

국내 정밀유도무기 사격시험 결과 기반 신뢰수준 분석

서보길[†] · 윤영호 · 김보람

국방기술품질원

An Analysis on Confidence Level of Domestic Precision Guided Missile(PGM) based on Live-fire Test Results

Seo, Bo-Gil[†] · Yoon, Young Ho · Kim, Bo Ram

Defence agency for Technology and Quality(DTaQ)

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to show current states of domestic Precision Guided Missile(PGM) by analyzing Live-fire test results using general methods to get the Confidence Levels.

Methods: Live-fire test results were used to get Confidence Levels of PGM. The Confidence Levels were derived by two general methods. The first method was Binomial distribution and second was convergence of Hypergeometric distribution and Bayes' rule.

Results: The results of this study are as follows: The more Live-fire tests of PGM are performed, the higher Confidence Level of PGM will be estimated. And the number of Live-fire tests are related to a unit price of PGM. This results means that the increase of live-fire test, which is useful data for preparation and evaluation of Development Tests / Operation Tests for PGMs, is only way to enhance the Confidence Levels of each PGMs.

Conclusion: This study shows the relationship between the Live-fire tests and Confidence Levels of PGMs and it will be used on Live-fire Test & Evaluation of PGMs for reference.

Key Words: Live-fire Test, Confidence Level, Precision Guided Missile

● Received 1 August 2019, revised 26 November 2019, accepted 20 January 2020

† Corresponding Author(bogilsmart@nate.com)

© 2020, Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

정밀 유도무기(Precision Guided Missile : PGM)는 다른 전력화된 장비와는 달리 군에 인도된 이후 장기 저장되고, 실 사격시험 결과를 확인해야만 비로소 성능 확인이 가능하며, 한 번 실 사격시험을 수행한 정밀 유도무기는 복원할 수 없는 특성을 가진 대표적인 일회성 장비(One Shot Device)이다. 이러한 특성으로 인하여 전력화된 모든 정밀 유도무기를 사격하여 각각의 유도무기의 성능을 확인할 수 없는 제한사항이 존재한다. 따라서 일회성 장비와 마찬가지로 정밀 유도무기의 성능 확인을 위하여 전력화된 정밀 유도무기의 전체 수량 중 일부 수량에 대하여 실 사격시험을 수행하고, 그 결과를 활용하여 정밀 유도무기의 성능을 대표할 수 있는 신뢰도를 산정하거나 시험평가 시 요구된 신뢰도에 대한 충족 여부를 확인할 수 있다. 통계학적으로 모집단 중 표본을 추출하고, 추출한 표본의 특성이 모집단의 특성을 어느 정도 대변할 수 있는지에 대한 신뢰도(Reliability)는 신뢰수준(Confidence Level)으로 표현되며, 해외의 경우 신뢰수준을 산정하기 위하여 정밀 유도무기의 요구 명중률과 실 사격시험 결과를 활용하고 있다. 여기서 유도무기 시험평가에서 활용되는 신뢰수준은 정밀 유도무기 모집단 중에서 표본을 임의 추출하여 시험평가 시 표본에 요구되는 명중률이 추정 구간에 포함될 비율을 의미한다. 예를 들어 정밀 유도무기 모집단 중 10발을 임의 추출하여 수행하는 시험평가에서 7발 이상 명중이 요구될 경우(요구 명중률 70% 이상), 해당 시험평가를 100번 수행 중 99번의 동일한 결과가 충족 시 명중률 70% 이상이 요구되는 정밀 유도무기 시험평가의 신뢰수준은 99%라 할 수 있다. 하지만 국내의 경우 유도무기 사업관리기관인 방위사업청에서는 개발단계에서 정밀 유도무기의 성능을 대표할 수 있는 신뢰수준의 중요성을 인지하고 방위사업관리규정(2019.3.25. 개정) 36조 3항에 유도무기 시험평가 사격 수량 결정 시 '명중률 평가결과에 대한 신뢰수준을 고려하여 산정'하도록 규정화하였으나, 높은 신뢰수준을 충족하기 위해서는 정밀 유도무기 사격시험 수량이 많이 산정되어야 하고 이에 따른 제반 비용과 소요일정이 막대하다는 사업적 제한사항으로 인하여 개발단계에서의 유도무기 시험평가 시 이를 충분히 반영하지 못하고 있다. 또한, 개발단계 이후 양산/운용 유지 단계에서의 군 주관 정밀 유도무기 실 사격시험에서도 사격시험 결과 신뢰수준을 산정하고 이를 바탕으로 전력화된 유도무기 모집단의 성능 대표성을 파악하기보다는 단순 명중 여부 및 요구 명중률 충족 여부를 확인하고 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 정밀 유도무기의 운용시험평가 및 실 사격시험 결과를 바탕으로 국내 정밀 유도무기 시험평가 특성을 고려 시 신뢰수준 산정에 적합한 초기하분포 및 베이지안 규칙을 활용하여 다양한 정밀 유도무기에 대한 신뢰수준을 산정 및 확인하고, 그 결과를 활용하여 시험평가 시 참고할 수 있는 신뢰수준을 제안한다.

2. 본 론

2.1 관련 연구

앞서 서론에서 언급했듯이 전력화된 모든 정밀 유도무기를 사격함으로써 유도무기의 성능 충족 여부를 확인할 수 없으므로, 국내/외에서는 모집단에서 추출한 일부 수량을 가지고 모집단의 성능을 효과적으로 대표할 수 있는 신뢰수준을 산정하기 위한 연구가 활발히 진행되었다.

Sherwin(2000)의 경우, 일회성 장비의 시험결과는 성공/실패, 정상/불량과 같이 두 가지 결과로 귀결된다는 점을 착안하여 베르누이 시행을 기반으로 이항분포 식 (1)을 이용하여 일회성 장비 시험결과에 따른 신뢰수준 산정방안을

제시하였다.

$$P(r) = \frac{n!}{r!(n-r)!} p^r (1-p)^{(n-r)} \tag{1}$$

여기서 p 는 정밀 유도무기의 불명중 확률, n 은 사격 수량(표본수량), r 은 사격시험 결과 실패횟수, 그리고 $P(r)$ 은 n 회 사격 시 r 회 실패할 확률을 의미한다. 식 (1)을 활용하여 n 회 사격 시 k 회 이하의 실패를 허용할 확률은 식 (2)와 같이 도출된다.

$$P(r \leq k) = \sum_{r=0}^k P(r) \tag{2}$$

식 (2)를 활용하여 일회성 장비 시험결과 k 회 이하의 실패를 허용할 경우의 신뢰수준은 식 (3)과 같이 산정된다.

$$Confidence \leq vel(C.L) = 1 - P(r \leq k) \tag{3}$$

식 (3)을 활용하여 유도무기의 불명중 확률이 10%($p=0.1$)이고, 신뢰수준이 90% 및 95%를 만족하는 유도무기 최소 사격 수량은 Table 1.과 같이 도출된다.

Table 1. The minimum number of live-fire tests and Confidence Level(90%/95%) at 90% reliability(Sherwin (2000))

Failures	Minimum number of live-fire tests	
	C.L 90%	C.L 95%
0	22	29
1	38	47
2	52	63
3	65	77
4	78	92
5	91	104
6	104	116
7	116	129
8	128	143
9	140	156
10	152	168

여기서 Live-fire Test는 유도무기 실사격시험, Reliability는 유도무기 명중률을 의미한다. 이항분포를 적용한 신뢰수준 산정방안은 미국에서 정밀 유도무기 사격시험 결과 바탕으로 신뢰수준 산정 시 통상적으로 사용되는 산정방안이나, Table 1.과 같이 사격시험 실패를 허용하지 않을 시의 90% 및 95% 신뢰수준을 만족하기 위해서는 22회 및 29회의 많은 사격시험 성공 결과가 필요하므로 국내에 해당 산정방안을 적용하기에는 비용적인 측면에서 제한사항이 있을 것으로 판단된다.

Bo-Gil et al.(2016)은 생산 수량이 적고, 고가이며, 유도무기 사격시험을 수행하기 전에 유도무기 명중 여부 및

성능을 확인할 수 없는 국내 정밀 유도무기 사업 특성을 고려하여, 국내 사업 특성에 적합한 초기하분포 및 베이지안 규칙을 활용하여 최소 사격 수량으로 정밀 유도무기 신뢰수준을 산정하는 방법을 제안하였다. 국내 정밀 유도무기 사격시험 시, 사격 수량 선정에 필요한 유도무기 요구 명중률에 따른 신뢰수준은 식 (4)와 같다.

$$Confidence \leq vel(C.L) = P\{H \geq w | X = x\} = \frac{P\{H \geq w\} \cap \{X = x\}}{P\{X = x\}} = \frac{\sum_{x=0}^c \sum_{D=0}^{[M(1-w)]} \frac{\binom{D}{x} \binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}}{\sum_{x=0}^c \sum_{D=0}^N \frac{\binom{D}{x} \binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}} \quad (4)$$

식 (4)는 정밀 유도무기 전력화 수량이 N 발 중 n 발을 추출하여 유도무기 실 사격시험 수행결과 x 회 실패했을 시 유도무기의 명중률 H 가 요구 명중률 w 이상일 확률, 즉 신뢰수준을 의미한다. 여기서 D 는 전력화 수량 N 발 내 포함된 불량 유도무기 수량이고, c 는 유도무기 실 사격시험 수행결과 허용 가능한 실패횟수를 의미한다. 이 방법은 사격시험 결과를 활용하여 신뢰수준을 산정하는 방법으로 본 연구 배경과 부합하며, 앞서 언급한 Sherwin(2000) 방법과 비교 시 동일 신뢰수준을 충족하기 위하여 요구되는 사격시험 수량이 적은 특징이 있다. 또한 실 사격시험을 수행하기 전까지 유도무기 실 사격시험의 성공/실패여부를 알 수 없으므로(사전확률에 대한 정보를 알 수 없음), 귀납적 추론을 활용하여 사후확률을 추정하는 베이지안 규칙을 적용 가능하다. 이는 확률을 ‘전체 사건 중 특정 사건 발생 횟수’로 인식하여 연역적 추론을 사용하는 빈도주의 추론(Frequentist inference) 방식과는 다르다. 이처럼 해당 신뢰수준 산정방법은 국내 정밀 유도무기 사업특성을 고려하였으므로 국내 사격시험 결과가 적용 가능하며, 이후 추가 연구결과에서는 실제 유도무기 실 사격시험 결과에 적용하여 국내 유도무기 신뢰수준 추이 확인이 가능함을 발표하였다(Bo-Gil et al. 2017).

MoonKi et al.(2015)의 경우, 정밀 유도무기가 여러 개의 부 체계(Sub System)로 구성된 일회성 체계(System)임을 착안하여, 사격시험 결과가 아닌 각각의 부 체계 시험평가 결과를 베이지안 방법에 적용하여 체계의 신뢰도를 분석하는 방안 제안하였다. 신뢰도 분석을 위하여 먼저 Clopper-Pearson 신뢰구간을 추정하고, 체계를 구성하는 부 체계의 블록 다이어그램을 선정한 다음, 부 체계의 시험평가 결과를 사전분포(prior)에 적용하여 부 체계 및 체계의 사후분포(posterior)를 추정 후 그에 따른 적정 표본 크기를 도출한다. 하지만 이 방법은 신뢰도 블록 다이어그램 선정을 위하여 부 체계를 단품(Component), 조립체(Assembly) 등 정의하는 수준에 따라 추정 대상이 많아지며, 각 정밀 유도무기 체계마다 구성되는 부 체계의 특성이 다양하므로 정밀 유도무기에 공통으로 적용할 수 있는 신뢰도 산정방안에는 부합하지 않는다. 또한, 정밀 유도무기 실 사격시험 결과를 바탕으로 유도무기의 신뢰수준을 산정코자 하는 본 연구 배경과는 다소 거리가 있다.

앞서 언급한 정밀 유도무기가 부 체계로 구성되어 하나의 체계로 구성된다는 점과 정밀 유도무기의 성능을 발현하기 위하여 부 체계의 대부분이 전자부품으로 구성되어 있다는 점을 고려 시, 전자부품의 고장수명 혹은 저장수명 예측 방법을 적용할 수 있다. 미국 국방성(DoD)의 MIL-HDBK-217(1995)에서는 전자부품의 고장분포를 지수함수 모델을 적용하여 식 (5)와 같이 체계의 고장률을 각 부 체계의 고장률의 합으로 표현하였다.

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n N_i(\lambda\pi)_i \quad (5)$$

여기서 λ_p 는 체계의 고장률, N_i 는 i 번째 부 체계의 수, λ 는 부 체계의 고장률, 그리고 π 는 부 체계의 품질계수이다. 이를 이용하여 체계의 고장수명 혹은 저장수명을 예측할 수 있으나, 앞서 언급했듯이 정밀 유도무기 실 사격시험 결과를 바탕으로 유도무기의 신뢰수준을 산정코자 하는 본 연구 배경과는 다소 거리가 있다.

2.2 국내 정밀유도무기 신뢰수준

본 연구에서는 국내 정밀 유도무기의 신뢰수준을 분석하기 위하여, 국내 유도무기 사업특성에 적합한 초기하분포 및 베이지안 규칙을 활용한 신뢰수준 산정방안과 미국에서 활용하고 있는 이항분포를 활용한 신뢰수준 산정방안을 국내 정밀 유도무기 사격시험 결과에 적용하고 그 결과를 비교한다. 사격시험 결과를 활용할 정밀 유도무기 대상과 특성은 Table 2.와 같다.

Table 2. Precision Guided Missile for estimating Confidence Level

Classification	Improvement during Manufacturing Stage	Reliability	Number of Tests	Number of Success	Unit Cost [Million]	Number of Militarization
Missile 1	○ (‘12, ‘13, ‘14 year)	0.00	00	00	0,000	000
Missile 2	-	0.00	00	00	0,000	000
Missile 3		0.00	00	0	0,000	000
Missile 4		0.00	000	000	000	0000
Missile 4 (After Local Manufacturing)		0.00	0	0	000	000
Missile 5		0.00	00	00	000	000
Missile 6		0.00	00	00	00	000

신뢰수준 분석을 위하여 실 사격시험 결과를 활용 가능한 국내 정밀 유도무기는 총 6종을 선정하였다. 각 유도무기 별 주요 특징은 1번 유도무기의 경우 양산 중 성능 개선이 3회 존재하고, 4번 유도무기의 경우 구성품을 국산화한 이력이 존재하므로 국산화 전/후를 분리하여 신뢰수준을 분석하였다. 신뢰수준을 분석하기 위하여 Bo-Gil et al.(2016)의 신뢰수준 산정방법에서 요구 명중률 w 는 Table 2.에서의 유도무기 신뢰도(Reliability)를 적용하였다. 유도무기 별 단가 및 전력화 수량은 상이 하며, 고가인 1~3번 유도무기 대비 저가인 4~6번 유도무기가 실 사격시험 횟수가 많음을 알 수 있다. 1번 유도무기의 신뢰수준 분석결과는 Table 3. 및 Figure 1.과 같다.

Table 3. Confidence Level(%) of Missile 1

Year		‘09	‘12	‘12 (1st Improvement)	‘13 (2nd Improvement)	‘14 (3rd Improvement)	‘16
Confidence Level	Sherwin(2000)	26	10	8	11	21	26
	Bo-Gil et al (2016)	57	49	55	57	69	77

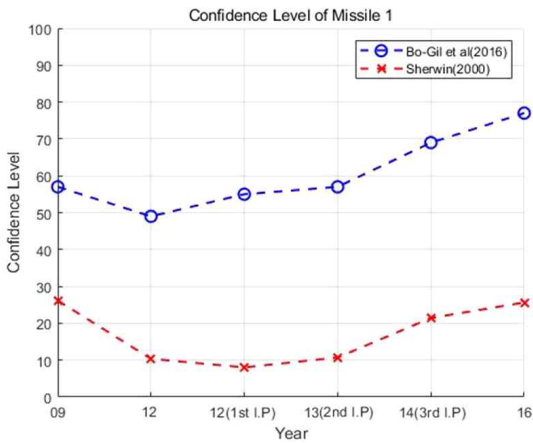


Figure 1. Confidence Level of Missile 1

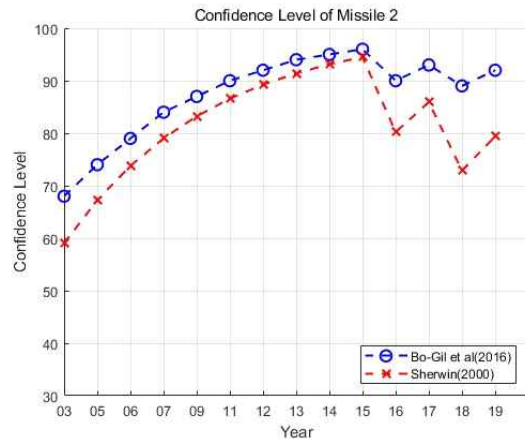


Figure 2. Confidence Level of Missile 2

1번 유도무기는 앞서 언급했듯이 개발 이후 양산 단계에서 사격시험 결과를 바탕으로 3회의 성능 개선이 이루어졌으며, 사격시험 실패횟수가 존재하므로 이항분포를 적용하여 산정한 신뢰수준은 다소 낮음을 확인할 수 있다. 초기하분포 및 베이지안 규칙을 활용하여 산정한 신뢰수준은 그에 비하면 높은 결과를 보이는데, 이는 최소 사격시험 수량으로 적정 신뢰수준을 충족하는 방법이라는 특징과 더불어 성능 개선으로 인하여 개선과정 중에 유도무기의 성능 특성이 바뀌므로 이전 사격시험 결과를 공유하지 않고 분리하여 각 개선 단계별 신뢰수준을 산정하였기 때문이다. 다시 말하면 개선 전 유도무기와 개선 후 유도무기는 성능의 차이가 있으므로 별개의 탄으로 구분할 수 있으며 이에 따라 신뢰수준을 개선 전/후 구분하여 산정할 수 있다. 개선이 완료된 '14년 이후부터는 유도무기 성능에 변동 사항이 없으므로 '14년 사격시험 결과부터 공유하여 '16년도 사격시험 결과를 반영하였고 신뢰수준이 향상되고 있음을 확인할 수 있다.

2번 유도무기의 신뢰수준 분석결과는 Table 4. 및 Figure 2.와 같다.

Table 4. Confidence Level(%) of Missile 2

Year		'03	'05	'06	'07	'09	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
Confidence Level	Sherwin (2000)	59	67	74	79	83	87	89	91	93	95	80	86	73	79
	Bo-Gil et al (2016)	68	74	79	84	87	90	92	94	95	96	90	93	89	92

2번 유도무기는 단가가 00억 원으로 높은 수준임에도 불구하고 개발 이후 양산 단계에서 꾸준히 사격시험을 수행하였고 이에 따라 신뢰수준이 점진적으로 향상되고 있음을 확인할 수 있다. 사격시험 수행 횟수 및 사격시험 결과 성공 횟수도 많으므로 신뢰수준이 1번 유도무기에 비해 높은 편임을 알 수 있다.

3번 유도무기의 신뢰수준 분석결과는 Table 5. 및 Figure 3.과 같다.

Table 5. Confidence Level(%) of Missile 3

Year		'11	'15
Confidence Level	Sherwin (2000)	28	46
	Bo-Gil et al (2016)	54	67

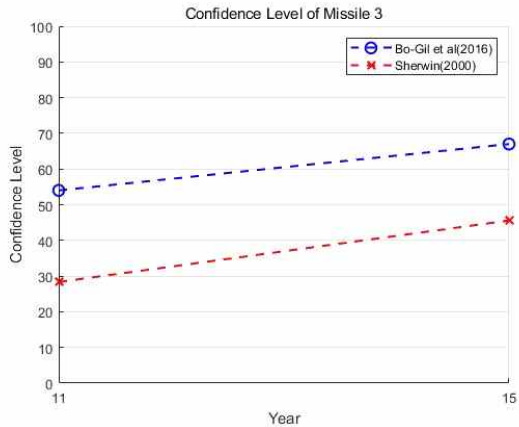


Figure 3. Confidence Level of Missile 3

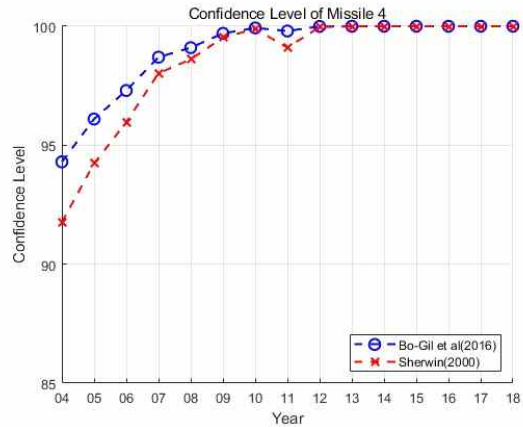


Figure 4. Confidence Level of Missile 4

3번 유도무기는 단가가 00억 원으로 높은 수준이며 사격시험 수행 횟수도 많지 않으므로 타 유도무기에 비해 신뢰수준이 낮음을 확인할 수 있다. 신뢰수준을 향상시키기 위해서는 향후 많은 사격시험을 수행할 필요가 있다.

4번 유도무기의 신뢰수준 분석결과는 Table 6. 및 Figure 4.와 같다.

Table 6. Confidence Level(%) of Missile 4

Year		'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
Confidence Level	Sherwin (2000)	91.8	94.2	96	98	98.6	99.5	99.9	99.1	100	100	100	100	100	100	100
	Bo-Gil et al (2016)	94.3	96.1	97.3	98.7	99.1	99.7	99.9	99.8	100	100	100	100	100	100	100

4번 유도무기는 단가가 0억 원으로 타 유도무기에 비해 비교적 저렴하며, 육/해/공군이 운용하는 특징을 가지고 있어 전력화 수량, 사격시험 및 사격시험 성공 횟수가 많은 편이다. 또한, 초기하분포는 전력화 수량 N 이 사격시험 횟수 n 보다 상당히 클 경우($\frac{n}{N} \approx 0$) 이항분포에 근사되는 특징이 있으므로 두 결과가 상당히 유사한 것을 확인할 수 있으며, '12년 이후로는 신뢰수준이 100%로 유지되고 있음을 확인할 수 있다. 다시 말하면 전력화 수량이 많고 많은 사격시험을 수행할 경우 그 결과로부터 산정되는 신뢰수준은 상당히 높다는 것이다.

앞서 언급했듯이 4번 유도무기는 양산 과정 중에 일부 구성품에 대한 국산화(Local Manufacturing) 이력이 존재한다. 국산화 된 구성품은 유도무기 핵심 구성품으로 최종 성능을 확인하기 위하여 국산화 유도무기에 대하여 별도로 사격시험을 수행한 이력이 존재하였다. 국산화 완료된 4번 유도무기의 신뢰수준 분석결과는 Table 7. 및 Figure 5.와 같다.

Table 7. Confidence Level(%) of Missile 4 after Local Manufacturing

Year		'14	'16
Confidence Level	Sherwin (2000)	76	92
	Bo-Gil et al (2016)	83	94

비록 3번 유도무기에 비해 사격시험 수행 횟수는 적으나 사격시험 결과 모두 성공하였으므로 산정된 신뢰수준이 3번 유도무기에 비해 많이 높음을 확인할 수 있다. 다시 말하면, 성공 횟수가 많을수록 신뢰수준은 향상된다는 것을 의미한다.

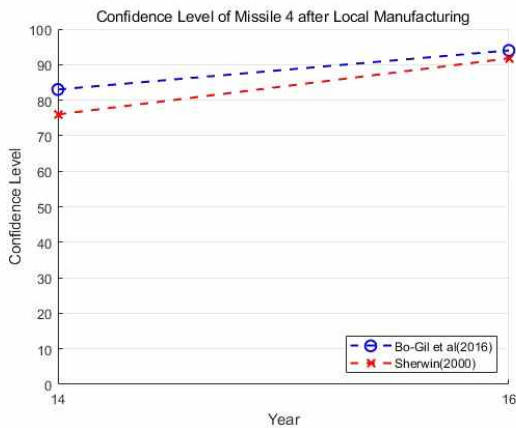


Figure 5. Confidence Level of Missile 4 after Local Manufacturing

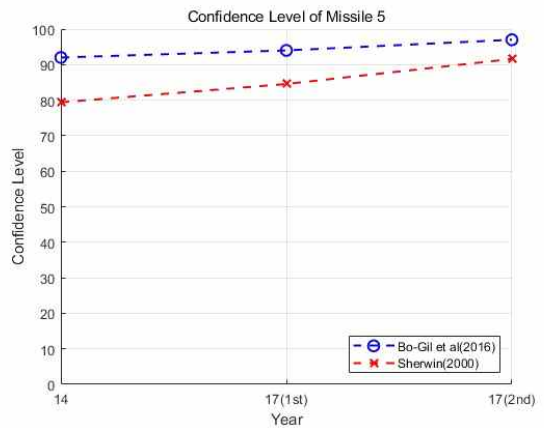


Figure 6. Confidence Level of Missile 5

5번 유도무기의 신뢰수준 분석결과는 Table 8. 및 Figure 6.와 같다.

Table 8. Confidence Level(%) of Missile 5

Year		'14	'17	'17
Confidence Level	Sherwin (2000)	79	85	92
	Bo-Gil et al (2016)	92	94	97

5번 유도무기의 경우 단가가 0억 원으로 4번 유도무기와 같이 비교적 저렴하고, 사격시험 수행 및 사격시험 결과 성공 횟수가 많은 편이다. 앞선 타 유도무기 사례를 보아 확인할 수 있듯이, 이러한 결과에 따라 산정된 신뢰수준은

높은 편임을 확인할 수 있다.

6번 유도무기의 신뢰수준 분석결과는 Table 9. 및 Figure 7.와 같다.

Table 9. Confidence Level(%) of Missile 6

Year		'15	'18
Confidence Level	Sherwin (2000)	62	80
	Bo-Gil et al (2016)	80	91

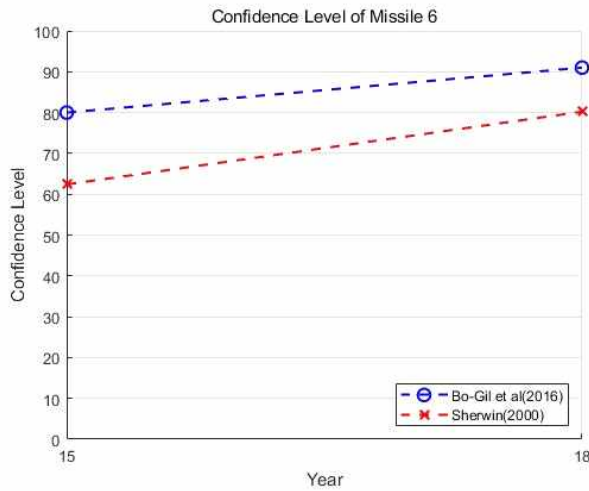


Figure 7. Confidence Level of Missile 6

6번 유도무기의 경우 양산 단계에 진입한지 얼마 되지 않았고, 단가가 타 유도무기 중에서 가장 저렴하다. 현재 사격시험 결과에 따라 산정된 신뢰수준은 높은 편이나 유도무기 단가를 고려 시 사격시험을 가장 많이 수행할 수 있는 유도무기로 생각되며 이에 따른 신뢰수준 향상 정도도 앞으로 높아질 것으로 기대된다.

2.3 종합

앞서 분석한 정밀 유도무기의 신뢰수준을 정리하면 Table 10.과 같다. 초기 신뢰수준은 단가가 저렴한 4~6번 유도무기가 단가가 높은 1~3 유도무기보다 높으며, 이후의 신뢰수준 또한 마찬가지로 확인할 수 있다. 그 이유는 단가가 저렴할수록 사격시험 수행에 따르는 제반비용이 낮아 사격시험 수행이 수월하기 때문이다. 하지만 단가가 높더라도 2번 유도무기와 같이 지속적인 사격시험 수행을 통하여 사격시험 횟수를 늘려나가면 신뢰수준이 증가함을 확인할 수 있다. 정리하자면 양산 단계에서 지속적인 사격시험 수행 시 해당하는 정밀 유도무기의 신뢰수준은 꾸준히 증가할 수 있다. 또한, 국내 정밀 유도무기 최초 사격시험 수행 시 산정되는 신뢰수준의 평균은 이항분포 적용 방법의 경우 60.3%, 초기하분포 및 베이지안 규칙을 활용한 방법의 경우 75.5%로, 방위사업청 무기체계 시험평가 실무 가이드 북(2012)에서 사용자의 요구, 비용, 안정성, 경제적 손실 등을 고려하여 일반적인 경우의 신뢰수준은 60%가 제안됨을 고려 시 국내 정밀 유도무기 신뢰수준은 높은 수준임을 알 수 있다. 그리고 사격 수량 및 시험평가

결과를 활용하여 신뢰수준을 산정할 경우, 전자의 방법보다 후자의 방법을 통하여 산정된 신뢰수준이 더 높은 것을 알 수 있는데, 이는 동일한 신뢰수준을 충족하기 위해 요구되는 사격시험 수량이 전자의 방법보다 후자의 방법이 더 적다는 것을 의미한다. 그 이유는 생산수량이 한정된 국내 정밀 유도무기 모집단에서 추출한 최소 사격 수량을 가지고 실시한 사격(파괴)시험 결과를 활용하여 높은 신뢰수준 산정이 요구되는 국내 시험평가 특성이 유한모집단 / 비복원추출 확률분포인 초기하분포의 적용 조건에 적절한 것에서 기인한다. 또한 앞서 4번 유도무기 사례에서 언급했듯이 전력화 수량이 많고 사격시험 수행횟수가 많을수록 그 결과로부터 산정되는 신뢰수준은 상당히 높으며, 이럴 경우 초기하분포가 이항분포에 근사되므로 두 방법으로부터 산정된 신뢰수준은 동일함을 알 수 있다. 결론적으로 국내 정밀 유도무기 시험평가 시 해당 유도무기의 전력화 수량, 최소 사격수량, 요구 명중률, 허용 실패횟수 정보를 초기하분포 및 베이지안 규칙을 활용한 신뢰수준 산정방법에 적용하여 사격시험 결과에 따른 유도무기 신뢰수준을 확인할 수 있으며, 이를 활용하여 유도무기의 성능 요구조건의 충족여부를 판단할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 10. Summary of Confidence Level Analysis Result

Classification	Confidence Level(%) at 1st Live-Fire Test		Current Confidence Level(%)		Average Confidence Level(%)	
	Sherwin (2000)	Bo-Gil et al (2016)	Sherwin (2000)	Bo-Gil et al (2016)	Sherwin (2000)	Bo-Gil et al (2016)
Missile 1	26('09)	57('09)	26('16)	77('16)	17	61
Missile 2	59('03)	68('03)	79('19)	92('19)	81	87
Missile 3	28('11)	54('11)	46('15)	67('15)	37	61
Missile 4	91.8('04)	94.3('04)	100('18)	100('18)	98.5	99.0
Missile 4 (After Local Manufacturing)	76('14)	83('14)	92('16)	94('16)	84	89
Missile 5	79('14)	92('14)	92('17)	97('17)	85	94
Missile 6	62('15)	80('15)	80('18)	91('18)	71	86
Total Average	60.3	75.5	73.6	88.3	67.6	82.4

3. 결 론

본 연구에서는 사격시험 결과를 기반으로 국내 정밀 유도무기의 신뢰수준을 분석하고 확인하였다. 신뢰수준 분석을 위하여 국내/외에서 사격시험 결과를 바탕으로 신뢰수준 산정에 활용 가능한 일반적이고 효과적인 연구결과를 적용하였다. 분석결과 국내 정밀 유도무기의 신뢰수준은 각 유도무기 사업의 특성인 전력화 수량, 단가, 사격시험 횟수에 따라 달라질 수 있음을 확인하였다. 또한, 정밀 유도무기의 신뢰수준 향상을 위해서는 양산 단계에서 지속적인 사격시험 수행이 필수적임을 확인하였다. 마지막으로 개발 단계에서의 시험평가 혹은 양산/운용유지 단계에서의 사격시험 시 확인이 필요한 신뢰수준을 선정 시, 본 연구에서 분석한 국내 정밀 유도무기의 신뢰수준을 참고하여 시험계획을 수립하는 데 큰 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Bo-Gil, S., and Chang Woo, L. 2017. A Study on the Confidence Level of Precision Guided Missile Based on Result of Live-Fire Test. The Korean Society for Quality Management 17(2):263-264.
- Bo-Gil, S., and Seok-Jin, H. 2016. A Study of Estimating the Hit Probability and Confidence Level Considering the Characteristic of Precision Guided Missile. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society 17(12):193-197.
- MoonKi, K., and Seok Joong, K. 2015. T&E Reliability Analysis of Guided Weapons using Bayesian. Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering 19(7):1750-1758.
- Reliability Prediction of Electronic Equipment. 1996. MIL-HDBK-217F(DoD).
- Sherwin, E. R. 2000. Analysis of "One-Shot" Devices, START(Selected Topics in Assurance Related Technologies). A Publication of DoD Reliability Analysis Center 1-4.
- The Practical Guide Book of Test and Evaluation of Weapon System. 2012. Defence Acquisition Program Administration(DAPA).
- The Regulation of Defense Acquisition Program Management. 2019. Defence Acquisition Program Administration(DAPA).

저자소개

- 서보길** 경북대학교 전자공학 학사 및 한국과학기술원(KAIST) 전자공학 석사 학위를 취득하였으며, 현재 국방기술품질원(DTaQ) 선임연구원으로 근무 중이며, 주요관심사는 정밀 유도무기, 신뢰수준 등이다.
- 윤영호** 경북대학교 전자공학 학사 및 석사 학위를 취득하였으며, 현재 국방기술품질원(DTaQ) 책임연구원이며 정밀 유도/수중무기 팀장으로 근무하고 있다. 주요관심사는 정밀 유도/수중무기, 부품관리, 환경부하스크린기법 등이다.
- 김보람** 서울시립대학교 전자공학 학사를 취득하였으며, 현재 국방기술품질원(DTaQ) 연구원으로 근무중이며, 주요 관심사는 정밀 유도무기, 신뢰수준 등이다.