

# 불량탄 안전사고 예방을 위한 탄약 수명 예측 연구 리뷰

정 영 진\* · 홍 지 수\* · 김 솔 잎\*\* · 강 성 우\*

\*인하대학교 산업경영공학과

\*\*한화에어로스페이스 PGM 연구소

## A Review on Ammunition Shelf-life Prediction Research for Preventing Accidents Caused by Defective Ammunition

Young-Jin Jung\* · Ji-Soo Hong\* · Sol-Ip Kim\*\* · Sung-Woo Kang\*

\*Department of Industrial Engineering, INHA University

\*\*PGM R&D Institute, Hanwha Aerospace

### Abstract

In order to prevent accidents via defective ammunition, this paper analyzes recent research on ammunition life prediction methodology. This work analyzes current shelf-life prediction approaches by comparing the pros and cons of physical modeling, accelerated testing, and statistical analysis-based prediction techniques. Physical modeling-based prediction demonstrates its usefulness in understanding the physical properties and interactions of ammunition. Accelerated testing-based prediction is useful in quickly verifying the reliability and safety of ammunition. Additionally, statistical analysis-based prediction is emphasized for its ability to make decisions based on data.

This paper aims to contribute to the early detection of defective ammunition by analyzing ammunition life prediction methodology hereby reducing defective ammunition accidents. In order to prepare not only Korean domestic war situation but also the international affairs from Eastern Europe and Mid East countries, it is very important to enhance the stability of organizations using ammunition and reduce costs of potential accidents.

**Keywords :** Ammunition Shelf-life Prediction Methodology

### 1. 서 론

불량탄 안전사고는 매우 심각한 문제로 인식되며, 사용자의 생명을 위협할 수 있다. 한국군에서는 군용 탄약 및 폭발물의 안전사고를 예방하기 위해 국방 탄약 및 폭발물 안전관리 훈령을 시행하고 있다[1]. 불량탄은 잘못된 저장, 제조 과정, 혹은 운송 중의 문제로 발생하며, 사용자의 제품 신뢰도를 저하시키고 훈련 효과를 감소시키는 문제가 있다[2]. 이러한 불량탄은 발사 시 예상치 못한 방향으로 날아가거나, 총기 내에서 폭발할 수 있어 인명 및 재산

피해를 초래할 수 있어 안전하기 관리되어야 한다[3] [4].

탄약 수명 예측은 불량탄 안전사고 예방을 위한 중요한 요소 중 하나이다. 탄약의 수명을 예측하고 관리함으로써 불량탄의 사용을 최소화하고 사고를 예방할 수 있다. 사전에 파악하지 못한 불량탄은 사용자의 생명을 위협할 수 있다. 불량탄을 사전에 파악하는 것은 사용자의 안전을 보장하는 것이다. 또한, 불량탄이 발생할 경우, 그로 인해 재산 피해가 발생할 수 있어, 탄약 수명 예측을 통해 불량탄 발생을 최소화하여 재산 피해를 방지하여야 한다. 이러한 불량탄 안전사고는 인명 및 재산 피해에 대한 복구 비용 뿐만 아니라 조사 및 교육 비용도 발생한다[5]. 따라서 탄약

<sup>†</sup> 이 연구는 2022년도 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(KRIT-CT-22-081, 무기체계 CBM+ 특화연구센터).

<sup>†</sup> Corresponding Author : Ji-Soo Hong, Industrial Engineering, INHA UNIVERSITY, 100, inha-ro, Michuhol-gu, Incheon, E-mail: wltngdh5182@inha.edu

Received March 06, 2024; Revision March 18, 2024; Accepted March 18, 2024

수명 예측은 군사 및 경찰 조직에 안정성을 높이고 사고로 인한 비용을 절감하는 방법이다[6] [7].

탄약 수명 예측 기법으로 다양한 기술과 방법을 활용된다. 이는 재료 과학, 물리학, 통계학 등 다양한 분야의 지식을 활용하며, 불량탄 안전사고 예방과 탄약 관리 효율성을 향상시킨다. 본 논문에서는 탄약 수명 예측 기법의 현재 연구 개발 상황을 조사하고 분석하여 불량탄 안전사고를 예방하고 안전한 환경을 유지하는 데 기여하고자 한다.

본 논문은 물리적 모델링, 가속 시험, 통계적 분석 기반 예측의 특성, 장단점, 향후 과제를 설명하는 세 개의 장으로 구성된 본론과 이를 비교 및 고찰한 결론으로 구성되어 있다.

## 2. 물리적 모델링 기반 예측

### 2.1 물리적 모델링 특성, 장단점 및 향후 과제

#### 2.1.1 물리적 모델링 특성

물리적 모델링은 탄약이 사용되는 동안 물리적인 변화와 관련된 특성을 고려하여 탄약의 수명을 예측하는 기술이다. 이는 탄약이 경과되는 시간 또는 사용 횟수에 따라 어떻게 변화하는지를 이해하고 예측하는데 중요한 역할을 한다. 물리적 모델링 기반 탄약 수명 예측은 탄약의 물리적 특성과 재료 속성을 기반으로 수행되며, 다음과 같이 분류할 수 있다.

재료 손상 모델링은 탄약이 주로 금속으로 만들어지며, 사용 중에는 금속 내부의 물리적 손상이 발생한다는 점에서 착안한다. 탄약의 폭발이나 발사 시의 열 및 압력 변화로 인해 금속이 변형되거나 손상될 수 있다. 재료 손상 모델링은 이러한 손상 현상을 모사하고 예측하는 방법을 개발한다. 이는 재료의 강도, 탄성, 응력-변형 특성 등을 이해하고 모델링하여 탄약의 동작을 예측하는 데 사용된다. 최근 우리군의 주력소총인 K2 소총의 주퇴력 연구를 위해 약실압력 계측을 통해 표준모델을 제시하는 연구, 81mm 고퍽탄 포구속도 평가기준 연구가 진행되는 등 관련 연구가 진행되고 있다[8] [9].

환경 영향 모델링은 탄약이 주변 환경 조건에 따라 성능이 변화한다는 점에서 착안한다. 이 방법은 습도, 온도, 자외선 등의 환경 조건이 탄약의 재료에 미치는 영향을 고려할 수 있다. 환경 영향 모델링은 이러한 환경 요소를 모사하여 탄약의 성능을 예측하는 방법을 제공한다. 60, 81mm 박격포탄의 저장환경이 저장수명에 영향을 미치는 요인에 대한 연구에 따르면, 탄약고 형태, 최고온도, 강수

량이 주요 요인임을 알 수 있다[10].

고장 모델링은 탄약의 고장 매커니즘을 이해하고 예측하는 방법이다. 탄약 재료의 물리적 손상뿐만 아니라 내부 구성 요소의 결합으로 발생하는 탄약 고장의 특성을 활용한다. 탄약 고장 자료 뿐만 아니라 비고장 자료도 함께 분석해 고장률을 예측하는 특성이 있다[11].

#### 2.1.2 물리적 모델링 장단점 및 향후 과제

물리적 모델링은 탄약의 물리적 속성과 상호작용을 이해하는 데 도움이 된다. 이는 탄약의 동작 매커니즘을 이해하고 개선하는 데 유용하다. 이를 바탕으로 탄약의 수명을 예측하기에 높은 정확도와 결과에 대한 해석을 제공한다. 또한, 환경 조건과 사용 조건에 대해 적용될 수 있는 유연함이 있다.

그러나 물리적 모델링은 복잡하고 계산량이 많은 과정을 필요로 한다. 이는 모델의 개발 및 구현을 어렵게 만들 수 있으며, 실제 응용에 제약을 줄 수 있다. 모델링에 많은 양의 데이터가 필요할 경우, 데이터를 수집하고 분석하는데 추가적인 비용과 시간이 소요될 수 있는 점도 단점이다. 또한 특정 조건에서만 유효할 수 있으며 이는 모델의 일반화를 제한할 수 있다. 예를 들어, K2 소총의 주퇴력 연구를 위해 약실압력을 계측한 연구에서는, K2 소총과 동일한 재질 및 구경을 갖는 EPVAT(Electric Pressure Velocity and Action Time) 시험총열을 설치, 실험 간 온도는 섭씨 20도, 습도는 50%를 유지하는 조건에서 실험하였다[6]. 물리적 모델링은 탄약 수명 예측에 유용한 도구이지만, 이러한 장단점을 고려하여 적절한 모델링 접근 방식을 선택해야 한다.

향후 과제에서는 다중 요인을 고려하는 통합적인 모델링 접근에 대한 보완이 필요하다. 실시간 데이터 수집 및 모니터링 기술의 발전은 탄약 수명 예측을 향상시킬 수 있는 중요한 요소이므로, 수학적 모델을 개발하고 이를 실제 실험 데이터와 모델의 결과를 비교, 검증하여 모델의 신뢰성을 확인하는 것이 중요하다.

## 3. 가속 시험 기반 예측

### 3.1 가속 시험 특성, 장단점 및 향후 과제

#### 3.1.1 가속 시험 특성

가속 시험은 제품의 수명 및 안전성을 평가하는 데 사용되는 시험 기술 중 하나이다. 탄약 가속 시험은 탄약을 실

제 사용 조건과 유사한 환경에서 빠르게 시험하여 탄약 수명을 예측한다. 이는 탄약의 신뢰성 및 안전성을 빠르게 확인하는 시간 단축의 특성을 갖는다. 또한, 가속 시험은 다양한 환경 조건을 시뮬레이션할 수 있다. 이는 온도, 습도, 진동 등의 환경 요인을 제어하여 탄약이 다양한 조건에서 어떻게 작동하는지를 평가할 수 있다. 섬광제 조립체를 대상으로 진행한 연구에서 55°C, 65°C, 75°C 조건의 가속열화시험을 수행하였고, 규격 순응도 관점에서 저장 수명을 예측하였다[12].

가속 시험은 제품의 동작을 반복적으로 시뮬레이션할 수 있다. 이는 제품이 실제 사용 중에 발생할 수 있는 다양한 상황을 고려하여 제품의 성능을 평가하는 데 도움이 된다. 따라서 가속 시험은 실험을 설계하고 수행하는 데 유연성을 제공한다. 유효조명시간 감소 문제점이 발생한 81mm 조명탄의 조명제를 대상으로 한 연구에서는 조명제 연소 시 방출되는 에너지로 인해 안전사고의 위험을 있었다[13]. 이에 60°C와 70°C 조건에서 가속열화시험을 최소 5발에서 최대 10발까지 가변적으로 운용하여 실험을 진행하였다.

가속 시험은 탄약의 안전성을 평가하는 데 사용될 수 있다. 이는 탄약이 실제 사용 중에 안전한지를 확인하고 사용자 및 환경에 미치는 영향을 평가하는 데 도움이 된다. 탄약 추진제의 자연발화 및 폭발사고 예방을 위한 가속 시험 연구에서는 새로운 안정제 함량 평가 시스템을 통해 탄약 신뢰성 변화를 예측하고 탄약 안정성을 평가하였다[14].

### 3.1.2 가속 시험 장단점 및 향후 과제

가속 시험은 탄약의 수명 및 안전성을 빠르게 평가할 수 있는 도구이지만 몇 가지 장단점이 있다. 먼저, 가속 시험은 탄약의 수명을 빠르게 평가할 수 있다. 실제 사용 조건을 시뮬레이션하고 시간을 단축할 수 있다. 다음으로, 가속 시험은 탄약을 장기간 사용하여 수명을 예측하는 것보다 비해 필요한 비용을 절감할 수 있다. 이는 제품 개발 및 생산 과정에서 비용을 줄이고 생산성을 높이는 데 도움이 된다. 또한, 가속 시험은 실험 환경을 제어할 수 있다. 이는 다양한 조건을 시뮬레이션하고 실험 결과를 분석하는 데 도움이 된다. 마지막으로 가속 시험은 제품의 안전성을 평가하는 데 사용될 수 있다. 이는 제품이 다양한 환경에서 안전하게 작동하는지를 확인하고 사용자의 안전을 보장하는 데 도움이 된다.

가속 시험의 단점으로는 가속 시험이 탄약의 실제 사용 조건을 완벽하게 시뮬레이션할 수 없다는 한계가 있다. 또한 가속 시험을 위한 특수한 시험 장비가 필요하며, 가속

시험 결과의 해석은 복잡하고 실험자의 주관적일 수 있다. 이는 실험 데이터를 분석하고 결과를 해석하는 데 추가적인 노력이 필요함을 의미한다. 마지막으로 가속 시험 결과는 실제 환경에서 발생하는 것과 일치하지 않을 수 있다. 이는 가속 시험이 탄약의 실제 저장환경과 다를 수 있음을 의미하며, 결과를 해석하는 데 주의가 필요하다.

따라서 가속 시험을 기반으로 한 탄약 수명 예측은 다음과 같은 과제가 있다. 가속 시험은 시험 횟수를 늘릴수록 정확도가 높아지지만, 시험 비용도 함께 증가하는 문제가 있다. 따라서 이를 위한 정확도-비용 관계 분석 연구가 필요하다. 또한 다양한 환경 요인이 탄약 수명에 영향을 미칠 수 있으므로, 다양한 환경 조건을 고려하는 모델링 및 시험 기법이 개발되어야 한다.

## 4. 통계적 분석 기반 예측

### 4.1 통계적 분석 특성, 장단점 및 향후 과제

#### 4.1.1 통계적 분석 특성

통계적 분석은 데이터를 수집하고 분석하여 패턴을 식별하고 결론을 도출하는 예측 기법이다. 이 방법은 데이터의 특성을 고려하여 탄약의 수명을 예측하고 평가한다. 이를 통해 평균 수명, 평균 고장률 등을 계산하여 예측한다.

통계적 분석은 먼저 필요한 데이터를 수집하여야 한다. 이 데이터는 탄약의 사용 이력, 환경 조건, 실험 결과 등을 포함할 수 있다. 한국군에서는 주기적으로 저장탄약의 성능과 안전성을 확인하는 저장탄약신뢰성평가(ASRP, Ammunition Stockpile Reliability Program)를 시행한다[15]. ASRP 데이터에는 탄약 비기능등급, 기능등급, 저장성등급 등 탄약 상태 정보를 판단하는 요인이 기록되기에 탄약 통계분석에서는 ASRP 데이터를 주로 활용한다. 다음으로 데이터의 기술 통계량을 계산하는데, 이는 데이터의 중심 경향을 나타내는 평균, 중앙값, 분산 등을 의미한다. 탄약 분야에서는 오작용 내용 및 과거 이력을 조사하기도 한다[16].

통계적 분석은 데이터를 기반으로 모집단의 특성을 추론한다. 표본 데이터를 사용하여 모집단의 평균을 추정하거나 가설 검정을 수행할 수 있다. 탄약의 신뢰도 및 성능 변화 추이를 파악하고 저장수명을 추정하기 위해 항공용 투하탄의 신관에 대해 저장기간에 따른 동작여부 및 지연 시간 초과/이탈 등의 고장을 분석한 연구와, 연막유탄의 저장기간에 따른 정상작동, 작동거리 및 작동높이를 분석한 연구가 있다[17][18]. 탄약의 신뢰도가 변화하는 추

이를 파악하고자 신뢰성점수를 정의하고 신뢰성점수와 데이터를 분석하여 저장수명을 추정한 연구도 진행되었다 [19]. 데이터의 형태에 따라 회귀 분석, 시계열 분석, 확률 모델링을 사용할 수 있다. 데이터에 독립 변수와 종속 변수가 존재한다면 이를 탄약 수명에 영향을 미치는 요인들을 식별하고 예측하는 데 사용할 수 있다[20]. 81mm 박격포 고폭탄의 저장기간 경과에 따른 성능저하 추세와 구성품 간 상대적 수명차이를 확인한 연구에서는 로지스틱 회귀분석과 선형회귀분석을 활용하여 저장수명을 예측하였다[21]. 데이터가 시간에 따라 변하는 형태라면 수명이 시간에 따라 어떻게 변화하는지 예측할 수 있다. 6년간의 ASRP 결과 데이터를 바탕으로, 111개의 로트에서 산술 평균한 24개의 연속된 저장기간별 안정제한량 데이터를 시계열 분석한 연구가 진행되었다[22]. 또한, 탄약 열화 경로를 확률론적으로 판단하고, 안정제한량 저하를 예측한 연구와 포구속도 감소를 예측한 연구도 진행되었다 [23] [24].

통계적 분석은 데이터를 기반으로 탄약의 수명을 예측하고 관리할 수 있다. 그러나 통계적 분석에는 데이터의 질과 정확성에 대한 신뢰도가 필요하며, 올바른 분석 기법의 선택과 결과 해석이 중요하다.

#### 4.1.2 통계적 분석 장단점 및 향후 과제

통계적 분석은 데이터를 수집하고 해석하여 패턴을 식별하고 결론을 도출하는 기법으로 다음과 같은 장단점이 있다. 먼저, 통계적 분석은 데이터를 기반으로 의사 결정을 내릴 수 있도록 도와준다. 이는 데이터에 기반하여 패턴을 식별하고 추론할 수 있으며, 이를 통해 더 나은 결정을 내릴 수 있다. 또한 통계적 분석은 데이터의 패턴을 분석하여 미래 동향을 예측하고 계획을 수립하는 데 도움이 된다. 불확실성을 고려하여 위험을 최소화하고 신뢰성을 높이는 것도 통계적 분석의 장점 중 하나이다. 마지막으로 통계적 분석은 수학적 기법을 사용하여 결과의 타당성을 평가할 수 있다. 이는 결과를 신뢰할 수 있는지를 확인하고 의사 결정의 근거를 제공하는 데 도움이 된다.

그러나, 통계적 분석을 수행하기 위해서는 충분한 양의 데이터가 필요하다. 데이터의 부족은 분석 모델의 정확도를 저하시킬 수 있다. 또한, 잘못된 데이터 수집, 모델 선택의 오류, 잘못된 가정 등으로 잘못된 결과를 초래할 수 있으므로, 통계적 분석은 오류 가능성을 내포하고 있다. 일부 통계적 분석 방법은 복잡하고 이해하기 어려울 수 있다. 이는 분석의 해석과 결과를 이해하는 데 어려움을 초래한다. 마지막으로 데이터 수집, 분석, 결과 해석에 필요한 노력과 비용을 고려해야 한다는 단점이 있다.

통계적 분석을 기반으로 한 탄약 수명 예측은 제품의 안전성과 신뢰성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 통계적 분석을 더욱 발전시키기 위해 다음과 같은 향후 과제가 있다. 통계적 분석을 위해서는 충분한 양의 고품질 데이터가 필요하다. 데이터 수집 방법과 품질 관리에 대한 발전이 필수적이다. 또한, 새로운 통계적 기법과 모델을 개발하고 검증하는 연구가 필요하다. 이는 신뢰할 수 있는 예측 결과를 얻기 위한 중요한 과제로, 예측의 불확실성을 관리하고 최소화하는 방법과 함께 연구되어야 한다.

#### 4.1.3 인공지능 및 기계학습 기반 예측

인공지능과 기계학습은 현대 기술의 중요한 부분으로, 데이터를 사용하여 패턴을 발견하고 예측하는 데 사용된다. 이는 대량의 데이터를 수집하고 분석하여 패턴을 발견하고 모델을 훈련시키는 데이터 기반의 특성이 있다. 학습 능력이 높을수록 정확도가 올라간다는 특성을 이용해, 탄약 분야에서는 ASRP 데이터 특성을 고려한 입력 변수 감소 방법 연구가 진행되었다[25].

인공지능 및 기계학습은 다양한 유형의 데이터에서 복잡한 패턴을 감지하고 해석할 수 있다. 이러한 유연성은 음성, 이미지, 텍스트 등 다양한 데이터 유형에서 패턴을 식별하는 데 사용된다. 또한, 이 기술은 비선형 관계를 모델링하고 복잡한 문제를 해결하는 데 도움이 된다. 경험과 피드백을 통해 이러한 모델은 지속적으로 개선될 수 있으며, 새로운 데이터를 학습하여 예측의 정확도를 향상시킬 수 있다. 이러한 발전은 인간 개입 없이 모델이 스스로 최적화되는 데 도움이 되며, 탄약 수명 예측 분야에서도 더 나은 결과를 보여줄 것으로 기대된다.

### 5. 결론

본 논문에서는 불량탄 안전사고 예방을 위한 탄약 수명 예측 기법에 대한 기존 문헌들의 연구들을 검토하고 고찰하였다. 물리적 모델링은 탄약의 물리적 속성과 재료 특성을 고려하여 수명을 예측하는 기술로, 재료 손상 모델링, 환경 영향 모델링, 고장 모델링 등이 포함된다. 가속 시험은 실제 사용 조건을 시뮬레이션하여 빠르게 수명을 예측하는 데 활용되며, 안전성 및 신뢰성 평가에 중요한 역할을 한다. 통계적 분석은 데이터를 수집하고 분석하여 수명을 예측하고 관리하는데 사용되며, 데이터의 품질과 정확성을 고려하여 신뢰할 수 있는 예측 결과를 얻는다. 이를 비교한 결과는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Comparison of Ammunition Shelf-life Prediction Methodologies

	Physical modeling	Acceleration Test	Statistical Analysis
Factors from weapon systems	Required	N/A	N/A
Experiment Cost	Low	High	Low
Experiment Time	Short	Long	Short
Experiment Interpretation	Objective	Subjective	Objective

본 논문에서는 각 기법의 장단점과 향후 발전 가능성에 대한 논의를 통해 탄약 관리 및 안전성 강화에 대한 지속적인 연구와 발전이 필요함을 확인하였다. 이는 탄약의 안전성과 신뢰성을 높일 수 있는 기술적 기반을 마련하는데 기여할 것으로 기대된다.

## 6. References

- [1] S. H. Gu, S. H. Cho, S. H. Song(2023), "A Study on Improvement Plans for Bulletproof Test Lab to Secure Safety and Efficiency." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 24(7): 122-130.
- [2] J. H. Lee, H. C. Jung, J. S. Park(2020), "Research on the Decrease of Dud Ammunition Rate of Grenade Fuzes of Remote Controlled Munition System(For practice) through Quality Improvement." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 21(3):328-334.
- [3] Y. C. Kang, J. O. Choi(2000), "A Study on Controlling the Effects of the Internal Explosion of the Explosive Disposal Structure." Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, 3(2):204-212.
- [4] S. W. Park, J. H. Jun, H. S. Choi, Y. J. Park(2020), "Study for Reducing Safety Distance by Installing Ammunition Storage Facility in Underground." J. Korea Inst. Build. Constr., 20(3):253-260.
- [5] S. H. Jeon, S. H., Lee, D. Y. Kim, S. H. Oh(2011), "An Analysis of the ASRP's Effects on Combat Strength." Korean Journal of Military Art and Science, 67(2):161-178.
- [6] Ministry of National Defense(2023), "National Defense Ammunition and Explosives Safety Management Instructions." Ministry of Government Legislation, Korean Law Information Center.
- [7] S. C. Choi, Y. H. Bae, D. E. 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.
- [8] J. H. Kim, B. H. Lee, K. M. Kim, K. Y. Shin, W. W. Lee(2019), "Gaussian Mixture based K2 Rifle Chamber Pressure Modeling of M193 and K100 Bullets." Journal of the KIMST, 22(1):27-34.
- [9] K. S. Yoon, W. S. Kim, J. H. Choi(2023), "A study on the Evaluation Criteria of ASRP for the Muzzle Velocity of Cartridge 81mm, HE." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 24(10):498-507.
- [10] S. H. Jang, H. J. Chun, I. H. Cho, K. S. Yoon, M. J. Kang(2018), "A study on the factors affecting shelf-life for 60, 81mm mortar ammunition." The Korean Journal of Applied Statistics, 31(5):611-620.
- [11] J. H. Ahn, J. M. Ma(2020), "A Study on the Optimal Sampling for Prediction Failure Rate of One-Shot Weapon Systems." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 21(2):366-372.
- [12] S. J. Back, Y. K. Son, N. J. Kim, T. S. Kwon(2016), "Storage Life Estimation of Next Infrared Flare Material." Journal of the KIMST, 19(3):311-318.
- [13] S. J. Back, Y. K. Son, S. H. Lim, I. H. Myung(2015), "Storage Life Estimation of Magnesium Flare Material for 81mm Illuminating Projectile." Journal of the KIMST, 18(3):267-274.
- [14] J. Y. Seo, B. H. Cheon, N. R. Lee(2022), "Rapid Analysis Method for Stabilizer Content in Propellants using Heat Stability Test." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 23(12):312-317.
- [15] J. Y. Seo, B. H. Cheon, D. H. Kim, M. J. Bae(2023), "Analysis of Propellant Stabilizer Degradation Products using High Performance Liquid Chromatography and Mass Spectrometer." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 24(11):269-278.
- [16] J. H. Lee, H. S. Jung, J. C. Lee(2022), "An Analysis on the ammunition malfunction and assessment plan of 155mm Smoke for howitzer." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 23(8):

- 202-210.
- [17] J. H. Lee, J. S. Choi(2020), "A Study on Reliability and Shelf-Life of DELAY M9." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 21(9): 64-72.
- [18] J. C. Lee, J. H. Lee, H. S. Jung(2020), "A Study on the shelf-life of IR screening smoke launcher grenade." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 21(4):437-445.
- [19] D. N. Lee, K. S. Yoon(2018), "A Study on the Estimation of Shelf Life for Fuze MTSQ KM577A1 from ASRP Data." Journal of Applied Reliability, 18(1):56-65.
- [20] M, J. Choi, H. J. Park, J. K. Yang, J. H. Baek(2014), "A Study on the Shelf-Life Prediction of the Domestic Single Base Propellants Ammunition: Based on 105mm High Explosive Propellants." Society of Korea Industrial and Systems Engineering, 37(3):36-42.
- [21] W. S. Kim, S. H. Cho, K. S. Yoon(2024), "A study on The Shelf-life of Catridge, 81MM High-Explosive for Mortar Using Regression Analysis." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 25(1):122-131.
- [22] J. W. Lee, Y. K. Hong(2012), "A study on the effective management of artillery ammunition using ASRP data-The case of test interval determination, shelfe-life prediction, force effectiveness analysis-." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 13(9):4349-4358.
- [23] S. H. Park, J. H. Kim(2012), "Estimation of Shelf Life for Propellant KM6 by Using Gamma Process Model." Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers, 16(4):33-41.
- [24] S. H. Park, J. H. Kim(2013), "A Study on the Storage Life Estimation Method for Decrease of Muzzle Velocity using Gamma Process Model." Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, 16(5):639-645.
- [25] D. N. Lee, K. S. Yoon, Y. C. Noh(2020), "Study on Improving Learning Speed of Artificial Neural Network Model for Ammunition Stockpile Reliability Classification." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 21(6): 374-382.

## 저자 소개



### 정 영 진

인하대학교 산업경영공학과 학사 취득.  
현재 인하대학교 산업경영공학과 통합과정 재학 중.  
관심분야 : Data Science



### 홍 지 수

인하대학교 통계학과 학사 취득.  
인하대학교 산업경영공학과 석사 취득.  
현재 인하대학교 산업경영공학과 박사과정 재학 중.  
관심분야 : Data Science, Quality Engineering



### 김 솔 율

한국항공대학교 전자공학과 학사 취득.  
현재 한화에어로스페이스 PGM 연구소 근무 중.  
관심분야 : 품질공학, 신뢰성분석



### 강 성 우

인하대학교 산업경영공학과 학사 취득.  
펜실베이니아 주립 대학 산업제조공학과에서 석사와 박사 취득.  
현재 인하대학교 산업경영공학과 부교수로 재직 중.  
관심분야 : 빅데이터 프로세싱을 기반한 제품 설계, 공학 설계, 생산 장비 예측 진단 및 관리