

Smartization strategy for underground ammunition depots toward the adoption of the technologies of the Fourth Industrial Revolution

Kim, Byungkyoo* · Lee, Sukjun**

ABSTRACT

Due to economic changes and population growth, the facilities in military need to be changed, and in particular, ammunition depots for wartime occupy a large number of sites, so management policies need to be improved. The Ministry of National Defense is presenting the design of the underground ammunition depot according to the guidelines, but concrete improvements are needed in consideration of wartime preparation. Our study aims to explore the importance and priorities of how to utilize the technology of the 4th Industrial Revolution necessary for smartization of underground ammunition depots for implementing Defense Innovation 4.0. To this end, the present study conducted an AHP analysis based on the criteria (guard, safety, environment, logistics system, equipment facilities, and life management) to be considered as a smartization plan for underground ammunition depots, and the need to apply it in the relative importance of AI, IoT, big data, cloud, and robots was confirmed. As a result of the analysis, this paper has shown that it is necessary to strengthen the safety and guard-related systems of underground ammunition depots in the future, and to monitor the condition of ammunition using IoT and AI and pursue efficient operation. This study provides practical and academical considerations for future research, priority determination and policy implementation using the 4th Industrial Revolution technology are required for the effective construction and operation of smart underground ammunition depots. Subsequent studies need to expand the underground ammunition depot in consideration of the characteristics of the weapon system, taking into account the safety and availability considering the total cycle.

Keywords : ammunition management, smartization of underground ammunition depot, technology of the forth Industrial Revolution, analytic hierarchy process (AHP)

* (First Author) Sungkyunkwan University, Artificial Intelligence Research Institute, Professor for Industry Collaboration Purpose, kbkidid@skku.edu, <https://orcid.org/0000-0002-1110-381X>,

** (Corresponding Author) Kwangwoon University, Department of Business Administration, Professor, sjlee@kw.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0001-5608-2656>.

I. 서론

2022년 2월에 시작된 러시아-우크라이나 전쟁은 1980년 이후 제한적인 규모의 국지전과 다르게 양 국가 간의 대규모 병력과 물자를 동원한 전면전으로 두 국가가 사용한 탄약이 일일 6천발에서 1.2만발 정도 소모된 것으로 추정된다. 그래서 우크라이나를 지원하는 미국과 나토 국가는 우크라이나의 탄약 사용량 통제를 요구하고 있다.¹⁾ 이처럼 탄약은 가장 기본 전쟁물자로 엄격한 규격에 의해 생산 재료를 관리하고 고도의 첨단 가공 기술을 적용하여 허가된 시설에서만 생산할 수 있어 발주부터 생산 및 전력화까지 최소 1년 이상 기간이 소요된다. 이런 점에서 탄약은 전시에 긴급히 필요하다고 해서 단기간에 확보하기가 매우 제한적이며, 탄약은 생산 직후에 장기간 보관하여 사용되므로 저장기간이 경과하면서 저장 탄약고의 온도·습도 변화에 따라 성능이 저하될 수 있다 (Park, Kim, & Park, 2019).

군은 필요 탄약을 확보하고 장기간 성능을 발휘할 수 있도록 안전하게 저장 관리하는 것이 중요하며, 우리 군도 작전계획에 따라 탄약을 전방과 후방지역에 분산하여 저장관리하고 있다(Kim, B. K., 2022a). 그러나 2000년 이후 인구의 도시 집중화로 도시가 주변 지역으로 점차 확장되면서 인근 탄약창과 탄약부대의 이전을 요구하는 민원이 증대하고 있다.²⁾ 이로 인해 국방부와 관련 부대는 기본 임무수행에 지장이 있으며 민관군 갈등문제까지 발생하고 있어³⁾ 탄약부대의 도심 외곽으로 이전과 지하화를 통한 점유부지 축소에 관한 대안을 추진하고 있다. 특히, 지하형 탄약고는 지표면 하부에 건설되어 예기치 못한 불의의 폭발 사고에 대비한 민간지역과의 안전거리 확보 및 탄 저장 시 습도·온도 영향을 감소할 수 있어 탄약의 수명 연장 효과에 장점을 갖고 있다(Kim, B. K., 2022b). 실제 2015년에 국방부와 지방자치단체 OO시는 상호 합의각서를 체결하여 기부 대 양여방식⁴⁾으로 지하형 탄약고를 신축하였고, 2017년 국방부는 OO시로부터 지하형 탄약고를 기부받아 현재까지 안전·시설 측면에서 문제점 없이 정상 운영하고 있다(Ahn, Kim, Kim, & Park, 2020). 하지만, 현재 운용 지하형 탄약고는 기존 지상형 탄약고의 관리 시스템을 대부분 그대로 준용하면서 일부 CCTV 활용한 경계, 정맥 인식 출입관리, 온·습도 모니터링 등만 추가로 설치하여 운용하고 있다(Choi, Kim, & Chang, 2022) 탄약 관련 온·습도 및 공기질, 화재 감시 등을 모니터링하고 안전하게 관리하는 과학화 시스템 환경 구축이 미흡한 실정이다.

반면, 민간의 산업현장 및 물류체계는 ICT 기반의 4차 산업혁명(4th industrial revolution : 4IR) 기술을 이용한 관리와 물류 혁신을 통해 비용 절감과 운용 효율화를 달성하고 있다(Lee, E. J., 2021;

1) 임수근(2022.11.27.). 우크라전쟁, 2차 대전 이후 최대 소모전...무기·탄약 생산에 불똥. YTN.

2) 이순민(2023.05.23.). 굴현동 탄약부대, 이전 후보지 찾는다. <https://www.incheonilbo.com/news/articleView.html?idxno=1195015>

3) 국방부(2022). 2022년도 성과관리 시행계획(p.92). https://www.evaluation.go.kr/upload2/atch/eval/202208291217_50397.pdf

4) 국유재산 기부 대 양여 사업관리 지침(기획재정부훈령 제389호, 2018.9.6.).

Shin, H. J., 2020). 그래서 군도 이러한 새로운 기술과 시스템을 적극적으로 도입해야 할 필요성이 제기된다(Kim, B. K., 2022b). 그러나 지하형 탄약고는 기존 지상형 탄약고와 비교하여 지하 시설물이라는 특성으로 여러 제한 및 위험요소가 존재한다. 예를 들어 탄약고 내 압력 및 온도 변화 및 지형에 따른 탄약고 내 우발적 폭발로 인한 잔해물에 대한 안전거리 부족, 보관 탄약의 우발적 점화, 외부 열 및 정전기 자극에 따른 추진제의 자연발화나 폭발 등이 발생할 가능성이 있다(e.g., Wang, Yang, Zou, Dong, & Huo, 2021). 그래서 해당 탄약고의 특성에 맞는 일련의 탄약 업무(탄약 저장, 관리, 보급 등)를 근본적으로 재검토하여 스마트 지하형 탄약고의 개념을 정립해야 한다. 따라서 본 연구는 전시에 전투부대가 요구하는 적시·적소·적정량의 탄약 보급에 대비한 지하형 탄약고의 스마트화 방안을 토대로 평시에 탄약 저장의 효율성 제고 전략을 제안하고자 한다. 이를 위해 본 연구는 선행연구의 결과(Kim, 2022b)를 토대로 스마트 지하형 탄약고가 갖추어야 할 필요요소를 도출하기 위해 현장 확인, 관련 자료 검토, 정책 및 야전부대의 의견 청취 과정을 진행하였다. 해당 과정을 통해 Kim(2022b) 연구에서 도출한 6개(하위 세부 21개) 기준을 토대로 전문가 20명에게 지하형 탄약고 신축 시 적용할 수 있는 4차 산업혁명 관련 기술 대안을 검토하고, AHP 분석을 진행하였다. 구체적으로 본 연구는 지하형 탄약고의 스마트화를 위한 AI(인공지능), 빅데이터, IoT(사물인터넷), 분석결과, 로봇, 클라우드 기술의 중요도와 세부기준에 따른 4차 산업혁명 기술 적용 우선순위를 도출하였다. 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방안 구현에서 ‘안전’ 요소가 가장 중요한 기준으로 도출되었으며, 4차 산업혁명 기술에 관한 가중치로 AI(0.279), IoT(0.269), 빅데이터(0.243), 클라우드(0.106), 로봇(0.103) 순으로 나타났다. 지하형 탄약고 스마트화 실현의 필수 기술로 AI, IoT, 빅데이터 도입을 중요하게 인식하고 있다고 볼 수 있다. 본 연구는 지하형 탄약고의 스마트화를 위한 4차 산업혁명 관련 기술의 중요도와 적용 우선순위를 도출함으로써 향후 지하형 탄약고 신축 계획의 수립과 정책추진에 필요한 기초자료를 제시하였다는 점에서 실무적인 시사점이 높다고 볼 수 있다.

II. 탄약관리 및 탄약고의 특징

2.1 탄약 저장·관리의 탄약고



최근 우크라이나-러시아 전쟁을 통해 전면적인 대화력전 수행에서 장거리 및 정밀 타격뿐만 아니라 탄약의 보유 수준이 전쟁의 승패를 좌우하는 중요한 요인으로 부각되고 있다.⁵⁾ 결국 전장 환경의 과학화로 장비의 고성능에도 불구하고, 전장에서 탄약의 운용가능성이 저하되면 그 무기체계

5) 2차 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).

는 활용도가 낮아지게 된다. 현재 대한민국 육군의 평시(전시) 총자산에서 핵심물자인 탄약의 비중은 약 25%(63%) 수준으로 무기체계의 발전에 따라 탄약의 확보, 저장, 관리, 보급 등이 더욱 중요해지고 있다.⁶⁾ 그래서 이런 탄약지원은 평시에는 탄약을 전·후방의 광범위한 지역에 분산하여 저장 및 관리하며, 전시에는 전투부대가 요구하는 탄약을 적기, 적소, 적량을 보급할 수 있어야 한다. 이런 의미에서 평시부터 탄약부대는 전시에 소요될 것으로 판단되는 탄약을 미리 확보하여, 안전하게 성능이 보장되도록 저장하고 관리해야 한다. 그러나 탄약은 단기간에 획득할 수 없으므로 평시부터 확보 후에 유사시를 대비한 장기간 저장이 요구되며, 무엇보다도 폭발물로 저장, 안전, 분배 측면에서의 매우 엄격하게 관리되어야 한다. 특히, 탄약저장 과정에서 초기 성능과 품질이 보장되어야 하고, 위험에 대비한 안전이 확보되어야 하므로 전시 작전계획을 고려하여 많은 양의 탄약을 전방과 후방지역에 분산하여 저장하고 있다(Kim & Moon, 2020).⁷⁾

군은 탄약의 품질·성능 보장 및 장기간 저장의 목적으로 탄약고(지상형, 지하형)를 건설하여 운영하고 있다. 지하형 탄약고는 지표면 하부에 설치되고, 폭약량에 따른 안전거리가 탄약고 상부부터 지표면까지의 두께로 결정되므로 폭발에 대비한 안전거리가 지상형 탄약고와 비교해서 안전거리가 최대 75% 감소할 수 있다(Kim, B. K., 2022b). 또한, 해당 탄약고는 적 미사일 등에 대비한 생존성을 상대적으로 높일 수 있고 항온항습기를 설치함에 따라 일정한 수준으로 온·습도를 유지할 수 있는 장점이 있어 탄약의 수명연장이 가능하다.

<Table 1> Examples of underground and ground ammunition depot (based on 10,000 tonnes)

		Underground ammunition depot (AD)	Ground-based ammunition depot (AD)
Safe distance ⁸⁾		Approx. 75% less than ground-based AD	-
Storage condition	Temperature	14~16 °C	-6.6~23.1 °C
	Relative humidity	40% (Operation of the constant temperature and humidity system)	40% (Operation of the constant temperature and humidity system) 50~90%(Natural conditions)
Ammunition life ⁹⁾		14.8 years (48% ↑)	-
			

6) 나중철, 백인성, 김윤호, 노우주(2012). 북한의 미사일 위협에 대비한 우리의 탄약기술 동향과 발전방향. 국방과 기술, 400, 80-99.

7) 이러한 임무를 담당하고 있는 것이 전방지역에는 탄약보급소(ASP Ammunition Supply Point : 전투와 훈련에 사용되는 탄약을 저장하고 관리하는 중대급 규모의 탄약부대)이며, 후방지역에는 탄약창이다. 폭발에 대비하여 안전거리를 확보해야 하므로 탄약보급소는 대략 00만 평 규모로, 탄약창은 대략 000만 평 정도의 부지를 점유하고 있음.

2.2 탄약수불과 관리

전쟁 수행에 필수적인 탄약은 매우 높은 폭발성의 특성이 있어 취급, 저장, 수송 등에서 폭발물 및 화약류 취급 규정에 따라 관리되어야 한다.¹⁰⁾ 게다가 탄약 투발 수단(병사, 총기, 야포, 전차, 다련장 등)에 따라 탄약 종류도 다양하고 내부에 충전된 화약의 종류 및 양도 상이하므로 일괄적인 관리가 쉽지 않으며 로트별로 분리 저장해야 하므로 저장 공간이 많이 소요된다. 특히, 구조 측면에서 탄두 내부에 고성능의 고폭화약과 추진제가 포함되어 있어 화재나 폭발 발생 가능성에 대비한 안전관리가 요구된다. 그래서 군은 평시·전시에 소총탄을 제외하고 대부분의 탄약을 운반하거나 수송할 때에 지게차, 유압크레인 등을 특수 제작한 탄약 취급 장비를 반드시 사용해야 한다(Kim et al., 2004; Kim, 2022a).

이런 탄약의 수불 측면에서 주로 교육용으로 탄약으로 사용하는 평시와 달리 전시에는 원활한 작전 지원을 위해 탄약의 저장관리, 불출 관리, 수송관리, 실시간 전장 상황과 부합된 지원계획 조정 등의 능력을 확보해야 한다. 예를 들어 전시 상황에서 군은 탄약저장시설 내에 보관된 탄약을 전방 전투지역으로 운송차량을 활용하여 수송하게 되지만, 상황에 따른 작전계획 변경으로 수송과정에서 수송 요구 목적지와 수량 등의 변동이 발생할 수 있어 불출 및 수송관리에 효율화가 요구된다(e.g., Choi, Kim, & Chang, 2022). 그래서 탄약 보급 및 수송을 통제하는 지휘소에서 탄약 수송 차량의 위치추적과 수송정보를 실시간으로 교환할 수 있도록 유무선 통신망이 구축하고, 이런 국방 수송정보체계를 활용하여 전시와 평시의 수송업무를 수행할 수 있으며, 국방군수통합정보체계를 토대로 탄약을 관리해야 한다.

2.3 지하형 스마트 탄약고 관리 및 개선

지하형 탄약고 구축 시 안전거리 확보를 위한 격실 규모, 탄약고 상부 두께 등에 대한 기본적인 안전 요건의 구비를 강조하였다(Park, Back, & Park, 2020). 이런 지하형 탄약고를 활용할 경우 안전거리 위반을 해소할 수 있어 민원 발생 해소가 가능하며, 또한 부족한 저장능력 확보를 통해 소요부지 감소가 가능하여 지상형 탄약고와 비교하여 비용적 효과가 높다고 볼 수 있다(Park, Jun, Choi, & Park, 2020).

상기한 탄약의 특성상 수명연장과 안전 관리를 위해 4차 산업혁명 기술 도입하여 탄약고 내부의 온·습도 및 공기 질 관리 및 신속하고 정확한 탄약수불 관리를 수행할 수 있는 자동화·지능화

8) 000ASP : 안전거리 약 75% 감소로 주변 민간지역과의 안전기준 미충족 해소가 가능함.

9) 고가탄약 수명연장방안 연구결과(기품원)로 유도탄 상대습도 40% 유지할 경우에 1.48배 탄약수명 연장 효과가 있는 것으로 확인됨.

10) 국방 탄약 및 폭발물 안전관리 훈령(국방부 훈령 제1794호, 2015.5.21.).

인프라 구축이 가능할 것이다(Kim, 2022a). 게다가 지하형 탄약고의 운영 확대 및 대형화에 따라 부적절한 관리에 따른 우발적 폭발 위험로 인력 및 장비 손실의 위험(Lai, 2020)에 대비하여 탄약 저장시설과 각종 인프라에 다양한 전자통신 기술(센서, 클라우드, 빅데이터, 정밀제어 등)을 융합한 운영 관리의 효율성을 확보할 필요가 있다. 특히, 탄약의 수불관리 측면에서 개선은 입고단계에서 스마트 물류 및 차량 관제 시스템을 구축하고, 신속하고 정확한 탄약의 입고출고가 실시간으로 관리되어야 한다. 다음 검사단계는 검사장비의 자동화와 검사 절차 표준화가 요구되며, 이후 정비 안전성과 신속하고 정확한 출고관리가 가능하도록 안전(safety), 보안(security), 통합(integrity) 차원에서 스마트화를 추진해야 할 것이다(Ahn et al., 2020).

III. 연구방법

3.1 AHP 활용한 지하형 탄약고 스마트화 방안 평가를 위한 기준항목 식별

본 연구는 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고의 스마트화 방안을 도출하기 위한 대안을 선정하기 위해 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 활용하였다. 이러한 스마트화를 달성하기 위한 대안 선정 시 활용가능한 4차 산업혁명 기술로 국방부의 연구보고서¹¹⁾를 토대로 AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 클라우드 5개를 선정하였다. 해당 기술 분야를 기준으로 지하형 탄약고의 스마트화가 필요한 분야는 선행연구 내용을 토대로 경계(Guard), 안전(Safety), 환경(Environment), 물류체계(Logistics system), 장비설비(Equipment facilities), 수명관리(Life-cycle management)의 6개 분야로 구분하였다. 해당 분야는 각종 교범 및 지침서, 국방정책, 적용사례 등에 제시된 내용을 참조하여 전문가 의견수렴 등을 통해 세부항목 21개로 도출하였다(Table 2)(Kim, 2022b).

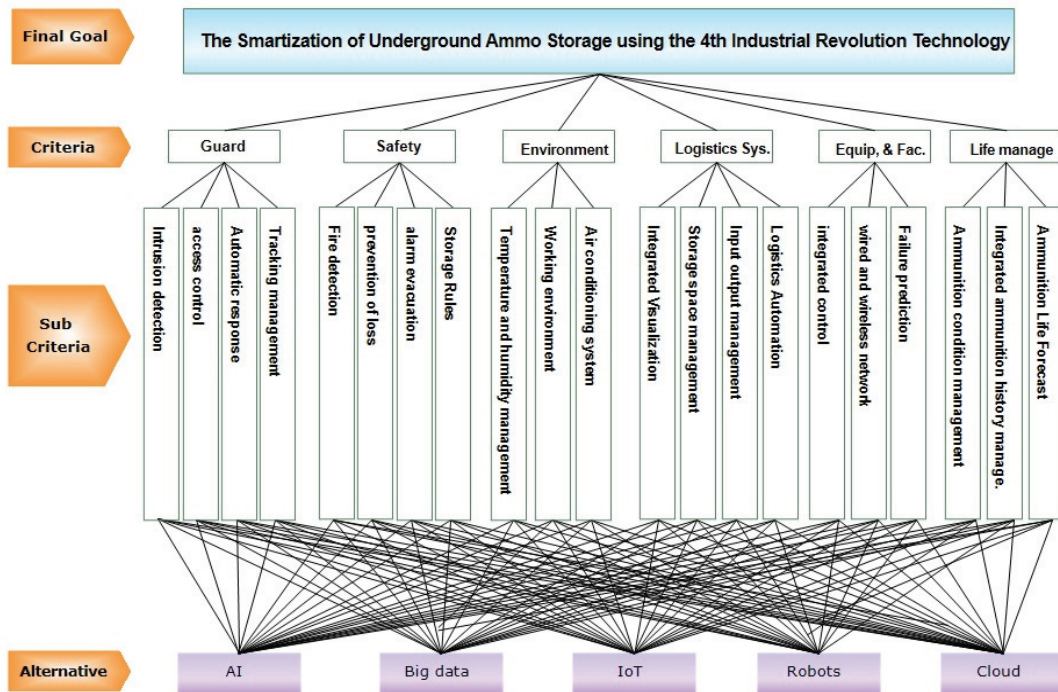
11) 국방부(2021). 전평시 효율적인 탄약지원을 위한 스마트물류체계 적용방안 연구. 국방부 연구보고서.

〈Table 2〉 Summary of critical factors for smart underground ammunition depots

Criteria	Sub-criteria	Operational Definition	Related studies
Guard	Intrusion detection	Using intelligent CCTV, sensors, etc. to automatically detect intruders by the system	Choi et al. (2022), MND (2021), Ahn et al. (2020), ROKA (2015)
	Automatic response	Automatic warning in case of intruders, prompt dissemination of the situation, and order to dispatch the alert team	
	Access control	Management and appropriate control of the number of entrants	
	Tracking management	Track the movement of external and internal personnel, such as entrants and intruders, from entry into the compound to eviction	
Safety	Fire detection	Early detection of fire using intelligent CCTV, sensors, etc	Choi et al. (2022), Baek et al. (2020), Ahn et al. (2020)
	Alarm evacuation	Automatic alarm and evacuation guidance in case of fire	
	Prevention of loss	Monitoring and preventing ammunition leaks using sensors, etc	
	Storage standards	Regulations for the safe management of ammunition	
Environment	Working environment	Work environment and working conditions of workers	Choi et al. (2022), MND (2021), ROKA (2015)
	Air conditioning system	Internal air quality of underground ammunition depot	
	Temperature and humidity management	Continuous temperature and humidity control ensures ammunition has a shelf life-cycle	
	Integrated Visualization	Integrating and providing all ammunition imports, payments, and property status on the screen	
Logistics system	Logistics Automation	Automating logistics by adopting logistics robots, AGVs, etc	Choi et al. (2022), MND (2021), Ahn et al. (2020), ROKA (2015)
	Input output management	Managing property by automatically inputting and outputting changes in ammunition property	
	Storage space management	Automatically check storage space inside ammunition storage and provide optimal storage solutions	
	Integrated control	Integrating and managing equipment and installations inside and outside the underground ammunition depot	
Equipment facilities	Wired and wireless network	Establishing and managing wired and wireless networks that enable communication with all units involved	Choi et al. (2022), MND (2021), Ahn et al. (2020), Kim (2003)
	Failure prediction	Installations in advance and responding immediately in case of failure	
	Integrated ammunition history management	Integrated management of ammunition inspection and maintenance history	
life-cycle management	Ammunition condition management	Monitoring, pre-inspection and maintenance of real-time ammunition degradation	Choi et al. (2022), Ahn et al. (2020), MND (2021, 2019)
	Ammunition life-cycle prediction	Having a prediction system that can improve the life-cycle of ammunition by analyzing various information related to ammunition	

3.1.1 AHP 계층구조 설계

본 연구의 목적인 지하형 탄약고 구축을 위한 스마트화 방안 도출을 위해 사전에 도출한 6개 항목(경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리)에 관한 의사결정 요소(Kim, 2022a)를 4차 산업혁명 기술과 연계하여 분류하고 구조화할 수 있는 계층구조를 설계하였다(Figure 1). 특히 전문가를 통한 다수의 기준에 기반한 대안의 우선순위를 선정하기 위해 의사결정 요소와 상호 관련성이 있는 계층과 요소를 분리한다(Saaty, 2008). 이러한 계층구조는 6개 기준 중에서 어떤 것이 더 중요한지 전문가 설문을 통해서 가중치를 식별하였다. 세부기준 21개 항목의 중요도를 확인하기 위한 계층구조를 통해 해당 항목을 구현하기 위해 가장 적절한 4차 산업혁명 기술이 무엇인지에 대한 대안을 확인하도록 설계하였다.



〈Figure 1〉 Hierarchy structure of the analytical hierarchy process (AHP) model

3.1.2 AHP 설문결과 분석

본 연구의 설문은 탄약 분야에 실무경험(10년 이상) 및 4차 산업혁명 관련 기술에 관한 이해도를 갖춘 대한 20명을 최종대상으로 선정하였다. 본 연구의 최종목표 달성을 위한 대안의 우선순위와 가중치는 Expert Choice 프로그램을 이용하여 산출하였다. 설문분석 결과, RI(Random Index) 값이 0.1 이하로 응답 일관성이 확보되었으며 지하형 탄약고의 스마트화 구현을 위해서 ‘안전’ 요소를 가장 중요하게 인식하는 것으로 나타났다(w=0.415).

6개 항목별로 우선순위를 살펴보면, 안전(0.415), 경계(0.177), 수명관리(0.155), 장비설비(0.093), 물류체계(0.090), 환경(0.069) 순으로 도출되었다(Table 4). 안전 항목에 대한 높은 가중치는 군의 지하형 탄약고에 저장된 상당량의 탄약은 고위험 물질로 시설이나 병력뿐만 아니라 주변 지역에 대한 피해가 발생할 수 있는 위험성(Baek, Park, & Park, 2020)에 기인한 것으로 볼 수 있다. 또한, 다음 순으로 경계 항목은 전략적 물자인 탄약이 적 특수부대나 적 포격, 적 항공기 폭격 등의 주요 표적 대상이 될 수 있어 평시와 전시에도 완벽한 경계를 중시한 결과로 볼 수 있다(e.g., Lee & Son, 2022).

〈Table 3〉 Summary of results obtained by AHP analysis (weight)

Criteria	Sub-criteria	Alternatives (4 th industrial revolution technologies)				
		AI	Big data	IoT	Robots	Cloud
Total		0.279	0.243	0.269	0.103	0.106
Safety (0.415)	Fire detection (0.451)	0.328	0.148	0.334	0.112	0.079
	Prevention of loss (0.202)	0.299	0.204	0.302	0.108	0.087
	Alarm evacuation (0.183)	0.312	0.131	0.342	0.128	0.087
	Storage Rules (0.164)	0.178	0.371	0.237	0.074	0.140
	Subtotal	1.218	0.726	1.247	0.451	0.359
Guard (0.177)	Intrusion detection (0.509)	0.361	0.159	0.283	0.134	0.064
	Access control (0.209)	0.252	0.334	0.186	0.080	0.149
	Automatic response (0.190)	0.393	0.199	0.224	0.129	0.055
	Tracking management (0.092)	0.237	0.308	0.251	0.091	0.113
	Subtotal	2.224	1.418	1.94	0.794	0.627
Life-cycle management (0.155)	Ammunition condition management (0.419)	0.208	0.346	0.269	0.062	0.114
	Integrated ammunition history management (0.330)	0.220	0.408	0.118	0.064	0.190
	Ammunition Life prediction (0.251)	0.210	0.475	0.118	0.061	0.136
	Subtotal	0.607	0.391	0.603	0.215	0.185
Equipment facilities (0.093)	Integrated control (0.640)	0.256	0.267	0.284	0.069	0.124
	Wired and wireless network (0.193)	0.234	0.217	0.317	0.091	0.142
	Failure prediction (0.167)	0.256	0.411	0.161	0.061	0.111
	Subtotal	1.097	0.875	1.204	0.375	0.451
Logistics system (0.090)	Integrated Visualization (0.300)	0.185	0.349	0.208	0.079	0.179
	Storage space management (0.263)	0.282	0.282	0.220	0.102	0.115
	Input output management (0.222)	0.176	0.358	0.221	0.098	0.148
	Logistics Automation (0.215)	0.212	0.242	0.204	0.190	0.151
	Subtotal	1.74	1.864	1.853	0.654	0.893
Environment (0.069)	Temperature and humidity management (0.607)	0.326	0.226	0.284	0.085	0.079
	Working environment (0.244)	0.226	0.177	0.249	0.245	0.104
	Air conditioning system (0.149)	0.412	0.141	0.261	0.095	0.091
	Subtotal	2.292	2.267	2.386	0.330	1.076

또한, 수명관리의 경우, 탄약의 장기간 저장이 요구되므로 유사시 언제라도 성능을 발휘할 수 있도록 성능보장을 위한 관리의 중요성을 인식하는 것으로 나타났다. 그래서 전시 작전계획 기준으로 탄약을 확보하고, 탄약관리 기준에 의한 관리와 주기적인 저장탄약신뢰성평가(ASRP¹²)를 토대로 수명관리가 이루어져야 할 것이다(e.g., Ahn et al., 2019).

〈Table 4〉 Weights and priorities with 6 items of final goal and criteria

Criteria	Safety	Guard	life-cycle management	Equipment facilities	Logistics system	Environment
Weight	0.415	0.177	0.155	0.093	0.090	0.069
Priority	1	2	3	4	5	6

지하형 탄약고 스마트화를 위한 4차 산업혁명 기술 적용 방안에 관한 우선순위는 다음과 같다 (Table 5). 인공지능(0.279), 사물인터넷(0.269), 빅데이터(0.243), 클라우드(0.106), 로봇(0.103) 순으로 적용에 관한 의사결정이 필요하다고 인식하고 있다. 특히 상위 우선순위에 해당하는 AI, IoT, 빅데이터는 지하형 탄약고 스마트화를 위한 필수 기술로 확인되었다. 이는 IoT를 통해 탄약관리 과정에서 많은 양의 운용 및 관리 데이터 정보를 공유 및 교환할 수 있으며, 해당 데이터 기반의 AI 알고리즘을 활용하여 스마트화 추진의 필요성을 제시한 것으로 볼 수 있다(e.g., Choi, Kim, & Chang, 2022).

〈Table 5〉 Weight and priorities with 4th industrial revolution technology application

Criteria	AI	IoT	Big data	Cloud	Robots
Weight	0.279	0.269	0.243	0.106	0.103
Priority	1	2	3	4	5

3.2 분야별 대안

Table 6은 스마트 지하형 탄약고 구축을 위한 각각의 기준 및 세부기준별 가중치로 개별 가중치의 합산을 통해 기준별 4차 산업혁명 기술을 산정하였다. 첫째, 안전(safety) 부문에서 IoT 활용의 가장 우선할 구현을 중요하게 인식하는 것으로 나타났다. 예를 들어 IoT(사물인터넷) 기술을 군 부대의 임무관리체계에 접목하여 군의 관리가 필요한 기반시설에서 화재탐지, 경보대피, 분실방지 등에 관한 실시간 탐지 및 즉각적 대응이 필요하다(Kim, Ahn, & Park, 2021). 또한, 탄약의 안전적인 관리(storage rules)를 위해서 IoT 기술을 통해 탄약과 탄약저장환경 전반에 대한 다양한 데이터 수집

12) 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

과 종합 관리하는 빅데이터 관점의 관리가 요구된다. 해당 분야 전문가 인터뷰에 따르면, AI 기반 지하형 탄약고의 화재탐지 및 대피 시스템 구축은 IoT 기반으로 화재의 실시간 감시체계 구축이 선행되어야 하며, 지능형 화재 진화 및 대피 시뮬레이션 기능, 화재 시 지하형 탄약고 내에서 작업하고 있는 인원의 안전 대피 및 자동 소화장치 기능 등을 강조하였다. 특히, 지하형 탄약고는 지하 지형의 특성으로 사고나 공격 등에 의한 압축파가 지반과 동굴 내 다중 폭발로 연쇄되어 손상이 발생할 수 있어 해당 시설의 신뢰성과 안전성의 영향을 정확하게 파악하는 것이 중요하다(Wang et al., 2021).

둘째, 경계(guard) 분야 구현은 AI(인공지능) 기술을 활용하여 침입탐지와 자동대응을 진행하고, 빅데이터와 AI를 연계하여 추적관리 및 관련 데이터를 활용한 예측 시뮬레이션 분석을 통해 시설 운영의 효율성을 높일 수 있을 것이다. 현재 과학화 경계시스템(scientific boundary monitoring system)을 도입하여 딥러닝 기반의 인공지능을 활용한 이동 인원의 이미지 인식(Lee & Son, 2022; Choi, Oh, & Sohn, 2020)을 통해 외부 적의 침입을 자동으로 식별(tracking management)하고 출입통제(access control)하는 지능형 관리를 구축하고 있다. 이런 시스템을 활용하여 탄약시설 외곽부터 내부 주요시설까지 적 및 거주자의 침입을 조기에 탐지할 수 있고, 침입한 미승인된 인원 또는 적 등에 대한 색출 및 상황 조치가 필요하다. 이런 측면에서 본 연구에 참여한 전문가들은 탄약부대 출입차량은 위병소부터 검색을 통해 탄약부대에 진입이 가능해야 하며, 지하시설 출입 차량은 검색 후에 진입한 차량에 관한 차량위치 정보를 GPS를 실시간 추적할 수 있는 네트워크화 원격 감시가 효율적으로 운영되어야 한다는 의견을 제시하였다. 다만, 이런 차량·위치 감시체계는 군이 운영하는 국방 D-Cloud 서버를 활용하여 외부에 관련 정보가 노출되지 않도록 데이터 서버관리가 효율적으로 관리되어야 하며,¹³⁾ 향후 이를 효율적으로 관리할 수 있는 대규모 데이터 센터가 요구되어 클라우드 기술을 활용한 네트워크 역할을 강조하였다.

셋째, 수명관리(Life-cycle management) 분야는 탄약의 전 수명기간 동안의 관리, 운용 및 기술 축적 등에 관한 요소이며, 저장탄약의 신뢰성과 안정성 확보(Choi, Bae, & Kim, 2005)를 위한 탄약이력통합관리, 탄약상태관리, 탄약수명 예측 분석 측면에서 빅데이터(big data) 적용을 중요한 요소로 인식하고 있다.¹⁴⁾ 특히 전문가 의견으로 빅데이터 기술을 적용하여 검사 자료, 탄약 검사 및 정비 자료, 저장탄약신뢰성평가 자료 등을 통합관리하고 탄약수명 예측을 위한 AI 알고리즘 개발의 필요성을 제시하였다.

넷째, 지하형 탄약고의 스마트화 구축을 위한 장비설비(equipment and facilities) 분야는 관련 시설 및 장비 등을 실시간 모니터링하고 관리하는 측면에서 통합관제와 유무선 통신망 등에 관한 IoT 기술의 적용과 탄약의 수불관리 이력 및 데이터 관리, 고장예측 등에 빅데이터 기술을 적용할 필요

13) 황진섭, 김준(2024). IoT 기술을 접목한 군 차량 위치 상태 감시체계 개발 사례. 한국통신학회지(정보와통신), 민국IT융합 최신연구, 25-30.

14) 최선락, 김용, 임진한(2020). 국방 군수와 빅데이터의 만남 · · · [최적, 예측 중심] 으로 도약을 준비한다.(II). 국방과 기술, (498), 120-133.

성이 있다고 인식하는 것으로 나타났다. 해당 분야와 밀접하게 연계하여 물류체계(logistics system) 구현도 통합가시화, 물류자동화, 입출력관리를 위해서 빅데이터 적용이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 제품의 입고부터 분류, 출고, 최종 배송지 등에 이르기까지 물류 전 분야에 걸쳐 수집되는 정보의 양과 종류가 많아지고 있고, 이에 따라 물류 빅데이터의 종류와 규모도 다양해지고 있다. 이런 변화 상황에서 우리 군도 군수정보통합체계 등 각종 정보체계에 축적된 자료를 빅데이터 기술을 적용한 활용이 필요하다. Choi et al.(2022) 연구는 군의 탄약물류 개선차원에서 유무선 기반 현장 자동화, 3D 기반의 저장공간 관리 및 전시 불출 개선 등의 스마트 탄약물류체계 구축 방안을 제시하였으며, 해당 방안을 뒷받침하는 결과로 볼 수 있다. 또한, 우리 군의 추진하고 있는 스마트 국방 혁신 추진계획에 따른 현장관리 자동화체계(예 : 바코드, RFID) 구축과 활용¹⁵⁾ 측면에서 군수품 물류업무 효율성을 제고하는데 기여할 수 있을 것이다.

끝으로 지하형 탄약고 관련 환경(environment) 분야를 살펴보면, 지하 지역의 특성상 밀폐된 공간으로 지상과 대비하여 상대적으로 통신환경이 제한되어(예 : 통신 음영지역) 네트워크 장애나 통신 단절이 발생할 수 있다(Lee, Choi, Kang, Jeon, & Ahn, 2019). 그래서 심층 인터뷰에 참여한 전문가들은 스마트화된 탄약고 구축과 운용 측면에서 적합한 환경 구현이 매우 중요하다고 강조하고 있다. 특히 탄약관리의 효율화 차원에서 탄약고 근무자의 작업환경 유지뿐만 아니라 탄약의 성능과 신뢰성 확보를 위해 탄약고 내부의 공기순환과 온·습도 등을 실시간으로 관리할 수 있는 AI와 IoT를 적용한 기술활용의 필요성을 제시하였다. 실제 싱가포르의 경우, 지하탄약 시설을 건설할 때 저장고가 위치한 동굴 내 습기 유입을 차단하기 위한 PVC 텐트 설치나 해당 지역으로 침출수 등이 유입되지 않도록 우회하는 방식으로 환경적 요인을 고려하여 추진하였다(Zhou, Teo, & Cai, 2017).

<Table 6> Summary of alternatives evaluation obtained by criteria and sub-criteria using 4IR technologies

Criteria	Sub-criteria	AI	Big data	IoT	Robots	Cloud
Safety	Fire detection	0.328	0.148	0.334	0.111	0.079
	Alarm evacuation	0.312	0.131	0.342	0.128	0.087
	Prevention of loss	0.299	0.204	0.302	0.108	0.087
	Storage rules	0.178	0.371	0.237	0.074	0.140
	Total	1.117	0.854	1.215	0.421	0.393
Guard	Intrusion detection	0.361	0.159	0.283	0.134	0.063
	Automatic response	0.393	0.199	0.224	0.129	0.055
	Access control	0.252	0.334	0.185	0.080	0.149
	Tracking management	0.237	0.308	0.251	0.090	0.113
	Total	1.243	1.000	0.943	0.433	0.380

15) 홍종현, 김강현(2020). 스마트 국방혁신의 군수분야 과제. 국방논단, 제1800호(20-17), 1-9.

Criteria	Sub-criteria	AI	Big data	IoT	Robots	Cloud
Life-cycle management	Integrated ammunition history management	0.220	0.408	0.118	0.064	0.190
	Ammunition condition management	0.208	0.346	0.269	0.063	0.114
	Ammunition life-cycle prediction	0.210	0.475	0.118	0.061	0.136
	Total	0.638	1.229	0.505	0.188	0.440
Equipment facilities	Integrated control	0.256	0.267	0.284	0.069	0.124
	Wired and wireless network	0.234	0.217	0.317	0.090	0.142
	Failure prediction	0.256	0.411	0.161	0.061	0.111
	Total	0.746	0.895	0.762	0.220	0.377
Logistics system	Integrated Visualization	0.185	0.349	0.208	0.079	0.179
	Logistics Automation	0.212	0.242	0.204	0.190	0.152
	Input output management	0.176	0.358	0.221	0.097	0.148
	Storage space management	0.282	0.282	0.220	0.101	0.115
	Total	0.855	1.231	0.853	0.467	0.594
Environment	Working environment	0.226	0.177	0.249	0.245	0.103
	Air conditioning system	0.412	0.141	0.261	0.095	0.091
	Temperature and humidity management	0.326	0.226	0.284	0.085	0.079
	Total	0.964	0.544	0.794	0.425	0.273

IV. 결론 및 논의

우리 군의 군사시설은 국가 경제의 발전, 수도권 인근 도시의 팽창 등으로 변화가 요구되고 있다. 특히, 전시에 대비한 탄약 확보 용도의 탄약고는 상대적으로 많은 부지를 점유하고 있고, 폭발, 노출 등의 위험성으로 탄약 저장에 대한 관리정책의 개선이 필요하다. 그래서 탄약고에 저장되는 탄약과 관련하여 우리나라 국방부는 탄약 및 폭발물 안전관리기준 지시에 따라 지하형 탄약고 구성요소별 설계지침을 제시하고 있으나,¹⁶⁾ 실제 전시에 대비한 탄약수불 관리 및 운용 측면을 고려한 구체화된 개선방안을 모색할 필요가 있다.

본 연구는 국방혁신 4.0에 따른 탄약 및 수송정책 발전 부문의 탄약저장시설 개선¹⁷⁾을 위한 저장 탄약의 수명연장과 성능보장 및 폭발 위험시설에 관한 안전능력 구축 등에 초점을 두고, 해당 국방정책 추진 차원에서 지하형 탄약고의 스마트화 방안을 제4차 산업혁명 기술 활용을 통해 구체화하는데 목적을 두고 있다. 특히, 본 연구는 향후 건설될 지하형 탄약고에 관한 6개 기준을 토대로 4차 산업혁명 기술 적용의 우선순위 결정을 위해 관련 전문가 대상의 설문조사와 AHP 분석으로 대안을 제시하였다. 본 연구의 AHP 분석결과, 4차 산업혁명 기술을 적용한 지하형 탄약고 스마트화 방

16) 정재웅(2024.03.08.). NATO 규정을 통해 본 지하형탄약고 구조 개선방향. 국방논단, 제1981(24-9), 1-10.

17) 국방부(2022.08.29.). 2022년도 성과관리 시행계획.

안으로 AI, IoT, 빅데이터, 클라우드, 로봇 손으로 적용의 필요성에 관한 우선순위를 확인하였다. 해당 연구결과를 활용한 실무적 시사점은 다음과 같다.

향후 지하형 탄약고 스마트화 구현은 우선적으로 안전(safety)과 경계(guard) 분야에서 탄약안전 관리시스템 고도화, 자동인식기술 적용방안, 화재 및 폭발감시 대응체계 등¹⁸⁾ 관련 정책을 추진할 수 있도록 화재감지경보시스템, GOP경계과학화시스템, 지능형 CCTV, AI 기술의 영상인식기법 등을 적용할 필요가 있다(Kim & Cho, 2020). 또한, 탄약의 상태를 실시간 모니터링할 수 있도록 탄약고 내부에 IoT 및 AI 기술을 적용하여 탄약의 상태변화를 인식하고 정보를 수집하여 탄약에 관한 효과적인 수명관리를 유지해야할 것이다. 예를 들어 탄약고 내부의 센서를 통한 주요 탄약 관리 및 데이터 기반 지능형 분석체계 적용(Choi, Kim, & Chang, 2022), 저장 탄약의 DB화를 통해 검사장비, 검사결과 보고서의 자동화(Ahn, Kim, Kim, & Park, 2020)로 탄약관리와 운용의 효율성을 제고할 수 있을 것이다. 이런 장비 설비 분야에서 기술을 통합하여 적용·활용하기 위해서 지하형 탄약고와 부대시설에 IoT 기술에 기반한 유무선 망을 구축해야할 것이다. 해당 설비를 토대로 모든 장비에 관한 현재 상태를 모니터링하고 통제할 수 있으며, 이렇게 취합된 정보를 활용하여 점검 및 교체주기를 사전에 파악하면서 고장을 미리 방지할 수 있다. 끝으로 본 연구는 선행연구(Kim, 2022b)를 확장하여 지하형 탄약고 스마트화 구축에 요구되는 4차 산업혁명 관련 기술의 적용에 관한 우선순위 도출과 정책적 실행에 활용할 수 있는 대안을 도출하였다. 후속연구는 이런 스마트 지하형 탄약고 구축 및 운용에 관한 기초연구를 토대로 전시를 가정한 가상 상황에서 요구되는 탄약의 종류, 활용계획 등을 고려한 데이터 기반의 시뮬레이션 연구가 요구된다. 또한, 최근 새로운 무기체계는 복잡한 기술적 시스템 운용이 요구되면서(Kim, Joo, & Joo, 2023)³ 첨단유도무기 내 유도탄의 지능화가 증가에 따라 해당 무기체계 특성(단거리, 중거리 등)을 감안한 탄약관리 차원(e.g., Jung & Lee, 2017)에서 지하형 탄약고 구축에 필요한 기술적 요소를 연구할 필요가 있다. 즉, 무기체계의 총수명주기를 고려한 신뢰도 수준을 유지하기 위해 평가요소인 장기 저장과 사용가능성 등(Shin, Choi, & Park, 2020)을 분석의 고려요소로 포함하여 확장할 필요가 있다.

Acknowledgements

This study is based on the Kim's Ph.D. dissertation (2022) and the present research has been conducted by the Research Grant of Kwangwoon University in 2022.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

18) 국방부(2021)., 전평시 효율적인 탄약지원을 위한 스마트물류체계 적용방안 연구. 국방부 연구보고서.

Author contributions

Conceptualization, Literature review: NH and KS, Resources and Data curation, Investigation and Methodology: NH, KJ, LC, and KS, Writing (Original Draft): NH and KS, Project administration and Supervision: NH and KS.

Reference

- Ahn, H. C., Kim, J. H., Kim, K. J., & Park, Y. J. (2020). The Study on the Necessity for Implementation of Underground-type Ammunition Storage Facility. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 20(1), 19-23. UCI: I410-ECN-0102-2021-500-000974720
- Ahn, N., Kim, J., Kim, M., & Lee, J. (2019). Case study on quality prediction of the ammunition stockpile reliability program based on a small amount of discontinuous data. *Journal of Advances in Military Studies*, 2(1), 1-14. <https://doi.org/10.37944/jams.v2i1.39>
- Back, J. U., Park, S. W., Park, Y. J. (2020). Safety Distance of Underground-type Ammunition Storage Facility. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 20(1), 13-18. UCI: I410-ECN-0102-2021-500-000974715
- Choi, J. G., Kim, B. K., & Chang, Y. S. (2022). Building plan research of Smart Ammunition Logistics System based on the 4th industrial technology. *Journal of Internet Computing and Services*, 23(1), 135-145. <https://doi.org/10.7472/jksii.2022.23.1.135>
- Choi, K., Oh, S., & Sohn, C. (2020). Application of OpenPose and deep learning for intelligent surveillance reconnaissance system. *Journal of Advances in Military Studies*, 3(3), 113-132. <https://doi.org/10.37944/jams.v3i3.80>
- Choi, S. C., Bae, Y. H., & Kim, D. E. (2005). A Study on the Development of ASRP for Improvement of the Stockpile Ammunition Reliability. *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, 8(4), 32-40. UCI: G704-001584.2005.8.4.001
- Jung, S. H., & Lee, S. B. (2017). Analysis of $\triangle\triangle$ Guided Missile Inspection Period Based on Storage Reliability. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 18(4), 592-598. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.4.592>
- Kim, B. K. (2022a). Logistics Development Plan for Underground Ammunition Depots based on Network. *Journal of Internet Computing and Services*, 23(3), 137-146. <https://doi.org/10.7472/jksii.2022.23.3.137>
- Kim, B. K. (2022b). *A study on the smartization of underground ammunition storage using the 4th Industrial revolution technology*. [Doctoral dissertation, Kwangwoon University.
- Kim, D. H. (2003). De-humidification and Ventilation Design of Underground Ammunition Depot, *Journal of the Korean Tunnel Underground Space Society*, 5(2), 71-81. Retrieved from https://www.apub.kr/ebook/jkta/tunnel_5-2/tunnel_5-2.pdf
- Kim, J. H., Lee, H. K., Park, H. K., Park, C. S., & Kwak, J. S. (2004). Studies on ASP Ammo Issue

- using Simulation. *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, 30(1), 92-106. Retrieved from <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART001178110>
- Kim, J. S., Joo, E. W., & Joo, I. H. (2023). Analysis of Perception Types on Research and Development Programs of Creative and Challenging Defense Science and Technology using Q Methodology. *Journal of the Korea Association of Defense Industry Studies*, 30(2), 89-109. <https://doi.org/10.52798/KADIS.2023.30.2.7>
- Kim, J. Y., & Moon, S. A. (2020). A Study of Army Ammunition Supply Chain Resilience in Wartime. *Korean Journal of Logistics*, 28(6), 71-83. <https://doi.org/10.15735/kls.2020.28.6.006>
- Kim, K., Ahn, H., & Park, Y. J. (2021). Future and Innovative Design Requirements Applying Industry 4.0 Technologies on Underground Ammunition Storage. *Applied System Innovation*, 4(1), 22. <https://doi.org/10.3390/asi4010022>
- Kim, Y. J., & Cho, H. C. (2020). Detecting Location of Fire in Video Stream Environment using Deep Learning. *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 69(3), 474-479. <https://doi.org/10.5370/KIEE.2020.69.3.474>
- Lai, H. H. (2020). Applicability of a design assessment and management for the current ammunition depots in Taiwan. *Applied Sciences*, 10(3), 1041. <https://doi.org/10.3390/app10031041>
- Lee, C. H., Choi, S. W., Kang, T. H., Jeon, J. O., & Ahn, C. J. (2019). Investigation for Applicability of Bluetooth Mesh Networking in Underground Space. *TUNNEL AND UNDERGROUND SPACE*, 29(6), 367-378. DOI : 10.7474/TUS.2019.29.6.367
- Lee, E. J. (2021). A Study on Application and Utilization method of Smart Logistics. *Journal of International Trade and Insurance*, 22(1), 69-84. <https://doi.org/10.22875/jiti.2021.22.1.005>
- Lee, W. J., & Son, C. H. (2022). Study on Upgrading the Scientific Boundary Monitoring System: Focusing on Image Data Analysis. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 23(6), 144-150. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.6.144>
- Ministry of National Defense (MND). (2019). Ammunition and Explosives Safety Management Guidelines.
- Ministry of National Defense (MND). (2021). A Study on the Application of Smart Logistics System for Efficient Ammunition Support in War and Peace time.
- Park, S. W., Jun, J. H., Choi, H. S., & Park, Y. J. (2020). Study for Reducing Safety Distance by Installing Ammunition Storage Facility in Underground. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 20(3), 253-260. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2020.20.3.253>
- Park, S. W., Kim, K. J., & Park, Y. J. (2019). Safety Evaluation Method for Ground Ammunition and Explosive Storage Facilities due to Underground Tunnel Blast. *Journal of the Korea*

- Institute of Building Construction*, 19(4), 331-339. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.4.331>
- Republic of Korea Army (ROKA). (2014). Field manual about ammunition unit.
- Republic of Korea Army (ROKA). (2015). Field manual on ammunition duty.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Shim, Y. J., Choi, J. S., & Park, S. H. (2020). *A Study on the Improvement of Reliability Analysis Model for the Guided Missile System*. In Proceedings of the Korean Society for Quality management conference, 107-107.
- Shin, H. J. (2020). A Study on Trends in the Use of Logistics Technology based on the 4th Industrial Revolution. *The e-Business Studies*, 21(2), 17-27. <https://doi.org/10.20462/TeBS.2020.04.21.2.17>
- Wang, G., Cao, A., Wang, X., Yu, R., Huang, X., & Lin, J. (2021). Numerical simulation of the dynamic responses and damage of underground cavern under multiple explosion sources. *Engineering Failure Analysis*, 120, 105085. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105085>
- Wang, Y. W., Yang, Y. Z., Zou, G. W., Dong, H., & Huo, Y. (2021). Pressure relief of underground ammunition storage under missile accidental ignition. *Defence Technology*, 17(3), 1081-1093. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2021.01.002>
- Zhou, Y., Teo, T. Y., & Cai, J. G. (2017). *Rock engineering practice for development of underground caverns in Singapore*. In GeoSS 10th Anniversary Conference, Singapore. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Yingxin-Zhou/publication/321480353_Rock_Engineering_Practice_for_Development_of_Underground_Caverns_in_Singapore/links/5a237a9b4585155dd41cc04/Rock-Engineering-Practice-for-Development-of-Underground-Caverns-in-Singapore.pdf

원 고 접 수 일 2023년 06월 08일

원 고 수 정 일 2023년 11월 30일

게 재 확 정 일 2024년 04월 30일

4차 산업혁명 기술 도입을 통한 지하형 탄약고의 스마트화

김병규* · 이석준**

국문초록

국내 군의 시설은 경제적 변화와 인구 증가로 인해 변화가 필요하며, 특히 전시를 대비한 탄약고는 많은 부지를 차지하고 있어 관리 정책의 개선이 필요합니다. 국방부는 지하형 탄약고의 설계를 지침에 따라 제시하고 있지만, 전시 대비를 고려한 구체적인 개선이 필요합니다. 본 연구는 국방혁신 4.0 시대에 지하형 탄약고의 스마트화에 필요한 4차 산업혁명 기술 활용 방안에 관한 중요성과 우선순위를 탐색하는데 목적을 두고 있다. 이를 위해 본 연구는 지하형 탄약고의 스마트화 방안으로 고려할 기준(경계, 안전, 환경, 물류체계, 장비설비, 수명관리)을 토대로 AHP 분석을 실시하였으며, AI, IoT, 빅데이터, 클라우드, 로봇 순으로 적용할 필요성이 확인되었습니다. 분석결과, 향후 지하형 탄약고의 안전 및 경계 관련 시스템을 강화하고, IoT 및 AI를 활용하여 탄약의 상태를 모니터링하고 효율적인 운용을 추구할 필요가 있다는 것을 밝혔다. 결과적으로 스마트 지하형 탄약고의 효과적인 구축과 운용을 위해서 4차 산업혁명 기술을 활용한 우선순위 결정과 정책 실행이 요구된다. 후속 연구는 무기체계의 특성을 고려하여 지하형 탄약고를 총수명주기를 고려한 안전성과 사용 가능성을 고려하여 확장할 필요가 있습니다.

주제어 : 탄약관리, 지하형 탄약고의 스마트화, 4차 산업혁명 기술, 계층화분석기법

* (제1저자) 성균관대학교 인공지능융합원, 산학교수, kbkidid@skku.edu, <https://orcid.org/0000-0002-1110-381X>.

** (교신저자) 광운대학교 경영학부, 교수, sjlee@kw.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0001-5608-2656>.