Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers
Vol. 41, No. 5, pp. 481-487, October 2015.
ISSN 1225-0988 | EISSN 2234-6457
http://dx.doi.org/10.7232/JKIIE.2015.41.5.481
© 2015 KIIE
<Application Research>

생산수량이 한정된 신제품의 품질수준 평가를 위한 샘플링검사 방법 : 개발단계 유도무기를 중심으로

신병철[1] · 변재현[1†] · 이창우[2] · 이기용[2] · 최종수[2] · 우희성[2] · 서보길[2]

[1]경상대학교 산업시스템공학부,공학연구원/ [2]국방기술품질원 품질경영본부 대구센터

Small-Sample Inspection Plans for the New Product Quality Level Evaluation of Finite Population : Focused on Guided Weapons in Development Stage

Byung-Cheol Shin[1] · Jai-Hyun Byun[1] · Chang-Woo Lee[2] · Ki-Yong Lee[2] · Jong-Soo Choi[2]
Hee-Sung Woo[2] · Bo-Gil Seo[2]

[1]Department of Industrial and Systems Engineering and Engineering Research Institute, Gyeongsang National University
[2]Daegu Center, Quality Management Bureau, Defense Agency for Technology and Quality

In the product development stage, it is very important to ensure demanded quality level before moving to the full-scale manufacturing. For example, in developing guided weapons, live-fire tests are required to verify the final performance of the weapons which are very expensive. The quality evaluation of the guided weapons needs destructive testing, which makes it necessary to test as small number of samples as possible. This paper presents sampling inspection plans and calculating system for finite population guided weapons, which can meet the demanded quality level and confidence level with the minimum number of performance tests. The result of this paper can be useful for any kind of costly destructive testing.

Keywords: New product, One-shot devices, Finite population, Small-sample inspection plan, Warranted quality level, Confidence level

1. 서 론

신제품을 개발한 후에 제품의 성능을 최종적으로 평가해야 하는데, 고가의 파괴검사를 통하여 개발품의 최종 성능을 확인해야 하는 경우에는 가능한 적은 수의 시험을 통하여 개발품의 품질을 평가해야 한다. 특히 생산수량이 한정된 고가의 신제품을 개발하는 업체에서는 개발 후 고객과 함께 가능한 적은 수의 성능시험으로 개발품의 최종 품질수준을 파악함에 있어서, 현재까지 가능한 적은 수의 시험으로 개발품의 품질수준을 평가할 수 있는 샘플링검사 방법이 정립되어 있지 않아 어려움을 겪고 있다. 이처럼 개발단계에서 정확한 품질평가가 이루어지지 않으면, 양산 후 운용단계에서 신제품의 성능을 보장할 수 없게 된다.

본 논문에서는 개발단계 유도무기를 중심으로 고가의 파괴시험에 효율적으로 활용할 수 있는 샘플링검사 방법을 제시하고자 한다. 유도무기의 주요 품질특성치인 명중률을 최종적으로 확인하기 위해서는 실제로 사격시험을 해야 한다. 개발 중인 유도무기를 전력화할지의 여부는 사격시험을 통해 군이 요구한 명중률을 만족하는지에 달려있다. 유도무기 사격시험은 고가의 파괴검사라는 특성 때문에 샘플링검사만 가능한데, 개

본 연구는 2014년 국방기술품질원의 지원을 받아 수행된 연구내용임.
† 연락저자 : 변재현 교수, 52828 경남 진주시 진주대로 501 경상대학교 산업시스템공학부, Tel : 055-772-1692, Fax : 055-772-1699, E-mail : jbyun@gnu.ac.kr
2015년 4월 3일 접수; 2015년 7월 17일 수정본 접수; 2015년 8월 21일 게재 확정.

발을 완료하고 나면 일단 필요한 샘플만큼의 수량만 초도 생산하여 시험하게 된다. 그런데 시험평가를 위해 많은 비용이 소요되므로 가능한 시험횟수를 최소화하여 효율적으로 품질수준을 평가할 수 있어야 한다. 하지만 국내 유도무기산업의 현 실태는 유도무기 개발 시 시험평가를 위한 적정 사격수량을 선정하는 기준이 명확하지 않다. 신뢰수준의 개념을 적용하지 않고 단순히 사격수량 대비 명중발수의 비율만으로 평가하고 있는 것이다. 이런 방법으로는 유도무기의 품질수준을 제대로 평가하지 못하고, 국방무기의 신뢰도 저하를 초래할 수 있다. 실제로 국내에서 개발한 장거리 대잠수함 어뢰인 홍상어의 경우, 운용시험평가에서 4발 중 3발을 명중시켜 전투용 적합 판정을 받고 실전에 배치하였으나, 이후 추가 사격시험에서 성능미달로 인해 양산이 중지된 사례가 있다. 현재 객관적인 유도무기 시험평가 방법이 시급히 정립되지 않는다면 이와 같은 품질문제는 향후 계속하여 발생할 것이다.

유도무기 외에도 한정된 생산수량의 고가 개발품의 품질을 평가하기 위해서는 지금까지 연구된 평가방법들 간의 비교분석을 통해 적합한 시험평가 방법을 선정하고, 그에 따라 유도무기 품질평가 시 가능한 최소의 사격시험횟수를 산출하는 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 유도무기 개발 관련 기관들이 가능한 적은 수의 사격시험으로 개발품의 품질수준을 평가할 수 있는 '최소시험 수량 산출표'와 '시험수량 산출시스템'을 제공한다. 본 연구의 결과는 개발단계 유도무기 외에도 생산수량이 한정된 고가 신제품의 시험평가에 활용할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 유도무기를 포함한 일회성 장비의 품질을 평가하기 위한 샘플링검사 방법들을 소개하고, 이러한 방법 간의 차이점은 제3장에 비교하여 나타낸다. 제4장에는 가장 효율적인 방법을 이용하여 개발품의 샘플링검사에 활용할 수 있는 최소시험 수량 산출표와 산출시스템을 제시하고, 결론 및 향후 연구방향은 제5장에 기술한다.

2. 관련 접근방법

미국 국방성 신뢰성센터에서 출판한 Sherwin(2000)은 한 번 사용 후 폐기가 되는 제품, 시스템, 무기, 장치 등 일회성 장비(one-shot device)의 성능시험이 성공 또는 실패의 두 가지 결과로 나타날 때, 이항분포에 근거하여 장비의 성공확률인 신뢰수준에 따른 시험횟수를 산출했다. Sherwin(2000)은 성능시험이 다음의 조건을 반드시 만족해야 함을 명시하였다.

- 각 시행은 독립시행이다. 즉, 한 시행의 결과는 다른 시행들의 결과에 영향을 미치지 않는다.
- 각 시행은 성공 또는 실패 중 하나의 결과만을 가진다.
- 시행 횟수는 미리 정해져야 한다.
- 모든 시행의 성공확률은 같다.

위 조건들을 만족할 때에 불량률을 예측하기 위하여 이항분포식 (1)을 이용하였고, 장비의 로트 허용불량률(Lot Tolerance Percent Defective; LTPD)을 보증하기 위해 n개의 성능시험에서 허용 가능한 불량품의 개수가 k개 일 때에 각각의 불량률의 합을 식 (2)로 계산하였다.

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

p : 모집단의 불량률
n : 표본 크기
r : 표본 내 불량개수
P(r) : n개의 표본 중에서 r개의 불량개수가 나올 확률

$$P(r \le k) = \sum_{r=0}^{k} P(r) \quad (2)$$

An(2013)은 소량의 유도탄 사격시험이 모두 성공한 경우에도 명중률 및 신뢰구간을 추정할 수 있는 효율적인 방법과 이를 바탕으로 유도탄의 실사격 수량을 도출하는 방안을 제시하였다. 모 불량률을 추정하는 일반적인 구간추정 방식으로는 모든 유도탄이 명중한 경우에 신뢰구간 추정이 불가능하며, 최대 경계값이 1.0 이상으로 추정되는 문제점이 있다. 이를 해소하기 위하여 An(2013)은 식 (3)과 같이 Wilson(1927)의 점수구간(Wilson score interval) 추정방법을 이용하여 모든 사격 유도탄이 목표물에 명중할 때, 사격시험 수에 따른 추정명중률의 신뢰수준을 제시하였다. An(2013)은 또한 11회의 사격시험 결과, 목표물 타격에 실패한 수에 따른 추정명중률의 신뢰수준을 추가로 나타내었다.

$$\frac{p + \frac{1}{2n} z_{1-\alpha/2}^2 \pm z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n} + \frac{z_{1-\alpha/2}^2}{4n^2}}}{1 + \frac{1}{n} z_{1-\alpha/2}^2} \quad (3)$$

$z_{1-\alpha/2}$: $(1-\alpha/2)$에 대응하는 표준정규분포의 값
n : 표본 수
p : 표본 명중률

최근에 Byun *et al.*(2015)은 생산 예정인 제품의 수가 작은 경우에 적합한 초기하분포와 시험 결과를 가지고 모집단의 불량률을 예측할 수 있는 베이지안 규칙(Bayesian rule)을 활용한 소표본 샘플링검사 방법을 제시하였다. 이 방법으로 유도무기 품질평가를 하면 모집단의 명중률이 일정 수준 이상일 확률인 보장명중률에 대한 신뢰수준을 산출할 수 있다. 보장명중률은 생산자 입장에서 보장할 수 있는 명중률의 최소값을 의미한다. 일반적으로 고객이 생산자에게 요구하는 최소한의 명중률을

요구명중률이라고 하는데, 본 논문에서는 이 두 개의 명중률을 동일한 의미로 사용하기로 한다. 생산예정 수량이 N개인 유도무기의 품질을 평가하기 위하여, n개의 개발품을 시험사격 한 결과 x개가 목표물을 명중하지 못했다면, 이 무기의 명중률 H가 보장명중률 w 이상일 확률, 즉 신뢰수준(Confidence level) cl은 식 (4)와 같이 구할 수 있다. 여기서 D는 N개의 모집단에 포함된 불량제품의 수이고, c는 표본 내 허용불량 개수를 의미한다. 식 (4)를 이용하면 보장명중률과 고객의 요구신뢰수준을 만족하는 최소시험 수량을 구할 수 있다.

$$P\{H \geq w \mid X = x\} = \frac{\sum_{x=0}^{c} \sum_{D=0}^{N(1-w)} \frac{\binom{D}{x}\binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}}{\sum_{x=0}^{c} \sum_{D=0}^{N} \frac{\binom{D}{x}\binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}} = cl \quad (4)$$

3. 개발단계 유도무기의 샘플링검사 방법 비교

제 2장에서 언급한 3가지 방법을 비교해 보면, 우선 Sherwin(2000)은 모집단의 크기를 감안하지 않고 이항분포를 이용했으므로 모집단의 크기가 제한된 경우에 정확한 결론을 도출할 수 없다. 구체적으로 보면, 1) 식 (2)의 P (r≤k)는 불량개수가 허용가능한 것 이하로 나올 확률, 즉 신뢰수준인데, 오히려 '1-P (r≤k)'를 신뢰수준이라고 기술하였고, 2) 불량률의 반대 개념으로서 신뢰성(reliability)이라는 용어를 채택하여 사용자들의 혼동을 초래하였으며, 3) 모집단의 불량률 10%, 즉 유도무기의 경우 명중률이 90%인 경우에만 60%~99% 사이의 신뢰수준을 보장할 수 있는 허용 가능한 불량개수에 따른 시험횟수를 제시하고 있고, 4) 모집단의 크기에 관계없이, 이항분포를 이용함으로써 많은 시험횟수가 필요하다.

An(2013)이 제시한 방법도 모집단의 크기를 감안하지 않고, 이항분포를 이용하여 신뢰수준을 산출했으므로 모집단의 크기가 작은 경우에는 적절한 방법이 되지 못한다. An(2013)은 또한 식 (3)을 기반으로 요구명중률에 따른 사격횟수 및 추정명중률을 저가형 유도무기와 고가형 유도무기로 나누어 제시하였으나, 고가형 유도무기의 경우에는 추정명중률의 최소값이 요구명중률보다 작게 나타나고 있어 그 활용성에 한계가 있다.

Byun *et al.*(2015)은 소량 주문에 따라 생산하는 고가 개발품의 성능시험을 위하여, 유한모집단에 쓰이는 초기하분포와 시험 결과에 근거하여 베이지안 규칙을 활용한 신뢰수준을 산출하는 방법을 제시하였다. 이 논문이 위에서 언급한 연구방법들과 가장 큰 차이점은 생산예정 수량을 감안하여 초기하분포를 이용하는 것이다.

90% 신뢰수준이 필요한 경우, 요구명중률의 범위가 0.60~0.85 사이일 때, Sherwin(2000), An(2013), Byun *et al.*(2015)이 제시한 사격횟수를 'No Fail(모두 명중)'과 'One Fail(모두 명중이거나 한 번의 불명중 허용)'인 경우로 나누어 <Table 1>과 <Table 2>에 각각 나타내었다. <Table 2>에는 An(2013)과의 비교가 제외되었는데, An(2013)에는 'One Fail'의 경우에 대한 사격횟수가 나타나 있지 않기 때문이다.

Table 1. Required number of tests for 'No Fail' case (confidence level 90%)

요구 명중률	Sherwin (2000)	An (2013)	Byun *et al.* (N = 무한)	Byun *et al.* (N = 200)	Byun *et al.* (N = 100)	Byun *et al.* (N = 70)	Byun *et al.* (N = 50)
	사격횟수						
0.60	5	4	4	4	4	4	4
0.65	6	5	5	5	5	5	5
0.70	7	6	6	6	6	5	5
0.75	8	8	7	7	7	7	7
0.80	11	11	10	9	9	9	8
0.85	14	15	14	13	12	12	11

Table 2. Required number of tests for 'One Fail' case (confidence level 90%)

요구 명중률	Sherwin (2000)	Byun *et al.* (N = 무한)	Byun *et al.* (N = 200)	Byun *et al.* (N = 100)	Byun *et al.* (N = 70)	Byun *et al.* (N = 50)
	사격횟수					
0.60	9	6	6	6	6	6
0.65	10	7	7	7	7	7
0.70	12	9	9	8	8	8
0.75	14	11	11	10	10	10
0.80	18	14	14	13	12	12
0.85	25	20	19	17	17	16

<Table 1>과 <Table 2>를 보면, 초기하분포와 베이지안 규칙을 이용한 Byun *et al.*(2015)의 연구결과가 주어진 요구명중률과 신뢰수준에 따라 적은 수의 사격시험만 필요로 하는 가장 효율적인 방법이라는 것을 알 수 있다. 예를 들어, <Table 1>에서 요구명중률이 0.80인 경우, N = 50일 때 Byun *et al.*(2015)이 제시한 사격횟수는 8회로서, Sherwin(2000)이나 An(2013)이 제시한 11회보다 3회가 적다. 주어진 신뢰수준과 요구명중률에 대하여 모집단의 수 N이 작으면 작을수록 Byun *et al.*(2015)의 방법이 다른 방법들보다 더욱 효율적이라는 것도 알 수 있다. 고가의 유도무기를 시험평가 하는 경우에 단 1회의 사격시험에서 수십억이 소요되는 것을 감안하면 사격횟수를 1회만 줄일 수 있어도 경제적 절감 효과는 매우 크기 때문에, Byun *et al.*(2015)이 제시한 샘플링검사 방식이 유도무기 시험평가의 경제성을 크게 높일 수 있다.

초기하분포를 이용한 샘플링검사에 있어서 모집단으로 가정한 생산예정 수량은 사격횟수 도출에 있어서 매우 중요한

변수이므로 생산예정 수량을 어떻게 결정하면 되는지에 대한 논의가 필요하다. 유도무기 개발단계에서는 군에서 요구한 초기 납품예정수량을 모집단으로 가정할 수 있다. 생산수량이 여러 해에 걸쳐 연도별로 계획되어 있고 생산 환경이 연도별로 다를 때에는, 우선 첫해 납품수량을 모집단 크기로 보고 샘플링검사를 실시한다. 검사결과가 만족스러우면 납품수량만큼 생산을 시작하고, 기준에 못 미칠 경우에는 설계개선을 통해 필요한 수량만큼을 다시 생산하여 검사한다. 그 이후 연도에는 주어진 모집단 크기를 대상으로 품질수준을 평가하면 될 것이다. 반면에 생산수량이 연도별로 정해져 있으며 매년 환경을 동일하게 유지할 수 있다면, 모든 생산수량의 합을 모집단의 크기로 삼아 샘플링검사계획을 수립하면 된다(Byun *et al*., 2015). 유도무기를 대량으로 생산하는 경우에는 초기하분포 대신에 이항분포에 근거한 샘플링검사 방법을 이용하면 되겠다. Byun *et al*.(2015)에 의하면, N = 500 이상일 때에는 주어진 검사방식과 보장명중률에 대하여 이항분포를 사용할 때와 초기하분포를 사용할 때의 신뢰수준의 차이가 2% 이하가 된다.

4. 샘플링검사 방법의 활용

4.1 수치예제

제 3장의 <Table 1>과 <Table 2>에 제시된 사격횟수의 비교를 통하여 Byun *et al*.(2015)의 연구가 가장 우수한 방법임을 확인하였다. 본 절에서는 이 방법에서 이용한 사격횟수 도출과정을 예를 통하여 소개하고, 제 4.2절에서는 실제 개발단계의 품질평가를 위하여 샘플링검사에서 활용할 수 있는 최소시험 수량 산출표와 산출시스템을 제시한다.

방위사업체 A는 유도무기 K를 N = 50개 개발하여 수요 군에 납품하려고 한다. 수요 군이 요구한 품질수준이 보장명중률 w = 0.8을 확보할 신뢰수준 cl이 70%라면, 식 (4)를 이용하여 표본 내 허용불량개수(c)에 따라 최소시험횟수 n을 구할 수 있다. 허용불량개수 c = 0일 때, 시험횟수에 따른 신뢰수준은 다음과 같이 계산할 수 있다.

Case 1) c = 0, n = 3 :

$$P\{H \geq 0.8 \mid X = 0\} = \frac{\sum_{x=0}^{0}\sum_{D=0}^{10}\frac{\binom{D}{x}\binom{50-D}{3-x}}{\binom{50}{3}}}{\sum_{x=0}^{0}\sum_{D=0}^{50}\frac{\binom{D}{x}\binom{50-D}{3-x}}{\binom{50}{3}}} = 0.634 \quad (5)$$

Case 2) c = 0, n = 4 :

$$P\{H \geq 0.8 \mid X = 0\} = \frac{\sum_{x=0}^{0}\sum_{D=0}^{10}\frac{\binom{D}{x}\binom{50-D}{4-x}}{\binom{50}{4}}}{\sum_{x=0}^{0}\sum_{D=0}^{50}\frac{\binom{D}{x}\binom{50-D}{4-x}}{\binom{50}{4}}} = 0.720 \quad (6)$$

위의 계산결과에 따르면 유도무기 K의 신뢰수준은 n = 3이면 63.4%가 되고, n = 4일 때 72.0%가 된다. 따라서 유도무기의 명중률을 80% 이상 보장할 신뢰수준 70%를 만족하기 위해서는 최소한 4번의 사격시험을 실시해야 하고, 사격결과는 모두 명중이어야 한다. 허용불량개수 c = 1인 경우에도 동일한 계산과정을 통해서 구할 수 있는데, n = 6일 때 신뢰수준은 65.7%이고, n = 7일 때 신뢰수준은 71.8%가 되므로, 신뢰수준 70%를 만족하는 유도무기의 최소시험횟수는 7회가 된다. 이와 같은 계산방식으로 주어진 요구명중률과 신뢰수준을 만족하기 위한 샘플링검사계획을 사격시험횟수 n과 허용불량개수 c를 명시하여 (n, c) 형태로 나타낼 수 있다.

4.2 시험수량 산출표와 산출시스템

본 절에서는 개발단계 유도무기의 품질을 평가하기 위한 샘플링검사 방법을 편리하게 이용할 수 있도록 '최소시험 수량 산출표'와 Excel VBA를 이용해 개발한 '시험수량 산출 시스템'을 제시하고자 하는데, 본 산출표와 산출시스템은 유도무기가 아닌 일반 신제품의 품질평가에도 사용할 수 있다. 유도무기와 마찬가지로 고가의 신제품 성능을 파괴검사로 평가해야 하는 경우에는 '보장명중률'을 '1-허용불량률'로 바꾸어 적용하면 된다. 유도무기와 달리 일반 산업의 신제품에서는 모집단의 불량률을 일정수준 이하로 보장할 수 있는 확률인 허용불량률의 개념을 이용하여, 모집단의 품질을 허용불량률 이하로 유지할 수 있는 신뢰수준에 따른 샘플링검사 방식을 구할 수 있다.

최소시험 수량 산출표는 다양한 모집단의 크기(생산예정 수량), 보장명중률, 신뢰수준, 허용불량개수 별로 시험수량을 표로 나타내어 부록에 첨부하였다. 모집단 크기는 시험수량의 변화가 거의 없는 구간은 생략하여 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500으로 분류하였고, 보장명중률 및 신뢰수준은 60% 이상에서 90% 이하까지 나타내었으며, 허용불량개수는 0, 1, 2까지 고려하였다. 보다 다양한 값을 얻기 위해서는 '시험수량 산출 시스템'을 이용하면 된다. 이 산출시스템에는 모집단의 크기, 표본크기, 보장명중률, 신뢰수준, 허용불량개수 등 5가지의 값을 입력할 수 있는데, 모집단 크기(주어지는 값)를 제외한 4개의 값들 중 3개의 값을 정하면 나머지 하나의 값을, 또는 2개의 값이 주어지면 다른 2개의 값을 출력할 수 있도록 하였다. 모집단의 크기는 최대 1,000까지 입력할 수 있고, 허용불량개수는 5개까지 고려할 수 있다.

<Figure 1>은 산출시스템의 '표본크기' 산출화면을 활성화한 것으로, 모집단이 주어지고 보장명중률, 신뢰수준, 허용불량개수를 입력하면 표본크기를 출력할 수 있다. 여기서 출력된 표본크기만큼 사격시험을 하여 명중되지 않은 샘플수가 입력한 허용불량 개수 이하이면 개발품은 합격으로 판정한다. <Figure 2>의 '신뢰수준' 산출화면은 사격시험의 결과를 가지고 유도무기가 보장명중률을 확보할 수 있는 신뢰수준이 얼마인지 정확하게 알고자 할 때 사용한다. <Figure 3>은 표본크기 산출화면의 기능을 확장한 것으로, 주어진 모집단 크기, 보장명중률, 신뢰수준을 만족하기 위하여 허용불량개수가 0개에서 5개일 때에 각각에 필요한 최소시험횟수를 제시한다. 6가지의

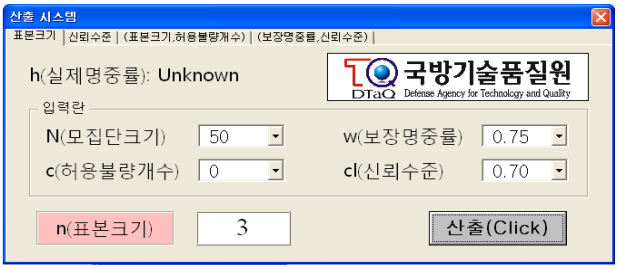


Figure 1. Output screen for calculating sample size

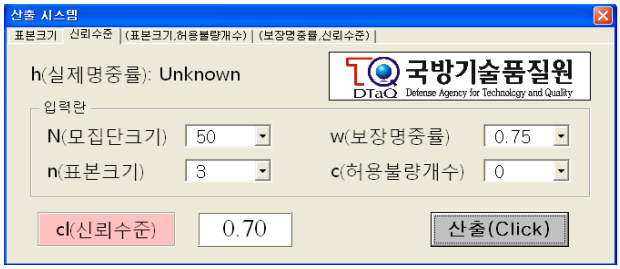


Figure 2. Output screen for calculating confidence level

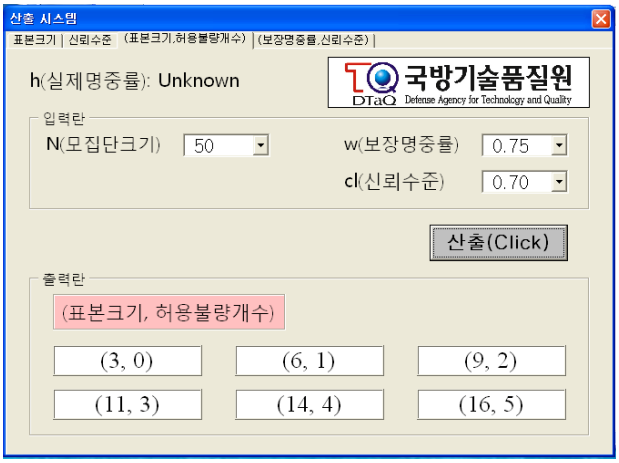
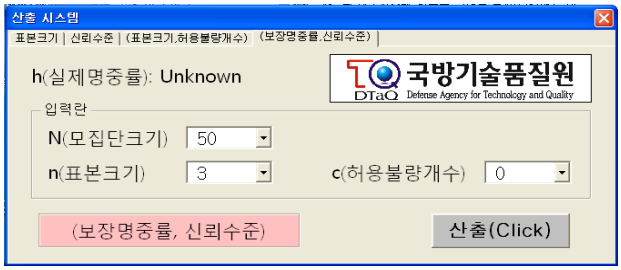


Figure 3. Output screen for sets of sample size and allowable defective



보장명중률	신뢰수준	보장명중률	신뢰수준
0.980	0.152	0.780	0.671
0.960	0.221	0.760	0.705
0.940	0.286	0.740	0.736
0.920	0.347	0.720	0.764
0.900	0.404	0.700	0.790
0.880	0.457	0.680	0.814
0.860	0.506	0.660	0.836
0.840	0.552	0.640	0.856
0.820	0.595	0.620	0.874
0.800	0.634	0.600	0.890

Figure 4. Output screen for sets of warranted hit ratio and confidence level

(표본크기, 허용불량개수) 조합을 보여주는데, 사용자는 이 중에서 원하는 검사계획을 선택할 수 있다. <Figure 4>는 모집단 크기, 표본크기, 허용불량개수를 입력할 때, 보장명중률의 명시에 따른 신뢰수준의 변화 값을 보여주는 화면이다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 생산수량이 한정된 제품의 모집단 품질수준을 평가하기 위한 3가지 샘플링검사 방법을 비교하였고, 가장 효율적인 방법을 선정하여 개발단계 유도무기의 시험평가에 활용할 수 있는 샘플링검사계획을 제시하였다. 주어진 모집단의 크기에 따라, 다양한 보장명중률, 신뢰수준, 허용불량개수 별로 평가에 필요한 최소 시험횟수를 산출표로 나타내었고, 최소의 시험수량 또는 정확한 신뢰수준 등을 계산할 수 있는 산출시스템을 개발하여 제시하였다. 본 연구의 결과인 시험수량 산출시스템을 이용하면, 향후 개발될 다양한 유도무기의 생산예정수량, 요구명중률, 신뢰수준에 따라 최소의 시험횟수를 정할 수 있게 되어 국방무기체계 개발 및 시험평가의 효율성을 높일 수 있을 것이다. 본 연구에서 개발한 시험수량 산출표와 산출시스템은 유도무기 외에도 고가의 한정 생산 신제품의 품질평가에 유용하게 활용할 수 있다.

향후 연구방향은 1) 과거 유사제품에 대한 품질평가 결과가 있을 때에 이에 근거하여 신제품의 품질을 예측하는 방법, 2) 신제품의 품질수준을 평가함에 있어서 개발품과 생산예정 제품의 생산 환경이 다를 때에 개발품의 시험평가 결과를 가지고 변화된 생산 환경의 변수들을 고려하여 생산예정 제품의 품질을 예측할 수 있는 방법, 3) 대용특성(surrogate variable)을 이용한 비파괴전수검사 방법으로 무기체계의 주요 특성을 평가하고, 그 결과와 실제 파괴시험에서 파악한 샘플링검사 결과 간의 상관성을 제시함으로써 추후 비파괴검사의 적합성을 판단하고 활용성을 높이는 것이 될 것이다.

참고문헌

An, D. (2013), Estimation Method of the Success Probability and the Fire Number as Missile Fire Results, *Proceedings of the International Military Science and Technology Fair*, 87-91.

Byun, J.-H., Shin, B.-C., and Lee, C.-W. (2015), A Study on Small-Sample Inspection Plan for New Product Quality Evaluation of Finite Population, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **41**(1), 115-120.

Sherwin, E. R. (2000), Analysis of "One-Shot" Devices, START (Selected Topics in Assurance Related Technologies), *A Publication of DoD Reliability Analysis Center*, **7**(4), 1-4.

Wilson, E. B. (1927), Probable Inference, the Law of Succession, and Statistical Inference, *Journal of the American Statistical Association*, **22**, 209-212.

<부 록>

Table A1. Test sample numbers for N = 50

N = 50	C	cl						
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
w = 60%	0	1	1	2	2	2	3	4
	1	3	3	3	4	4	5	6
	2	4	4	5	6	6	7	8
w = 65%	0	2	2	2	3	3	4	5
	1	3	4	4	5	5	6	7
	2	5	5	6	7	7	8	9
w = 70%	0	2	2	3	3	4	4	5
	1	4	4	5	5	6	7	8
	2	5	6	7	8	8	9	>10
w = 75%	0	3	3	3	4	5	6	7
	1	5	5	6	7	8	9	10
	2	7	8	9	9	>10	>10	>10
w = 80%	0	3	4	4	5	6	7	8
	1	6	6	7	8	9	10	>10
	2	8	9	10	>10	>10	>10	>10
w = 85%	0	5	5	6	7	8	10	>10
	1	8	9	10	>10	>10	>10	>10
	2	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
w = 90%	0	6	7	8	9	>10	>10	>10
	1	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
	2	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10

Table A2. Test sample numbers for N = 75

N = 75	C	cl						
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
w = 60%	0	1	1	2	2	3	3	4
	1	3	3	3	4	4	5	6
	2	4	5	5	6	6	7	8
w = 65%	0	2	2	2	3	3	4	5
	1	3	4	4	5	5	6	7
	2	5	5	6	7	7	8	10
w = 70%	0	2	2	3	3	4	5	6
	1	4	4	5	6	6	7	9
	2	6	6	7	8	9	10	>10
w = 75%	0	3	3	3	4	5	6	7
	1	5	5	6	7	8	9	>10
	2	7	8	9	10	>10	>10	>10
w = 80%	0	3	4	4	5	6	7	9
	1	6	7	7	8	10	>10	>10
	2	9	10	>10	>10	>10	>10	>10
w = 85%	0	5	5	6	7	8	10	>10
	1	8	9	10	>10	>10	>10	>10
	2	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
w = 90%	0	7	8	9	>10	>10	>10	>10
	1	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
	2	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10

Table A3. Test sample numbers for N = 100

N = 100	C	cl						
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
w = 60%	0	1	2	2	2	3	3	4
	1	3	3	3	4	4	5	6
	2	4	5	5	6	6	7	8
w = 65%	0	2	2	2	3	3	4	5
	1	3	4	4	5	5	6	7
	2	5	5	6	7	7	8	10
w = 70%	0	2	2	3	3	4	5	6
	1	4	4	5	6	6	7	9
	2	6	6	7	8	9	10	>10
w = 75%	0	3	3	3	4	5	6	7
	1	5	5	6	7	8	9	10
	2	7	8	9	10	>10	>10	>10
w = 80%	0	3	4	5	5	6	7	9
	1	6	7	8	9	10	>10	>10
	2	9	10	>10	>10	>10	>10	>10
w = 85%	0	5	5	6	7	8	10	>10
	1	8	9	10	>10	>10	>10	>10
	2	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
w = 90%	0	7	8	9	>10	>10	>10	>10
	1	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
	2	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10

Table A4. Test sample numbers for N = 200

N = 200	C	cl						
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
w = 60%	0	1	2	2	2	3	3	4
	1	3	3	3	4	5	5	6
	2	4	5	5	6	6	7	8
w = 65%	0	2	2	2	3	3	4	5
	1	3	4	4	5	5	6	7
	2	5	5	6	7	8	9	10
w = 70%	0	2	2	3	3	4	5	6
	1	4	4	5	6	6	7	9
	2	6	6	7	8	9	10	12
w = 75%	0	3	3	4	4	5	6	7
	1	5	5	6	7	8	9	11
	2	7	8	9	10	11	12	14
w = 80%	0	3	4	5	5	6	8	9
	1	6	7	8	9	10	12	14
	2	9	10	11	12	14	16	18
w = 85%	0	5	6	7	8	9	11	13
	1	8	10	11	12	14	16	19
	2	12	13	15	17	19	>20	>20
w = 90%	0	8	9	10	12	14	16	19
	1	13	14	16	18	>20	>20	>20
	2	18	20	>20	>20	>20	>20	>20

Table A5. Test sample numbers for N = 300

N = 300	C	cl						
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
w = 60%	0	1	2	2	2	3	3	4
	1	3	3	3	4	5	5	6
	2	4	5	5	6	6	7	8
w = 65%	0	2	2	2	3	3	4	5
	1	3	4	4	5	5	6	7
	2	5	5	6	7	8	9	10
w = 70%	0	2	2	3	3	4	5	6
	1	4	4	5	6	6	8	9
	2	6	6	7	8	9	10	12
w = 75%	0	3	3	4	4	5	6	7
	1	5	5	6	7	8	9	11
	2	7	8	9	10	11	13	15
w = 80%	0	4	4	5	6	7	8	9
	1	6	7	8	9	10	12	14
	2	9	10	11	13	14	16	19
w = 85%	0	5	6	7	8	9	11	13
	1	9	10	11	12	14	16	19
	2	12	14	15	17	19	>20	>20
w = 90%	0	8	9	10	12	14	16	20
	1	13	15	17	19	>20	>20	>20
	2	19	>20	>20	>20	>20	>20	>20

Table A6. Test sample numbers for N = 400

N = 400	C	cl						
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
w = 60%	0	1	2	2	2	3	3	4
	1	3	3	3	4	5	5	6
	2	4	5	5	6	6	7	9
w = 65%	0	2	2	2	3	3	4	5
	1	3	4	4	5	5	6	7
	2	5	5	6	7	8	9	10
w = 70%	0	2	2	3	3	4	5	6
	1	4	4	5	6	7	8	9
	2	6	6	7	8	9	10	12
w = 75%	0	3	3	4	4	5	6	7
	1	5	6	6	7	8	9	11
	2	7	8	9	10	11	13	15
w = 80%	0	4	4	5	6	7	8	10
	1	6	7	8	9	10	12	14
	2	9	10	11	13	14	16	19
w = 85%	0	5	6	7	8	9	11	13
	1	9	10	11	12	14	16	19
	2	12	14	15	17	19	>20	>20
w = 90%	0	8	9	11	12	14	17	20
	1	13	15	17	19	>20	>20	>20
	2	19	>20	>20	>20	>20	>20	>20

Table A7. Test sample numbers for N = 500

N = 500	C	cl						
		60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
w = 60%	0	1	2	2	2	3	3	4
	1	3	3	4	4	5	5	6
	2	4	5	5	6	6	7	9
w = 65%	0	2	2	2	3	3	4	5
	1	3	4	4	5	5	6	7
	2	5	5	6	7	8	9	10
w = 70%	0	2	2	3	3	4	5	6
	1	4	4	5	6	7	8	9
	2	6	6	7	8	9	10	12
w = 75%	0	3	3	4	4	5	6	7
	1	5	6	6	7	8	9	11
	2	7	8	9	10	11	13	15
w = 80%	0	4	4	5	6	7	8	10
	1	6	7	8	9	10	12	14
	2	9	10	11	13	14	16	19
w = 85%	0	5	6	7	8	9	11	13
	1	9	10	11	13	14	16	19
	2	12	14	15	17	19	>20	>20
w = 90%	0	8	9	11	12	14	17	20
	1	13	15	17	19	>20	>20	>20
	2	19	>20	>20	>20	>20	>20	>20