

다중 회귀 모델을 활용한 81mm 박격포 고폭탄 저장수명 예측

정 영 진* · 홍 지 수* · 이 강 영** · 강 성 우*

*인하대학교 산업경영공학과

**한화에어로스페이스 PGM 연구소

Prediction of Shelf-life for 81mm Mortar High Explosive Ammunition Using Multiple Regression Model

Young-Jin Jung* · Ji-Soo Hong* · Kang-Young Lee** · Sung-Woo Kang*

*Department of Industrial Engineering, INHA University

**PGM R&D Institute, Hanwha Aerospace

Abstract

This study aims to develop a regression model using data from the Ammunition Stockpile Reliability Program (ASRP) to predict the shelf life of 81mm mortar high-explosive shells. Ammunition is a single-use item that is discarded after use, and its quality is managed through sampling inspections. In particular, shelf life is closely related to the performance of the propellant. This research seeks to predict the shelf life of ammunition using a regression model. The experiment was conducted using 107 ASRP data points. The dependent variable was 'Storage Period', while the independent variables were 'Mean Ammunition Velocity,' 'Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity,' and 'Stabilizer'. The explanatory power of the regression model was an R-squared value of 0.662. The results indicated that it takes approximately 55 years for the storage grade to change from A to C and about 62 years to change from C to D. The proposed model enhances the reliability of ammunition management, prevents unnecessary disposal, and contributes to the efficient use of defense resources. However, the model's explanatory power is somewhat limited due to the small dataset. Future research is expected to improve the model with additional data collection. Expanding the research to other types of ammunition may further aid in improving the military's ammunition management system.

Keywords : Ammunition Shelf-life, ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program), Regression Model, Prediction of Storage Period

1. 서론

1.1 연구 배경

탄약은 사격을 수행하게 되면 파괴되는 일회성 특성을 갖는다[1]. 이러한 일회성 특성으로 인해 탄약의 품질은 샘플링 검사를 통해 관리된다. 예를 들어, 81mm 박격포

탄약의 경우, 로트에서 표본을 추출하여 품질을 확인한다. 동일한 원자재와 부품을 사용하여 동일한 공정으로 만들어진 탄약 로트는 같은 품질 수준을 가지며, 하나의 모수로 평가된다[2].

탄약 로트에 대한 저장수명은 설계수명을 기준으로 하며, 수명 도달 시점에서 저장수명 연장 여부를 결정한다[3]. 저장탄약신뢰성평가(ASRP: Ammunition Stockpile Reliability Program)는 설계수명 도달 시점에서 비기능 시험, 기능

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

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

Received June 15, 2024; Revision September 19, 2024; Accepted September 22, 2024

시험, 저장 분석 시험 등을 실시하는 시험이다. ASRP는 저장탄약시험절차서에 따라 품목별로 시험 및 평가를 진행하며[4], 이를 바탕으로 탄약의 저장수명 연장 여부, 정비 가능성 및 폐기 등을 판단한다. 현재 군에서는 보유하고 있는 저장탄약에 대해 ASRP를 수행하고, 그 결과에 따라 신뢰성을 보장하거나 폐기하여 국방 전력 유지와 예산 절감에 기여하고 있다[5].

탄약 저장수명은 탄약을 목표지점까지 비행할 수 있게 하는 추진제의 수명과 밀접한 관련이 있다[5]. 이에 따라 안전제 함량에 따른 저장수명을 예측한 연구가 진행되었다[6] [7]. 또한, 탄약의 주요 구성품인 신관과 추진제를 분석하여 저장수명을 예측한 연구도 진행되었다[8]. 로트 단위로 측정된 ASRP 결과 데이터를 품목 단위로 평가하는 연구가 진행되었으며, 관련 연구로는 품목 단위에서의 신뢰도 평가 사례 연구[9], 신관의 성능과 수명 분석을 통한 저장수명 추정 연구[10], 조명탄의 신뢰도와 저장수명 예측 연구[11] 등이 있다.

1.2 연구의 필요성

기존 연구들은 로트 단위 추정에서 발생하는 비용과 품목별 신뢰도 추이 확인의 어려움을 품목 단위 추정을 통해 보완한다. 추정을 위해 통계적 기법이 사용되었으며, 모델은 회귀분석, 인공신경망 등 목적과 데이터 규모에 따라 다른 분석 기법이 사용되어 저장수명이라는 종속변수를 예측하였다[6-7] [12-13]. 기존 연구들은 대부분 특정 탄약의 구성 요소에 대한 부분적인 분석에 집중되어 있어, 통합적이고 실질적인 저장수명 예측에 한계가 있다. 따라서 탄약의 저장수명을 보다 정확하게 예측하기 위해서는 통합적인 접근법이 필요하다. 특히 ASRP 결과 데이터를 활용한 품목 단위의 분석은 불필요한 탄약 폐기를 방지하고, 국방 예산 절감에 기여할 수 있다.

1.3 연구 목적

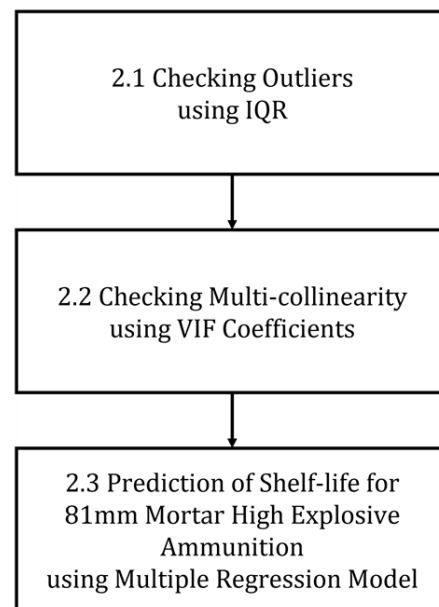
본 연구에서는 특정 품목인 81mm 박격포 고폭탄의 ASRP 결과 데이터를 회귀 모델에 학습시켜 모델을 통해 저장수명을 예측하고자 한다. 탄약은 사격을 수행하면 파괴되는 일회성 특성으로 인해, 시험을 진행할수록 시험 비용이 증가한다. 본 연구의 모델을 통한 저장수명 예측은 시험 비용을 절감시키는 효과를 기대할 수 있다. 탄약의 저장수명 예측은 군사 작전의 성공과 국방 예산의 효율적 운용에 있어서 매우 중요한 요소이다. 81mm 박격포 고폭탄과 같은 탄약은 저장기간 동안 안정성을 유지해야 하며, 수명이 도래했을 때 적절한 조치를 취해야 한다. 이때

ASRP 결과 데이터를 활용하면 불필요한 폐기를 방지할 수 있다. 탄약은 고가의 자산이므로, 수명이 남아 있는 탄약을 폐기하지 않도록 정확한 예측이 필수적이다.

본 논문은 2장 연구 방법, 3장 연구 실험 및 결과, 4장 결론으로 구성된다.

2. 연구 방법

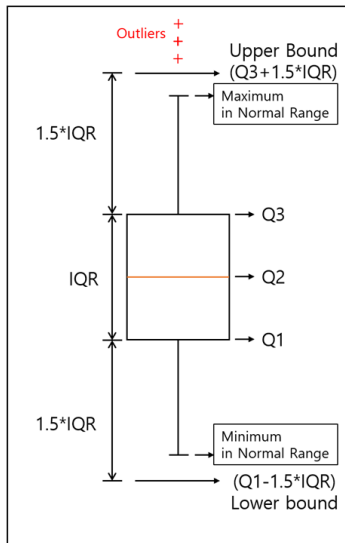
본 연구는 [Figure 1]의 연구 프로세스를 따른다. 먼저, 사분위수 범위(IQR: Inter Quantile Range)를 활용하여 이상치를 확인한다. 다음으로, 분산 팽창 인수(VIF: Variance Inflation Factors)를 활용하여 다중공선성을 확인한다. 마지막으로 다중 회귀 모델을 활용하여 81mm 박격포 고폭탄의 저장수명 예측을 진행한다.



[Figure 1] Research Process

2.1 IQR을 활용한 이상치 확인

이상치란 관측된 데이터의 범위에서 많이 벗어난 아주 작은 값이나 큰 값을 의미한다. 이상치 값을 가지는 데이터를 전처리 과정을 거치지 않고 분석을 수행할 경우 편향되거나 왜곡된 분석 결과를 초래할 수 있다[14]. 따라서, 데이터 분석을 수행하기 이전에 처리해야 한다. 본 연구에서는 이상치를 확인하기 위해 사분위수 범위(IQR: Inter Quantile Range)를 사용한다. IQR은 데이터를 사분위로 나눈 후, 3사분위(Q3)와 1사분위(Q1) 사이의 값을 의미하며, [Figure 2]와 같이 표현한다.



[Figure 2] Example of IQR

이상치를 판단하는 기준의 상한선(Upper Bound)은 3사분위(Q3)에 1.5*IQR을 더한 값이며, 이상치 판단 기준의 하한선(Lower Bound)은 1사분위(Q1)에 1.5*IQR을 뺀 값이다. 이상치 판단 기준의 상한선과 하한선을 벗어난 데이터를 이상치라고 부르며, 이를 제거한 후 모델 학습을 수행한다.

2.2 VIF를 활용한 다중공선성 확인

다중공선성이란 독립변수들이 서로 독립하는 것이 아닌 상호 상관관계가 존재하는 것을 의미한다. 독립변수들이 서로 상관성이 있는 경우 과적합(Over-fitting) 문제가 발생하여 정확한 회귀 결과를 도출하기 어렵다[14]. 이러한 문제를 방지하기 위해 회귀 모델 학습 전에 데이터에 다중공선성이 존재하는 지 확인해야 한다. 본 연구에서는 다중공선성을 확인하고 없애기 위해, 각 독립변수가 다른 독립변수에 의존하는 정도를 확인할 수 있는 분산 팽창인수(VIF: Variance Inflation Factors)를 활용한다. VIF는 각 독립변수를 다른 독립변수로 선형회귀한 성능을 나타낸 것으로 다른 독립변수에 의존적일수록 VIF가 커진다. 각 독립변수의 VIF를 계산하는 방법은 다음 식과 같다.

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2}$$

X_i 는 i 번째 독립변수이며, R_i^2 은 i 를 제외한 독립변수들로 i 번째 독립변수를 선형회귀한 성능(결정계수)이다. 식과 같이 각 독립변수의 VIF를 계산하여 10 이상인 경우

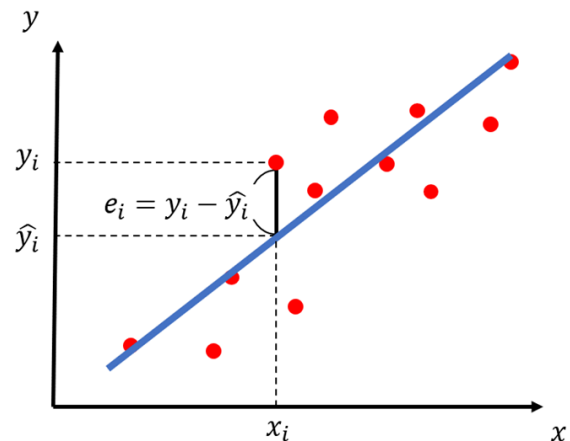
다중공선성 문제가 있다고 판단한다[14]. VIF가 10 이상인 변수가 여러 개 존재할 경우, 다른 독립변수에 의존적일수록 값이 커지는 VIF 특성에 따라 가장 큰 VIF 값을 가지는 변수부터 순차적으로 제거하며 다중공선성 문제를 해결한다.

2.3 다중 회귀 모델을 활용한 81mm 박격포 고폭탄 저장수명 예측

본 연구에서는 다중 회귀 모델을 활용하여 탄약 저장기간에 대한 탄속 정보와 안정제 함량 정보를 분석하고자 한다. 다중 회귀 모델은 독립변수가 종속변수에 영향을 미치는지 알아볼 수 있으며, 영향이 있을 경우 독립변수의 변화로 종속변수의 변화를 예측할 수 있다. 독립변수가 하나인 경우에는 단순 회귀 모델, 독립변수가 두 개 이상인 경우에는 다중 회귀 모델이라고 한다. 본 연구에서의 회귀식은 다음 식과 같다.

$$y_i = \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} + \epsilon_i \quad (i = 1, \dots, n)$$

예측하고자 하는 변수(종속변수) y 는 탄약의 저장기간이며, y 를 예측하기 위한 독립변수 x 는 탄속 정보, 안정제 함량 정보가 된다. 식에서 β_i 는 각 독립변수의 계수이며, p 는 회귀로 추정되는 모수의 개수, ϵ_i 는 오차항이다. 회귀식의 예시를 그림으로 나타내면 [Figure 3]과 같다.



[Figure 3] Example of Regression

e_i 는 관측값 y_i 와 예측값 \hat{y}_i 의 차이이며, 변수 x 와 y 의 관계를 잘 나타내는 회귀식을 찾기 위해 (x, y) 의 좌표로 나타낸 빨간 점들과 직선과의 거리의 합이 최소가 되는 가장 회귀선을 찾는다. 이후 R^2 (결정계수) 값을 통해 추정된 회귀선의 적합 정도를 확인한다.

본 연구에서는 81mm 박격포 고폭탄의 저장수명을 예측하는 데에 여러 독립변수가 복합적으로 영향을 미친다고 가정하고 있다. 이와 같이 종속변수에 영향을 미칠 수 있는 복수의 독립변수를 고려할 때, 다중 회귀 모델이 적합하다. 다중 회귀 모델을 사용하면, 독립변수들이 종속변수에 어떻게 기여하는지, 개별 변수의 영향력을 분석할 수 있다.

다중 회귀 모델의 유효성을 보장하기 위해 통계적 유의성 검토와 모델 적합도 평가를 사용한다. 모델의 회귀 계수의 통계적 유의성을 검토하기 위해 p-value를 분석한다. 일반적으로 p-value가 0.05 미만일 경우 해당 독립변수가 종속변수에 통계적으로 유의미한 영향을 미친다고 판단한다. 각 회귀 계수에 대한 신뢰구간도 함께 제공하여 결과의 신뢰성을 높인다. 모델 적합도 평가는 결정계수를 사용한다. 결정계수 값은 모델이 종속변수의 변동성을 얼마나 설명하는지를 나타내며, 0에서 1 사이의 값을 가지며 1에 가까울수록 좋은 적합도를 의미한다.

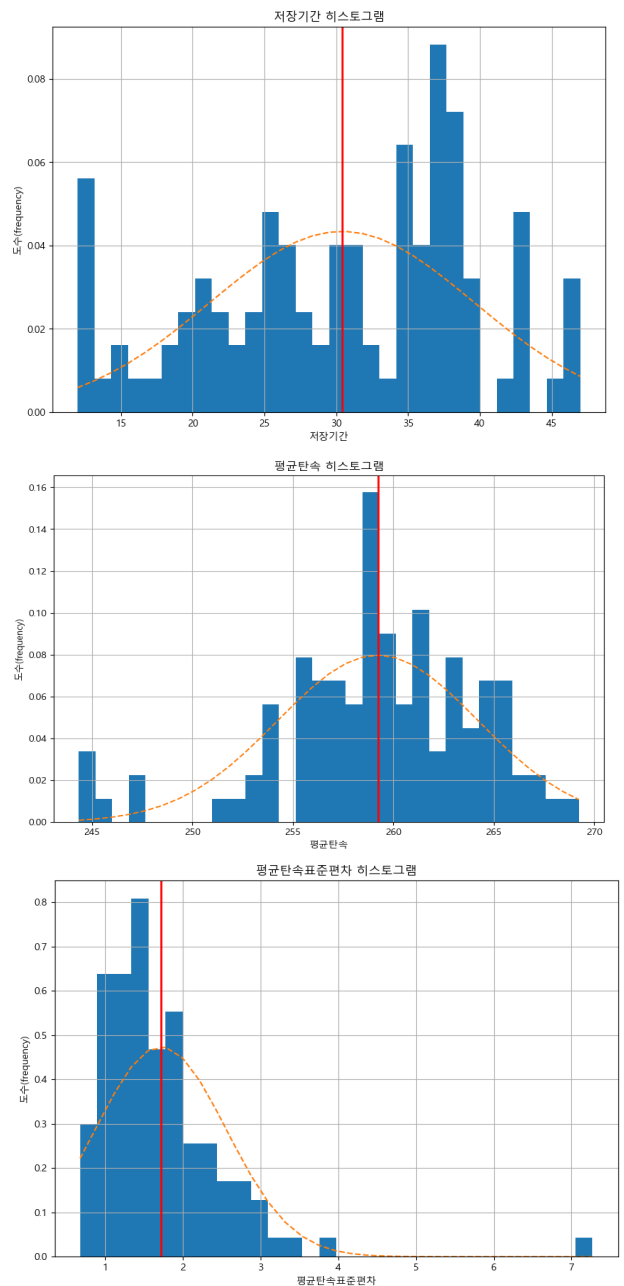
3. 연구 실험 및 결과

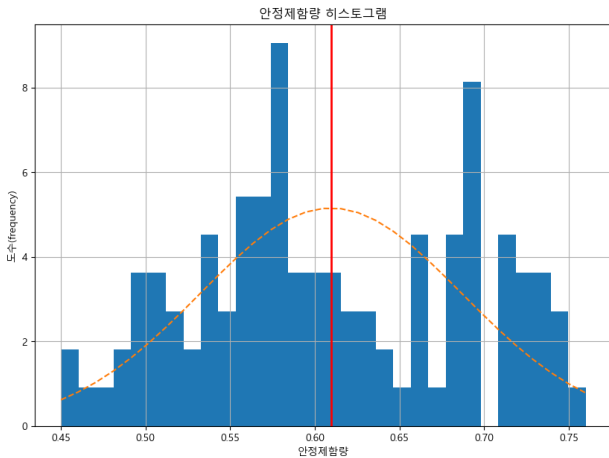
본 연구에서 사용하는 데이터는 육군탄약지원사령부로부터 제공받은 것으로, 81mm 박격포 고폭탄(KC256)에 대한 ASRP 결과 데이터 107개이다. 데이터는 ‘ASRP 시행년도’, ‘로트번호’, ‘시료 수’, ‘제작년도’, ‘평균 탄속 (m/s)’, ‘평균 탄속 표준편차(m/s)’, ‘안정제 함량(%)’으로 구성되며, 이를 활용하여 탄약 저장수명을 예측하기 위한 변수를 선정하고 다중 회귀 모델을 학습시킨다.

ASRP 시행년도는 2013년에서 2022년까지이며, ASRP 시험은 로트 단위로 시행된다. 시료 수는 하나의 로트 단위에 사용되는 탄약의 수로, 본 연구에서 사용하는 데이터 세트의 경우 40발로 구성된다. ASRP 시행년도와 제작년도의 차이를 통해 ‘저장기간’을 알 수 있으며, 저장기간은 최소 12년에서 최대 47년으로 분포되어 있다. 탄속은 탄약을 발사할 때 포구속도를 측정한 것으로, 40발의 탄을 발사한 후 탄속의 평균값을 평균 탄속, 평균 탄속에 대한 표준편차를 평균 탄속 표준편차로 표현한다. 평균 탄속은 최소 244.35m/s에서 최대 269.24m/s까지로 이루어지며, 평균 탄속 표준편차는 최소 0.68m/s에서 최대 7.27m/s까지로 이루어진다. 안정제 함량은 추진체에 들어 있는 잔류 안정제의 함량을 기록한 것으로 최소 0.45%에서 최대 0.76%로 이루어진다<Table 1>[Figure 4].

<Table 1> Data Description

	Storage Period (year)	Mean Ammunition Velocity (m/s)	Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity (m/s)	Stabilizer (%)
Min	12	244.35	0.68	0.45
Max	47	269.24	7.27	0.76
Mean	30	259.23	1.72	0.61





[Figure 4] Data Description

본 연구에서는 탄약 저장수명을 의미하는 ‘저장기간’을 종속변수로 지정한다. 첫 번째 독립변수로는, 저장기간이 경과할수록 추진제 주요 성분이 자연분해가 되고 이에 따라 추진제의 에너지가 감소하여 탄속이 감소한다는 점에서 ‘평균 탄속’을 지정한다[15]. 두 번째 독립변수로는, 저장기간이 경과할수록 추진제 주요 성분이 자연분해가 되고 이에 따라 추진제의 에너지가 시료마다 다르게 감소할 것으로 예상되며 이로 인해 평균 탄속의 표준편차가 증가한다는 점에서 ‘평균 탄속 표준편차’를 지정한다. 세 번째 독립변수로는, 저장기간이 경과할수록 안정제 함량이 감소한다는 점에서 ‘안정제 함량’을 지정한다.

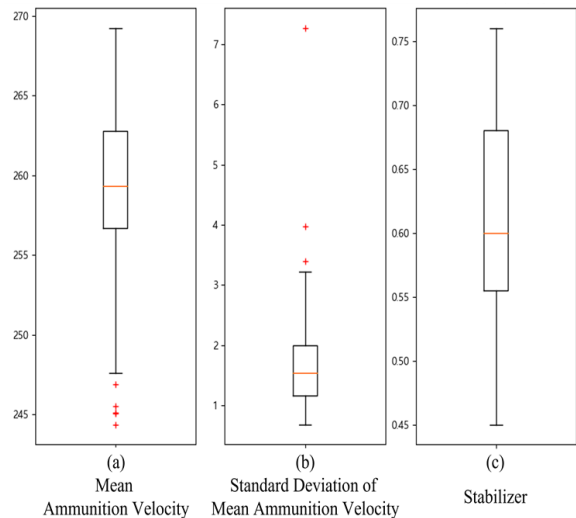
탄약 저장수명은 탄약 관리 기준을 참고하여 예측한다. 탄약 관리 기준에 따르면, 평균 탄속 표준편차의 경우 2.00m/s 초과일 때 B등급으로 기능 변수 등급이 낮아진다. 안정제 함량의 경우 0.30% 미만일 때 C등급으로, 0.20% 미만일 때 D등급으로 저장성 등급이 낮아진다 [5] <Table 2>.

<Table 2> Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity and Stabilizer Category

Effective Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity(m/s)	Category
Less than 2.00	A
2.00 or More	B
Effective Stabilizer (%)	Category
0.30 or More	A
0.29 ~ 0.20	C
Less than 0.20	D

3.1 IQR을 활용한 이상치 확인

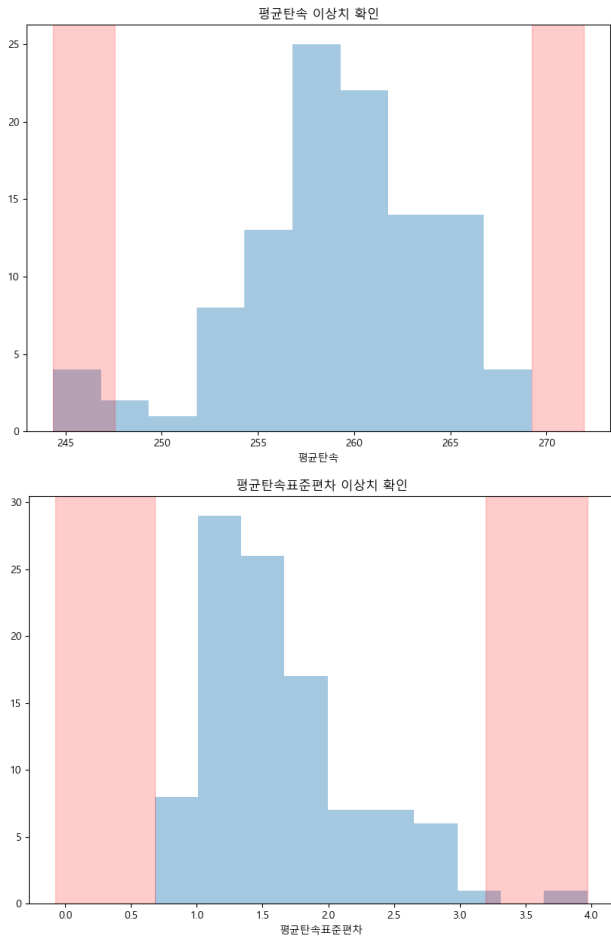
ASRP 결과 데이터의 이상치 확인을 위해 IQR 방법을 사용한다. 아래 [Figure 5]는 평균 탄속, 평균 탄속 표준편차, 안정제 함량에 대한 이상치를 확인할 수 있는 상자수염그림이며 데이터 이상치가 발견된 컬럼은 ‘평균 탄속’과 ‘평균 탄속 표준편차’이다. 평균 탄속, 평균 탄속 표준편차, 안정제 함량에 대한 IQR 및 이상치 상한선, 하한선은 <Table 2> [Figure 6]과 같으며, 이상치로 확인된 데이터인 평균 탄속 데이터 5개와 평균 탄속 표준편차 데이터 3개는 제거한다. 제거 후 데이터 경향성을 파악하기 위한 산점도 행렬은 [Figure 7]과 같다.



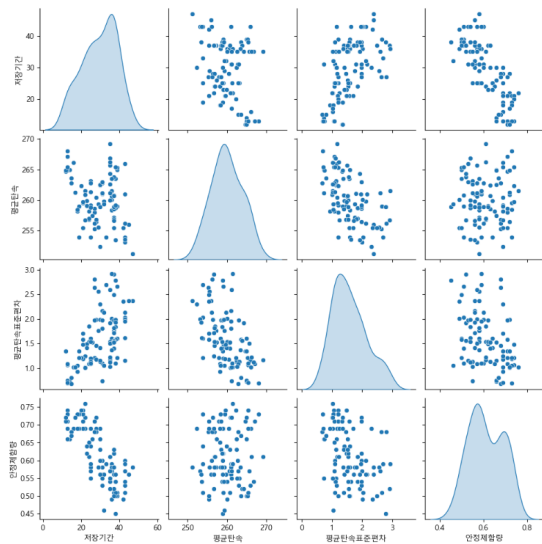
[Figure 5] Boxplot

<Table 3> IQR Information of Independent Variables

	Mean Ammunition Velocity (m/s)	Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity (m/s)	Stabilizer (%)
IQR (Q3-Q1)	6.10	0.83	0.13
Lower Bound (Q1-1.5*IQR)	247.54	-0.07	0.37
Upper Bound (Q3+1.5*IQR)	271.94	3.23	0.87
The Number of Outliers	5	3	0



[Figure 6] Checking Outliers using IQR



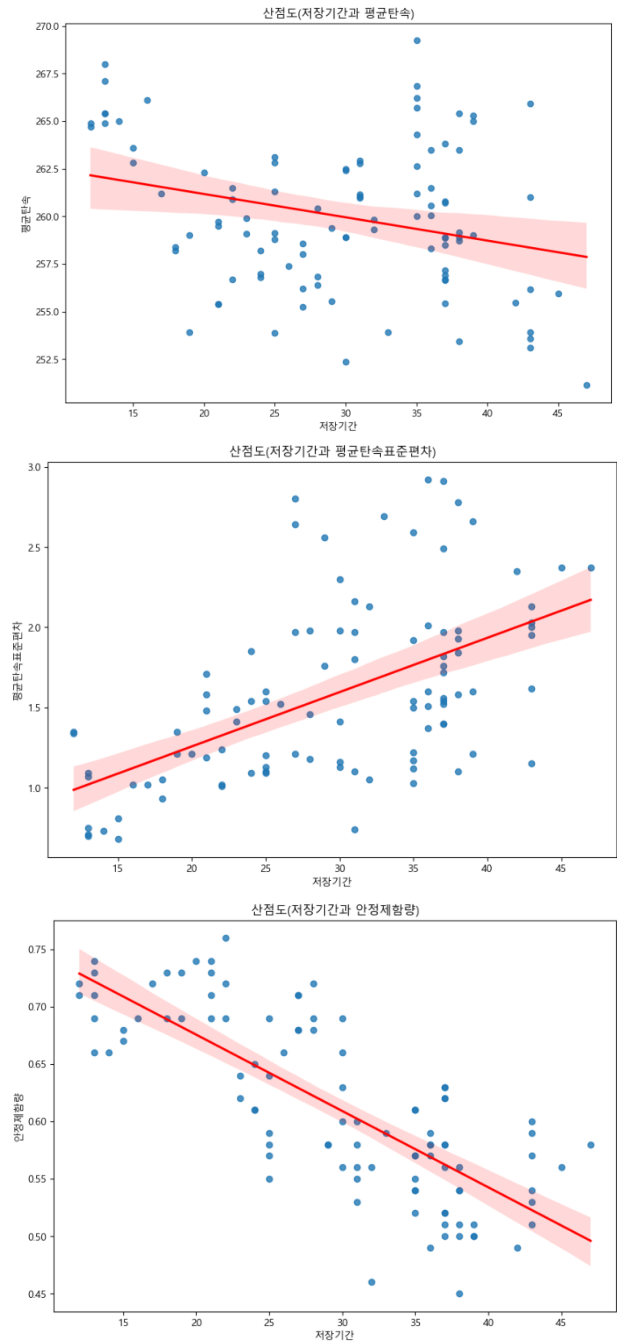
[Figure 7] Scatterplot Matrix

다음으로 본 연구에서 사용한 독립변수와 종속변수 간의 선형성을 확인하기 위해 피어슨 상관계수를 측정한다. ‘저장기간’과 ‘평균탄속’의 상관계수는 -0.28, ‘저장기간’과 ‘평균 탄속 표준편차’의 상관계수는 0.54, ‘저장기간’과 ‘안

정제 함량’의 상관계수는 -0.77이다<Table 3> [Figure 8].

<Table 4> Pearson Correlation Coefficient with Storage Period

	Mean Ammunition Velocity	Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity	Stabilizer
Value	-0.28	0.54	-0.77



[Figure 8] Scatterplot

3.2 VIF를 활용한 다중공선성 확인

VIF는 독립변수 간 다중공선성을 확인할 때 사용하는 계수로, 본 연구에서는 종속변수 '저장기간'에 대한 세 개의 독립변수 '평균 탄속', '평균 탄속 표준편차', '안정제 함량'에 대한 VIF를 확인하며, 그 결과는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> VIF of Independent Variables

Independent Variables	VIF
Mean Ammunition Velocity	94.40
Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity	9.77
Stabilizer	70.40

'평균 탄속', '평균 탄속 표준편차', '안정제 함량'에서의 VIF는 각각 94.40, 9.77, 70.40이다. 이 중 VIF가 가장 높은 '평균 탄속'을 제거한 후 [14], '평균 탄속 표준편차', '안정제 함량'의 VIF를 확인하면, 그 결과는 <Table 6>과 같다.

<Table 6> VIF after removing 'Mean Ammunition Velocity'

Independent Variables	VIF
Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity	6.56
Stabilizer	6.56

'평균 탄속 표준편차', '안정제 함량'에서의 VIF는 각각 6.56이다. VIF가 10보다 작으므로, 다중공선성이 없다고 판단하여 두 변수를 다중 회귀 모델에 사용한다.

3.3 다중 회귀 모델을 활용한 81mm 박격포 고폭탄 저장수명 예측

3.1절과 3.1절의 단계를 수행한 후 회귀분석을 통해 F-검정, t-검정, 결정계수를 확인한다. 본 연구에서 사용하는 독립변수는 '평균 탄속 표준편차'와 '안정제 함량'이며, 예측하고자 하는 종속변수는 '저장기간'이다. 회귀분석 결과를 나타낸 표는 아래 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Regression Analysis Results

(x1: Standard Deviation of Mean Ammunition Velocity,
 x2: Stabilizer)

Dep. Variable:	y	R-squared:		0.662		
Model:	OLS	Adj. R-squared:		0.655		
Method:	Least Squares	F-statistic:		95.13		
		Prob(F-statistic):		1.36e-23		
	coef	std err	t	P> t	[0.025]	[0.975]
const	68.55	5.43	12.63	0.00	57.78	79.33
x1	4.68	1.04	4.50	0.00	2.62	6.74
x2	-75.76	7.42	-10.21	0.00	-90.49	-61.03

F-검정 통계량 중 p-value 값이 1.36e-23으로, 0.05보다 작으므로, 모델이 통계적으로 적합하다 할 수 있다. t-검정 통계량 중 p-value 값이 두 독립변수 모두 0으로, 0.05보다 작으므로, 두 독립변수는 통계적으로 유의하다. 회귀분석의 설명력을 표현하는 결정계수(R-squared)와 조정된 결정계수(Adj. R-squared)는 각각 0.662, 0.665이다.

다음으로 다중 회귀 모델을 학습시키기 위해 데이터를 학습 데이터와 검증 데이터로 나눈다. ASRP 결과 데이터 107개에서 이상치 데이터 8개를 제거한 99개의 데이터를 80%의 학습 데이터와 20%의 검증 데이터로 나눈다. 데이터를 나눈 후에는 표준화를 통해 두 독립변수가 취하는 값의 범위를 맞춰 변수의 척도(Scale)로 인해 모델이 특정 변수에 편향되는 것을 방지한다.

모델 학습 이후에는 <Table 2> 탄약 관리 기준에 따라 평균 탄속 표준편차가 2.00(m/s), 안정제 함량이 0.30(%), 일 때와 평균 탄속 표준편차가 2.00(m/s), 안정제 함량이 0.20(%), 일 때의 예측값을 출력한다. 현행 탄약 관리 기준에서 나누는 등급을 고려하면, 평균 탄속 표준편차가 2.00m/s이며 안정제 함량이 0.30%일 때, '저장기간'은 약 55년이며, 평균 탄속 표준편차가 2.00m/s이며 안정제 함량이 0.20%일 때, '저장기간'은 약 62년이다.

4. 결론

본 연구에서는 81mm 박격포 고폭탄의 저장수명을 예측하기 위해 ASRP 결과 데이터를 활용하여 실험을 수행한다. 107개의 ASRP 결과 데이터 중 '저장기간'을 종속변수로, '평균 탄속', '평균 탄속 표준편차', '안정제 함량'을 독립변수로 지정한다. 이상치 확인 및 다중공선성 제거 후 실험을 진행한 결과, 회귀 모델의 설명력(R-squared)은 0.662(조정된 결정계수는 0.665)임을 알 수 있다. 마지막으로, 탄약 관리 기준과 다중 회귀 모델로 도출한 회귀식에 따르면, 저장기간은 약 55년(표준편차 A등급/안정제 함량 A등급)과 약 62년(표준편차 A등급/안정제 함량 C등급)으로 볼 수 있다. 모델 설명력이 다소 미흡하다고 판단할 수 있으나, 이는 현재 적은 양의 데이터를 기반으로 한 결과이므로, 추후 추가 데이터 수집을 통해 모델의 설명력을 높일 것으로 기대된다.

탄약 저장수명 예측은 군사 작전의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 예측된 저장수명을 바탕으로 신뢰할 수 있는 탄약만을 사용하게 되면, 실제 작전 중 탄약의 오작동이나 실패를 줄일 수 있다. 본 연구에서 제안하는 회귀 모델을 통한 예측 방법은 ASRP 결과 데이터의 활용도를 높이며,

81mm 박격포 고폭탄 외에 다른 탄약에도 적용한다면, 군사적 효율성을 증대시키고 국방 예산의 절감 및 작전의 신뢰성 향상에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 기존 군에서 관리하는 탄약 저장 체계 최신화에 도움이 될 것으로 기대된다.

향후 연구로, 추가 데이터를 확보하여 회귀 모델의 설명력을 향상시키고, 81mm 박격포 고폭탄 탄약을 포함한 105mm, 155mm 등의 다른 탄약 품목에 대한 분석을 수행하여 본 연구의 연구 방법을 일반화하고자 한다.

5. References

- [1] K. J. Jo, H. C. Jung, H. H. Hong(2023), "A Study on the Test Standard according to Reliability and Confidence Level of the Ammunition." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 24(9):562-568.
- [2] K. J. Jo, Y. C. Kim, S. H. Gu(2023), "A Study on the Standard Establishment of LOT Setting for the Guided Missile ASRP." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 24(4): 288-296.
- [3] S. H. Gu, K. J. Jo, Y. C. Kim, J. H. Lee, H. C. Lee(2022), "A Study on the Implementation Method of the ASRP Live Firing of a Guided Missiles." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 23(12): 118-124.
- [4] K. S. Yoon, W. S. Kim, J. H. Choi(2023), "A study on the Evaluation Criteria of ASRP for the Muzzle Velocity of Catridge 81mm, HE." *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 24(10): 498-507.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] K. S. Yoon, S. W. Park(2014), "A Study on the Estimation of Shelf-life for 155mm propelling charge KM4A2 using ASRP's data." *J. Korean Soc. Qual. Manag.*, 42(3):291-300.
- [8] W. S. Kim, S. H. Cho, K. S. Yoon(2024), "A study on The Shelf-life of Cartridge, 81MM High-Explosive for Mortar Using Regression Analysis." *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 25(1):122-131.
- [9] K. S. Yoon, J. C. Lee(2012), "A Case Study on the Reliability Assessment of Stockpile Ammunition." *J. Korean Soc. Qual. Manag.*, 40(3):259-269.
- [10] 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.
- [11] J. C. Lee, J. H. Lee, H. S. Jung(2020), "A Study on the estimation of shelf-life and assessment plan of illuminating cartridges for mortar." *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 21(9):291-300.
- [12] S. H. Cho, W. S. Kim, J. H. Lee(2023), "A Study on the Reliability and Shelf-life of Floating HC smoke pot." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 24(11):304-312.
- [13] Y. J. Jeong, H. Y. Yi, J. Y. Seo, N. R. Lee(2022), "Shelf-Life Prediction of Rubber CBRN Materials Using Actual Data." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 23(9): 379-386.
- [14] J. S. Hong, J. S. Park, S. W. Kang(2021), "Analysis of Success and Failure Factors of OTT Service Contents According to the Rating: Focus on Netflix." *Journal of Korean Society of Industrial and Systems Engineering*, 44(4):65-75.
- [15] B. H. Cheon, J. Y. Seo, M. J. Bae(2023), "Comparative Study of DPA Content Measurement Method by Automatic Extractive distillation." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 24(9):24-30.

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



이 강 영

연세대학교 컴퓨터과학과 학사 취득
현재 한화에어로스페이스 PGM 연구소 근무 중
관심분야 : 점검장비, 신뢰성 시험, 무기체계
고장 예측 및 진단



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