전투임무 수행에 필수적인 요소 중 하나인 화력은 탄약으로부터 발휘되고, 탄약은 전략적인 측면에서 전쟁 억제와 작전 지속능력을 보장해준다.

탄약과 일반물자를 비교해보면, 탄약이 일반물자와는 많은 차이가 있음을 <표 3-1>에서 알 수 있다. 소요 판단, 사용통제, 보급 5대

---

6) Ammunition Supply Point : 전투 및 훈련에 사용되는 탄약을 저장하고 관리하는 중대급 규모의 탄약부대

7) 김병규, 전계서, p.138, 2022.

활동 등에서 많은 차이가 있기 때문에 일반물자와는 다르게 관리하고 운영해야 한다. 탄약이 폭발물임에 따라 무엇보다도 저장, 안전, 분배 측면에서의 차이가 확연함을 알 수 있다.

<표 3-1> 탄약과 일반물자 비교

| 구분         |        | 탄약               | 일반물자            |
|------------|--------|------------------|-----------------|
| 물자 성격      |        | 전투력 핵심요소         | 전투력 유지요소        |
| 소요판단, 사용통제 |        | 작전(RSR)          | 군수              |
| 보급방법       |        | 할당/통제보급          | 청구보급            |
| 보급 활동      | 청구     | 통제보급률에 의한 청구     | 소요에 의한 청구       |
|            | 수령     | 품목별 - DODIC      | 품목별 - 재고번호      |
|            | 저장, 안전 | 장기/ 위험물 안전 거리 이격 | 단기 / 일반 안전준수    |
|            | 분배     | 보급소 분배 / 부대 분배   |                 |
|            | 처리     | 비군사화, 전장처리       | 비군사화, 양도 및 매각 등 |
| 지원체제       |        | 한미단일보급체계(Sals-K) | 한국군 단일지원체제      |
| 금 액        |        | 고가               | 저가              |
| 재산권        |        | 한국군, 미군          | 한국군             |

자료 : 최종근 외(2022)

## 2. 탄약의 저장 및 관리

군에서는 많은 탄약을 품질과 성능이 보장되는 가운데 안전하게 장기간 저장하기 위해서 탄약고를 건설하여 운용하고 있다. 탄약고는 형태에 따라 지상형 탄약고와 지하형 탄약고로 구분되며, 지상형 탄약고는 다시 슬라브형 탄약고와 이글루형 탄약고로 구분된다.

지상형 탄약고는 지하형 탄약고와 비교하여 폭발 시 2차 피해 방지를 위해 요구되는 안전거리 즉, 양거리(Quantity Distance)가 상대적으로 매우 크기 때문에 탄약고 주변으로부터 보호구역이 넓게 설정되어 있고, 탄약고는 구조상 내부 온습도가 변화가 심하여 저장탄약 성능보장에 많은 제한사항이 있고, 지표면 하부에 건설된 탄약고로 지상형 탄약고와 대비되고, 지하형 탄약고는 지표면 하부에 위치하고 있어 폭발에 대비한 안전거리가 감소하는 장점이 있는데, 그 이유는 설계 순폭약량에 따른 안전거리가 탄약고 상부부터 지표면까지의 두께로 결정되기 때문이다.<sup>8)</sup>

육군은 1990년대에 지하형 탄약고를 시범적으로 건설하여 운영하고 있으며, 2017년에는 OO지역에 기부대 양여사업으로 신축되어 정상 운영하고 있다. 지하형 탄약고는 지상형 탄약고와 비교해서 안전거리가 최대 75% 감소하고, 온도와 습도도 항온항습기를 기본으로 설치함에 따라 일정한 수준으로 유지할 수 있다.

지하형 탄약고는 생존성 측면에서 적 미사일로부터 거의 100%

---

8) 김병규, 전계서, p.138, 2022.

보호받을 수 있으며, 특히 안정적인 저장환경이 구축되면 탄약의 수명이 48% 더 연장되는 것으로 확인되었다.

<표 3-2> 지하형과 지상형의 비교(0,000톤 기준)

| 구분                  |      | 지하형 탄약고                                                                           | 지상형 탄약고                                                                            |
|---------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 형 상                 |      |  |  |
| 안전거리 <sup>9)</sup>  |      | 지상형(이글루형) 대비<br>약 75% 감소                                                          | -                                                                                  |
| 부지면적 <sup>10)</sup> |      | 약 15만평<br>(0개 격실)                                                                 | 약 40만평<br>(이글루형 00개동)                                                              |
| 저장<br>조건            | 온도   | 14 ~ 16 °C                                                                        | -6.6 ~ 23.1 °C                                                                     |
|                     | 상대습도 | 40% 유지<br>(항온항습 가동)                                                               | 40%(항온항습 가동)<br>50 ~ 90%(미설치)                                                      |
| 탄약수명 <sup>11)</sup> |      | 14.8년(48% ↑)                                                                      | -                                                                                  |

자료 : 정봉룡 외(2015), 합동참모본부(2020) 활용하여 연구자 재구성

9) 000ASP : 안전거리 약 75%감소, 주변 민간지역과의 안전기준 미충족 해소 가능

10) 000ASP : 이글루형(00개동) 신축부지의 1/8면적에 동일 저장량의 지하형 탄약고 신축(단, 지형조건, 저장탄종 등에 따라 상이할 수 있음)

11) 고가탄약 수명연장방안 연구결과(기품원) : 유도탄 상대습도 40% 유지할 경우 1.48배 탄약수명 연장 효과가 있는 것으로 확인됨.

지하형 탄약고는 별도 제습설비가 필요하고, 내부 화재 시 진화가 어려운 부분이 있다. 지하 공간을 굴착해서 활용하는 구조적인 특성으로 인해 출입구 개수가 제한되고, 이로 인해 전시에 짧은 시간에 많은 양의 탄약을 신속하게 불출하는데 제약사항이 될 수 있다. 그리고 무엇보다도 초기에 건설하는 공사비가 지상형 탄약고에 비해 많이 소요되는 점 등이 단점이다(<표 3-3> 참조).

<표 3-3> 지하형 탄약고의 장점과 단점

| 구분   | 장 점                                                                                                                               | 단 점                                                               |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 저장환경 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 항온성, 차광성</li> </ul>                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 별도 제습설비 필요</li> </ul>    |
| 안전성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 안전거리 감소(주거시설, 도로 등)</li> <li>▪ 내화성(외부 화재 전파 방지)</li> <li>▪ 내진성(외부 충격에서 진동 저항)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 내부 화재 시 진화 곤란</li> </ul> |
| 작전성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 감시 및 통제용이</li> <li>▪ 입구 이외는 방호력 양호</li> </ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 입구 파괴 시 수불 제한</li> </ul> |
| 경제성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 안전거리 감소로 토지수용비 절감</li> <li>▪ 탄약수명 연장 기대</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 초기 공사비용 과다</li> </ul>    |

자료 : 정봉룡 외(2015)

### 3. 탄약의 물류 특성

탄약은 높은 폭발성을 가진 물자로 취급, 저장, 수송 등에서 규정된 안전기준을 철저히 준수해야 한다. 특히 탄약 내부에는 고폭화약, 추진제 등이 충전되어 있어서 화재 및 폭발에 상시 대비해야 한다. 탄약은 소구경 탄약, 박격포 탄약, 야포 탄약, 유도무기, 로켓 탄약, 수류탄 등 종류가 매우 다양하며, 그 포장 형태와 규격도 탄종별로 매우 다양하다.

또한, 대부분 강철, 구리 등 금속 소재를 사용하고, 박스 또는 팔레트 형태로 되어 있어서 지게차, 유압크레인 등 탄약 취급 장비에 의해서만 취급이 가능한 특성이 있고, 탄약은 위험물자임에 따라 로봇, AGV 등 자동화 시스템을 도입하더라도 반드시 사람의 통제와 확인이 필요하여 100% 무인화는 불가능할 것으로 판단되며, 탄약 로트별 성능과 특성의 차이가 있어, 평시 저장할 때부터 로트별로 분리 저장해야 하므로 저장 공간이 많이 소요된다.<sup>12)</sup>

특히 평시 교육훈련 등을 위해서 정해진 부대에 한정된 수량만 지원하는 것과 달리 전시에는 대량을 물량을 동시에 취급해야 하고, 작전 양상에 따라 수시로 지원 대상 부대와 탄약 소요량, 소요되는 시기가 달라질 수 있다. 그래서 평상시 탄약취급 업무와는 별개로 전시 신속한 탄약취급이 가능하도록 저장, 검사, 정비 그리고 불출하는 시스템을 잘 갖추어야 한다. 탄약의 폭발성으로 인해 적 항공기, 방사포, 특작부대 등에 의한 피격이 발생할 경우 동시 폭발

---

12) 김병규, 전계서, p.139, 2022.

할 우려가 있으므로 안전이 최우선적으로 확보되어야 한다.

순환률 측면에서도 탄약 수불은 전시에 매우 높은 순환률을 보이지만, 평시에는 교육용 탄약 보급 위주로 매우 낮은 물류 순환률을 나타낸다. 그러므로 평시 관점의 탄약 수불 특성과 수불체계를 전시에 그대로 적용하는 것을 불가능하고, 정상적인 전투부대의 작전 수행을 지원할 수 없을 것이다.<sup>13)</sup>

탄약을 보유하는 있는 근본 목적이 전시 작전지원이고 단시간에 많은 탄약을 신속하게 지원해야 함을 고려할 때, 전시를 대비하여 불출시스템을 점검하고 부족한 부분을 개선해야 한다. 그러나 평시에는 탄약 수불보다는 저장관리 위주로 운영되고 있고, 군수부대 조직진단과 국방개혁 일환으로 전시 소요 인력 대비 감소 편성되어 있다.

전시 탄약저장시설에서 탄약을 전방 전투지역으로 수송하는 경우, 동 시간대에 많은 차량이 동원되고, 작전계획의 변경에 따라 수송 중에도 수송 목적지와 수량 등의 변동이 있을 수 있다. 탄약 보급 및 수송을 통제하는 지휘소에서는 탄약 수송 차량들에 대해서 위치 추적과 수송정보의 교환 등이 실시간으로 가능하도록 유무선 통신망이 구성되어야 한다.

평시 수송 관점에서 본다면 차량 추적은 상용장비 등에 의존하고 있으며, 수송과 연계된 적재계획, 인력 및 장비판단, 결박계획 수립 부분은 상호 연동되도록 해야 한다. 정보체계 측면에서도 국방수송

---

13) 최종근 외, “4차 산업혁명 기술 기반 스마트 탄약물류체계 구축방안 연구”, 인터넷정보학회논문지, 23(1), pp.135 ~ 145, 2022.

정보체계를 통해 수송업무가 수행되고, 탄약관리는 국방군수통합정보체계를 통해 이루어지고 있다. 물류 측면에서 분리운영되고 있는 수송정보와 물품정보가 상호 연동되고 공유되어야만 효율성이 향상될 수 있다.

최종근 외(2022)는 이러한 탄약 물류의 문제점들을 극복하기 위해서는 탄약의 특성을 고려한 물류체계 발전을 위해 <그림 3-1>과 같이 Data 기반 지능형 탄약물류관리시스템 구축의 필요성을 제기하였다.

<그림 3-1> 스마트 탄약 물류 비전



자료 : 최종근 외(2022)

이 시스템은 국방군수통합정보체계와 연계하여 탄약부대 현장업무 자동화, 3D 기반의 저장 공간 관리 및 전시 탄약불출관리가 가능한

시차제 불출시스템 구축, 자동화 물류 및 첨단 물류 장비 도입, 예지 및 예측을 위한 고도의 분석 기능이 포함되어야 함을 강조하였다.

전시 실제 보유하고 있는 탄약 자산에 근거하여 평시부터 탄약수 불체계가 준비되어 있어야 한다. 탄약 보유 근본 목적은 전시 전투 부대에 간단없는 탄약 지원이므로, 전시 탄약 수불이 완벽하게 보장될 수 있도록 해야 하고, 탄약 수송 시 위치추적과 수송정보를 주고받을 수 있는 통신 및 네트워크 보강이 필수적이다.

## 제2절 국방 정책의 변화

### 1. 국방 적용 추세 및 방향

국방부는 국방개혁 2.0을 통해서 병력감축, 장병 복무기간 단축, 재정의 제한을 극복하기 위하여, 4차 산업혁명 기술을 적극적으로 활용하여 국방운영, 방위력개선사업, 국방예산 운영 전반의 발전을 통해 국가 혁신 성장을 견인하는 기초를 유지하고 있다. 특히 스마트 국방운영, 군사력 건설과 국방 인프라 건설에서는 지능화, 초연결성, 융합성의 요소들을 접목하여 추진하고 있으며, 지역사회와 상생하는 군사시설 조성으로 지역 개발 여건을 보장하는 계획도 포함되어 있다.

국방에서는 미래 주도 국방역량 구축을 위해서, 인공지능 분야 중점 추진, 미래사회 변화에 맞는 국방인프라 조성, 무인전투체계 및 전담조직 신설토록 방향을 설정하고, 하위에 추진과제 10개를 선정

하여 추진하고 있다.

첫째, 정보·과학기술 발전에 따라 전투능력 발휘에 효율적인 구조로 개편이 이루어지고 있고, 최근 과학기술의 급속한 발전으로 사거리, 정밀성 및 파괴력이 증대된 무기체계가 출현하고 있으며, 실시간 정보 및 지휘통제 능력의 획기적으로 발전으로 신속결정작전 수행능력 강화되고 있다. 대표적인 것이 드론봇 전투체계와 위리어 플랫폼 도입 등이다.

둘째, 4차 산업혁명 시대에 맞는 스마트 국방을 달성하고자 추진하고 있다. 스마트 국방혁신 마스트 플랜을 수립하여 각 군 스마트 국방혁신을 가속화하고 있으며, 군별 지능형 스마트부대 시범체계 구축하기 위해 노력하고 있다. 지능형 플랫폼 및 국방 AI·빅데이터 공통기반 구축, 국방 전 분야 AI 적용, 유무인 전투체계 구축 가속화, 산학연 협력 강화, 국방 AI 연구개발 추진, 빅데이터, 사물인터넷 등 ICT 신기술의 국방 융합 적용 등을 추진하고 있다. 특히 국방 분야 AI를 적용하고 유무인 전투체계 구축을 가속화 하는 등 미래를 대비한 국방역량 강화는 4차 산업혁명 기술 접목 가능성을 검토하고 집중하는 계획을 포함하고 있다.

육군의 경우, 육군 비전 2050을 통해 육군의 비전 구현을 위한 노력의 방향으로 ‘새로운 가치를 창조하는 육군 경영’으로 선정하여 추진하고 있다. 차세대 인공지능과 사물인터넷 기반의 통합 훈련지원 개념을 설정하였다. 하나의 전차대대가 전차포 사격을 위해 훈련 기간, 장소, 탄약 소요를 육군 통합 자원관리체계에 입력하면, 탄약 담당 차세대 AI 시스템은 모든 탄약 수송지원부대와 정보를

상호 교환하여 탄약 수송지원계획을 수립하여 지원하는 미래의 청사진을 제시하고 있다.

<표 3-4> 미래 주도 국방역량 구축

| 목표       | 미래 주도 국방역량 구축 : 4차 산업혁명에 걸맞는<br>스마트 국방 달성                                                                            |                                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 방향성      | 인공지능 분야<br>중점 추진                                                                                                     | 미래사회 변화<br>국방 인프라 조성                                                                                                                              | 무인전투체계 및<br>전담 조직 신설                                                                                              |
| 추진<br>과제 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국방 분야 AI 활용 기반 구축</li> <li>▪ 산학연 협력 강화</li> <li>▪ AI 윤리성, 안정성 주도</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 군별 지능형 스마트 부대 시범체계 구축</li> <li>▪ 지능형 플랫폼 및 국방 AI 빅데이터 공통 기반 구축</li> <li>▪ 스마트 국방 혁신 마스트 플랜 구축</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국방역량 결집 주도</li> <li>▪ 기 개발된 무인전투체계 전력화</li> <li>▪ 신속시범획득사업 추진</li> </ul> |

자료 : 국방운영 5대 중점(2021)

## 2. 국방 군수환경 변화

국방 군수 분야에서는 빅데이터 활용을 통해 예측 중심의 군수혁신 달성을 목표로 추진 중에 있다(국방부, 2021d). 점진적 운영유지비용의 증가, 군수에 대한 장병 및 국민들의 개선 요구, 군수업무의 복잡성, 군수인력의 감소 등의 어려움을 극복하기 위한 수단으로 4차 산업혁명 기술의 적용을 적극적으로 추진하고 있다. 빅데이터 기반을 구축하여 활용하여 예측 중심의 스마트 군수혁신을 강구하고, AI 활용을 통해 군수운영의 효율화 및 최적화를 달성하는 것이다.

육군은 스마트 육군이라는 정책의 한 부분으로 탄약의 저장성, 관리 편의성 향상, 안전성 보장 등을 확보하기 위하여 육군 자체적으로 스마트 탄약고 구축 계획을 수립하여 연차별로 점차 확대하고 있다. 이에 따라, 스마트 탄약고 운용개념의 구체화 필요성이 증대되고 있다.

지하형 스마트 탄약고는 스마트하고 지능화된 기술들을 어떻게 적용하여 운용할 것인가에 대한 검토가 선행되어야 하고, 군의 전력 증강과 작전 지속지원능력 향상에 기여하는 방향으로 검토되고 있다. 4차 산업혁명 기술을 적용한 군의 업무혁신과 연계하여 추진하는 방안을 마련하고 있고, 탄약지원능력 향상과 탄약 성능보장을 위한 저장시설 현대화, 탄약물류체계 구축, 탄약 수명 연장 및 저장 탄약신뢰성평가 능력 확대 사업이 추진되고 있다.

대량의 물자를 관리하는 각종 군수시설을 스마트화하는 계획도

포함되어 있다. 스마트 공장은 정비공정, 정비기술, 정비인력, 설비 등 제반 요소의 통합관리 및 필요 공정에 자동화 설비의 도입, 효율적 장비 운용 환경 구축 등을 하는 것이고, 스마트 물류센터는 입고에서 분배까지 단말기·무선망을 활용하고 수기 업무를 최소화 하며, 상·하역, 포장 등에 자동화 장비를 도입, 효율적인 물류 환경을 가능하게 하는 것이다. 스마트 탄약고는 스마트 저장시설 및 탄약관리 물류시스템 적용 등을 통한 안전하고 효율적인 저장환경 구축하고, 전·평시 탄약지원능력을 향상시키는 것이다.

### 제3절 스마트 지하형 탄약고

스마트 지하형 탄약고라는 용어는 4차 산업혁명 기술 등 첨단 과학기술을 접목한 스마트 공장, 스마트 물류센터 등의 개념을 포괄적으로 포함하는 것으로, 탄약의 저장, 관리, 수불체계 등 일련의 업무들을 지능화하고 자동화하는 개념이다. 스마트 지하형 탄약고란 지하 탄약저장시설과 각종 인프라에 센서, 클라우드, 빅데이터, 정밀제어, 모바일 등 다양한 최신 전자통신 기술과의 융합을 통해서 높은 수준의 자동화 및 지능화된 인프라를 제공함으로써 탄약관리능력 향상, 안전한 저장환경 구축, 탄약 성능보장, 효율적인 설비 관리가 가능한 탄약고라고 정의할 수 있다.

# 1. 지하형 탄약고

## 가. 운영개념

국방부(2021a)는 지하형 탄약고가 있는 부대에서 탄약 저장관리를 위해서 갖추어야 할 기본적인 운영개념을 <그림 3-2>와 같이 제시하였다.

<그림 3-2> 지하형 탄약고 운영개념



자료 : 국방부(2021a)

지하형 탄약고는 물류 측면에서 통합 창고가 지하에 구축된 형태로 탄약 입고 및 출고 시 이동 거리가 짧고, 도로 상태가 매우 양호하며, 단일 공간 내에 저장된 탄약과 제반 설비들이 있음에 따라, 물류 자동화 기술 및 유무인 복합 기술 적용이 가능하다. 이러한 내용들을 포함한 지하형 탄약고 운영개념을 제시하였다. 지하형 탄약고 운영개념은 지하형 탄약고의 물류 개선을 위해 구축해야 할 각종 시스템을 통합하는 통합 플랫폼 개발이 선행되어야 하고, 개별적 시스템으로는 경계 및 출입 보안, 화재 안전, 온습도 및 공기 질 관리, 영상 정보 통합관리, 유무인 자동화 물류체계, 설비 및 장비 관리, 유무선 기반 현장관리 체계, 빅데이터를 활용한 분석 및 예측 시스템 등이 필요함을 제시하였다.

## 나. 체계별 요구수준

### (1) 경계 및 출입 통제 관련 사항

경계관리체계는 CCTV와 병력이 통합된 형태로 지하 탄약 저장 시설의 울타리 외곽부터 경계가 이루어져야 하고, 울타리 센서, 장력 및 압전센서, CCTV, 지능형 감지 시스템 등이 연동되도록 구축되어야 하며, 지휘소에서 실시간 관제가 가능해야 한다.

차량 출입 및 추적관리는 탄약부대를 출입하는 차량에 대해서는 출입구부터 철저한 검색 및 규정된 절차를 통해 전산화 및 디지털화된 시스템을 통해 탄약부대에 진입해야 하고, 출입한 차량은 내부 네트워크망과 GPS를 통해 실시간 위치 추적이 가능해야 한다.

드론 중심 순찰 및 대응체계는 순찰 드론을 활용하여 탄약시설의 내외부를 주기적으로 순찰 및 감시하고, 거수자 침입 등 즉각 대응 부대와 연계된 현장 상황전파 및 대응을 할 수 있어야 한다.

탄약시설 출입통제체계는 탄약 저장지역이 국가 중요시설로 지정되어 있으므로, 정맥인식 출입시스템, 안면인식 출입시스템 등 디지털화된 시스템을 도입하여 체계적으로 관리되어야 한다.

## (2) 시설 및 설비 관련 사항

시설 및 설비 통합관리체계는 탄약고에 온습도관리, 공조시스템 구비, 유해가스 경보 및 자동 배출, 지능형 화재감시 및 지능형 방폭 CCTV, 통합 관제 시스템을 갖추어야 한다. 탄약시설 통합 모니터링은 빅데이터 기반 실시간 통합관제가 가능해야 하고, 이상 징후를 조기에 발견하고, 진단 및 조치할 수 있어야 한다. 물류, 안전, 설비 및 장치, 출입 및 보안, 경계 데이터를 통합 관리 및 통제되어야 하고, 전시 시차제 수불 관리 능력을 갖추어야 한다.

인프라 구축은 지하형 탄약고의 통합 플랫폼이 정상적으로 작동하기 위해서는 공통 인프라인 유무선 기반 업무 수행체계, 광케이블, P-LTE망 구축, 전력망, 방폭시스템 등을 갖추어 지하형 탄약고 운영에 제한사항이 없어야 한다.

## (3) 물류 관련 사항

물류 자동화 및 유무인 복합수불은 지하 탄약고의 격실 중 소로

트 격실들에 대해서 저장대를 설치 및 운용하고, 유무인 AGV 시스템 도입을 통해 탄약 물류의 효율성을 보장해야 한다.

현장관리 자동화 체계는 탄약을 저장하고 관리하는 현장의 업무인 재산관리, 수불관리, 수송관리, 검사관리, 정비관리, 안전관리를 자동화하는 것으로 자동인식 기술을 활용하여 현장 탄약 관련 업무의 자동화, 입체적인 3차원 공간관리, 전시 대비 시차제 불출계획 수립 및 통제가 가능해야 한다.

#### (4) 안전 관련 사항

AI 기반 지하 탄약 저장시설의 화재 감지 및 대피 시스템 구축은 IoT 기반으로 화재를 실시간으로 감시하는 체계를 구축하는 것으로 화재 조기 정보, 신속 대피 및 안내 기능, 그리고 평시에는 화재 예방 및 진화 훈련이 가능하도록 시스템이 구축되어야 한다.

## 2. 스마트 탄약고

안효춘 외(2020)는 스마트 탄약고를 구현하기 위해서 현재의 탄약고가 가지고 있는 제약사항을 극복하고 개선해야 할 부분을 제시하였다.

### 가. 탄약 업무의 제약사항

탄약은 군의 종별 물자분류 중에서 5종에 해당한다. 인력에 의존하는 노동집약적인 현장업무 시스템을 가지고 있으며, 안전을 최우

선으로 해야 하는 탄약업무의 특성에 따라, <그림 3-3>과 같은 제약사항을 내포하고 있다.

탄약관리와 탄약보급 측면에서 3가지 제약요인을 가지고 있다. 첫째, 환경적 제약사항으로 고온 다습한 저장환경과 전문 탄약지식의 필요성, 통신 인프라가 미흡한 것이고, 둘째, 산업적 제약사항으로는 낮은 IT 이해도, 노동집약적 작업환경, 폐쇄적 지식영역을 가지고 있다. 셋째, 관리적 제약사항으로는 평시 인력 편성이 전시 대비 감소 편성되어 있고, 넓은 지역에 분산되어 있으며, 탄약관리를 위한 전문성이 요구된다는 것이다.

<그림 3-3> 탄약 업무의 제약사항



자료 : 안효춘 외(2020)

## 나. 스마트 물류 핵심 요구사항

계약사항을 극복하기 위해서는 스마트 기술을 활용한 탄약업무 혁신이 요구된다. 탄약의 스마트 물류를 위해서는 <그림 3-4>와 같이 입고단계, 검사단계, 저장단계, 정비단계 그리고 출고단계 전 관리영역까지 최신 스마트 기술을 도입해야 하고, 통합적으로 운용될 때 효과를 발휘할 수 있음을 제시하였다.

<그림 3-4> 스마트 물류를 위한 핵심 요구사항



자료 : 안효춘 외(2020)

입고단계는 신속하고 정확한 탄약 입고체계, 스마트 물류시스템 및 차량관제시스템을 구축하고, RFID와 PDA 등의 도입을 통해 실시간 입출고관리가 되어야 한다. 검사단계는 검사장비의 자동화, 검

사 절차 표준화가 이루어져야 하고, 저장단계는 스마트 저장시스템과 저장환경이 개선되어야 한다. 정비단계는 계측기 현대화, 정비안전성 보장, 친환경 설비 구축이 되어야 하고, 출고단계는 작전부대에 안정적인 출고 및 실시간 출고관리가 되어야 한다. 스마트화를 추진할 때는 안전(Safety), 보안(Security), 통합(Integration), 스마트(Smart) 등 4개 항목을 목표로 제시하였다.

### 3. 시사점

상기 연구 결과를 바탕으로 지하형 스마트 탄약고가 갖추어야 할 분야로 <표 3-5>와 같이 경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리 6개 분야로 나눌 수 있으며, 향후 지하형 탄약고 스마트화 방안을 마련할 때 우선 고려되어야 한다.

<표 3-5> 지하형 탄약고의 스마트화 분야

| 분야 | 국방부(2021a)                                                                                                                             | 안효춘 외(2020)                                                                                |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 경계 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 경계관리체계</li> <li>■ 차량 출입 및 추적관리체계</li> <li>■ 드론 중심 순찰 및 대응체계</li> <li>■ 탄약시설 출입통제체계</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 차량관제시스템</li> </ul>                                |
| 안전 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 화재 및 폭발 감시 및 대응체계</li> </ul>                                                                  | -                                                                                          |
| 환경 | -                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 저장환경의 적정성 유지</li> <li>■ 온도, 습도 안정적인 관리</li> </ul> |

|          |                                                                                                               |                                                                                                                                        |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 친환경 정비시설의 구현</li> </ul>                                                                       |
| 장비<br>설비 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 탄약시설 설비 통합 관리체계</li> <li>▪ 탄약시설 통합 모니터링</li> <li>▪ 인프라 구축</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 검사장비의 현대화</li> <li>▪ X-Ray 검사대</li> </ul>                                                     |
| 물류<br>체계 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 물류 자동화 및 유무인 복합수불</li> <li>▪ 현장관리 자동화 체계</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 신속정확한 탄약 입고 처리</li> <li>▪ 스마트 물류시스템</li> <li>▪ 입고관리보고서 자동화</li> <li>▪ 스마트 저장관리 시스템</li> </ul> |
| 수명<br>관리 | -                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 저장의 안정성 보장</li> <li>▪ 저장탄약의 DB화</li> </ul>                                                    |

자료 : 상기 연구자료 2건의 내용을 기준으로 연구자 재구성

지하형 탄약고의 스마트화를 통해 탄약업무의 제약사항을 극복할 수 있고, 평시 탄약관리 능력 강화 및 전시 작전지속 지원능력 향상에 기여할 수 있다.

## 제4장 연구 방법

### 제1절 AHP의 개념

AHP 기법은 미국의 T. Saaty에 의해 1970년대에 개발된 계층 분석적 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process : AHP)이다. 의사결정의 계층구조를 이루고 있는 요소 간의 쌍대비교(pair-wise comparison)를 통해, 상대적인 중요도와 우선순위를 도출하는 연구 기법이다. 인간의 직관으로 비교하기 어려운 다수의 요인들을 쌍대 비교하는 방법을 통해 최적의 대안을 선정하는 도구이다.

AHP(Analytic Hierarchy Process : 계층분석과정)는 다속성 의사결정기법의 하나로서 자원배분, 비용대 효과분석 및 기타 이해가 상충되는 문제의 해결 도구로 많이 사용되고 있다. AHP는 복잡한 의사결정 문제를 계층구조(hierarchy)로 표현하고 그 성분들에 대한 쌍대비교를 통하여 계층구조 내의 관계를 비율척도로 표시하고 최선의 대안을 도출해낸다(김한경, 2013).

AHP 기법은 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 편리성 및 범용성 등의 장점을 가지고 있어 의사결정 시에 많이 적용되고 있으며(조근태 외, 2003), 대운하, 새로운 공항, 지하철, 도로 등 기반 시설 사업의 타당성 여부를 판단하는데 비용대 효과분석과 함께 가장 많이 쓰이는 분석기법 중 하나이며, 2000년대 초반부터 각종 국책사업의 예비 타당성을 조사하거나 무기체계 획득사업을 추진하는 경우, 정

책적 의사결정을 위한 목적으로 사용되고 있다(임성훈 외, 2009).

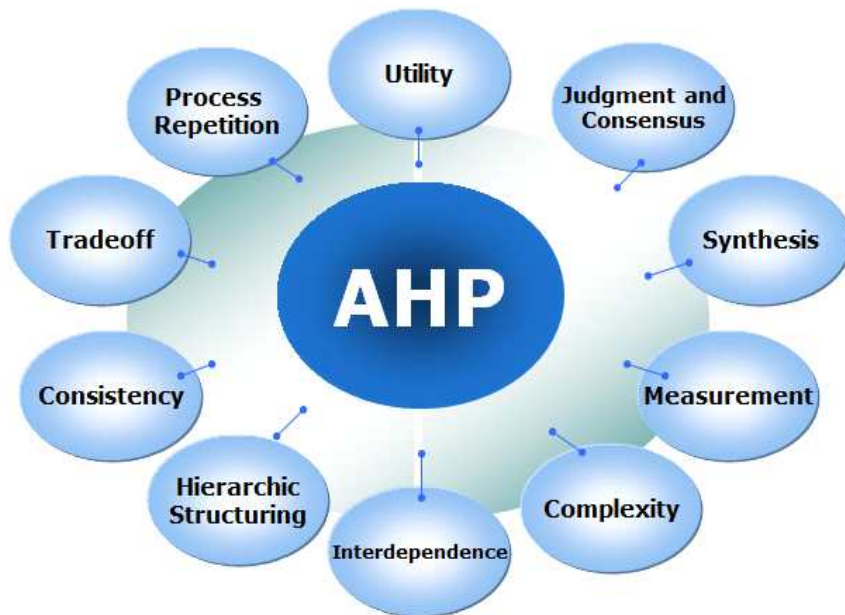
AHP 기법은 전문가적 판단 또는 주관적 판단에 크게 의존하는 문제 상황에 적합하며, 정성적 요소와 정량적 요소를 동시에 반영이 가능하고, 의사결정 과정에 포함시켜야 할 요소와 계층 간의 상호 관계를 설정하고, 수평적 요소 간 정량적인 비교가 불가능한 사항에 대해 전문가들의 주관적 판단을 객관화할 수 있도록 1:1 쌍대 비교를 실시하며, 이를 통하여 요소 간의 가중치를 결정한 후 하위 계층의 평가가 상위계층에 전달되는 효과를 추정할 수 있는 시스템적 접근방법이다(Howard, Ronald A., 1988).

AHP 기법의 기본적 형태는 상위단계로서 의사결정자의 목표, 중간단계로서 하부단계의 비교 및 평가의 요소, 하부단계의 대안들로 구성되는 계층구조를 이루며, 각 계층구조에서 하위요소는 상위요소의 목적을 달성하기 위한 속성(attribute)으로 구성되고, 문제 해결을 위한 단계가 구성되면 최종목표를 위해 각 평가기준의 가중치를 산출하고 가중치가 산출된 평가 기준으로 각각의 대안을 평가하며, 이때 동일단계에 있는 평가 기준의 가중치는 그대로 하위단계에 전달되며, 최종목표에 합당한 최적 대안을 선택한다.(Yoram & Satty, 1988).

AHP는 인간의 직관으로 비교하기 어려운 다수의 요인들을 비교하고 서로 상충되는 문제를 해결하기 위해서 전문가들의 의견을 설문 방식을 통해, 종합하고 분석하여 최종 결과를 도출하는 기법의 특성에 따라, <그림 4-1>과 같이 판단과 합의(judgment and

consensus), 복잡성(complexity), 상호의존성(interdependence), 일관성(consistency), 절충(tradeoff), 프로세스 반복(process repetition) 등 10가지의 이론적인 배경을 가지고 있다(Saaty & Vargas, 2001).

<그림 4-1> AHP 이론



자료 : Saaty & Vargas (2001)

AHP 기법은 인간의 사고체계와 유사한 접근방법으로 문제를 분석하고 분해하여 구조화할 수 있으며, 모형을 이용하여 상대적 중요도 또는 선호도를 체계적으로 비율척도(ratioscale)화 하여 정량적인 형태의 결과를 얻을 수 있다는 점에서 그 유용성을 인정받고 있고, 또한 역수성, 동질성, 종속성, 기대성과 같이 4가지 공리에 대한

이론적 배경을 가지고 있다(김한경, 2013).

첫째, 역수성(reciprocal)은 의사결정자는 반드시 두 대상에 대한 쌍대비교가 가능해야 하고 그 중요성의 정도는 반드시 역조건을 만족시켜야 한다는 것으로, A가 B보다 X배 중요하다면, B는 A보다  $1/X$ 배 중요시되어야 한다는 것이고, 둘째, 동질성(homogeneity)은 문제의 중요성 정도에 대해 한정된 범위 내에서 정해진 척도(bounded scale)를 통해 표현되어야 한다는 것이며, 셋째, 종속성(dependency)은 상대적 중요도를 평가하는 요인들의 특성이나 내용 측면에서 서로 관련성이 없어야 한다는 것을 의미하는 것이고, 만약 평가하는 요인들 간의 독립성이 확보되지 않으면 평가 결과가 중복된 정보를 갖는 것으로 판명되어 중요도는 객관성과 신뢰성을 잃게 되기 때문이고, 마지막으로 기대성(expectations)은 계층구조가 의사결정에 필요한 모든 사항들을 완전하게 포함하는 것으로 가정하고 분석하여야 한다는 것이다. 즉 본질적인 문제 해결을 위한 최하위계층에서부터 최상위계층 간에는 의사결정과 관련된 모든 다양한 정보를 반영할 수 있도록 하여야 한다는 것이다(최담, 2014).

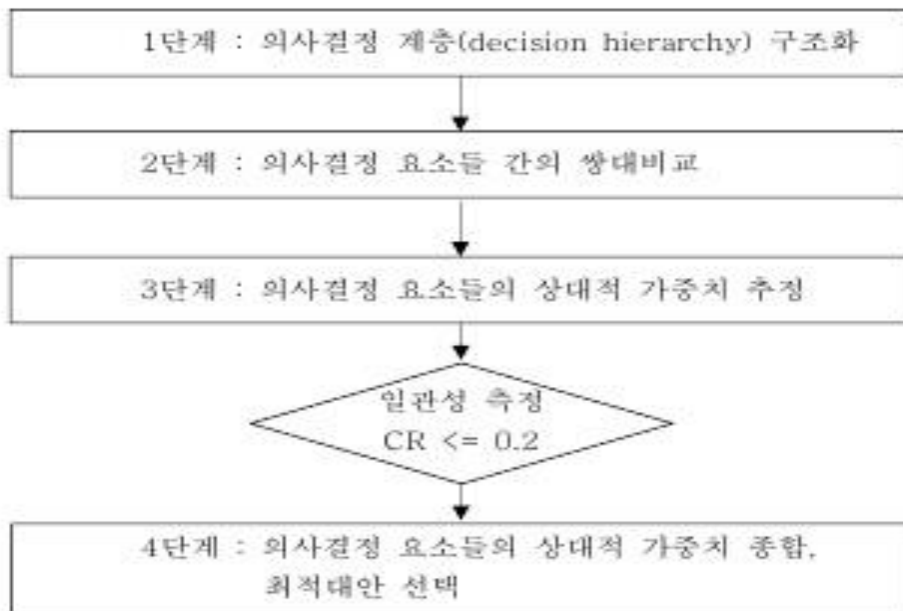
이러한 4가지 이론은 AHP 기법이 타당성, 정당성, 객관성을 유지하는 가장 기본적인 조건이다.

## 제2절 AHP 기법 적용 절차

실제로 의사결정과 관련된 문제 해결을 위해서 AHP 기법을 적용

하는 순서는 의사결정과 관련된 문제를 계층화하는 단계와 그 요소를 평가하는 단계로 구분되는데, 일반적으로 <그림 4-2>와 같은 4 단계를 거치게 된다.

<그림 4-2> AHP 분석적 사고원칙



자료 : 김한경(2013)

## 1. 1단계 : 의사결정 계층(Hierarchy) 구조화

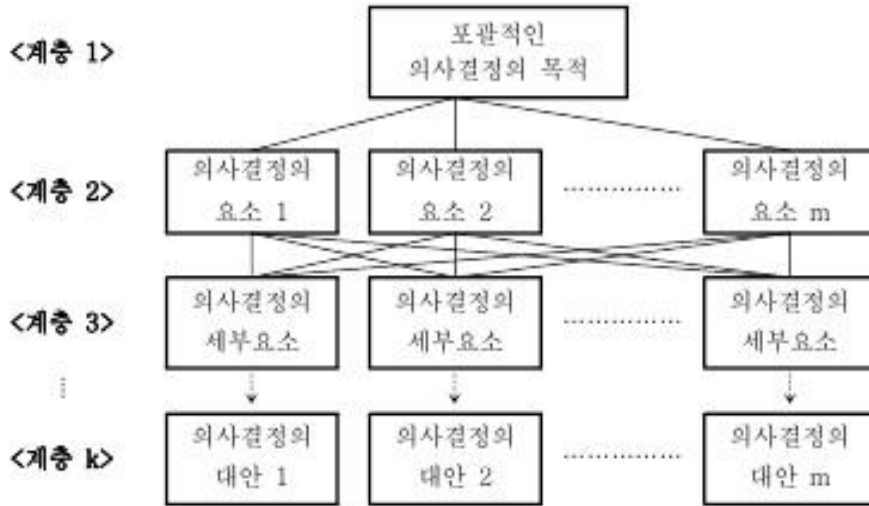
AHP 기법에서 가장 중요한 것은 계층구조를 만드는 것이다. 인간은 복잡한 현상에 대해 구성요소 별로, 나아가 더 작은 부분으로

나누어 종국적으로 계층구조를 설정한다. 어떠한 현상을 동질성을 가진 부분으로 나누고, 다시 보다 더 작은 부분으로 나눔으로써 보다 많은 정보를 문제의 구조에 포함시켜 보다 완벽한 전체 시스템을 구성할 수 있게 된다.

가장 기본적인 AHP 계층은 맨 윗부분에 Goal(목적)을 두며, 그 밑에 판단기준이 되는 Criteria(기준)를 두고 가장 아래 계층에 Alternatives(대안)를 두는 구조다. 판단기준이 되는 요소를 여러 단계로 나눌 필요가 있을 경우에는 Criteria 밑에 Sub-criteria를 두게 되며, 더 나아가 Sub-sub-criteria를 둘 수도 있다. 이 과정에는 한계가 없으며 그 현상이나 문제, 시스템이 난해하거나, 심층적 분석을 필요로 하거나, 많은 변수들을 가질수록, 더 복잡한 계층구조를 가지게 된다. 다만 분해된 하위계층은 종합하면 상위계층의 윤곽을 형성할 수 있고 계층 내의 중복이 배제되면 된다(신영균, 2003).

<그림 4-3>과 같이 계층구조를 만들기 위해 최상위 수준은 의사결정의 궁극적인 목표를 나타내고, 중간단계들은 상위단계 수준에 영향을 미치는 요인들로 구성되며, 최하위 수준은 의사결정의 대안을 나타낸다. 이러한 방법으로 일반적이고 광범위한 수준에서 구체적인 수준으로 접근하게 된다. 반대로 최하위 수준에서 대안을 파악하고 차상위 수준에서 대안을 비교할 수 있는 속성이나 기준을 세우는 방법도 있다. 계층구조를 만들 때 발생하는 문제는 어떤 대안이나 기준을 포함시켜야 하는 것과 어느 위치에 포함시켜야 하는지를 결정하는 것이다(김한경, 2013).

<그림 4-3> 계층구조 설정



자료 : 김한경(2013)

## 2. 2단계 : 의사결정 요소의 쌍대비교

여러 의사결정 요소들을 동시에 고려해서는 그들 사이의 중요도를 산출하기가 사실상 불가능하나, 각각의 요소들을 1:1로 비교하는 것은 누구나 쉽게 할 수 있으며, 이들 모든 요소들에 대한 1:1 비교 자료를 가지고 비교행렬을 구성하고, AHP 기법에서는 이 단계에서 각 속성들을 2개씩 뽑아 쌍대비교를 하여, 각각의 요소 및 대안들이 상위요소 및 기준에 대하여 얼마나 많은 영향을 미치는지 또는 중요성을 갖는지에 대해 이 과정에서 찾아내게 된다(김한경, 2013).

쌍대비교의 과정에는 상위요소에 기여하는 정도를 계량화하는 과정을 거치게 되고, AHP 기법에서는 Saaty가 제안한 1~9점 점수가 많이 이용되고 있으며, 구체적인 점수별 정의는 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 중요도 비교평가 척도

| 중요도 | 정 의                                         |
|-----|---------------------------------------------|
| 1   | A와 B가 동등 (equally important)                |
| 3   | A가 B보다 약간 중요 (weakly more important)        |
| 5   | A가 B보다 상당히 중요 (strongly more important)     |
| 7   | A가 B보다 매우 중요 (very strongly more important) |
| 9   | A가 B보다 절대적으로 중요 (absolutely more important) |

주 : 2, 4, 6, 8은 왼쪽에 표현된 중요 정도의 중간 개념으로 사용

### 3. 3단계 : 상대적 가중치 추정 및 논리적 일관성 검증

일관성은 두 가지 의미를 갖는데, 유사한 사물이나 생각들을 동질성이나 관련성에 따라 묶는 것과 특정한 기준이 있을 경우, 생각이나 사물들의 관계의 강약을 그 기준에 따라 논리적인 방법으로 구성한다는 것이다. 상대적인 가중치는 고유치 방식( $A \cdot W = \lambda_{\max} \cdot W$ )을 이용하여 추정한다. 여기서 A는 쌍대비교로 얻어진 정방행렬이며,  $\lambda_{\max}$ 는 행렬 A의 가장 큰 고유치, W는 고유벡터이다. 그리고 일관성의 정도는 다음과 같이 일관성 지수(CI : Consistency

Index)와 일관성 비율(CR : Consistency Ratio)을 통하여 구할 수 있다. 일관성 비율의 기준은 통상 10%(0.1) 이내이며, 이 기준 내에 있을 경우 쌍대비교 행렬은 일관성이 있다고 할 수 있으며, RI는 실험치로서 난수 지수(Random Index)를 말하며, 행렬의 크기에 따라 값이 비례하는 특징이 있다. 까다로운 판단 과제에서는 인간의 판단력에는 한계가 있어서 대체로  $CR > 0$ 이 되며, CR 값이 너무 크면 판단자의 일관성이 지나치게 나쁘다고 판단되어 가중치를 분석하기가 곤란하게 된다(황규승, 2006).

$$\text{일관성 지수(CI)} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

$$\text{일관성 비율(CR)} = (CI/RI) \times 100\%$$

<표 4-2>는 행렬에 따른 RI값을 보여주는데, 위의 식을 통하여 구한 값이 0.1 이하일 경우에는 일관성이 있고, 0.2 이상일 경우는 일관성이 없으며, 그 사이 값일 경우에는 묵과할 정도이다(강종구, 2004).

<표 4-2> 무작위 일관성 지수

| n  | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

자료 : 조근태 외(2003)

#### 4. 4단계 : 가중치 종합, 최적 대안 선택

AHP 기법의 마지막 단계는 가중치 종합, 최적의 대안을 선택하는 단계이다. 비교 대상이 되는 여러 가지 대안들의 가중치를 기준으로 전체적인 순위를 확보하는 단계이다. 각 수준에서 산정된 의사결정 요소들의 상대적인 가중치를 종합한다. 최상위 수준에 대하여 k번째 하위수준에 있는 대안들의 종합 중요도를 구하는 방식이다. 이렇게 구한 종합 중요도는 평가대상이 되는 대안들의 점수를 나타내며, 이 점수로 대안의 중요도를 결정하게 된다(김한경, 2013).

### 제3절 스마트 지하형 탄약고를 위한 AHP 기법 활용

지하형 탄약고에서 전시와 평시에 효율적인 탄약관리와 탄약지원을 위한 스마트화 방안을 연구하기 위해서 AHP 기법을 적용하였다.

스마트화 방안을 마련하기 위해서는 최종목표, 기준, 세부기준이 각각 결정되어야 한다. 이러한 기준과 세부기준을 확정하기 위해서 선행연구 보고서인 00시(2020), 안효춘 외(2020), 국방부(2021a), 최종근 외(2022) 등을 분석하여 각각의 기준과 세부기준을 1차 식별하였고, 추가적으로 정책부서와 야전부대의 의견을 수렴하여 최종적으로 확정하였다.

신뢰성 있는 AHP 설문을 위해서, 국방, 군수, 탄약, 물류 등과 관련하여 최소 10년 이상 경험을 가진 전문가들을 선정하였다. 설문은 20명에게 의뢰하였으며, 20명 모두 설문에 응답하였다. 응답한

20명의 설문결과를 분석하여 기준, 세부기준에 해당하는 각각의 항목별로 상대적 가중치를 부여하였다.

그리고 본 연구에서는 기준, 세부기준을 달성하기 위해서 대안 즉, 어떠한 4차 산업혁명 기술(AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드)로 구현할 수 있는지도 전문가들에게 동시에 설문하였다. 전문가들의 설문 결과, 기준과 세부기준을 달성하기 위해 어떤 4차 산업혁명 기술로 구현하는 것이 바람직할 것인지에 대한 방안을 대안으로 제시하는 성과도 얻을 수 있었다.

## 1. 평가를 위한 기준항목 식별

본 논문의 <표 3-5>에서 제시한 바와 같이 국방부(2021a)와 OO시(2020)에서 지하형 스마트 탄약고 구축을 위해 필요한 분야는 경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리 등 6개 분야로 확인되었다. 그 하위의 세부항목을 선정하기 위해서 다양한 군사교범 및 지침서, 연구보고서, 논문 그리고 현재 국방부에서 시행하고 있는 정책, 과거 적용사례, 정책부서 및 야전부대의 전문가 의견수렴 등을 실시하였다.

최종목표는 ‘4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고의 스마트화 방안’을 마련하는 것이다. 이 최종목표 달성을 위해서는 최소 6가지의 기준이 구비되어야 하는 것으로 확인되었다.

먼저 육군에서 발간된 야전교범인 육군본부(2014), 육군본부(2015)에서는 탄약의 중요성에 대해 자세히 적시하면서, 폭발성으로 인한

특별 관리의 중요성을 강조하고 있다. 그래서 탄약부대는 국가 중요 보호시설로 분류하여 관리하고, 적이나 승인되지 않은 외부인으로부터 경계를 철저히 해야 하고 외부인 침입 시 대응 방안에 대해 명시하고 있다. 특히 탄약저장시설의 출입은 별도로 기록하도록 하고 있으며, 출입한 인원은 퇴거할 때까지 지속적으로 관리하도록 하고 있다.

국방부 훈령(2020), 육군본부 교범(2014, 2015) 등에는 탄약의 안전관리 방안에 대해 자세히 강제조항으로 포함하고 있다. 이것은 탄약을 취급하는 기관 또는 부대가 반드시 지켜야 하는 내용이다. 특히 탄약의 폭발과 2차 폭발을 방지하기 위해 화재로부터 보호되도록 해야 하고, 화재 발생 시 경보 및 대피 절차에 대해 각종 하위 규정이나 지시문서로 구체화하도록 하고 있다. 그리고 탄약은 폭발물 기호 1.1급부터 1.5급까지 분류하여 각각의 저장기준, 안전거리 등을 구분하여 명시하고 있다.

지하형 탄약고 내부의 환경에 대해 김두호(2003)는 ‘지하형 탄약고 제습 및 환기 설계’에서 탄약의 성능보장을 위한 온습도 관리 중요성, 작업자의 정상적인 작업을 위한 공기 질 관리의 필요성에 대해 기술하고 있다. 특히 탄약의 저장환경에서 온도의 급격한 변화로 인한 결로현상과 부식 발생을 예방해야 하고, 습도도 60% 이하를 유지토록 해야 성능이 보장된다고 하였다. 지하형 탄약고에서 운용하는 적재차량 등의 배기가스를 외부로 배출할 수 있도록 순환 시스템을 구축해야 함을 명시하고 있다.

국방부(2021a)는 전투부대의 작전수행을 위해 탄약의 물류시스템

이 잘 갖추어져야 함을 기술하고 있다. 탄약을 아무리 많이 확보하여 저장하고 있어도 필요한 시기, 장소, 적정량을 보급하지 못하면 전투부대의 작전수행이 불가능해진다.

국방부 주관으로 2021년 6월과 9월에 실시한 정책부서와 야전부대의 전문가 의견수렴 및 검토회의에서 탄약 저장관리를 위해 필요한 요구사항은 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 지하형 탄약고 스마트화를 위한 요구사항

| 구분       | 주요 내용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 요구<br>사항 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 적, 외부인 침입으로부터 보호되어야 한다.</li> <li>▪ 탄약은 고위험 폭발물로 폭발위험으로부터 안전해야 한다.</li> <li>▪ 지하형 탄약고는 대규모화되고 있어, 공기 순환이 되어야 한다.</li> <li>▪ 요구되는 수치의 온습도 관리가 이루어져야 한다.</li> <li>▪ 지하 공간에 대량의 탄약을 보관하고 있으므로, 자산의 가시화, 입출력관리가 가능해야 한다.</li> <li>▪ 전시 및 평시에 요구되는 속도에 맞추어 불출할 수 있어야 한다.</li> <li>▪ 탄약을 수송하는 차량들에 대한 실시간 위치파악 및 통제가 가능해야 한다.</li> <li>▪ 많은 장비와 설비가 설치된 복합시설이므로 운용간 제한사항이 없도록 통합관제, 통신망 유지, 고장예측이 가능해야 한다.</li> <li>▪ 탄약은 고가이고 장기간 저장이 필수적이므로, 설계수명과 성능이 유지될 수 있도록 체계적으로 관리되어야 한다.</li> </ul> |

종합적으로, 국방부(2021a), OO시(2020), 안효춘 외(2020), 김두호(2003), 육군본부(2014, 2015) 등을 종합적으로 검토하였다. 지하형 탄약고의 스마트화를 위한 기준 항목으로는 경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리 등 6개 항목과 21개 세부항목을 기준 및 세부기준으로 도출하였다. 그리고 4차 산업혁명 기술은 대표적인 AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드 등 6개로 한정하였다.

<표 4-4> 지하형 탄약고 스마트화를 위한 기준과 세부기준 선정

| 기준   | 세부기준                        | 참고자료                                                        |
|------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 경계   | 침입탐지, 자동대응, 출입관리, 추적관리      | 최종근 외(2022), 국방부(2021a), 안효춘 외(2020), OO시(2020), 육군본부(2015) |
| 안전   | 화재탐지, 경보대피, 분실방지, 저장기준      | 최종근 외(2022), 안효춘 외(2020), 백장운 외(2020), 정봉룡 외(2015)          |
| 환경   | 작업환경, 공기순환, 온습도관리           | 최종근 외(2022), 국방부(2021a), OO시(2020), 육군본부(2015)              |
| 물류체계 | 통합가시화, 물류자동화, 입출력관리, 저장공간관리 | 최종근 외(2022), 국방부(2021a), 안효춘 외(2020), 육군본부(2015)            |
| 장비설비 | 통합관제, 유무선통신망, 고장예측          | 최종근 외(2022), 국방부(2021a), 안효춘 외(2020), 김두호(2003)             |
| 수명관리 | 탄약이력통합관리, 탄약상태관리, 탄약수명예측    | 최종근 외(2022), 국방부(2021a, 2019), 안효춘 외(2020)                  |

## 2. 조작적 정의

지하형 탄약고가 갖추어야 할 기준 6개와 세부기준 21개에 대해 관련 훈령, 교범 등을 참고하여 <표 4-5>와 같이 조작적 정의를 내렸다.

<표 4-5> 지하형 탄약고 스마트화를 위한 필요 기준

| 기준 | 세부기준 | 조작적 정의                                                  |
|----|------|---------------------------------------------------------|
| 경계 | 침입탐지 | ▪ 지능형 CCTV, 센서 등 활용하여 침입자를 시스템에 의해 자동 탐지하는 것            |
|    | 자동대응 | ▪ 침입자 발생 시 자동적으로 경고, 신속한 상황전파, 경계팀 출동명령 하달하는 것          |
|    | 출입관리 | ▪ 출입인원에 대한 관리 및 적절한 통제를 하는 것                            |
|    | 추적관리 | ▪ 출입자, 침입자 등 외부, 내부 인원의 영내 진입부터 퇴거까지의 동선을 추적 및 할 수 있는 것 |
| 안전 | 화재탐지 | ▪ 지능형 CCTV, 센서 등을 활용하여 화재를 조기에 탐지하는 것                   |
|    | 경보대피 | ▪ 화재 발생 시 시스템에 의해 경보하고 대피하도록 안내하는 것                     |
|    | 분실방지 | ▪ 센서, 재산현황 확인 및 관리를 통해 탄약유출을 감시하고 예방하는 것                |
|    | 저장기준 | ▪ 안전거리, 탄종별 폭약량 관리를 통해 저장기준에 따라 관리하는 것                  |
| 환경 | 작업환경 | ▪ 작업자 안전과 작업여건 등에 대해 구비하고 관리하는 것                        |
|    | 공기순환 | ▪ 지하형 탄약고의 내부 공기 질을 관리하는 것                              |

|          |              |                                                             |
|----------|--------------|-------------------------------------------------------------|
|          | 온습도관리        | ▪ 항온항습 통제로 탄약의 저장수명을 보장하는 것                                 |
| 물류<br>체계 | 통합가시화        | ▪ 탄약 수입·불출, 재산현황 등 일체를 통합하여 화면으로 제공하는 것                     |
|          | 물류자동화        | ▪ 물류로봇, AGV 등 채택하여 물류를 자동화하는 것                              |
|          | 입출력관리        | ▪ 탄약수불시 입력 및 출력을 자동으로 처리하여 재산관리가 되도록 하는 것                   |
|          | 저장공간관리       | ▪ 탄약고내부 저장공간 입체적 관리로 가용공간을 확인하고, 최적의 저장 솔루션을 제공하는 것         |
| 장비<br>설비 | 통합관제         | ▪ 지하형 탄약고 내·외부 장비들과 설비들을 통합하여 관제하고 통제하는 것                   |
|          | 유무선통신망       | ▪ 모든 시스템들과 내외부 부대들과의 통합 및 관리가 가능하도록 하는 유무선통신망 구축 및 관리하는 것   |
|          | 고장예측         | ▪ 각종 장비 및 설비들의 고장징후 미리 예측하고, 고장시 신속히 대체할 수 있게 병렬시스템을 구비하는 것 |
| 수명<br>관리 | 탄약이력<br>통합관리 | ▪ 탄종별 신뢰성평가 결과와 탄약 검사 및 정비한 이력들을 통합하여 관리하는 것                |
|          | 탄약상태관리       | ▪ 실시간 탄약의 상태저하 모니터링하고 미리 검사하고 정비할 수 있게 관리하는 것               |
|          | 탄약수명예측       | ▪ 각종 기술자료, 상태관리 정보 등을 통합하여 수명 향상할 수 있게 제공해주는 예측 시스템         |

자료 : 국방부(2021a, 2019), OO시(2020), 육군 교범(2014, 2015), 최종근 외(2022), 안효춘 외(2020), 백장운 외(2020), 정봉룡 외(2015), 김두호(2003)

그리고 4차 산업혁명 기술인 AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드 등에 대한 조작적 정의는 국방부(2021a)를 참고하여 <표 4-6>과 같이 확정하였다.

<표 4-6> 지하형 탄약고 스마트화를 위한 4차 산업혁명 기술

| 대안   | 조작적 정의                                                                                                                                                                               |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AI   | <ul style="list-style-type: none"> <li>인간이 가진 지각 학습 추론 자연언어 처리 등의 능력을 컴퓨터가 실행할 수 있도록 프로그램으로 구현</li> <li>✓ 예 : Facebook의 Deepface, 아마존사의 Anticipatory shipping</li> </ul>             |
| 빅데이터 | <ul style="list-style-type: none"> <li>기존 데이터베이스 관리 도구의 능력을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형의 데이터 집합을 포함한 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하는 기술</li> <li>✓ 예 : DHL의 Resilience 360, CGM사의 TRAXENS</li> </ul> |
| IoT  | <ul style="list-style-type: none"> <li>센서나 통신 기능이 내장된 기기(사물)들이 통신망으로 연결되어 주변의 정보를 수집하고, 이 정보를 다른 기기와 주고받으며 정해진 규정에 따라 적절하게 처리</li> <li>✓ 예 : CJ 대한통운의 쿨 가디언</li> </ul>               |
| 로봇   | <ul style="list-style-type: none"> <li>인간의 지능 행동 감각 상호작용 등을 모방하여 인간을 대신하거나 인간과 협력하여 다양한 서비스를 제공</li> <li>✓ 예 : DHL의 Parcel Robot, Magazino의 Mobile Piece Picking Robot</li> </ul>    |
| 클라우드 | <ul style="list-style-type: none"> <li>오픈 플랫폼에서 물류 거래, 물류 프로세스 관리, 고객서비스 제공 등의 기능을 구현하는 컴퓨팅 기술</li> <li>✓ 예 : Keychain의 Logistics, CJ 대한통운의 Hello</li> </ul>                         |

자료 : 국방부(2021a), OO시(2020)

## 제5장 실증연구

### 제1절 설문 대상 전문가 선정

설문 대상자는 4차 산업혁명 기술을 이해하고 있으면서 탄약관리 10년 이상 유경험자를 대상으로 20명으로 선정하였다. 설문지는 엄재섭 외(2013), 김한경(2013), 이영중(2014), 최담(2014) 등의 연구 논문을 참고하여 설문지를 구성하였고, 객관성을 담보하기 위한 유의 사항을 확인하였다.

설문지의 문항이 많고, 기준과 세부기준, 4차 산업혁명 기술에 대한 개념들을 정확하게 이해할 수 있도록 조작적 정의에 대한 대면 또는 온라인으로 설명하고 난 후에 설문에 답변하도록 하였다.

설문은 4월 11일부터 22일까지 진행하였고, 설문 분석은 Expert Choice ver. 11을 이용하여 4월 27일부터 5월 4일까지 실시하였다. 설문지에 기록된 전문가들의 인적 정보를 분석한 결과는 <표 5-1>과 같다.

설문 참여자의 소속 기관별 구성 인원을 국방부, 국직부대, 육군, 해군, 공군을 각각 15%에서 25%까지 균형 있게 선정하여 설문의 결과를 특정한 기관의 의견으로 치우치지 않도록 주의를 기울였다.

<표 5-2>에서 설문에 참여한 전문가의 직업은 군인과 군무원이 13명으로 65%를 차지하였고, 공무원과 교수는 35%를 차지하였다.

이는 4차 산업혁명 기술과 탄약 업무를 모두 인지하고 있는 전문가를 고르게 선정하였기 때문이다.

<표 5-1> 설문 참여자 소속 기관별 구성 인원

(단위 : 명, %)

| 구분   | 표본수 | 백분율   | 누적백분율 |
|------|-----|-------|-------|
| 국방부  | 5   | 25.0  | 25.0  |
| 국직부대 | 2   | 10.0  | 35.0  |
| 육군   | 5   | 25.0  | 60.0  |
| 해군   | 5   | 25.0  | 85.0  |
| 공군   | 3   | 15.0  | 100.0 |
| 합계   | 20  | 100.0 | 100.0 |

<표 5-2> 설문 참여자 직업별 구성 인원

(단위 : 명, %)

| 구분  | 표본수 | 백분율   | 누적백분율 |
|-----|-----|-------|-------|
| 군인  | 11  | 55.0  | 55.0  |
| 군무원 | 2   | 10.0  | 65.0  |
| 공무원 | 5   | 25.0  | 90.0  |
| 교수  | 2   | 10.0  | 100.0 |
| 합계  | 20  | 100.0 | 100.0 |

<표 5-3>과 같이 설문 참여자의 업무 경력은 10년에서 20년까지가 10명으로 50%를 차지했으며, 20년 이상이 50%를 차지하였다. 탄약분야 경험과 4차 산업혁명 기술에 대한 이해를 위해서는 10년 이상의 경력이 필요하고, 특히 20년 이상의 경력을 가진 전문가도 50%를 차지하여 탄약뿐만 아니라 군수업무 등 두루 경험을 할 수 있어 전체적이고 객관적인 시각에서 설문 응답이 가능하게 하였다.

<표 5-3> 설문 참여자 경력별 구성 인원

(단위 : 명, %)

| 구분        | 표본수 | 백분율   | 누적백분율 |
|-----------|-----|-------|-------|
| 10년 ~ 20년 | 10  | 50.0  | 50.0  |
| 20년 이상    | 10  | 50.0  | 100.0 |
| 합계        | 20  | 100.0 | 100.0 |

<표 5-4> 설문 참여자 연령별 구성 인원

(단위 : 명, %)

| 구분  | 표본수 | 백분율   | 누적백분율 |
|-----|-----|-------|-------|
| 30대 | 3   | 15.0  | 15.0  |
| 40대 | 9   | 45.0  | 60.0  |
| 50대 | 8   | 40.0  | 100.0 |
| 합계  | 20  | 100.0 | 100.0 |

<표 5-5> 설문 참여자 학력별 구성 인원

(단위 : 명, %)

| 구분 | 표본수 | 백분율   | 누적백분율 |
|----|-----|-------|-------|
| 학사 | 6   | 30.0  | 30.0  |
| 석사 | 11  | 55.0  | 85.0  |
| 박사 | 3   | 15.0  | 100.0 |
| 합계 | 20  | 100.0 | 100.0 |

<표 5-4>, <표 5-5>에서 보는 바와 같이 연령별로는 40대와 50대가 17명으로 85%를 차지하였으며, 학력별로는 석사가 11명으로 65%로 가장 많았다.

## 제2절 AHP 설문을 위한 계층구조

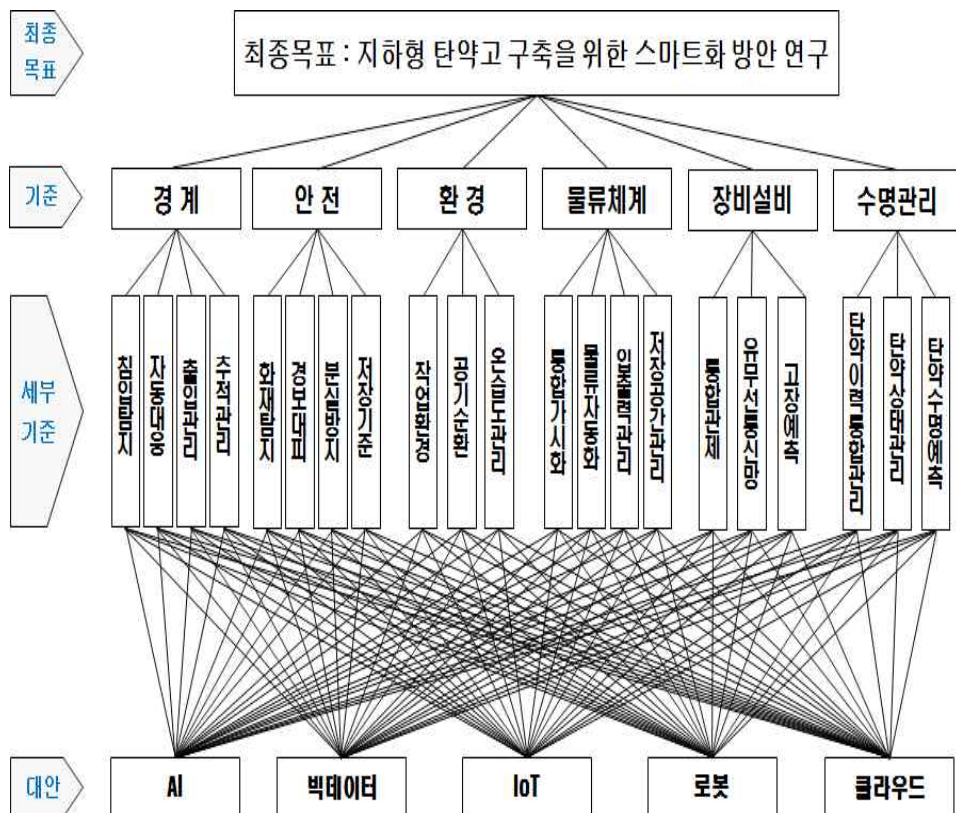
AHP 설문을 위해서 먼저 최종목표인 ‘지하형 탄약고 구축을 위한 스마트화 방안’과 기준인 경제, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리 등 전체 6개 항목에 대해 계층구조를 설계하였다. 이러한 계층구조는 6개 기준 중에서 어떤 것이 더 중요한지 전문가 설문을 통해서 가중치를 식별하였다.

그 다음으로, 세부기준 21개 항목의 중요도를 확인하기 위해서 계층구조를 설계하였고, 세부기준 21개 항목을 구현하기 위해 가장 적절한 4차 산업혁명 기술이 무엇인지에 대한 대안을 확인하기 위

해 계층구조를 설계하였다.

이러한 과정을 통해, 전체적인 가중치와 대안의 확인이 되어야만 본 연구의 궁극적인 목적을 달성할 수 있다고 판단하였다. 그래서 기준, 세부기준의 가중치를 확인해야 하고, 4차 산업혁명 기술이 어떠한 것이 적절한지, 어느 정도의 비중으로 전문가들이 인식하고 있는지를 확인할 필요가 있었다. <그림 5-1>과 같이 AHP 설문을 위한 전체 계층구조를 완성하였다.

<그림 5-1> 최종목표, 기준, 세부기준 및 대안과의 계층구조



### 제3절 AHP 분석 결과

#### 1. 최종목표를 위한 우선순위 분석

<표 5-6>과 같이 AHP 분석 결과를 통해 최종목표 달성을 위한 기준, 세부기준 그리고 대안에 대한 우선순위와 대안은 도출하였다.

<표 5-6> AHP 분석 결과

| 기준                  | 세부기준            | 대안(4차 산업혁명 기술) |              |              |              |              |
|---------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                     |                 | AI             | 빅데이터         | IoT          | 로봇           | 클라우드         |
|                     | 총 계             | <u>0.279</u>   | 0.243        | 0.269        | 0.103        | 0.106        |
| 안전<br>(0.415)       | 화재탐지(0.451)     | 0.328          | 0.148        | <u>0.334</u> | 0.112        | 0.079        |
|                     | 분실방지(0.202)     | 0.299          | 0.204        | <u>0.302</u> | 0.108        | 0.087        |
|                     | 경보대피(0.183)     | 0.312          | 0.131        | <u>0.342</u> | 0.128        | 0.087        |
|                     | 저장기준(0.164)     | 0.178          | <u>0.371</u> | 0.237        | 0.074        | 0.140        |
|                     | 소 계             | <u>0.906</u>   | <u>0.595</u> | <u>0.905</u> | <u>0.323</u> | <u>0.272</u> |
| 경계<br>(0.177)       | 침입탐지(0.509)     | <u>0.361</u>   | 0.159        | 0.283        | 0.134        | 0.064        |
|                     | 출입관리(0.209)     | 0.252          | <u>0.334</u> | 0.186        | 0.080        | 0.149        |
|                     | 자동대응(0.190)     | <u>0.393</u>   | 0.199        | 0.224        | 0.129        | 0.055        |
|                     | 추적관리(0.092)     | 0.237          | <u>0.308</u> | 0.251        | 0.091        | 0.113        |
|                     | 소 계             | <u>1.697</u>   | <u>1.459</u> | <u>1.611</u> | <u>0.611</u> | <u>0.625</u> |
| 수명<br>관리<br>(0.155) | 탄약상태관리(0.419)   | 0.208          | <u>0.346</u> | 0.269        | 0.062        | 0.114        |
|                     | 탄약이력통합관리(0.330) | 0.220          | <u>0.408</u> | 0.118        | 0.064        | 0.190        |
|                     | 탄약수명예측(0.251)   | 0.210          | <u>0.475</u> | 0.118        | 0.061        | 0.136        |
|                     | 소 계             | <u>4.279</u>   | <u>0.243</u> | <u>0.269</u> | <u>0.103</u> | <u>0.106</u> |
| 장비<br>설비<br>(0.093) | 통합관제(0.640)     | 0.256          | 0.267        | <u>0.284</u> | 0.069        | 0.124        |
|                     | 유무선통신망(0.193)   | 0.234          | 0.217        | <u>0.317</u> | 0.091        | 0.142        |
|                     | 고장예측(0.167)     | 0.256          | <u>0.411</u> | 0.161        | 0.061        | 0.111        |
|                     | 소 계             | <u>4.745</u>   | <u>0.985</u> | <u>0.671</u> | <u>0.233</u> | <u>0.366</u> |
| 물류<br>체계<br>(0.090) | 통합가시화(0.300)    | 0.185          | <u>0.349</u> | 0.208        | 0.079        | 0.179        |
|                     | 저장공간관리(0.263)   | 0.282          | <u>0.282</u> | 0.220        | 0.102        | 0.115        |
|                     | 입출력관리(0.222)    | 0.176          | <u>0.358</u> | 0.221        | 0.098        | 0.148        |
|                     | 물류자동화(0.215)    | 0.212          | <u>0.242</u> | 0.204        | 0.190        | 0.151        |
|                     | 소 계             | <u>5.468</u>   | <u>2.027</u> | <u>1.26</u>  | <u>0.475</u> | <u>0.771</u> |
| 환경<br>(0.069)       | 온습도관리(0.607)    | <u>0.326</u>   | 0.226        | 0.284        | 0.085        | 0.079        |
|                     | 작업환경(0.244)     | 0.226          | 0.177        | <u>0.249</u> | 0.245        | 0.104        |
|                     | 공기순환(0.149)     | <u>0.412</u>   | 0.141        | 0.261        | 0.095        | 0.091        |
|                     | 소 계             | <u>6.006</u>   | <u>2.495</u> | <u>1.748</u> | <u>0.56</u>  | <u>1.001</u> |

모든 설문 결과는 RI(Random Index) 값이 0.1 이하를 나타내어 일관성이 있는 것으로 확인하였다.

최종목표인 ‘4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안’을 구현하기 위해 가장 중요한 것은 안전으로 나타났다. <표 5-7>과 같이 안전이 0.415, 경계 0.177, 수명관리 0.155, 장비설비 0.093, 물류체계 0.090, 환경 0.069 순으로 결과가 도출되었다.

<표 5-7> 최종목표와 기준 6개 항목과의 가중치 및 우선순위

| 기준   | 안전    | 경계    | 수명관리  | 장비설비  | 물류체계  | 환경    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 가중치  | 0.415 | 0.177 | 0.155 | 0.093 | 0.090 | 0.069 |
| 우선순위 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |

특히 안전이 다른 5개 기준보다 월등하게 높은 가중치를 보이는 것으로 확인되었다. 그 이유는 탄약이 고위험 물질로 분류되며, 군의 지하형 탄약고에는 많은 양의 탄약을 저장해야 하기 때문에 안전을 제일 우선 확보되어야 하는 것으로, 전문가들이 인식하고 있음을 확인하였다. 두 번째로 가중치가 높은 것은 경계로 나타났다. 탄약이 전쟁 필수 물자이며, 전투의 승리를 보장하는 것으로 적 특수부대나 적 포격, 적 항공기 폭격 등의 대상이 될 수 있다. 그러므로 평시는 물론 전시에도 완벽한 경계가 이루어져야 함을 전문가들의 설문을 통해서 확인하였다. 세 번째로 가중치가 높은 수명관리는 탄약이 장기간 저장되어야 하고 유사시 언제라도 성능을 발휘할

수 있도록 성능보장이 되어야 함을 알 수 있었다. 전시 작전계획 기준으로 탄약을 확보하도록 계획하고 있으며, 실제로도 탄약을 비축하여 관리하고 있다. 철저한 수명관리가 이루어지면 일반탄약은 30년 이상, 유도탄은 20년 이상의 수명이 보장되므로, 탄약관리 기준에 의한 철저한 관리와 주기적인 저장탄약신뢰성평가(ASRP<sup>14)</sup>)가 제대로 수행되어야 함을 알 수 있었다.

<표 5-8> 최종목표를 위한 4차 산업혁명 기술 적용 가중치 및 우선순위

| 구분    | AI    | IoT   | 빅데이터  | 클라우드  | 로봇    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.000 | 0.279 | 0.269 | 0.243 | 0.106 | 0.103 |
| 가중치   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |

4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안을 달성하기 위해서는 <표 5-8>과 같이 AI 0.279, IoT 0.269, 빅데이터 0.243, 클라우드 0.106, 로봇 0.103 순으로 적용해야 하는 것으로 나타났다. 특히 AI, IoT, 빅데이터가 전체의 약 82%를 차지할 정도로 지하형 탄약고 스마트화를 위한 필수 기술로 확인되었다. AI, IoT, 빅데이터 기술이 동시에 적용되었을 때 최종목표 달성이 가능하다고 설문조사 결과 확인이 되었는데, 이는 IoT를 통해 많은 양의 운용 및 관리 데이터가 종합이 되고, 종합된 데이터를 바탕으로 적절한 알고리즘의 AI를 개발하면 스마트화가 가능함을 의미한다.

14) Ammunition Stockpile Reliability Program : 저장 탄약의 사용 가능성, 안전성, 성능 등을 평가하여 탄약의 정비·개수·보급 등의 결정을 위한 자료를 제공하여 탄약의 신뢰성을 확보하기 위해 실시하는 종합적인 평가 시스템

## 2. 6개 분야별 우선순위 분석

최종목표를 달성하기 위해서는 6개의 기준과 그 하위의 세부기준별 우선순위를 도출해야 하고, 대안의 우선순위도 확인해야 한다.

### 가. 안전

기준인 안전과 세부기준 4개 항목과의 가중치 및 우선순위에 대한 설문 결과, 완벽한 안전을 구축하기 위해서는 <표 5-9>와 같이 화재탐지 0.451, 분실방지 0.202, 경보대피 0.183, 저장기준이 0.164 순으로 나타났다. 기준 항목 6개 중에서 안전이 가장 중요한 항목이고 그 하위항목 4개 중에서 화재탐지가 가장 중요한 것으로 전문가들은 설문에 응답하였고, 특히 지하형 탄약고의 경우 내부에서 화재 발생 시 저장하고 있는 탄약의 대량 손실 우려가 있으므로 그것을 우선적으로 고려하여 설문에 응답한 것으로 추정된다.

<표 5-9> 안전과 세부기준 4개 항목과의 가중치 및 우선순위

| 세부기준 | 화재탐지  | 분실방지  | 경보대피  | 저장기준  |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 가중치  | 0.451 | 0.202 | 0.183 | 0.164 |
| 우선순위 | 1     | 2     | 3     | 4     |

국방부(2021a)의 지하형 탄약고의 운영개념 중에서 화재예방과 대응을 중요한 사항으로 인식하여 화재와 폭발감시 및 대응체계를 포

함하도록 제안하였다. 이는 설문에 응답한 전문가들의 의견과 국방부(2021a)의 연구 결과는 안전 중에서도 화재탐지 및 예방이 가장 중요하다는 것에 인식을 같이하고 있었다.

## 나. 경계

기준인 경계와 세부기준 4개 항목과의 가중치 및 우선순위에 대한 설문 결과, 완벽한 경계태세를 구축하기 위해서는 <표 5-10>과 같이 침입탐지 0.509, 출입관리 0.209, 자동대응 0.190, 추적관리 0.092 순으로 나타났다. 경계를 제대로 수행하기 위해서는 원천적으로 적이나 외부인의 침입을 허용하지 않도록 즉각적인 탐지가 가장 중요하고 그 다음으로 출입한 인원에 대해서 철저한 추적관리를 해야 하는 것으로 나타났다.

<표 5-10> 경계와 세부기준 4개 항목과의 가중치 및 우선순위

| 세부기준 | 침입탐지  | 출입관리  | 자동대응  | 추적관리  |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 가중치  | 0.509 | 0.209 | 0.190 | 0.092 |
| 우선순위 | 1     | 2     | 3     | 4     |

국방부(2021a)는 지하형 탄약고 운영개념을 제시하면서, 제일 먼저 경계관리체계를 구축해야 하고, 세부적으로는 침입탐지를 위한 울타리센서, 장력 및 압전센서, CCTV 등을 설치하고 연동해야 한

다고 제시하였다. 그 다음으로 출입관리를 위한 차량출입 및 추적 관리 시스템을 갖추도록 제안한 것과 AHP 기법을 적용한 전문가의 의견과 일치함을 확인할 수 있었다.

## 다. 수명관리

기준인 수명관리와 세부기준 3개 항목과의 가중치 및 우선순위와 관련해서는 완벽한 수명관리를 구현하기 위해서는 <표 5-11>과 같이 탄약상태관리 0.419, 탄약이력통합관리 0.330, 탄약수명예측 0.251 순으로 나타났다.

<표 5-11> 수명관리와 세부기준 3개 항목과의 가중치 및 우선순위

| 세부기준 | 탄약상태관리 | 탄약이력통합관리 | 탄약수명예측 |
|------|--------|----------|--------|
| 가중치  | 0.419  | 0.330    | 0.251  |
| 우선순위 | 1      | 2        | 3      |

안효춘 외(2020)는 스마트 물류를 위한 핵심 요구사항으로 저장단계에서는 저장의 안정성, 원격자동관리, 저장탄약 DB화 등을 위한 스마트스토리지시스템 구축을 제시하였다. 이는 탄약의 철저한 상태관리가 필요하고, DB를 통한 이력관리가 되어야하는 것을 의미하고, 최종적으로는 탄약수명을 예측할 수 있는 수준에 도달할 수 있다.

## 라. 장비설비

기준인 장비설비와 세부기준인 통합관제, 유무선통신망, 고장예측 등과의 가중치 및 우선순위는 <표 5-12>와 같이 통합관제 0.640, 유무선통신망 0.193, 고장예측 0.167 순으로 나타났다.

지하형 탄약고는 현재 기준으로 환기장비, 발전기, CCTV, 온습도관리시스템 등 많은 장비와 설비들이 장치되어 있다. 이러한 설비들이 개별적으로도 정상 작동되어야 하지만, 향후 스마트화 된다면 훨씬 더 많은 장비와 설비들이 장치될 것이기 때문에 통합관제가 무엇보다도 중요할 것으로 예측되며, 그 다음으로는 유무선통신망과 고장예측이 비슷하게 중요한 것으로 설문 결과 확인되었다.

<표 5-12> 장비설비와 세부기준 3개 항목과의 가중치 및 우선순위

| 세부기준 | 통합관제  | 유무선통신망 | 고장예측  |
|------|-------|--------|-------|
| 가중치  | 0.640 | 0.193  | 0.167 |
| 우선순위 | 1     | 2      | 3     |

국방부(2021a)는 탄약시설 통합 모니터링과 인프라 구축을 지하형 탄약고가 갖추어야 할 핵심요소로 제시하였다. 이 중에서도 빅데이터 기반 통합 실시간 모니터링과 이상 징후 조기 발견과 대응이 가능해야 함을 제시한 것으로, AHP 설문결과의 우선순위와 동일한 것으로 확인되었다.

## 마. 물류체계

기준인 물류체계와 세부기준인 4개 항목과의 가중치 및 우선순위에 대해 설문한 결과, 완벽한 물류체계를 구축하기 위해서는 <표 5-13>과 같이 통합가시화 0.300, 저장공간관리 0.263, 입출력관리 0.222, 물류자동화 0.215 순으로 나타났다. 4개의 항목들이 22%에서 30%의 높은 분포를 보이는 것은 특정한 하나의 항목만을 잘 관리한다고 물류체계가 정상 작동되는 것이 아님을 의미한다. 물류라는 것이 ‘물건의 끊임 없는 흐름’을 의미하는 바와 같이 전문가들의 설문 결과는 4개 분야를 균형있게 발전시켜야 함을 보여주었다.

<표 5-13> 물류체계와 세부기준 3개 항목과의 가중치 및 우선순위

| 세부기준 | 통합가시화 | 저장공간관리 | 입출력관리 | 물류자동화 |
|------|-------|--------|-------|-------|
| 가중치  | 0.300 | 0.263  | 0.222 | 0.215 |
| 우선순위 | 1     | 2      | 3     | 4     |

안효춘 외(2020)는 스마트 탄약 물류에 대해 연구에서는 단계별, 업무 항목별 중요도에 대해서는 판단하지 않았다. 다만, 탄약 물류 프로세스 전반에 대해 갖추어야 할 항목들을 나열하였다.

## 바. 환경

기준인 환경과 세부기준인 4개 항목과의 가중치 및 우선순위에 대한 설문 결과, 완벽한 지하형 탄약고 내의 탄약관리, 공기순환,

탄약작업 등을 위한 환경을 구축하기 위해서는 <표 5-14>와 같이 온습도관리 0.607, 작업환경 0.244, 공기순환 0.149 순으로 중요한 것으로 나타났다.

탄약을 확보하는 근본 목적에 부합하게, 탄약의 부식이나 화약의 변질 없이 장기간 양호한 상태로 저장관리하는 것이 중요하고, 차순위로 작업자가 작업을 할 수 있는 환경이 구비되어야 하고, 공기순환이 원활해야 하는 것으로 나타났다.

김두호(2003)는 작업자의 작업 효율성과 건강, 탄약저장의 안정성, 성능보장 측면에서 매우 중요함을 강조하였으나, 별도로 우선순위를 제시하지는 않았다. 안효춘 외(2020)는 탄약저장 측면에서 온습도관리의 중요성을 강조하였다.

<표 5-14> 환경과 세부기준 4개 항목과의 가중치 및 우선순위

| 세부기준 | 온습도관리 | 작업환경  | 공기순환  |
|------|-------|-------|-------|
| 가중치  | 0.607 | 0.244 | 0.149 |
| 우선순위 | 1     | 2     | 3     |

### 3. 시사점

AHP 분석 결과, 최종목표인 ‘4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안’을 구현하기 위해서는 안전과 경계가 가장 먼저 확보되어야 함을 알 수 있었다. 특히 탄약 저장시설은 적의 피습 등으로 인한 작은 폭발이라도 발생하면 2차, 3차 폭발 가능성

이 높고, 그로 인해서 저장 중인 탄약의 손실이 발생할 우려도 있다는 것이 설문을 통해 확인할 수 있었다.

안효춘 외(2020)는 탄약업무를 노동집약적인 안전중심의 업무로 명시하였고, 최종근 외(2022)는 스마트 탄약 물류 비전을 제시하면서 탄약 안전 업무 고도화를 중요 과제로 제시하였다. 국방부(2019)와 육군본부(2014, 2015)는 탄약의 안전을 최우선 강제조항으로 명시하고 있는 것을 고려할 때, 지하형 탄약고를 스마트화하는 경우에 가장 중요한 분야는 안전이고, 경계는 안전을 위한 필수 요건이므로 두 번째로 중요하다고 전문가들은 응답한 것으로 추정된다.

향후 탄약의 저장시설을 신축하는 경우 지하형이든 지상형이든 반드시 안전과 경계는 최우선적으로 확보해야 할 것으로 판단된다. 4차 산업혁명 기술을 적용하는 경우에 AI, IoT, 빅데이터가 전체의 약 82% 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 각각의 IoT를 통해 데이터를 전송받아 빅데이터화 해야 하고 이를 통해 AI 알고리즘으로 프로그램으로 구현할 때 스마트화가 가능함을 알 수 있었다.

기준 중에서 가장 우선순위가 높았던 안전의 경우 화재탐지의 가중치가 가장 높았다. 이는 화재 발생 시 대량손실의 우려가 있음을 전문가들이 설문을 통해서 의견을 제시한 것으로 나타났다. 그리고 두 번째 가중치가 높았던 경계의 경우에는 침입탐지를 우선적으로 구비해야 하는 기능으로 확인하였다. 이는 철저한 경계를 통해 적이나 미승인된 인원의 출입을 통제해야 함을 의미한다.

향후 이러한 전문가 의견을 반영하여 탄약저장시설 신축이나 기존 탄약저장시설의 개선 시 우선적으로 고려할 사항으로 판단된다.

## 제4절 대안 연구

스마트 지하형 탄약고 구축을 위한 각각의 기준 및 세부기준별 AHP 설문결과, 세부기준별 가중치를 확인할 수 있었고, 그 가중치의 합산을 통해 기준별 4차 산업혁명 기술을 산정하였다.

### 1. 안전

안전 구현을 위해서는 침입탐지와 자동대응은 AI와 IoT를, 출입 관리는 빅데이터와 AI를, 추적관리는 빅데이터와 AI를 적용하는 것이 효과적인 것으로 나타났다(<표 5-15> 참조).

<표 5-15> 안전의 세부기준별 대안

| 구분   | AI           | 빅데이터                | IoT                 | 로봇           | 클라우드         |
|------|--------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|
| 화재탐지 | 0.328<br>(2) | 0.148<br>(3)        | <b>0.334</b><br>(1) | 0.111<br>(4) | 0.079<br>(5) |
| 경보대피 | 0.312<br>(2) | 0.131<br>(3)        | <b>0.342</b><br>(1) | 0.128<br>(4) | 0.087<br>(5) |
| 분실방지 | 0.299<br>(2) | 0.204<br>(3)        | <b>0.302</b><br>(1) | 0.108<br>(4) | 0.087<br>(5) |
| 저장기준 | 0.178<br>(3) | <b>0.371</b><br>(1) | 0.237<br>(2)        | 0.074<br>(5) | 0.140<br>(4) |
| 누계   | 1.117<br>(2) | 0.854<br>(3)        | <b>1.215</b><br>(1) | 0.421<br>(4) | 0.393<br>(5) |

AI 기반 지하형 탄약고의 화재 탐지 및 대피 시스템 구축은 IoT 기반으로 화재의 실시간 감시체계를 구축하고, 지능형 화재 진화

및 대피 시뮬레이션 기능, 화재 시 지하형 탄약고 내에서 작업하고 있는 인원들의 안전 대피 및 자동 소화장치 기능도 포함해야 한다.

적용 가능한 예로 AI로 화재 조기 감지하는 기술로, 미국의 알체라는 기업은 AI 기반 화재 탐지 솔루션을 외국으로 수출하는 등 실제 민간분야에 적용하고 있는 것을 벤치마킹할 필요가 있다. 이 솔루션은 실시간 카메라 영상을 5G 등 통신망으로 전송받아 AI 알고리즘으로 분석해 연기 등 산불의 징후를 초기에 감지하고 해주는 시스템이다.

## 2. 경계

경계 분야 구현을 위해서는 침입탐지와 자동대응은 AI와 IoT를, 출입관리는 빅데이터와 AI를, 추적관리는 빅데이터와 AI를 적용하는 것이 효과적인 것으로 나타났다(<표 5-16> 참조).

<표 5-16> 경계의 세부기준별 대안

| 구분   | AI           | 빅데이터         | IoT   | 로봇    | 클라우드  |
|------|--------------|--------------|-------|-------|-------|
| 침입탐지 | <b>0.361</b> | 0.159        | 0.283 | 0.134 | 0.063 |
| 자동대응 | <b>0.393</b> | 0.199        | 0.224 | 0.129 | 0.055 |
| 출입관리 | 0.252        | <b>0.334</b> | 0.185 | 0.080 | 0.149 |
| 추적관리 | 0.237        | <b>0.308</b> | 0.251 | 0.090 | 0.113 |
| 누계   | <b>1.243</b> | 1.000        | 0.943 | 0.433 | 0.380 |

현재 경계 과학화 시스템을 도입하여, 탄약시설 외곽부터 내부 주요시설까지 적 및 거수자의 침입을 조기에 탐지할 수 있어야 하고, 출동부대와 드론 등을 활용하여 침입한 미승인된 인원 또는 적 등에 대한 색출 및 상황 조치가 가능해야 한다. 탄약부대 출입하는 차량은 위병소부터 검색을 통해 탄약부대에 진입하며, 지하시설 출입 차량은 검색을 마친 후 출입하고, 진입한 차량은 GPS를 통해 차량 위치를 실시간 추적할 수 있어야 한다. 탄약고 출입은 승인된 자에 한해 출입하며, 출입 시 생체인식을 통해 본인 인증 후 출입하며 지하시설 등 주요시설은 지정된 인원만 출입토록 해야 한다.

침입탐지를 위해 적용 가능한 기술로는 AI 영상인식 기술 등이 될 수 있다. 2022. 2월 대통령 직속 4차 산업혁명위원회는 군용 드론이 선박 동선을 확인하고 5G 통신망을 통해서 감시 정보를 공유하고, 지상통제소에서는 AI 영상인식 기술이 적용된 무인 CCTV가 특이 선박이나 침입자의 움직임을 조기에 탐지하는 시스템을 2024년부터 도입할 계획이라고 한다.<sup>15)</sup> 그리고 의료분야에 도입을 검토하고 있는 무인 AI 진단기술 등을 활용하여 출입자의 신원확인 및 관리가 가능할 것이다.

### 3. 수명관리

스마트화된 지하형 탄약고 구축을 위한 수명관리는 탄약이력통합 관리, 탄약상태관리, 탄약수명예측 모두 빅데이터를 적용하는 것이

---

15) 지민구, “2024년부터 군경 부대서 활용”, 동아일보, 2022.2.24.

가장 효과적인 것으로 나타났다. 적용을 위해서는 수락검사 자료, 탄약 검사 및 정비자료, 저장탄약신뢰성평가 자료 등을 빅데이터화 하여 통합관리하고 탄약수명을 예측하도록 하는 AI 알고리즘 개발을 해야 한다(<표 5-17> 참조).

<표 5-17> 수명관리의 세부기준별 대안

| 구분       | AI           | 빅데이터                | IoT          | 로봇           | 클라우드         |
|----------|--------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| 탄약이력통합관리 | 0.220<br>(2) | <b>0.408</b><br>(1) | 0.118<br>(4) | 0.064<br>(5) | 0.190<br>(3) |
| 탄약상태관리   | 0.208<br>(3) | <b>0.346</b><br>(1) | 0.269<br>(2) | 0.063<br>(5) | 0.114<br>(4) |
| 탄약수명예측   | 0.210<br>(2) | <b>0.475</b><br>(1) | 0.118<br>(4) | 0.061<br>(5) | 0.136<br>(3) |
| 누계       | 0.638<br>(2) | <b>1.229</b><br>(1) | 0.505<br>(3) | 0.188<br>(5) | 0.440<br>(4) |

## 4. 장비설비

스마트화된 지하형 탄약고 구축을 위한 장비설비 분야는 통합관제와 유무선통신망은 IoT를, 고장예측은 빅데이터를 적용하는 것이 효과적인 것으로 나타났다(<표 5-18> 참조). 적용이 가능한 사례로는 소카에서는 운행하는 차량의 고장 정보를 빅데이터화하여 고장을 예측함으로써 정비인력의 현장 출동을 최소화하고, 비용도 절감하는 시스템이다. KT의 경우, 건물 냉난방 설비를 조절하는 AI 기술을 개발하여 덩러닝으로 냉난방 설비와 실내 공간 현황, 기존 에

너지 소비패턴 등을 학습토록 하여, 건물을 자동관리함으로써 투입되는 비용을 절감하는 시스템이다.

<표 5-18> 장비설비의 세부기준별 대안

| 구분     | AI           | 빅데이터                | IoT                 | 로봇           | 클라우드         |
|--------|--------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|
| 통합관제   | 0.256<br>(3) | 0.267<br>(2)        | <b>0.284</b><br>(1) | 0.069<br>(5) | 0.124<br>(4) |
| 유무선통신망 | 0.234<br>(2) | 0.217<br>(3)        | <b>0.317</b><br>(1) | 0.090<br>(5) | 0.142<br>(4) |
| 고장예측   | 0.256<br>(2) | <b>0.411</b><br>(1) | 0.161<br>(3)        | 0.061<br>(5) | 0.111<br>(4) |
| 누계     | 0.746<br>(3) | <b>0.895</b><br>(1) | 0.762<br>(2)        | 0.220<br>(5) | 0.377<br>(4) |

## 5. 물류체계

스마트화된 지하형 탄약고 구축을 위한 물류체계 분야 구현을 위해 침입탐지와 자동대응을 위해서 AI와 IoT를, 출입관리는 빅데이터와 AI를, 추적관리는 빅데이터와 AI를 적용하는 것이 효과적인 것으로 나타났다(<표 5-19> 참조). 지하 탄약고 격실 중 소로트 격실들에 대해서는 저장대를 설치 및 운용함으로써 효율성을 증대시킬 수 있다. 유무인 AGV<sup>16)</sup> 시스템 도입은 지하 탄약고 내에서 탄약 이동 편의성 보장하는 방안도 구축할 수 있다.

16) Automated Guided Vehicles : 무인운반차량

<표 5-19> 물류체계의 세부기준별 대안

| 구분     | AI           | 빅데이터                | IoT          | 로봇           | 클라우드         |
|--------|--------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| 통합가시화  | 0.185<br>(3) | <b>0.349</b><br>(1) | 0.208<br>(2) | 0.079<br>(5) | 0.179<br>(4) |
| 물류자동화  | 0.212<br>(2) | <b>0.242</b><br>(1) | 0.204<br>(3) | 0.190<br>(4) | 0.152<br>(5) |
| 입출력관리  | 0.176<br>(3) | <b>0.358</b><br>(1) | 0.221<br>(2) | 0.097<br>(5) | 0.148<br>(4) |
| 저장공간관리 | 0.282<br>(1) | <b>0.282</b><br>(1) | 0.220<br>(3) | 0.101<br>(5) | 0.115<br>(4) |
| 누계     | 0.855<br>(2) | <b>1.231</b><br>(1) | 0.853<br>(3) | 0.467<br>(5) | 0.594<br>(4) |

제품의 입고부터 분류, 출고, 최종 배송지 등에 이르기까지 물류 전 분야에 걸쳐 수집되는 정보의 양과 종류가 많아지고 있고, 이에 따라 물류 빅데이터의 종류와 규모 역시 이전보다 다양하게 변하고 있다. 물류에서의 빅데이터는 IoT, 바코드, RFID 등으로부터 스캔된 화물의 정보, 기업의 물류정보시스템, 물류기업들의 내부 활동자료 등 다양한 정보들이 물류 빅데이터로 축적되고 있다. 이러한 빅데이터를 기반으로 관리영역에서도 빅데이터를 활용하고 있다. 우리 군에서도 군수정보통합체계 등 각종 정보체계에 축적된 자료를 빅데이터화하여 활용하도록 해야 한다.

## 6. 환경

스마트화된 지하형 탄약고 구축을 위한 환경 분야 구현을 위해 침입탐지와 자동대응을 위해서 AI와 IoT를, 출입관리는 빅데이터와 AI를, 추적관리는 빅데이터와 AI를 적용하는 것이 효과적인 것으로 나타났다(<표 5-20> 참조).

적용 가능한 사례로는 KT에서 제공하는 AI 기술을 이용한 건물의 냉난방설비 조절기술로 이를 이용하여 작업환경, 공기순환, 온습도관리 분야에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.<sup>17)</sup> 폐기물 소각로의 운영 효율을 높이기 위한 AI 기술 적용은 CCTV, 센서, 논리제어장치 등에서 수집된 데이터를 AI 알고리즘이 분석하고 예측해 최적의 소각 운영 방법을 운전자에게 안내하는 것으로, 이 시스템을 이용하면 지하형 탄약고 내부의 공기 질을 최적화할 수 있다.

<표 5-20> 환경의 세부기준별 대안

| 구분    | AI                  | 빅데이터         | IoT                 | 로봇           | 클라우드         |
|-------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|
| 작업환경  | 0.226<br>(3)        | 0.177<br>(4) | <b>0.249</b><br>(1) | 0.245<br>(2) | 0.103<br>(5) |
| 공기순환  | <b>0.412</b><br>(1) | 0.141<br>(3) | 0.261<br>(2)        | 0.095<br>(4) | 0.091<br>(5) |
| 온습도관리 | <b>0.326</b><br>(1) | 0.226<br>(3) | 0.284<br>(2)        | 0.085<br>(4) | 0.079<br>(5) |
| 누계    | <b>0.964</b><br>(1) | 0.544<br>(3) | 0.794<br>(2)        | 0.425<br>(4) | 0.273<br>(5) |

17) 손지혜, ‘KT, AI로 실내 온도조절, 에너지 소비 10% 절감’, 전자신문, 2021.2.14.

## 제5절 지하형 탄약고의 스마트화 방안

국방개혁 2.0에 따른 국방 정책의 추진에 따라 향후 건설될 지하형 탄약고에는 6개의 기준을 달성할 수 있도록 4차 산업혁명 기술을 적용하여야 한다. 평시에는 탄약의 안전과 성능이 보장되도록 저장 관리해야 하고, 전시에는 최단 시간에 많은 차량과 인원이 동시에 지하형 탄약고에서 탄약 수불작업이 가능해야 한다. 그리고 전투부대가 요구하는 장소로 신속하고 안전하게 수송해야 한다.

본 연구의 AHP 설문 결과를 통해 ‘4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안’은 기준, 세부기준을 달성해야 하고, 각 분야별 우선 적용이 필요한 4차 산업혁명 기술을 확인하였다(<그림 5-2> 참조).

4차 산업혁명 기술은 AI, IoT, 빅데이터, 클라우드, 로봇 순으로 적용해야 하고, AI, IoT, 빅데이터가 전체의 82% 정도를 차지할 정도로 스마트화를 위해 필수적인 기술임을 알 수 있었다.

향후 국방부에서 지하형 탄약고 스마트화를 구현할 때 적용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 안전과 경계 분야에서는 화재감시경보시스템, GOP경계과학화시스템, 지능형 CCTV, AI 기술의 영상인식기법 등을 복합적으로 적용하면 가능할 것으로 판단된다. 이는 국방부(2021a)의 탄약안전관리시스템 고도화, 자동인식기술 적용방안, 화재 및 폭발감시 대응체계 등을 참고할 수 있다.

<그림 5-2> 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안



둘째, 수명관리를 위해서는 탄약의 상태를 실시간 모니터링 할 수 있도록 탄약 또는 탄약고 내부에 IoT를 연결하고 전송받은 값을 기준으로 탄약의 상태변화를 AI 기술로 인식하도록 구성해야 한다. 이는 최종근 외(2022)가 제시한 센서기반 주요탄약 관리, Data 기반 지능형 분석체계 적용과 안효춘 외(2020)의 저장탄약의 DB화, 검사 장비 및 검사결과 보고서의 자동화 등을 접목할 수 있다.

셋째, 장비설비는 지하형 탄약고와 부대시설에 장치된 장비와 설비들을 통합적으로 운용하고 관제할 수 있어야 한다. 모든 장비와 설비에 IoT가 장치되고 이것들을 유무선 망으로 연결되어 각각의 현재 상태를 모니터링하고 통제할 수 있도록 해야 한다. 모든 정보들이 취합되어 점검 및 교체주기를 알려주고 고장을 미리 방지할 수 있어야 한다. 안효춘 외(2020)의 원격자동관리, 검사 및 계측장비의 현대화, 최종근 외(2022)의 인프라 구축안을 참고하여 적용방안을 마련할 수 있다.

넷째, 물류체계는 빅데이터와 AI 기술을 통해 스마트화가 가능하다. 국토교통부의 스마트공장, 스마트물류센터 개념을 도입하고, 국방부(2021a)의 물류 자동화와 유무인 복합수불체계, AGV 등을 도입하는 것을 검토해야 한다.

다섯째, 환경은 항온항습기, 공조시스템 등에 IoT를 적용하고, AI 기술을 적용하여 자동적으로 조절되도록 해야 한다.

향후 4차 산업혁명 기술을 지하형 탄약고에 적용하는 방안에 대해서는 국방부 차원의 가이드라인 제시가 필요하고, 개별 사업 시에 계획 수립단계부터 제반 환경과 특성에 맞게 추진해야 한다.

## 제6장 결 론

### 제1절 연구의 요약 및 함의

국방개혁 2.0과 스마트화 국방 정책의 추진, 국가 경제의 발전, 수도권 인근 도시들의 팽창, 4차 산업혁명 시대의 도래 등으로 국방 군사시설에 많은 변화가 일어나고 있다. 특히 전시를 대비해서 군에서 탄약을 다량으로 확보하고 있고, 상대적으로 많은 부지를 점유하고 있는 탄약 저장에 대한 변화가 요구되고 있다. 본 연구 서두에서 언급한 바와 같이 지상형 탄약고 위주의 저장에서 지하형 탄약고로 형태가 다양화되고 있으며, 지하형 탄약고의 신축은 점차 확대될 예정이다. 지하형 탄약고의 장점을 최대한 살리고, 일부 제한되는 것들을 극복하기 위해서는 4차 산업혁명 기술의 도입은 필수 불가결하다.

본 연구의 함의는 지금까지 4차 산업혁명 기술을 적용해야 한다는 제안수준의 의견들은 있었으나, 논문을 통한 체계적인 접근은 부재하였는데, 본 연구를 통해 다음과 같은 성과를 달성하였다.

첫째, 지하형 탄약고의 스마트화를 위한 항목들을 선정한 것이다. 탄약 저장 현장 진단, 각 군의 정책부서 및 야전부대 의견수렴, 검토회의 등을 통해서 ‘4차 산업혁명 기술을 적용한 지하 탄약고 스마트화 방안’을 제시하였다. 이를 위해서 기준 6개를 제시하였다. 핵심 요구항목인 경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리로

분류하였고, 이를 다시 세부기준 21개로 선정하여 차후 지하형 탄약고를 구축할 때 기준으로 적용될 수 있게 한 것이다.

지하형 탄약고 스마트화에 대한 우선순위가 첫 번째와 두 번째인 안전과 경계 부분은 각군 본부와 예하 단위부대에서 같이 추진해야 한다. 우선순위가 세 번째인 수명관리는 탄약에 대한 전문지식과 실무경험이 필요하기 때문에 탄약관리를 주관하는 국방부와 각군 본부 차원에서 정책과 제도를 동시에 발전시켜 나가야 할 과제이다. 우선순위가 네 번째 다섯 번째인 장비설비와 물류체계는 민간의 선진 물류체계 시스템을 가지고 있는 쿠광이나 한진택배 등에서 운용 중인 시스템 기본으로 군이 활용할 수 있도록 개선하는 전략도 필요할 것으로 판단된다. 그리고 우선순위가 여섯 번째인 환경의 세부기준인 온습도 관리, 작업환경, 공기순환은 건설 부분의 각종 기준과 연계되므로 설비 전문기관과 건축 및 토목 전문기관이 협력해서 추진하면 효과적일 것이다.

둘째, 4차 산업혁명 기술 중 어떤 것들을 어떤 분야에 적용하는 것이 좋은지 탄약고 4차 산업혁명 기술에 대한 충분한 식견을 가진 전문가들의 의견을 AHP 기법을 통해서 제시한 것이다. 특히 각 기준별로 4차 산업혁명 기술을 적용한 방안에 대해서도 제시함으로써 향후 지하형 탄약고 신축을 계획하는 시점에서 스마트화를 위한 정책추진 근거, 중기계획 수립, 연도 예산 편성의 근거가 될 것이다.

셋째, 고가인 탄약을 대량 저장하고 있는 우리 군사 상황을 고려할 때, 평시부터 효율적인 탄약관리가 가능해짐에 따라 우리 군의 전투준비태세 완비에 크게 기여할 것으로 판단된다.

첨단 기술을 국방 운영에 활용하는 미국 등 선진국의 탄약고 관리방안을 참고할 필요가 있다. 예를 들어 주한미군이 사용하는 미군 탄약고는 미국의 규정에 의해서 건축되고 관리된다. 우리나라에 저장 중인 미군 탄약에 대해서는 미군 탄약관리 규정과 건축 기준이 적용되며 관리방안, 안전거리 등도 우리나라 체계와는 일부 상이하므로, 탄약고의 스마트화를 위해 미국의 사례를 확인하는 것도 필요하다. 그리고 싱가포르의 대규모 지하 탄약 시설에 대한 자료도 확보하여, 우리 군에 적용하는 방안도 연구하면 시행착오를 줄일 수 있을 것이다.

## 제2절 연구의 한계 및 후속 연구과제

본 연구를 통해 4차 지하형 탄약고의 스마트화를 하는 방안에 대해 체계적으로 제시하였다. 향후 추가적으로 연구해야 할 사항은 첫째, 스마트화를 위해 제시한 기준 6개 항목, 세부기준 21개 항목에 더해 어떻게 실현할 것인지에 대해 구체화하는 것이다. 둘째, 4차 산업혁명 기술은 지금도 지속 발전하고 있다는 것을 고려해야 한다. 현재의 기술발전 속도는 과거의 1차, 2차, 3차 산업혁명 기술의 발전 속도와는 비교가 되지 않을 정도로 빠르다. 기술 성숙도와 기술 발전 추세를 고려해서 적용하도록 해야 한다. 셋째 탄약은 고유의 특성을 가지고 있다. 폭발성이 강한 위험물자, 종류 및 중량, 크기의 다양화 등으로 인한 탄약의 특성들을 잘 고려해서 적용할 부분과 적용하지 않아도 되는 부분으로 구분해야 하고, 이는 현장

전문가들의 판단이 무엇보다도 중요한 부분이다. 국가의 안보상황을 고려하여, 우리 군에서 많은 탄약을 확보하여 장기간 저장해야 함을 감안할 때 본 연구와 같은 지하저장시설, 탄약저장, 지하물류, 스마트방안 등에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 한다.

본 연구는 국방 현안 과제인 지하형 탄약고의 스마트화를 위한 기준과 세부기준의 우선순위를 산정하고, 4차 산업혁명 기술과 연계할 수 있도록 대안을 제시하였다. 이를 차질 없이 추진하기 위한 정책 마련, 세부 실행계획, 시범 사업 등이 반드시 선행되어야 할 것이다. 4차 산업혁명 기술은 상호 호환성을 가지고 있기 때문에 대안들을 적용할 때, 상호호환으로 발생하는 장점과 보완할 점들도 후속연구에서 다루어지길 기대한다. 기존의 지상형 탄약고 관리 기준 위주로 작성된 계획문서와 훈령, 규정 등의 문서들도 4차 산업혁명 기술을 적용할 수 있도록 보완하고 발전시켜야 할 것이다.

본 연구가 전문가의 의견을 바탕으로 정책 우선순위와 방안을 연구했다면, 시뮬레이션을 통해 저장 탄약의 안전성과 효과성 등을 달성할 수 있도록 정책적 뒷받침이 필요하다.

# 참고문헌

## 1. 국내 문헌

### [논문]

- [1] 강종구, “성능개량 무기체계 획득방법 선정에 관한 연구”, 국방대학교 석사학위논문, 2004.
- [2] 권기덕, “무인 자동창고 운영을 위한 WMS 구현에 관한 연구”, 공주대학교 석사학위논문, 2016.
- [3] 김두호, “지하탄약고 제습 및 환기 설계”, 한국터널지하공간학회논문지 5(2), pp.71~81, 2003.
- [4] 김병규, “네트워크 기반 지하형 탄약고의 물류 발전방안 연구”, 인터넷 정보학회논문지, 23(3), pp.137~145, 2022.
- [5] 김종훈, “U-건물 화재안전관리 시스템 개발”, 한국화재소방학회, 30(1), pp.74~80, 2016.
- [6] 김한경, “철충교역을 통한 국방기술 이전 과정의 리스크 요인분석”, 광운대학교 박사학위논문, 2013.
- [7] 나종철·백인성·김윤호·노우주, “북한의 미사일 위협에 대비한 우리의 탄약기술 동향과 발전방향”, 국방과 기술, 400, pp.80~99, 2012.
- [8] 미래창조과학부·산업통상자원부 공동 보도자료, “제조업 혁신을 촉진 위한 스마트 제조 R&D로드맵”, 2015.12.11.
- [9] 박영준, “지하형 스마트 탄약고”, 한국건축시공학회지, 20(1) pp.4~5, 2020.
- [10] 백장운·박상우·박영준, “지하형 탄약고 안전거리”, 한국건축시공학회지, 20(1), pp.12~17, 2020.

- [11] 설현주·김규호·정현욱·조환기·황창수, “AHP 기법을 이용한 공중승무원비행환경 적응장비 획득방안 선정에 관한 연구”, 한국군사과학기술학회지, 12(4), pp.460~468, 2009.
- [12] 신영균, “계층화 분석법(AHP)을 이용한 원자력발전소 운영관련 연구개발 우선순위 설정”, 아주대학교 박사학위논문, 2003.
- [13] 안효춘·김주희·김국주·박영준, “지하형 스마트 탄약고 도입 운용의 필요성 연구”, 한국건축시공학회지, 20(1), pp.18~23, 2020.
- [14] 엄재섭·김승범, “AHP 기법을 이용한 국방연구개발사업 위험요인 분석에 관한 연구”, 한국데이터정보과학회지, 23(3), pp.557~569, 2013.
- [15] 여성철·문종섭, “국방정보체계의 비밀데이터 관리방안 연구”, 정보보안학회논문지, pp.1285~1292, 2014.
- [16] 이범구·신용철·유황빈·조용건, “AHP 기법을 통한 군용차량 개발 시 운용자 요구사항 우선순위 설정 연구”, 대한산업공학회지, 36(2), pp.117~124, 2010.
- [17] 이상석·홍재범, “계층분석과정에 의한 기업어음 신용평가모형”, 한국경영과학학회지, 15(1), pp. 97~116, 1998.
- [18] 이성학, “안전거리를 고려한 지하형 탄약고 설계 방법에 관한 연구” 강원대학교 박사학위논문, 2021.
- [19] 이영중, “총수명주기체계관리(TLCSM)를 고려한 방위력개선사업의 낙찰자(기종) 결정 평가항목에 관한 연구”, 광운대학교 박사학위논문, 2015.
- [20] 이희석·Zhou, Yingxin, “싱가포르 지하공간 개발의 현황 및 이슈”, 터널과 지하공간, 28(4), pp.304~324, 2018.
- [21] 임성훈·조기·박승, “무기체계의 효과분석과 의사결정을 위한 다기준 분석방법론 연구”, 한국군사과학기술학회지, 12(5), pp.557~562, 2009.

- [22] 정봉룡·박상윤, “터널형 탄약고 최적화 설계방안”, 군수, 제39호, pp.101~115, 2015.
- [23] 정현순·한인구·김경재, “기업평가시스템을 위한 AHP 모형의 개발”, 한국경영과학 학회지, 20(2), pp.165~178, 2003.
- [24] 정춘임, “4차 산업혁명과 군사혁신 4.0”, 전략연구, 24(2), pp.183~211, 2017.
- [25] 최담·정석재, “AHP 기법을 활용한 창정비 수행기관 선정을 위한 다 기준 평가모형 개발 및 적용”, 한국군사학회 70(3), pp.125~148, 2014.
- [26] 최담, “AHP 기법과 판단지수를 활용한 창정비 수행기관 선정방안 연구”, 광운대학교 박사학위논문, 2014.
- [27] 최종근·김병규·장윤석, “4차 산업혁명 기술 기반 스마트 탄약물류체계 구축방안 연구”, 인터넷정보학회논문지, 23(1), pp.135~145, 2022.

## [단행본 및 연구보고서 등]

- [1] 국방부, “전평시 효율적인 탄약지원을 위한 스마트물류체계 적용방안 연구”, 2021a.
- [2] \_\_\_\_\_, “‘21년 군수혁신 추진계획 보고서”, 2021b.
- [3] \_\_\_\_\_, “국방군수빅데이터 수집 및 분석 BPR/ISP 연구보고서”, 2021c.
- [4] \_\_\_\_\_, “4차 산업혁명 스마트 국방혁신을 위한 데이터 기반 군수혁신 추진계획”, 2021d.
- [5] \_\_\_\_\_, “신기술 적용을 통한 보급 저장시설 물류 향상 방안 연구”, 2020a.
- [6] \_\_\_\_\_, “1보급단 일반창고 스마트화 시범사업 추진 경과 보고서”, 2020b.
- [7] \_\_\_\_\_, “사물인터넷(IoT) 기반 스마트 탄약고 구축”, 2020c.

- [8] \_\_\_\_\_, “탄약 및 폭발물 안전관리 지시”, 2019.
- [9] 국토교통부, “스마트 철도안전관리시스템 구축 기본계획 수립 연구”, 2017.
- [10] 삼성에스원, “스마트 탄약고 통합모니터링 시스템 구축안”, 2020.
- [11] 세종특별자치시, “세종특별자치시 스마트시티 전략계획”, 2019.
- [12] OO시, “지하형 스마트 탄약고 구축방안 연구”, 2020.
- [13] 양창호, “물류와 SCM의 이해”, 박영사, 2019.
- [14] 육군본부, “스마트부대 표준 플랫폼 구축을 위한 정보화전략 계획 수립사업”, 2020.
- [15] \_\_\_\_\_, “군수부대 저장시설 기동화 방안 연구”, 2017.
- [16] \_\_\_\_\_, “야전교범 탄약근무”, 2015.
- [17] \_\_\_\_\_, “야전교범 탄약부대”, 2014.
- [18] 연세대학교, “스마트건축 육성을 위한 기본계획 수립 및 정책방안 연구”, 2020.
- [19] 조근태, 조용곤, 강현수, “계층 분석적 의사결정”, 동현출판사, 2003.
- [20] 최영호, “물류, 기본이 중요하다”, 웰북스, 2020.
- [21] 한국국방기술학회, “국방 인공지능 발전계획 수립 연구”, 2020.
- [22] 한국국방연구원, “공군 스마트비행단 기술적용 및 첨단 ICT 적용 방안”, 2017.
- [23] 합동참모본부, “효율적인 탄약 전력화 방안”, 2020.
- [24] \_\_\_\_\_, “무인로봇의 군사적 활용방안과 운용개념 정립”, 2015.
- [25] 해군본부, “4차 산업기술 적용을 통한 통합수리부속창고 물류 향상방안 연구”, 2020.
- [26] 황규승, “엑셀을 활용한 경영과학의 이해”, 학현사, 2006.

## 2. 국외 문헌

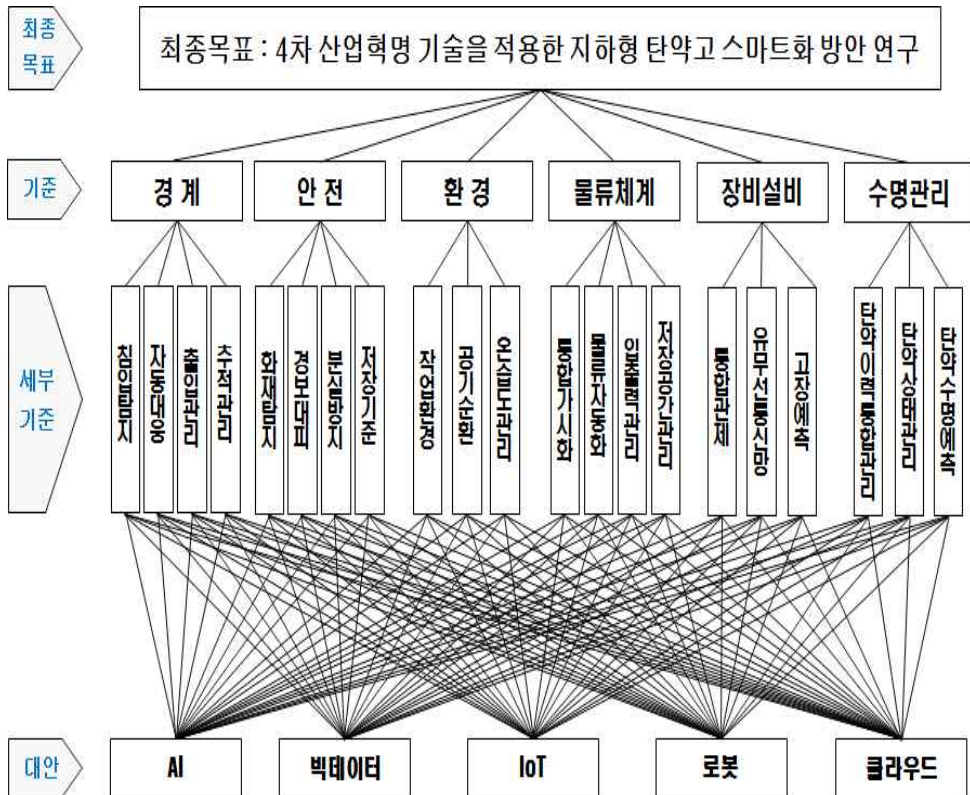
- [1] Bottero, M., & Peila, D., “The use of the Analytic Hierarchy Process for the comparison between microtunnelling and trench excavation”, *Tunnelling and Underground Space Technology* 20, pp.501~513, 2005.
- [2] DOD, “Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance Test Guide”, Department of Defence Handbook, 2011.
- [3] Howard, Ronald A., “Decision Analysis : Practice and Promise”, *Management Science*, 34(6), pp.681~685, 1988.
- [4] Nagesha, N., Balachandra, P., “Multi-criteria-based prioritization using the analytic hierarchy process”, Department of Management Studies, Indian Institute of Science, Bangalore, India, 2004.
- [5] Ngai, E.W.T., and Chan, E.W.C., “Evaluation of knowledge management tools using AHP”, *Expert Systems with Applications*, 29, pp.889~899, 2005.
- [6] Omkarprasad, S. V., & Sushil, K., “Analytic hierarchy process: An overview of applications”, *European Journal of Operational Research*, 169(1), pp.1~29, 2006.
- [7] Saaty, T. L., “Decision making for Leaders. Pittsburgh”, RWS Publications, 1999.
- [8] Saaty, T. L. & Vargas, L., “Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process”, Kluwer Academic Publishers: London, 2001.
- [9] Saaty, T. L., “Decision making with the AHP”, *European Journal of*

Operational Research, 145, pp.85~91, 2013.

- [10] UN Safer-Guard, “Security Principles and system, International Ammunition Technical Guideline”, 2020.
- [11] Wind, Yoram and T. L. Satty, “Marketing Application of the AHP”, Management Science, 1(27), pp.645~668. 1980.
- [12] Yasemin, C. E., & Temel, O. M. L. D., “Determining key capabilities in technology management using fuzzy analytic hierarchy process”, Information Sciences, 2005.

## 부록 : AHP기법 적용 설문

< 목표, 계층구조 >



< 설문 방법 >

1. 설문 기간 : 4.11 ~ 4.22
2. 설문 대상 : 4차 산업혁명 기술을 인지하고 있는 탄약관리 10년 이상  
유경험자
3. 설문 인원 수 : 20명 내외
4. 설문지 : 붙임 참조
5. 분석 기간 : 4.27 ~ 5.4

붙임

## < AHP기법 설문지 >

- ♣ 본 설문은 '4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안 연구'를 위한 통계 목적으로 사용하기 위해 준비하게 되었습니다. 각각의 항목 간에 상대적 중요도를 비교하는 AHP 방법을 적용합니다.
- ♣ AHP 설문은 쌍대비교한 결과, 전체 항목의 순서와 중요도에 일관성이 있어야 합니다. 항목이 많아지면 일관성을 유지하기가 어려우므로, 아래 작성 예와 같이, '전체 우선순위'를 먼저 적어두고 비교하십시오.

(작성 예) ① 단계 : 쌍대비교 대상 항목들의 전체 우선순위 기록  
 ② 단계 : 정해진 우선순위와 중요한 정도에 어긋나지 않게 ✓ 표시

| 대 상  | ①항목 ②항목 ③항목 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 우선순위 | 2, 1, 3     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 항목   | ← 중요도 →     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|      | 9           | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ①항목  |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ①항목  |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ②항목  |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

☞ ① 단계입니다.  
 ☞ ② 단계입니다.  
 ①-③ 항목간의 중요한 정도가 가장 큰 것에 주의 하십시오.

※ 쌍대비교의 척도표

| 중요도        | 정 의                             | 설 명                          |
|------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1          | 비슷함 (equal importance)          | 두 항목이 비슷한 중요도를 가진다고 판단됨      |
| 3          | 약간 중요함 (moderate importance)    | 한 항목이 다른 항목보다 약간 더 중요하다고 판단됨 |
| 5          | 중요함 (strong importance)         | 한 항목이 다른 항목보다 중요하다고 판단됨      |
| 7          | 매우 중요함 (very strong importance) | 한 항목이 다른 항목보다 매우 중요하다고 판단됨   |
| 9          | 극히 중요함 (extreme importance)     | 한 항목이 다른 항목보다 극히 중요하다고 판단됨   |
| 2, 4, 6, 8 | 위 값들의 중간 값                      | 위 값들의 중간값에 해당한다고 판단          |

✓ 설문에 참여해주셔서 감사드립니다.

2022년 4월

광운대학교 방위사업학과 박사과정 김병규 올림

♣ 평가항목을 위한 용어의 이해를 돕기 위한 정의를 참조하시기 바랍니다.

<기준, 세부기준의 조작적 정의>

| 기준       | 세부기준   | 조작적 정의                                                    |
|----------|--------|-----------------------------------------------------------|
| 경계       | 침입탐지   | ▪ 지능형 CCTV, 센서 등 활용하여 침입자를 시스템에 의해 자동 탐지하는 것              |
|          | 자동대응   | ▪ 침입자 발생 시 자동적으로 경고, 신속한 상황전파, 경계팀 출동 명령 하달하는 것           |
|          | 출입관리   | ▪ 출입인원에 대한 관리 및 적절한 통제를 하는 것                              |
|          | 추적관리   | ▪ 출입자, 침입자 등 외부, 내부 인원의 영내 진입부터 퇴거까지의 동선을 추적 및 할 수 있는 것   |
| 안전       | 화재탐지   | ▪ 지능형 CCTV, 센서 등을 활용하여 화재를 조기에 탐지하는 것                     |
|          | 경보대피   | ▪ 화재 발생 시 시스템에 의해 경보하고 대피하도록 안내하는 것                       |
|          | 분실방지   | ▪ 센서, 재산현황 확인 및 관리를 통해 탄약유출을 감시하고 예방하는 것                  |
|          | 저장기준   | ▪ 안전거리, 탄종별 폭약량 관리를 통해 저장기준에 따라 관리하는 것                    |
| 환경       | 작업환경   | ▪ 작업자 안전과 작업여건 등에 대해 구비하고 관리하는 것                          |
|          | 공기순환   | ▪ 지하형 탄약고의 내부 공기질을 관리하는 것                                 |
|          | 온습도관리  | ▪ 항온항습 통제로 탄약의 저장수명을 보장하는 것                               |
| 물류<br>체계 | 통합가시화  | ▪ 탄약 수입·불출, 재산현황 등 일체를 통합하여 화면으로 제공하는 것                   |
|          | 물류자동화  | ▪ 물류로봇, AGV 등 채택하여 물류를 자동화하는 것                            |
|          | 입출력관리  | ▪ 탄약수불시 입력 및 출력을 자동으로 처리하여 재산관리가 되도록 하는 것                 |
|          | 저장공간관리 | ▪ 탄약고내부 저장공간 입체적 관리로 가용공간을 확인하고, 최적의 저장 솔루션을 제공하는 것       |
| 장비<br>설비 | 통합관제   | ▪ 지하형 탄약고 내·외부 장비들과 설비들을 통합하여 관제하고 통제하는 것                 |
|          | 유무선통신망 | ▪ 모든 시스템들과 내외부 부대들과의 통합 및 관리가 가능하도록 하는 유무선통신망 구축 및 관리하는 것 |

|          |              |                                                                                                               |
|----------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | 고장예측         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 각종 장비 및 설비들의 고장징후 미리 예측하고, 고장시 신속히 대체할 수 있게 병렬시스템을 구비하는 것</li> </ul> |
| 수명<br>관리 | 탄약이력<br>통합관리 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 탄종별 신뢰성평가 결과와 탄약 검사 및 정비한 이력들을 통합하여 관리하는 것</li> </ul>                |
|          | 탄약상태관리       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 실시간 탄약의 상태저하 모니터링하고 미리 검사하고 정비할 수 있게 관리하는 것</li> </ul>               |
|          | 탄약수명예측       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 각종 기술자료, 상태관리 정보 등을 통합하여 수명 향상할 수 있게 제공해주는 예측 시스템</li> </ul>         |

자료 : 전평시 효율적인 탄약지원을 위한 스마트 물류체계 적용방안 연구  
(2021. 9, 국방부)

#### <4차 산업혁명기술의 조작적 정의>

| 대안   | 조작적 정의                                                                                                                       |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AI   | 인간이 가진 지각 학습 추론 자연언어 처리 등의 능력을 컴퓨터가 실행할 수 있도록 프로그램으로 구현<br>* 예) Facebook의 Deepface, 아마존사의 Anticipatory shipping              |
| 빅데이터 | 기존 데이터베이스 관리 도구의 능력을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형의 데이터 집합을 포함한 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하는 기술<br>* 예) DHL사의 Resilience 360, CGM사의 TRAXENS |
| IoT  | 센서나 통신 기능이 내장된 기기(사물)들이 통신망으로 연결되어 주변의 정보를 수집하고, 이 정보를 다른 기기와 주고받으며 정해진 규정에 따라 적절하게 처리<br>* 예) CJ 대한통운의 쿨 가디언                |
| 로봇   | 인간의 지능 행동 감각 상호작용 등을 모방하여 인간을 대신하거나 인간과 협력하여 다양한 서비스를 제공<br>* 예) DHL사의 Parcel Robot, Magazino사의 Mobile Piece Picking Robot   |
| 클라우드 | 오픈 플랫폼에서 물류 거래, 물류 프로세스 관리, 고객센터 서비스 제공 등의 기능을 구현하는 컴퓨팅 기술<br>* 예) Keychain의 Logistics, CJ 대한통운의 Hello                       |

♣ 평가항목 중 상대적으로 항목에 중요도를 'v'로 표시해 주십시오.

1. '4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안 연구'의 목표 중에서 어느 것이 더 중요하다고 생각하십니까?

본 연구를 위해서 4차 산업혁명 기술 발전과 정책부서와 야전부대 의견수렴, 민간물류 분야 발전, 군의 일반물자 물류 발전 방향 등을 종합 및 분석하였습니다. 그 결과, 지하형 탄약고의 물류 개선을 위한 크게 6개 목표로 설정할 수 있었습니다. 6개 목표 중에서 상대적인 중요성과 우선 순위를 판단하고자 설문을 진행 중입니다.

| 대 상    | ① 경계 ② 안전 ③ 환경 ④ 물류체계 ⑤ 설비관리 ⑥ 수명관리 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 중요도 →                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                                   | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① 경계   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 안전   |     |
| ① 경계   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ 환경   |     |
| ① 경계   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 물류체계 |     |
| ① 경계   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 장비설비 |     |
| ① 경계   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑥ 수명관리 |     |
| ② 안전   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ 환경   |     |
| ② 안전   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 물류체계 |     |
| ② 안전   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 장비설비 |     |
| ② 안전   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑥ 수명관리 |     |
| ③ 환경   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 물류체계 |     |
| ③ 환경   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 장비설비 |     |
| ③ 환경   |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑥ 수명관리 |     |
| ④ 물류체계 |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 장비설비 |     |
| ④ 물류체계 |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑥ 수명관리 |     |
| ⑤ 장비설비 |                                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑥ 수명관리 |     |

2. 경계 항목 중에서 어느 것이 더 중요하다고 생각하십니까?

| 대 상  | ① 침입탐지 ② 자동대응 ③ 출입관리 ④ 추적관리 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 우선순위 |                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 항 목  | ←                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2-1. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 경계 중 '침입 탐지'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '침입탐지'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 침입탐지

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

2-2. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 경계 중 '자동 대응'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '자동대응'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 자동대응

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

2-3. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 경계 중 ‘출입 관리’에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 ‘출입관리’에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 출입관리

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

2-4. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 경계 중 ‘추적 관리’에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 ‘추적관리’에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 추적관리

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

3. 안전 항목 중에서 어느 것이 더 중요하다고 생각하십니까?

| 대 상    | ① 화재탐지 ② 경보대피 ③ 분실방지 ④ 저장기준 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                           | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① 화재탐지 |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 경보대피 |     |
| ① 화재탐지 |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ 분실방지 |     |
| ① 화재탐지 |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 저장기준 |     |
| ② 경보대피 |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ 분실방지 |     |
| ② 경보대피 |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 저장기준 |     |
| ③ 분실방지 |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 저장기준 |     |

3-1. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 안전 중 '화재 탐지'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '화재탐지'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 화재탐지

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

3-2. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 안전 중 '경보 대피'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '경보대피'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 경보대피

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |        |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--------|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |        |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | 항 목    |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |  |        |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ② 빅데이터 |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ③ IoT  |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ④ 로봇   |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ⑤ 클라우드 |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ③ IoT  |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ④ 로봇   |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ⑤ 클라우드 |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ④ 로봇   |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ⑤ 클라우드 |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  | ⑤ 클라우드 |

3-3. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 안전 중 '분실 방지'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '분실방지'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 분실방지

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

3-4. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 안전 중 '저장 기준'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '저장기준'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 저장기준

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

4. 환경 항목 중에서 어느 것이 더 중요하다고 생각하십니까?

| 대 상  | ① 작업환경 ② 공기순환 ③ 온습도관리 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 우선순위 |                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 항 목  | ←                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4-1. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 환경 중 ‘작업 환경’에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 ‘작업환경’에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 작업환경

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

4-2. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 환경 중 ‘공기 순환’에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 ‘공기순환’에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 공기순환

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

4-3. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 환경 중 '온습도관리'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '온습도관리'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 온습도관리

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

5. 물류체계 항목 중에서 어느 것이 더 중요하다고 생각하십니까?

| 대 상     | ① 통합가시화 ② 물류자동화 ③ 입출력관리 ④ 저장공간관리 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |     |
|---------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|-----|
| 우선순위    |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          |     |
| 항 목     | ← 기여도 →                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |          | 항 목 |
|         | 9                                | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |          |     |
| ① 통합가시화 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 물류자동화  |     |
| ① 통합가시화 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ 입출력관리  |     |
| ① 통합가시화 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 저장공간관리 |     |
| ② 물류자동화 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ 입출력관리  |     |
| ② 물류자동화 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 저장공간관리 |     |
| ③ 입출력관리 |                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 저장공간관리 |     |

5-1. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 물류체계 중 '통합가시화'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '통합가시화'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 통합가시화

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

5-2. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 물류체계 중 '물류자동화'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '물류자동화'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 물류자동화

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

5-3. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 물류체계 중 '입출력관리'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '입출력관리'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 입출력관리

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

5-4. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 물류체계 중 '저장공간관리'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '저장공간관리'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 저장공간관리

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

6. 장비설비 항목 중에서 어느 것이 더 중요하다고 생각하십니까?

|      |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 대 상  | ① 통합관제 ② 유무선통신망 ③ 고장예측 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 우선순위 |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 항 목  | ←                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

6-1. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 장비설비 중 '통합관제'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '통합관제'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 통합관제

|        |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

6-2. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 장비설비 중 '유무선통신망'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '유무선통신망'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 유무선통신망

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

6-3. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 장비설비 중 '고장예측'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '고장예측'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 고장예측

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ②빅데이터  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

7. 수명관리 항목 중에서 어느 것이 더 중요하다고 생각하십니까?

| 대 상        | ① 탄약이력통합관리 ② 상태관리 ③ 수명예측 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위       |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목        | ← 중요도 →                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|            | 9                        | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① 탄약이력통합관리 |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 상태관리 |     |
| ① 탄약이력통합관리 |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ 수명예측 |     |
| ② 상태관리     |                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ 수명예측 |     |

7-1. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 수명관리 중 ‘탄약이력통합관리’에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 ‘탄약이력통합관리’에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 탄약이력통합관리

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

7-2. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 수명관리 중 '탄약상태관리'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '탄약상태관리'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 탄약상태관리

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

7-3. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 구축 시에 스마트화를 위한 기준항목인 수명관리 중 '수명예측'에 중요한 4차 산업기술의 기여도에 관한 질문입니다. 4차 산업기술 (AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드) 중 상대적으로 '수명예측'에 어느 기술이 더 기여한다고 생각하십니까?

■ 수명예측

| 대 상    | ① AI ② 빅데이터 ③ IoT ④ 로봇 ⑤ 클라우드 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|-----|
| 우선순위   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        |     |
| 항 목    | ← 기여도 →                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |        | 항 목 |
|        | 9                             | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |        |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ② 빅데이터 |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ① AI   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ③ IoT  |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ② 빅데이터 |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ④ 로봇   |     |
| ③ IoT  |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |
| ④ 로봇   |                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ⑤ 클라우드 |     |

♣ 해당되는 곳에 √ 표시해주세요.

|              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| 소 속          | ① 정부기관 ② 각군 ③ 정부출연기관 ④ 학계 ⑤ 업체   |
| 직 업          | ① 군인·군무원 ② 공무원 ③ 교수·연구원 ④ 업체 임직원 |
| 경력(방산, 군수 등) | ① 10년 이내 ② 10~20년 ③ 20년 이상       |
| 연 령          | ① 30대 ② 40대 ③ 50대                |
| 학 력          | ① 학사 ② 석사 ③ 박사                   |

√ 다시 한번 설문에 참여해주심에 깊이 감사드립니다.