

시계열분석을 적용한 저장탄약수명 예측 기법 연구 - 추진장약의 안정제함량 변화를 중심으로 -

(Prediction of the shelf-life of ammunition by time series analysis)

이 정 우(Lee, Jung Woo)*, 김 희 보(Kim, Hee Bo)**,
 김 영 인(Kim, Young In)***, 홍 윤 기(Hong, Yoon Gee)****

초 록

야전에 저장된 탄약의 수명을 예측하는 것은 군의 전투지원 핵심요소로 실무적으로 매우 중요한 의미가 있다. 본 연구는 6년간 수행한 155mm 추진장약(KD541)의 ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program : 저장탄약신뢰성평가) 결과를 기초로 추진장약 추진제의 안정제함량 변화에 따른 시계열분석(ARIMA 모델) 방법론을 적용 저장탄약수명을 예측하였다. 이번 연구는 기존의 회귀분석 모델을 활용한 연구방법과 다르게 시계열분석을 적용하되 미니 탭 프로그램을 활용하여 시계열분석을 적용 저장탄약수명을 예측하였다. 이러한 분석결과 155mm 추진장약(KD541) 저장수명은 35~43년으로 예측되었다.

ABSTRACT

To predict the shelf-life of ammunition stockpiled in intermediate have practical meaning as a core value of combat support. This research is to Predict the shelf-life of ammunition by applying time series analysis based on report from ASRP of the 155mm, KD541 performed for 6 years. This study applied time series analysis using 'Mini-tab program' to measure the amount of stabilizer as time passes by is different from the other one that uses regression analysis. The average shelf-life of KD541 drawn by time series analysis was 43 years and the lowest shelf-life assessed on the 95% confidence level was 35 years.

Keywords : 저장탄약신뢰성평가(ASRP), 저장탄약수명(The shelf-life of ammunition), 시계열분석(Time Series Analysis), ARIMA 모델

논문접수일 : 2011년 1월 25일 심사(수정)일 : 2011년 2월 28일 논문게재확정일 : 2011년 3월 8일

* 국방기술품질원, 한성대학교 산업시스템공학과 박사과정

** 한성대학교 산업경영공학과 석사과정

*** 국방대학교 전력기획학과 교수

**** 한성대학교 산업경영공학과 교수

1. 서론

우리 군에 야전 배치·저장된 탄약은 실전에서 즉각 지원되어야 한다. 또한 전쟁의 발발과 전쟁기간의 지속을 위한 전쟁 예비 물자의 개념으로써 장기간 저장되고 있다.

탄약은 저장기간이 늘어날수록 점차적으로 탄약의 성능이 저하되는 고유 수명주기(Life Cycle) 때문에 1회성 시스템(One-Shot System)으로 분류·관리하고 있다. 탄약은 복합 구성품이 결합되어야 제 기능을 발휘 할 수 있다. 이러한 주요 구성품 중 화공품의 경우 자연적 환경에 기인한 열화(Degradation)*가 발생되므로 장기간의 저장에는 제한이 있다. 따라서 저장수명을 예측하여 조치하는 것은 탄약 관리에 필수 불가결하다. 이런 이유로 국방부에서는 야전에 저장된 탄약에 대하여 ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program : 저장탄약신뢰성평가)를 실시함으로써 수명을 예측하여 정비·관리함으로써 탄약의 신뢰성을 보장하고 있다. 이러한 ASRP는 야전에 저장중인 탄약에 대해 주기적으로 비기능, 기능, 저장분석시험 등을 통하여 사용가능성, 안전성, 신뢰성 및 성능을 통계적으로 분석·평가하고 그 결과를 근거로 계속저장, 제한사용, 우선불출, 폐기 등을 결정하는 종합적인 탄약신뢰성평가 업무이다.[1]

군 관련 연구기관에서는 탄약 신뢰성 보장의 일환으로 저장탄약수명 예측에 많은 노력을 기울여 오고 있다. 이러한 과정에서 155mm 곡사포(K-55, 자주포) 등 포병 핵심 전력의 탄약저장수명을 예측하는 업무는 상시 전투태세 유지에 매우 중요한 임무이다.

지금까지 곡사포 탄약의 주요 구성품인 추진장약의 저장수명은 저장기간별 표본을 추출하여 추진제의 안정제한량 데이터를 구한 후 회귀분석을 통해 수명을 예측하여 왔다.

본 연구에서는 추진장약의 저장수명을 시계열

분석 중 ARIMA 모델을 활용하여 예측하였다. 또한 그 결과를 회귀분석 결과와 비교함으로써 모델로서의 신뢰성 및 사용 가능성을 검토하였다. 본 연구과정에서는 “미니 탭 프로그램”을 활용하였다. “미니 탭 프로그램”은 펜실베니아 주립대학에서 기초 통계학을 연구하는 학생을 위해 개발된 소프트웨어이다. 다양한 통계분석 도구가 제공되며 사용법이 간단하고 다양한 그래픽 Tool이 제공된다는 점에서 품질관리 및 식스시그마 뿐만 아니라 공학, 사회학, 심리학, 경영학 등 여러 분야의 자료 분석에 널리 사용되고 있다.[2]

본 연구는 총 4장으로 구성, 제1장 서론은 연구 개요를 제2장에서선 기존 연구에 대한 고찰을 하였다. 제3장에서는 저장수명 예측 연구결과 분석·비교하였다. 마지막으로 제4장에는 결론 및 향후 연구방향을 기술하였다.

2. 기존 연구 고찰

2.1 ASRP의 수행 절차

국내 ASRP 업무수행 절차는 시험 준비, 실시, 결과 분석 및 평가, 후속조치 등 4단계로 나뉜다. 시험 준비단계에서는 시험대상을 선정하여 시료를 채취하며, 실시 단계에서는 비기능 검사, 발사 시험, 저장분석시험으로 구분 수행된다. 이때 추진장약의 안정제한량 데이터는 실시 단계의 저장분석시험 중 이화학실험을 통해 얻을 수 있다. 시험결과 분석 및 평가 단계에서는 국방부 주관으로 결과를 종합한 후 탄약 저장상태 등급을 결정하고, 마지막 후속조치 단계를 통해 탄약 상태 전환 및 결과 보고서 발간·배포 등을 실시한다.[3]

2.2 추진제의 자연분해와 안정제

155mm 곡사포탄의 추진장약은 포탄발사 후

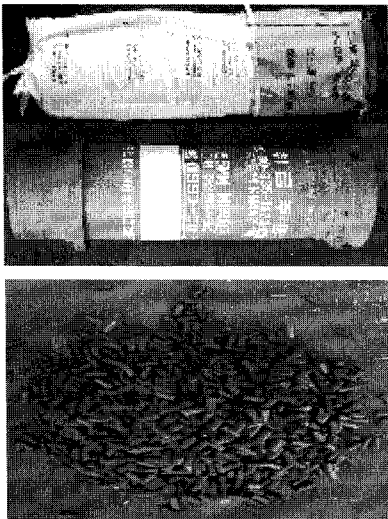
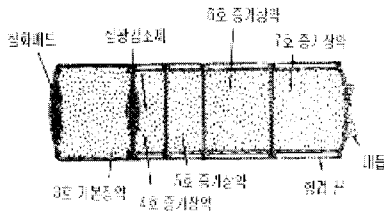
* 열화(劣化): 외부적인 영향이나 내부적인 영향에 따라 화학적 물리적 성질이 나빠지는 현상

표적지역까지 비행해 갈 수 있도록 추진력을 제공하는 중요한 역할을 하는 주요 구성품이다. 또한 이러한 추진장약은 시간 경과에 따라 저장안정성이 저하되는 대표적인 구성품이기도 하다.

155mm 추진장약(KD541)으로 사용되는 추진제는 NC(Nitrocellulose)를 주요 기제로 만들어지는 단기 추진제로 다공원통형의 형상으로 되어 있다. 단기 추진제의 주요 원료로 사용되는 NC는 다른 질산에스테르 화합물과 같이 불안정한 물질로 잘 알려져 있다. 이들 화합물은 저장기간 동안 분해되기 시작해서 시간이 경과함에 따라 열, 수분, 산성 물질 등에 의해 자연분해가 가속화된다. 특히, 추진제가 노화되면서 발생하는 NO₂가 수분과 반응하면 질산을 생성시킨다. 이러한 반응은 질산에스테르 분해를 촉진시키는 자동촉매반응을 일으

켜서 분해반응을 더욱 가속시킨다. 이런 불안정한 상태가 지속되면 자연 발화의 위험도 잔존한다.[4]

추진제에 포함된 안정제는 NC의 분해로 야기되는 자연분해를 근본적으로 방지할 수는 없다. 그러나 NC의 분해 생성물에 의한 자동촉매반응의 유도를 억제하기 위해서 NC의 분해생성물과 반응성이 매우 높은 안정제를 추진제에 첨가한다. 안정제는 NC보다 질소산화합물과 훨씬 친화력이 있어 질소산화합물이 NC와 반응하기 전에 안정제와 반응하게 된다. 이러한 안정제는 단기 추진제 중에서 DPA(Diphenylamine)이라는 물질이 가장 많이 사용된다. 추진제 특성에 따라 DPA를 첨가하는 양이 다르지만 일반적으로 추진제에 약 1.0% 정도를 첨가하여 사용한다. 저장시 안정제 함량이 일정조건(0.3% 이상)을 유지해야 하며 0.3% 미만으로 저하될 경우 조기에 불출하여 사용하고, 0.2% 미만인 경우에는 비군사화 작업을 통해 폐기하여야 한다.[5]



(그림 1) 155mm 추진장약(KD541)

2.3 기존 연구방법 및 데이터 고찰

2.3.1 데이터 특성과 표본 추출

정확한 탄약의 저장수명을 예측하기 위해서는 생산 초기부터 폐기에 이르는 전 주기 동안의 평가 자료가 필요하다. 하지만 이번 연구에서는 6년간('01~'06)*의 ASRP 결과 보고서를 참고하였다. ASRP 결과 보고서는 전 군의 시설 탄약고를 대상으로 국방기술품질원에서 주관하여 실시한 탄약저장신뢰성평가 결과를 종합적으로 분석 및 정리한 기술 보고서이다. 보고서 데이터는 국방기술품질원 연구 인력을 중심으로 전군 00개 시설 탄약부대에서 임의 추출한 자료이며 매년 보고서 발간을 통해 평가 자료를 축적해 나아가고 있다.

* 시계열 분석 데이터 특성상 저장년도 연속성을 가진 탄종의 자료가 필요하므로 적용 가능한 최근 '01년~'06년 평가자료를 활용하였으며 '07년 이후 최신 데이터는 통계적인 분석기법 적용이 제한되었음.

표본 추출한 탄약은 총111개 로트의 155mm 추진 장약으로 저장기간은 10~33년이 경과한 것이며, 저장기간별 안정제한량의 저장분석시험을 통해 24개의 산술평균한 데이터를 추출하였다.

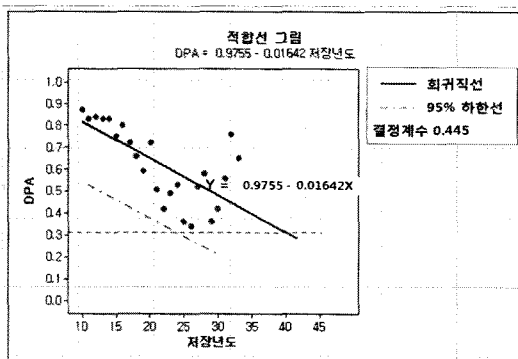
[표 1] 저장기간별 안정제한량 현황(6)

저장기간 (년)	10	11	12	...	31	32	33
범 위	0.87	0.92 ~ 0.73	0.91 ~ 0.73	...	0.66 ~ 0.45	0.79 ~ 0.72	0.82 ~ 0.45
평 균	0.87	0.83	0.84	...	0.56	0.76	0.65

2.3.2 회귀분석을 적용한 저장수명 예측

추진장약의 저장수명 예측은 ASRP 결과 보고서의 저장기간에 따른 안정제한량의 잔여상태에 대해서 회귀분석을 통해 회귀방정식과 결정계수 등을 구하고, 분석대상 성능(안정제한량)이 한계기준(0.3% 미만)에 도달하는 시점을 회귀방정식으로 부터 계산하여 추진장약의 수명을 예측한다.[7]

[표 1]은 저장기간별 155mm 추진장약의 안정 제한량 변화를 나타낸 것으로 저장기간은 독립변수(X축)가 되고 안정제의 잔여 함량은 종속변수(Y축)가 된다. 저장기간별 24개 안정제한량 데이터로 산점도를 도식 후, 표본 회귀직선을 그어 표 본 회귀식 $Y = 0.9755 - 0.01642X$ 을 얻었다.



(그림 2) 평균 저장수명과 하한값 저장수명

국방부 ASRP 업무지침 및 추진장약의 저장 안정성을 고려하여 안정제한량이 0.3% 미만을 기준, 추진장약의 저장수명으로 설정하였다. 표본 회귀직선이 기준(안정제한량:0.3%)에 도달하는 시점은 약 43년이다. [표 2]는 분산분석표를 나타낸 것으로 유의수준 0.05에서 위 회귀분석의 설득력을 확인할 수 있다.

[표 2] 분산분석표

요인	자유도	제곱합	제곱평균	F비
회귀	1	0.30996	0.30996	18.37
잔차	22	0.37129	0.01688	.
합계	23	0.68125	.	.
구분	계수	표준오차	t통계량	P-값
Y 절편	0.97547	0.9346	9.09346	0.000
X 1	-0.01642	0.003831	-4.29	0.000

[그림 2]에서 점선이 보여주는 바와 같이 표본 회귀선에서 ± 2 표준편차의 95% 신뢰수준에서 안정제한량의 하한값 0.3% 기준에 도달하는 시점은 약 25년이다.

회귀분석 결과를 요약하면, 평균 저장수명은 약 43년, 95% 신뢰수준에서 안정제한량의 하한값 저장수명은 약 25년이다.

2.3.3 회귀분석의 제한사항 및 보완방안

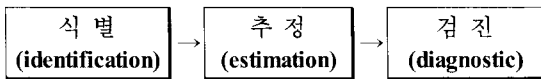
회귀분석을 활용한 저장탄약수명 예측은 비교적 간단·명료하여 쉽게 접근이 가능한 통계적 방법이다. 하지만 데이터의 적합성을 나타내는 결정계수(0.445)가 비교적 작아 저장수명 예측값으로 부족한 부분이 있다. 또한 저장수명의 하한값 예측시 회귀직선 기울기에 따라 신뢰구간의 폭만큼 거리를 두고 결정되므로 저장수명의 하한값이 단편적으로 예측되는 약점이 발견되었다. 이런 이유때문에 회귀분석의 보완방안으로 시계열분석(ARIMA 모델)을 활용하여 저장수명을 예측하게 되었다.

3. 시계열분석에 의한 추진장약 저장수명 예측

3.1 ARIMA 모델의 적용 절차

박스-젠킨스(Box-Jenkins)에 의한 시계열 모형화 방법은 모델을 식별하고 모수를 추정한 후 적합성을 진단하는 것이다. 시계열의 자기상관함수(ACF:autocorrelation fuction)와 편자기상관함수(PACF:partial autocorrelation fuction)를 분석하여 MA(Moving Average), AR의 차수를 정하고 시계열에 비정상성이 있으면 계절적, 비계절적 차분을 통하여 시계열로 만든 후 분석·예측한다.

박스-젠킨스(Box-Jenkins)의 ARIMA 모델 방법론은 모델의 식별, 추정, 검진의 3단계에 걸쳐 진행되는 시계열 분석 및 예측기법이다.[8]



(그림 3) ARIMA 모델 적용 절차

3.2 ARIMA의 수학적 모델

(1) AR(p)과정

AR(p) 과정은 ARMA(p,q)과정의 특수한 경우이다. AR(p)과정의 수학적 모델은 $z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t$ 이다.

- * z_t : 시계열에서의 t번째 관측치(t^{th} observation of time series.)
- * ϕ_t : 자기회귀 매개 변수(autoregressive parameter)
- * a_t : 무작위적인 변화(random shock)

(2) MA(q)과정

어떤 시계열 z_t 를 설명하는데 z_{t-1} 만이 정보를

가지고 있고, $z_{t-k}, k \geq 2$ 는 정보를 가지고 있지 않은 확률 과정을 표현하는 것이 이동평균과정(moving average process)이다.

즉, $z_t = a_t - \theta a_{t-1}$ 이다.

(3) ARMA(p,q)과정

AR(p) 과정과 MA(q) 과정을 합쳐보면, $z_t = \phi_0 + \phi_1 z_{t-1} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}$ 이 되고 이를 ARMA(p,q)과정이라고 표기한다. 그러므로 ARMA(p,0)는 AR(p)과정이 되고 ARMA(0,q)는 MA(q)과정이 된다.[9][10]

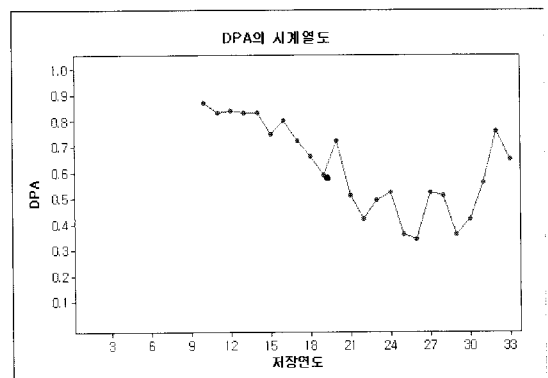
3.3 ARIMA 모델을 적용한 수명 예측

본 연구에서는 회귀분석에서 사용했던 155mm 추진장약의 저장기간별(10~33년) 24개 안정제한량 변화 데이터를 동일하게 사용하였으며, 복잡한 ARIMA의 수학적 모델을 대신, “미니 탭 ver.15 프로그램”을 활용하여 데이터를 산출하였다.

3.3.1 모델의 식별 단계

(1) 시계열도(Timeplot)

정상시계열 가정의 충족 여부를 확인하는 예비 단계로써 저장연도별 안정제한량의 시계열도를

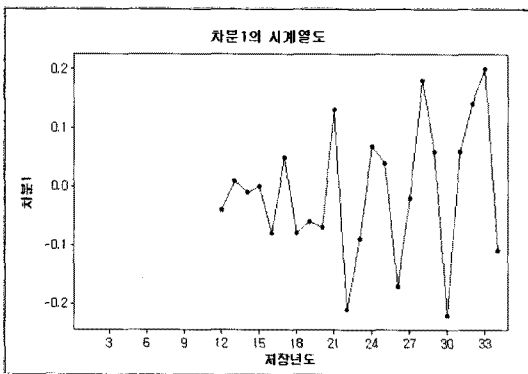


(그림 4) 안정제한량의 시계열도

통하여 시계열의 변환 여부를 판단한다.

[그림 4]에서 안정제한량이 저장년도가 증가함에 따라 지수적으로 감소하는 성향을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 이처럼 시계열이 증가 또는 감소와 같은 추세를 보일 때에는 데이터의 변환을 시행하여 추세를 제거하여야 한다. 그 이유는 추세를 제거해야만 시계열의 적합한 모델을 식별할 수 있기 때문이다.

[그림 5]는 시차1로 차분한 값의 시계열도이다. 안정제한량의 시계열을 시차1의 차분을 통해 지수적으로 감소하는 추세를 제거, 정상 시계열의 가정을 충족시켰다.

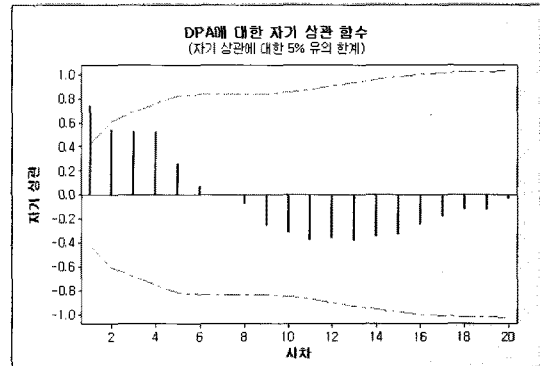


(그림 5) 차분1의 시계열도

(2) 자기상관함수(ACF; autocorrelation function)

ACF는 [그림 6]의 막대 그래프로 나타내고 ARMA(p,q) 모델의 차수를 결정하는데 필요한 정보를 제공한다. 먼저 AR(p)의 경우 시차가 증가할수록 ACF가 지수적으로 감소한다. 반대로 MA(q)의 경우에는 시차 q+1 부터의 ACF가 이론상 0이어야 하므로, ACF가 어떤 시차 다음부터 0에 가깝다면 그 시계열에 대한 모델로 MA(q)로 식별할 수 있다. [그림 6]을 살펴보면 시차1에서 ACF가 유의한계를 넘는 것을 볼 수 있다. 또한 시차7까지 지수적으로 감소하지만 다시 증가하는 모습을 볼 수 있다. 이것은 안정제한량의 시계열이 시차 11을 기준으로 계절성향을 가지고 있다

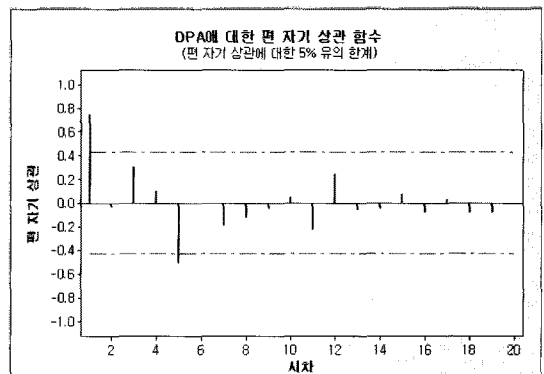
는 것을 뜻한다. 따라서 MA(1), 시즌 상수가 11인 모델로 식별하였다.



(그림 6) 안정제한량에 대한 자기상관함수

(3) 편자기상관함수(PACF; partial autocorrelation function)

ACF가 MA(q) 모델의 식별에는 유용하지만 AR(p) 모델 식별에는 적용하기 어렵다. 반대로 편자기상관함수(PACF)는 AR(p) 모델 식별에 유용하다. [그림 7]을 살펴보면 시차 1, 5에서 편자기상관함수(PACF)가 유의한계선을 넘는 것을 볼 수 있다. 하지만 전체적으로 시차가 증가할수록 지수적으로 감소하는 것으로 식별하였다.



(그림 7) 안정제한량에 대한 편자기상관함수

(4) 모델 식별 결과

[그림 4]에서 안정제한량의 시계열이 지수적으로

로 감소하는 경향을 제거하기 위해 시차 1의 차분을 하였다. 자기상관함수(ACF)가 시차1에서 유의한계선을 넘는 것을 볼 때 MA(1), 계절상수 11인 모델로 판단하였다. 또한 편자기상관함수(PACF)가 지수적으로 감소하는 것을 볼 때 비계절모델은 0 1 1 모델로 식별하였다. 하지만 계절모델(계절상수 11)은 자기상관함수(ACF)와 편자기상관함수(PACF) 모두 지수적으로 감소하여 ARIMA 모델 유형을 식별하는 것이 불가능하였다. 따라서 휴리스틱 접근법을 적용한 결과, MS(mean square)값이 가장 작은 계절모델 0 0 1 로 식별하였다.

종합적으로 판단할 때 ARIMA 0 1 1 0 0 1 11 모델로 식별하였다.

3.3.2 모델의 추정 단계

[표 3]은 앞 절에서 식별된 ARIMA 0 1 1 0 0 1 11 모델의 추정치이다. MA(1) 모델의 계수는 0.5556이고 T-값이 충분히 크고, P-값이 유의수준 0.05 보다 작다. SMA(계절모델)와 상수항의 경우 P-값이 유의수준을 넘지만 식별된 모델의 MS(mean square)값이 SMA와 상수항을 포함하지 않는 모델보다 작으므로 본 연구에서는 포함하였다.

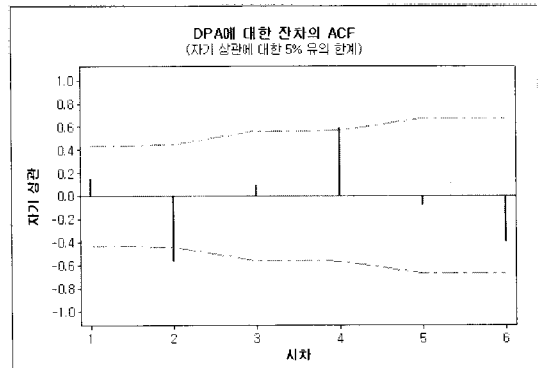
[표 3] 모수의 최종 추정치

유형	계수	계수SE	T-값	P-값
MA(1)	0.5556	0.2150	0.258	0.018
SMA(11)	0.6634	0.5667	1.17	0.256
상수	-0.01025	0.00574	-1.78	0.090
차분계산	1 정규차분			
관측치수	원본 시계열 24, 23의 차분 계산 뒤			
잔차	SS	MS	DF	
	0.228150	0.011407	20	

3.3.3 모델의 검진 단계

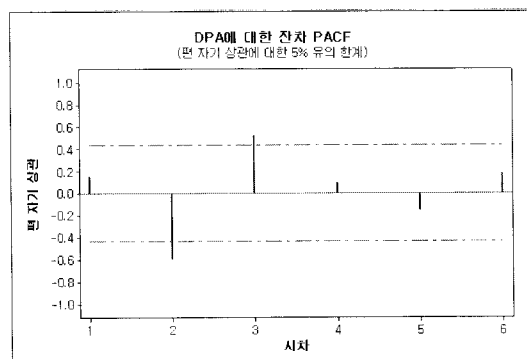
추정된 모델의 적합성을 검토하는 단계로 적합 잔차의 랜덤 여부를 확인하는 것이 검진 단계이

다. 검진의 방법으로는 적합 잔차들의 자기상관함수(ACF)와 편자기상관함수(PACF)를 계산하여 모든 시차에서의 자기상관함수(ACF) 및 편자기상관함수(PACF)가 충분히 0에 가까운가를 확인하는 것이다.



[그림 8] 안정제함량에 대한 잔차의 ACF

[그림 8]의 시차 2와 4, 그리고 [그림 9]의 시차 2와 3에서 적합 잔차의 ACF, PACF가 유의한계선을 넘는 것을 볼 수 있다. 이것은 적합 잔차의 랜덤성이 결여되어 앞서 식별 및 추정단계를 거친 모델이 적합치 않을 가능성을 보여준다. 따라서 적합 잔차가 유의한계선을 넘는 수준을 확인하기 위해 잔차의 정규성 검정(유의수준 0.05)을 시행하였다.

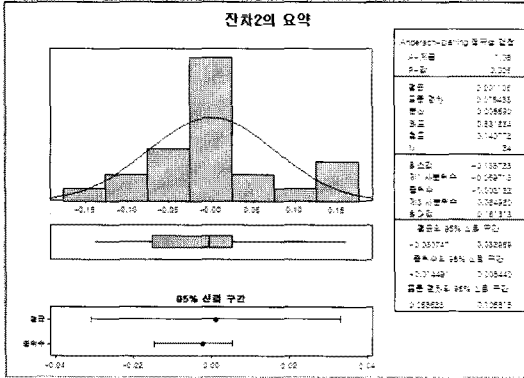


[그림 9] 안정제함량에 대한 잔차의 PACF

[그림 10]의 P-값이 0.006으로 유의수준 0.05

보다 작은 것을 볼 수 있다. 따라서 모델 검진의 단계로 잔차의 랜덤함을 확인하였다.

며, 95% 신뢰수준에서 안정제한량의 하한값 저장수명은 약 35년으로 예측되었다.



(그림 10) 잔차2의 요약

따라서 앞에서 모델의 식별, 추정, 검진을 통하여 확인한 ARIMA 0 1 1 0 0 1 11 모델은 155mm 추진장약의 저장수명 예측에 적합한 모델로 판단하였다.

3.4 회귀 및 시계열분석 결과 비교/분석

3.4.1 저장수명 예측 결과

지금까지 ASRP 결과를 기초로 시계열분석 (ARIMA 모델)과 회귀분석을 통해 155mm 추진장약의 저장수명을 예측하였다. [표 4]에서 보는 바와 같이 시계열분석(ARIMA 모델)과 회귀분석 모두 예측된 평균 저장수명은 43년이었다. 그러나 95% 신뢰수준의 하한값을 비교해 볼 때 회귀분석은 26년, 시계열분석(ARIMA 모델)은 35년으로 분석방법에 따라 다소 차이를 보였다.

(표 4) 예측결과 비교

예측결과 비교		ARIMA모델	회귀분석
저장기간	평균값	43년	43년
	하한값	35년	26년

3.3.4 ARIMA 모델의 저장수명 예측 결과

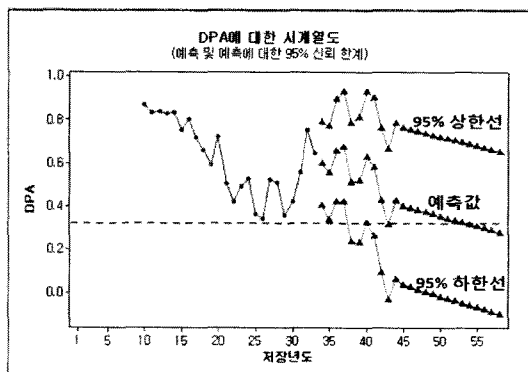
ARIMA 0 1 1 0 0 1 11 모델은 [표 1]의 저장기간별 155mm 추진장약의 안정제한량 데이터를 활용, 34년 예측시점부터 저장수명을 예측하였다.

ARIMA 모델의 분석 결과를 요약하면 [그림 11]에서 보는 바와 같이 평균 저장수명은 43년이

이 같은 결과를 분석해 보면 회귀분석의 경우 회귀직선 기울기가 결정됨에 따라 동일한 신뢰구간의 거리를 두고 하한값 예측이 결정되지만, 시계열분석(ARIMA 모델)은 저장기간에 따른 데이터의 고·저를 반영하여 예측되므로 95% 신뢰수준의 하한값 저장수명이 조금 더 길게 예측된 것으로 분석하였다.

3.4.2 분산분석 결과

[표 5]에서 보는 바와 같이 시계열분석(ARIMA 모델)과 회귀분석의 MS(mean square)값을 비교해 볼 때, 시계열분석의 MS값(0.011407)이 회귀분석보다 작다. 따라서 시계열분석(ARIMA 모델)과 회귀분석을 결과를 비교할 때, 시계열분석을 활용한 모델이 통계적 유의성 측면에서 다소 유리



(그림 11) 안정제한량에 대한 시계열분석도

한 모델로 평가할 수 있으나, 이는 기존에 사용하였던 회귀분석과의 단순 비교로 특정오차가 최소화되었다는 견해도 분석되었다.

(표 5) 분산분석 결과비교

분산분석	ARIMA모델	회귀분석
DF	20	22
SS	0.228150	0.271290
MS	0.011407	0.016877

4. 결론 및 향후 연구방향

군은 저장탄약의 사용가능성 및 안전성 판단을 위해 ASRP 결과를 바탕으로 저장탄약 수명 예측 연구를 추진하고 있다. 지금까지는 회귀분석으로 저장수명을 예측하는 것이 전부였지만 시계열분석(ARIMA 모델)을 통해 새로운 저장수명 예측의 접근 방법을 검증할 수 있었다. ARIMA 모델을 통해 예측된 35년(95% 신뢰수준)은 현재까지 추정하는 추진장약의 평균 저장수명 범위내에 있어 시계열분석이 저장탄약수명 예측에 적합한 모델이라는 결론을 얻을 수 있었다. 특히, 분산분석에서 불확실성을 표현하는 MS(mean square)값이 회귀분석 모델보다 작아, 보다 신뢰성이 높은 우수한 모델로 평가할 수 있었다. 따라서 앞으로 저장탄약의 수명예측에 있어 두 가지 모델을 동시 적용·비교함으로써 좀 더 정확한 저장탄약수명 예측이 가능해질 것으로 기대한다.

향후 연구 방향으로 통계적 기법과 M&S 방법을 접목한 ASRP 수행 방안 연구를 추진 하고자 한다. 유도탄 및 특수탄약에 대한 ASRP는 시험비

용, 시험발사장소, 안전문제 등을 고려할 때 여러 가지 제한사항이 있다. 하지만 이런 문제점들이 데이터의 통계적 처리와 M&S 구현을 통해 해결책을 찾아간다면 앞으로 ASRP의 미래는 밝다고 생각한다.

참고문헌

- [1] 이정우, 「ASRP 바로 알고 이해하기」, 국방저널 국방과학논단, 2010. 4.
- [2] 유성모, 박현주, 「MINITAB으로 배우는 기초통계」, (주)이레테크, 2006.
- [3] 최석철 등 3명, 저장탄약 신뢰성 향상을 위한 ASRP 발전방안 연구, 한국군사과학기술학회지, 2005.12
- [4] 이종찬 등 공저, 「자연노화와 가속노화시험에 의한 단기추진제의 저장수명예측」, 국방기술품질원, 2007. 6
- [5] 국방부 ASRP 업무지침서, 2008.
- [6] 김용화 등 '01~06년 육군 ASRP 결과 보고서, 국방기술품질원, 2001~2001년
- [7] 윤근식, 「저장수명추정을 위한 ASRP결과의 통계적 분석」, 국방기술품질원, 2009. 9.
- [8] 김연형, 「시계열분석」, 자유아카데미, 1994.
- [9] Durbin, James, Koopman, Siem Jan 「Time series analysis by state space models」, Oxford University Pr. 2001.1.
- [10] Gourieroux, C, 「Time series and dynamic models」, CambrigeUniv. Pr. 1997.

|| 저자소개 ||

이 정 우(E-mail:25com@naver.com)

2009 한성대학교 산업시스템공학과 박사과정
현재 국방기술품질원 연구원(육군 소령)
관심분야 모델링&시뮬레이션, 저장신뢰성평가(ASRP)

김 희 보(E-mail:heepoman@hansung.ac.kr)

2010 한성대학교 산업경영공학 석사과정
관심분야 모델링&시뮬레이션

김 영 인(E-mail:sangmu1210@yhahoo.co.kr)

2009 한성대학교 산업시스템공학과 박사과정
현재 국방대학교 합참대학 전문직 교수(육군대령)
관심분야 LVC 연동체계, 합동전력소요검증

홍 윤 기(E-mail: yhong@hansung.ac.kr)

1980 고려대학교 산업공학과 졸업(학사)
1985 USC OR(석사)
1989 USC 산업시스템공학(박사)
1989~1991 캘리포니아 주립대(노스리지)조교수
1991~현재 한성대학교 산업경영공학과 교수
관심분야 모델링&시뮬레이션, Combat Analysis