

M&S기법을 활용한 장보고 II 급 잠수함 수명주기비용 추정

안재경¹ · 최봉완^{2†} · 이용규³

¹서울산업대학교 산업정보시스템공학과 / ²해군전력분석시험평가단 / ³(재)서울테크노파크 경영기획팀

Life Cycle Cost Estimation for Jangbogo-II Submarines based on Modeling and Simulation Methodologies

Jaekyoung Ahn¹ · Bongwan Choi² · Yongkyu Lee³

¹Department of Industrial and Systems Eng., Seoul Nat'l Univ of Tech

²Naval Forces Analysis and Test/Evaluation Group

³Seoul Techno-Park, Management Planning Team

With the development of science and technology, modern submarines are equipped with high technology devices and multi-functioned precise armaments, consequently, acquisition cost as well as maintenance cost of the submarines are getting higher and higher. However, tight defense budget forces navy to significantly reduce military operating and maintenance costs.

In this study, the maintenance and operating costs of submarine Jangbogo-II are estimated through M&S (Modeling and simulation) methodologies in order to reasonably and consistently work out the requirement verification system of Jangbogo-II. The maintenance and operating costs of Jangbogo-II along the next 25 years are estimated as 312.65 billion won via engineering analysis methods while 312.69 billion won from PRICE Model, which shows only 0.04 billion won differences as a whole. This study is expected to be able to provide meaningful decision making data for not only short and/or mid term operating planning but military budgeting.

Keyword: life cycle cost, modeling and simulation, jangbogo-II, PRICE model

1. 서론

잠수함 장보고-II는 한국형 최신예 구축함인 KDX-III와 더불어 대양해군의 주축을 이루게 될 현존하는 세계 최고의 디젤 잠수함으로 대함전 및 대잠전, 공격기뢰 부설, 적 주요기지 봉쇄 및 차단능력을 구비한 우리 해군의 핵심전력이다. 잠수함 장보고-II는 2006년 6월 1번함의 진수식을 시작으로 총 00척을 확보할 예정에 있으며, 이를 토대로 첨단 장비 및 제작기술과 국산화 기술획득을 추진함으로써 잠수함의 독자연구개발을 위한 초석이 된다(<https://monthly.chosun.com/special/>, 2007). 이러한 계획을 차질 없이 진행시키기 위해서는 막대한 예산이 소요되는

획득비는 물론 이들을 운영하면서 필요한 운영유지비용을 합리적으로 산정하여 예산에 적절하게 반영하여야 할 것이다.

그러나 최근 국방예산의 추이를 살펴보면, '80년대 이후 국방비의 하향배분 추세가 지속되고 전력투자비의 비중이 감소하는데 반해 신형 무기체계의 고가화로 첨단 군사력 건설에 막대한 재원이 소요되고 있으며 이를 운영, 유지하는데 소요되는 운영유지비도 계속적으로 증가하고 있는 추세이다(Yoon and Choi, 2003). 한편, 신형무기체계 도입에 따라 '94년에 비해 '04년에는 해군 전력투자예산이 약 2.2배 증가하였다. 또한, 함정장비유지비도 '94년 대비 '04년에 1.7배 증가하였고 현재에도 지속적으로 증가가 되고 있으나 실제 예산은 매년 하향 배

†연락처 : 최봉완, 321-929 충남 계룡시 두마면 부남리 해군전력시험평가단 체계분석처장, Fax : 042-553-7016,

E-mail : bwchoi721@hanmail.net

투고일(2010년 01월 28일), 심사일(1차 : 2010년 03월 12일), 게재확정일(2010년 03월 29일).

분되고 있는 실정이다. 이러한 실정을 감안할 때, 한정된 국방 예산을 효과적으로 사용하기 위해서는 현 무기체계의 수명주기비용을 합리적으로 산출하는 체계를 확립하여 공감대를 형성함으로써 국방예산에 체계적으로 반영할 수 있는 기반 마련이 시급하게 대두되고 있다(On, 2008).

따라서 본 논문에서는 가용한 과거 실적자료를 근간으로 공학적 분석에 의한 장보고 II급 잠수함의 수명주기비용을 도출하는 절차를 제시하고, 개발된 절차에 따라 추정된 결과를 미국 프라이전트사에서 개발(Prigent, 2008)하여 국방 분야에 널리 활용되고 있는 PRICE 모델(Kim and Choi, 2002; Yoon and Choi, 2003; ROK, 2006)의 결과와 비교 분석하여 제시하고자 한다. 연구의 결과 제시된 수명주기비용을 활용하여 국방예산의 사결정에 활용함으로써 예산의 효율적 사용을 도모함을 본 연구의 목표로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 유사실적함의 데이터를 토대로 공학적 분석을 통하여 잠수함의 획득 초기에서 폐기 시까지의 연도별 운영유지비용을 제시한다. 제 3장에서는 잠수함의 수명주기비용을 전산모델인 PRICE Model을 활용하여 제시한다. 제 4장에서는 공학적 분석에 의하여 도출된 운영유지비용과 전산모델을 활용하여 추정된 운영유지비용을 비교 분석하고, 마지막으로 제 5장에서는 결론을 서술한다.

2. 공학적 분석을 통한 수명주기비용 추정

2.1 수명주기비용

수명주기비용(Life Cycle Cost)이란 제품의 개발, 설계, 제조, 투자에 들어가는 비용과 사용 시 보전에 들어가는 비용 그리고 폐기 시 들어가는 비용의 총합을 말한다(Asiedu and Gu, 1998). 본 논문에서는 제품의 개발, 설계, 제조, 투자비용을 획득비로 하였고, 보전에 들어가는 비용을 운영유지비용으로 하여 분석하였다. 단, 폐기비용은 고려하지 않았다. 국내 연구개발 무기체계의 수명주기비용 구성항목(Ministry of National Defense, 2003)을 정리하면 <표 1>과 같다.

2.2 획득비 추정

장보고 I급함의 획득비는 해당함을 계약한 연도에 해당연도 화폐가치로 이미 명시되어 있다. 그러나 현재 가용한 자료는 건조완료 연도와 계약금액이므로 건조시작연도 즉, 계약연도를 추정할 필요가 있다. 한편, 장보고 II급함의 획득비는 건조시작 연도인 2000년도에 계약금액이 명시되어 있다. 장보고 I급함의 획득비와 장보고 II급함의 획득비를 비교하려면 계약연도 혹은 건조시작연도를 동일하게 고정하고 그 시점의 화폐가치로 비교하여야 하므로 다음과 같은 절차를 거쳐 획득비를

표 1. 무기 체계의 수명주기비용 구성

수명주기비용 (Life Cycle Cost)	획득비용 (Program Acquisition Cost)	Procur-ement Cost	Weapon Systems Cost	생산 Cost
				기술자료 지원장비 훈련장비 기타지원
			동시조달수리부속(CSP)	
			시설공사	
				연구개발
운영유지(장비운영유지, 인건비, 정비, 폐기)				

표 2. 장보고- I 획득비 추정(2000년)

	건조비 (억 원)*	건조시작 (년)**	건조완료 (년)**	비 고
장보고-I(x년)	000	1996	1999	회귀분석기법 이용하여 획득비 추정(건조시작, 2000년) R ² = 0.99 p-value = 0.04
장보고-I (x+1년)	000	1997	2000	
장보고-I (x+2년)	000	1998	2001	
-	000	2000	-	

* 군사보안으로 숫자를 명시하지 않음.

** www.globalsecurity.org 참조.

*** 건조시작(년) = 건조완료(년)-3년(가정).

표 3. 각 함의 2000년도 기준 획득비용

구 분	장보고- I	장보고-II (2000년, 1번)*	비율
	2000년 (회귀분석추정)*		
건조비(억 원)	000	000	1.23

* 군사보안으로 숫자를 명시하지 않음.

추정한다.

우선 장보고-I번함의 획득비는 그 획득연도가 서로 상이함으로 <표 2>와 같은 가정 하에 x, x+1, x+2번함의 획득연도를 추정하여 이를 2000년도 획득비로 회귀하여 구한다.

회귀식이 유의하다면, 이미 회귀식에 물가상승율 등 획득비에 영향을 미치는 요인들이 잘 반영되었다고 가정할 수 있다. 반면에 장보고-II번함의 획득비는 2000년도 획득비의 실제 데이터를 사용한다. <표 3>은 위와 같은 과정을 거쳐 산출된 각함의 2000년도 기준 획득비율을 보여주고 있다. 이 비율은 장보고-I번함의 유지비용을 토대로 장보고-II번함의 유지비용을 추정할 때 보정계수를 정하는 중요한 요소로 사용된다.

2.3 항목별 운영유지비 추정

현재 운용 중인 장보고-I급함의 실제 운영유지비 자료와 부대활동지원비 및 물자관리비 등 일부 가용한 장보고-II급함의

- (A) Data point 한 개로 추정 가능한 경우
 - ⇒ 직전연도 실적 자료에 적절한 상승률을 적용
- (B) Data point 여러 개일 경우
 - ⇒ 실적자료 변환(연도별, 연차별 기준년도 화폐가치)
 - ⇒ 회귀식이용하여 추정
 - ⇒ 시계열분석 유의미
 - ⇒ CAGR 계산하여 물가상승률과 비교하여 타당성 확보
 - ⇒ 중량 및 건조비 보정
- (C) Data point 여러 개일 경우
 - ⇒ 회귀식이용하여 추정
 - ⇒ 시계열분석 무의미 혹은 CAGR이 타당성 결여
 - ⇒ 모든data를 기준년도(2008년)화폐가치로 환산, 산술평균
 - ⇒ 중량 및 건조비 보정

표 4. 항목별 추정 방법

구 분		중량 보정	물가 상승	보수 인상	건조비 보정	기 타
인력 운영	급여, 간접비			○ ^{f)}		장보고-I ^(A)
	급식비		○ ^{a)}			
	피복비		○ ^{b)}			
부대활동지원비				○ ^{f)}		장보고-II ^(A)
교육훈련비			○ ^{c)}			장보고-I ^(A)
장비 유지 및 운영	부대정비비	○	○ ^{d)}		○	장보고-I 산술평균 ^(C)
	수리부속비					
	야전정비비	○			○	장보고-I 회귀분석 ^(B)
	창정비비	○			○	장보고-I 회귀분석 ^(B)
	중창정비비	○			○	장보고-I 회귀분석 ^(B)
유류비		○	○ ^{d)}			장보고-I 산술평균 ^(C)
물자관리비			○ ^{e)}			장보고-II ^(A)

a) 식료품, 비주류음료 물가상승률, b) 의복, 신발부분 물가상승률 c) 생산자 물가상승률, d) 평균물가상승률, e) 의약품부분 물가상승률, f) 군인 보수인상률.

자료를 활용하여, 장보고-II급함의 항목별 운영유지비를 2008년부터 2032년까지 향후 25년 간 물가상승률 등 경제지표를 고려하여 연도별로 추정 제시하였다.

기존의 자료를 토대로 운영유지비를 공학적으로 분석하는 절차는 다음과 같다.

첫째 비용항목의 특성을 파악한다. 즉, 가용한 실적 자료가 여러 개 있다 하더라도 비용항목의 성격상 직전 연도의 자료로부터 그 비용의 추정에 적합한 경제지표(예 : 군인보수상승률 등)를 활용하는 것이 적절하다고 판단될 경우에는 평균 인

상률(r) = $\frac{\sum \text{연도별인상률}}{N(\text{해당연도})}$ 을 구하고, 직전연도 실적 자료에 해당 상승률을 적용하여 $\text{비용항목}_{(2008\sim 2032)} = \text{비용항목}_{(2008)} \times (1+r)^n$

(n = 해당년도-2008)로 추정한다.

둘째, 비용항목의 특성이 하나의 경제지표만을 적용할 수 없다고 판단될 때에는 우선 과거 실적자료를 2008년도 화폐단위로 환산(평균 물가상승률 적용)한다. 변환된 실적자료에 다양한 회귀식(선형, 지수, 로지스틱 등)을 사용하여 유의성을 검증한다. 이들 중 가장 유의도가 높은 회귀식으로 비용을 추정하고 CAGR(Compound Annual Growth Rate)를 계산하여 물가상승률 등 경제지표와 비교하여 타당하다고 인정될 때에는 회귀식을 사용한다. 타당하지 않다고 판단되면 다음 단계로 간다.

셋째, 다양한 회귀식을 사용하였음에도 불구하고 유의성이 검증되지 않았을 때에는 과거 실적 자료를 2008년도 화폐단위로 환산(평균 물가상승률 적용)하여 산술평균값을 사용한다.

마지막으로 위의 절차에 사용된 실적자료가 장보고-I급의 자료를 사용하여 산출되었을 경우에는 항목별 연도별 비용이 장보고-II급함에 적합하도록 중량보정 및 건조비 보정을 수행한다.

위의 절차는 다음과 같이 요약된다.

<표 4>는 기존의 자료를 이용하여 장보고-II의 운영유지비를 추정할 때 사용한 항목별 추정방법을 나타낸다. 단, 기타 항목에는 사용된 실적 자료 및 추정방법을 표시하였다.

(1) 인력운영비(급여, 간접비) 추정

2008년 장보고-I의 연간 인력운영비(급여, 간접비)자료를 참고하여 25년 간(2008년~2032년)의 연도별 인력운영비(급여, 간접비)를 추정하였고 장보고-I과 장보고-II의 승조원수가 동일하므로 계급별로 실적데이터의 보정 없이 군인보수 인상률(3.9%)을 적용하였다. 이때 군인보수 인상률은 1981년부터 2008년까지의 군인보수 인상률(중령 1호봉 기준)의 평균인상률을 적용하였고, 보다 현실적인 보수 인상률을 활용하기 위하여 전년대비 10% 이상의 인상률을 보인 연도는 제외하여 계산하였다.

(2) 인력운영비(급식비)추정

2008년 장보고-I의 연간 인력운영비(급식비)자료를 참고하여 25년 간(2008년~2032년)의 연도별 인력운영비(급식비)를 추정하였고, 장보고-I과 장보고-II의 승조원수가 동일하므로 실적데이터의 보정 없이 식료품 부문 물가상승률(5.3%)을 적용하였다. 물가상승률은 1986년부터 2007년까지의 연도별 평균물가상승률(식료품, 비주류음료부문)을 적용하였다.

(3) 인력운영비(피복비)추정

피복비는 급식비와 같은 절차를 거쳐 산출된다. 평균물가상승률로 의복, 신발부분 상승률인 3.7%를 사용하였다.

(4) 부대활동지원비 추정

2008년도 장보고-II의 연간 부대활동지원비 자료를 참고하여 연도별 부대활동지원비를 추정하였다. 인력운영(급여, 간

접비) 추정 시와 동일하게 평균 군인보수 인상률(3.9%)을 적용하여 25년 간(2008년~2032년)의 연도별 부대활동지원비를 추정하였다.

(5) 교육훈련비 추정

2008년 장보고-I의 연간 교육훈련비 자료를 참고하여 25년 간(2008년~2032년)의 연도별 교육훈련비를 추정하였고 장보고-I과 장보고-II의 승조원수와 교탄사용(무기체계)항목이 동일하므로 실적데이터 보정 없이 생산자 물가상승률(2.3%)을 적용하였다.

(6) 장비유지 및 운영비(부대정비수리부속비)추정

<표 4>에 기술한 바와 같이 장비유지 및 운영비는 정비비와 유류비로 나누어지고 정비비는 다시 부대정비비, 야전정비비, 중창 및 창정비비로 분류된다(The Navy Headquarters, 2007). 부대정비수리부속비 추정절차는 다음과 같다.

1단계 : 데이터의 시계열분석 유의미 여부 판정 장보고-I 00척의 연도별(1995년~2007년) 부대정비수리 부속비 자료를 수집한 후, 시계열분석의 유의미 여부를 판단한다. 우선 해당년도 당시 화폐가치 기준으로 척당 연차별 자료(예 : x변함의 첫째 비용, 둘째 해 비용, ..., y변함의 첫째 비용, 둘째 해 비용, ... 등)의 유의미 여부를 판별하고, 두 번째로 동일 자료에 평균 물가상승률을 적용하여 2008년도 금액으로 환산하여 동일한 방법으로 척당 연차별 자료의 유의미 여부를 판별한다. 아울러 척당 연도별(예, '95년도 x함과 y함, '96년도 x함, y함과 z함 등) 자료에 대한 분석을 수행하고, 마지막으로는 00척의 평균 연차별로 회귀분석을 시행한다. <표 5>는 4차례의 분석 중 00척의 평균 연차별에 대해 시계열 분석결과 R² 값과 p-value의 값이 유의 수준을 충족시키지 못하므로 무의미 판정 되었다. 총 4가지 방법을 사용하여 데이터를 분석하여도 시계열 무의미 판정으로 나타나므로 장보고-I의 데이터는 함정별, 연도별, 연차별 상관관계가 없음을 알 수 있다.

2단계 : 산술평균을 이용한 부대정비비 추정

장보고-I 00척의 연도별(1995년~2007년) 부대정비수리부속비 자료를 이용하여 시계열 분석한 결과 무의미 판정이 되었으므로 장보고-I 1척당 연평균 부대정비비를 산출한다.

- ① 연도별 데이터를 2008년도 화폐가치로 환산, 평균상승률(r) = 4.4%
- ② 함정당 총 부대정비비를 합산한 뒤 총 수리년도로 나누어 함정당 연평균 비용을 산출, 함정당 연간 평균 부대정

표 5. 연차별 평균 부대정비비 통계치 비교표

	선형모형	복합모형	지수모형	로지스틱
R ²	0.11	0.15	0.15	0.15
p-value	0.28	0.18	0.18	0.18

표 6. 보정계수 산출

구 분	장보고-I	장보고-II (2000년, 1번)	비율
	2000년 (회귀분석추정)		
건조비(억원)	000*	000*	1.23
중량(t)	1,200	1,800	1.5
		평균(a)	1.37

*군사보안으로 숫자를 명시하지 않음.

비비

$$= \frac{\sum \text{함정당 연도별 부대정비비}}{\text{해당수리년도수}}$$

- ③ 00척의 연평균 비용을 척수로 나누어서 1척당 연평균 부대정비비를 산출,

척당 연간 평균 부대정비비 =

$$\frac{\sum \text{함정당 연평균비용}_{(1 \sim 00)}}{N_{(1 \sim 00)}}$$

- ④ 장보고-I 1척당 연평균 부대정비비에(2008년기준) 보정계수(a)를 곱하여 장보고-II의 부대정비비(2008년) 추정,

$$\text{부대정비비}_{(\text{장보고-II})} = \text{부대정비비}_{(\text{장보고-I})} \times a(1.37)$$

<표 6>에 나타난 바와 같이, 보정계수(a)는 장보고-I, II의 획득비율(1.23)과 중량비율(1.5)을 고려하여 이들의 평균값으로 도출한다.

일반적으로 수리비는 중량보다는 획득비와 보다 큰 관련이 있을 것으로 상정할 수 있으나, 본 연구에서는 장보고-II의 획득비가 다소 낮게 책정되었을 가능성을 감안하여 이들 비율의 평균값으로 추정한다.

(7) 장비유지 및 운영비(야전정비비)추정

1단계 : 데이터의 시계열분석 유의미 여부 판정

장보고-I 00척의 연도별(1995년~2007년) 야전정비비 자료를 이용하여 시계열분석 유의미 여부를 판단하기 위해 연간 1척당 평균 야전정비비를 산출하여 회귀분석을 시행하여 <표 7>과 같은 시계열 분석결과가 도출되었다. 시계열 분석결과 R², p-value 값이 유의 수준을 충족시키므로 유의미 판정되었다.

2단계 : 야전정비비 추정

장보고-I연간(1995년~2007년) 1척당 야전정비비 자료를 이용하여 시계열 분석한 결과 유의미 판정이 되었으므로 회귀분

표 7. 연도별 평균 야전정비비 회귀분석

	선형회귀 분석	로지스틱 분석
회귀식	$Y = -102,722,506,054 + 51,573,865 X$	$Y = \frac{20억}{\exp(0.000000055 + 0.8528x)} (M = 20억)$
R ²	0.69	0.701
p-value	0.0004	0.000

석식을 이용하여 야전정비비를 추정하였다.

로지스틱분석의 경우 M값(포화치, 20억 원)에 대한 신뢰도 검증이 어렵기 때문에 선형회귀분석 방법을 통해 야전정비비를 추정하였으며, 장보고-I 1척당 연도별 평균 야전정비비의 상승률(CAGR)도 20.4%로 나타나므로 평균 물가상승률 보다 높게 나타나 향후 25년 간 물가상승률은 야전정비비 평균상승률에 포함되는 것으로 간주하였다.

- ① 장보고-I 향후 25년 간(2008년~2032년) 야전정비비 산출
장보고-I야전정비비(2008~2032) = -102,722,506,054 + 51,573,865 X
- ② 장보고-I 향후 연간(2008년~2032년) 1척당 야전정비비 자료에 보정계수(α)를 곱하여 장보고-II의 야전정비비(2008년~2032년) 추정
야전정비비_(장보고-II) = 야전정비비_(장보고-I) × α(1.37)

(8) 장비유지 및 운영비(창정비비)추정

창정비는 향후 25년(2008년~2032년)동안 6.5년 주기로 6.5년, 13년, 19.5년에 3차례에 걸쳐 시행된다. 6.5년과 19.5년에 시행되는 창정비는 동일한 정비이다. 따라서 6.5년차와 19.5년차에 실시하는 창정비와 13년차에 실시하는 창정비는 구분되어 추정하여야 한다.

1단계 : 데이터의 시계열분석 유의미 여부판정(6.5년차와 19.5년차의 창정비)

1999년~2007년에 정비한 장보고-I 00척의 창정비비 자료(6.5년과 19.5년)에 대한 시계열분석 유의미 여부를 판단하기 위해 연간 1척당 창정비비를 산출하여 회귀분석을 시행하였으며, <표 8>과 같이 시계열 분석결과가 도출되었다.

시계열 분석결과 R², p-value 값이 유의 수준을 충족시키므로 유의미 판정되었다. 또한 연도별 장보고-I 7척의 정산금액(6.5년, 19.5년)의 상승률(CAGR)도 2.4%로 나타났다. 한편, 13년 주기로 발생하는 창정비비는 잠수함을 25년 간 운용하면서 1번의 정비를 시행하는 만큼 기존실적데이터 수가 2개(2005년, 2008년) 밖에 없어 연도별 증가분을 구하여 장보고-II 예상 정비년도인 2021년의 창정비비를 추정하였다.

2단계 : 회귀분석 이용한 창정비비(6.5년, 13년, 19.5년) 추정
장보고-I 1척당 창정비비 자료를 이용하여 시계열 분석한 결과 유의미 판정이 되었으므로 각각의 경우(6.5년/19.5년, 13년)에 해당하는 회귀분석식을 이용하여 창정비비를 추정하였다.

- ① 장보고-I 향후 25년 간(2008년~2032년) 창정비비 산출 연간

1척당 창정비비 자료를 이용한 회귀분석식(6.5년, 19.5년)
장보고-I창정비비(2014,2029) = -678,277,854,782 + 345,993,770 X

연간 1척당 창정비비 자료를 이용한 산출식(13년), 창정비비_(n)
= 창정비비₍₂₀₀₅₎ + $\left(\frac{\text{창정비비}_{(2008)} - \text{창정비비}_{(2005)}}{3} \right) \times (n - 2005)$

- ② 장보고-I 3차에 걸친 창정비비 자료에 보정계수(α)를 곱하여 장보고-II의 창정비비(2008년~2032년) 추정
창정비비_(장보고-II) = 창정비비_(장보고-I) × α(1.37)

(9) 장비유지 및 운영비(중창정비비)추정

중창정비는 향후 25년(2008년~2032년)동안 2년 주기로 시행되고 창정비 근접한 연도의 중창정비는 시행을 하지 않으므로 총 7회의 중창정비가 시행된다.

1단계 : 데이터의 시계열분석 유의미 여부 판정

1996년~2007년의 장보고-I 00척의 중창정비비 자료를 참고하여 중창정비비의 시계열분석 을 수행하여 <표 9>와 같은 분석결과가 도출되었다.

<표 9>와 같이 시계열 분석결과 p-value 값이 유의 수준을 충족시키고 상승률(CAGR)도 3.4%로 나타나므로 유의미 판정되었다.

2단계 : 중창정비비 추정

장보고-I 1척당 중창정비비 자료를 이용하여 시계열 분석한 결과 유의미 판정이 되었으므로 <표 9>의 회귀분석식을 이용하여 중창정비비를 추정하였다.

- ① 장보고-I 향후 25년 간(2008년~2032년) 중창정비비 산출,
장보고-I중창정비비_(2008~2032) = -92,354,854 + 47,106 X
- ② 장보고-I 7차에 걸친 중창정비비 자료에 보정계수(α)를 곱하여 장보고-II의 중창정비비(2008년~2032년) 추정,
중창정비비_(장보고-II) = 중창정비비_(장보고-I) × α(1.37)

(10) 장비유지 및 운영비(유류비)추정

2006년~2007년의 장보고-I 00척의 월간 유류소모량과 2002. 1~2008. 6의 유류단가(고유황 경우)자료를 참고하여 연도별 유류비를 추정하였다. 연평균 유류량은 산술평균을 적용하였고, 여기에 장보고-I과 장보고-II의 중량비인 1.5를 곱하여 1척당 연평균 유류량을 추정하였으며, 향후 25년 간(2008년~2032년) 평균 물가상승률(4.4%)을 적용한 유류단가를 곱하여 유류비를 산

표 8. 연도별 평균 창정비비(6.5년, 19.5년) 회귀분석

	선형회귀 분석
회귀식	Y = -678,277,854,782 + 345,993,770X
R ² (결정계수)	0.9215
p-value	0.000604

표 9. 연도별 평균 중창정비비 회귀분석

	선형회귀 분석(Excel)
회귀식	Y = -92,354,854 + 47,106 X
R ² (결정계수)	0.33
p-value	0.048646

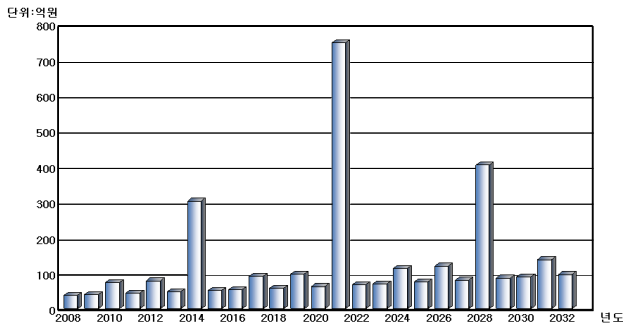


그림 1. 장보고-II 연도별 총 운영유지비용(공학적분석)

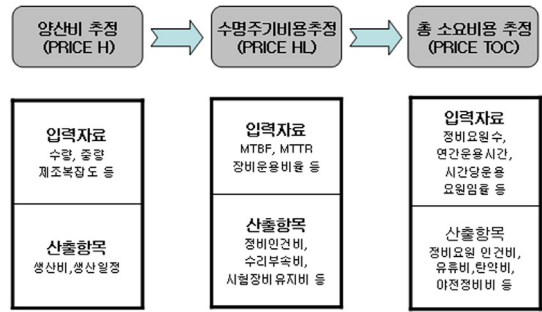


그림 2. PRICE Model의 추정단계

출하였다.

$$\text{유류비}_{(2008\sim 2032)} = \text{연평균유류량} \times \text{리터당 유류단가}_{(2008\sim 2032)}$$

(11) 물자관리(의약품비)추정

2007년도 장보고-II의 의약품비 자료를 참고하여 연도별 의약품비를 추정하였다. 의약품비 추정은 1986년~2007년까지의 물가상승률(의약품 부문)의 평균 인상률(1.8%)을 적용하여 25년 간(2008년~2032년) 연도별 의약품비를 추정하였다.

2.4 총 운영유지비 추정

<그림 1>은 연도별 총 운영유지비용(3,126억 원, 해당년도 화폐가치)을 보여주며 연도별 비교 추이를 나타내고 있다. 창정비(3차)가 발생하는 2014년, 2021년, 2028년에 다른 년도에 비해 상대적으로 많은 운영유지비가 발생되는 것을 알 수 있다.

3. 전산모델을 활용한 운영유지비 추정

3.1 PRICE Model 개요

PRICE Model(<그림 2> 참조)이란 연구개발, 양산, 운영유지비용 등을 추정하는 Software Tool로써 기술적/물리적 특성 및 환경 데이터와 과거 유사장비의 비용자료로부터 산출된 경험적 요소를 반영하는 프로그램이다.

비용과 일정을 예측 혹은 위험도 및 민감도 분석이 가능하여 각 사업의 특색에 맞는 설계에 사용 적합하다. 또한 세계적으로 가장 많이 사용하고 있는 전산비용분석 모델로써 통계적 분석을 통하여 미래에 발생할 비용을 예측하고 제안서 작성 및 계획서 작성에 사용되며, 개발과정에서의 비용분석 및 통제 시 유용한 도구로 활용된다(Prigent, 2008).

본 논문에서는 PRICE H를 이용하여 개발/양산가 즉, 획득비를 추정하였으며 PRICE HL을 이용하여 운영유지비용을 추정하였다. PRICE H의 주요 입력 변수로는 중량(kg), 제조복잡도, 개발난이도, 신규설계비율, 제조공정지수, 개발 및 양산일정과 시간당 평균임율, 간접노무비율 등 재무지수를 입력하여

무기체계의 획득비를 추정할 수 있다. 또한 PRICE HL의 주요 입력 변수로는 고장간 평균시간(MTBF), 평균수리시간(MTTR), ED당 설치 장비수, 허용가능한 LRU 고장수, 외주정비비, 개발일정, 생산일정 등 총 50여 개의 변수를 입력하여 운영유지비용을 추정할 수 있다. PRICE HL의 입력 변수의 자료를 얻기가 어려울 경우 PRICE H 변수 입력 후 Fill from H 기능을 이용하여 PRICE HL을 구할 수도 있다.

3.2 PRICE Model 활용한 운영유지비 추정

장보고-II의 양산비를 추정하는 PRICE H 모델은 장보고-II를 총 LEVEL 5까지 구성하였고, 이를 다시 하위 601개의 EBS (Estimating Breakdown Structure)로 나누어 추정하였다. <그림 3>은 장보고-II EBS 구조도를 보여주고 있으며 각 EBS 자료는 장보고-I의 작업분할구조(WBS)별 중량자료를 이용하여 장보고-II의 EBS별 중량 및 개발일정 등을 감안하여 산출한 자료에 의해 구축된 화면이다.

PRICE H를 이용하여 장보고-II의 획득비를 추정하였고, Fill From H 기능을 활용하여 운영유지비용을 추정하였다. 또한 PRICE TOC 모델을 이용하여 50여 종류의 변수를 입력, 적용하여 장보고-II의 총 수명주기비용을 추정하였다. 입력변수로는 기간, 비용단위(원) 및 무게, 길이단위(미터), 환율 등 프로젝트

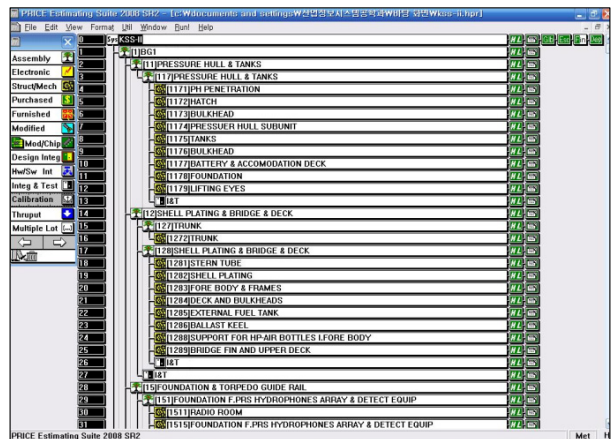


그림 3. 장보고-II EBS 구조

표 10. 공학적 분석과 전산모델 분석 수명주기비용 비교

	획득비용 (2008년기준)*	운영유지비용	수명주기비용*
공학적분석	000억 원	3,126.5억 원	000억 원
전산모델분석	000억 원	3,126.9억 원	000억 원

* 군사보안으로 숫자를 명시하지 않음.

속성변수와 글로벌 지수, 물가상승율 및 재무지수, 배치 및 운영정보지수, EBS 엘리먼트별 파라미터등을 입력하여 추정한 결과 운영유지비용이 3,127억 원으로 추정되었으며, 운영유지비용 중 장비유지 및 운영 비율은 71.2%를 차지하였다.

4. 공학적 분석과 전산모델 추정 결과 비교 분석

본 절에서는 장보고-II의 공학적 분석과 전산모델을 활용하여 추정 분석한 획득비와 운영유지비용을 비교하였다. 비교한 결과 획득비는 172.6억 원의 차이가 발생하였으며, 운영유지비용은 0.4억 원의 차이가 발생하였다. 획득비의 차이는 국내 업체에서의 가격 결정시 고려되는 전략적인 요소에 기인한다고 설명할 수 있으며, 운영유지비의 경우에는 정비비를 제외한 나머지 비용은 공학적 모델과 거의 유사하고, 창정비의 경우에는 파라미터별 편차가 매우 크므로 공학적 분석과 유사하도록 조정하였다. <표 10>은 분석방법에 따른 획득비, 운영유지비, 수명주기비용을 비교하여 보여주고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 현재 실전 배치 중에 있는 장보고-II급함(KSS-II)의 인수 시부터 폐기 시까지의 수명주기 동안 발생하는 운영유지비용을 합리적이고 과학적인 방법으로 추정하여 제시하였다. 기존 유사 실적함의 운용데이터를 근간으로 물가상승률 등 경제지표를 고려한 공학적 분석에 의해 연도별 운영유지비를 추정하였고, 현재 미국을 중심으로 여러 국가들이 비용분석에 널리 활용하고 있는 전산모델인 PRICE H/HL과 PRICE TOC를 활용하여 보다 과학적이고 통계적인 운영유지비를 제시하였다.

공학적 분석과 전산모델을 활용하여 추정된 향후 25년 간의 운영유지비용을 보면 공학적 분석을 통하여 추정된 총 운영유

지비용은 3,126.5억 원이고 전산모델을 활용한 추정된 총 운영유지비용은 3126.97억 원으로 약 0.4억 원의 차이를 보여 거의 유사한 추정 값이 제시되었다. 운영유지비용 대비 정비비용은 각각 71.2%로 동일한 값으로 나타났다.

과학기술의 발달과 더불어 무기체계가 정밀화, 첨단화, 고기능화됨에 따라 무기체계의 획득비가 증가하고 있으며, 운영유지비용도 급격하게 증가하고 있는 실정이다. 반면, 국방예산의 제한으로 예산 편성 시 운영유지비용의 비율이 오히려 감소하는 현 시점에서, 이 연구 결과는 과학적이고 분석적인 두 가지 추정방법을 통해 운영유지비용을 제시하여 신형 잠수함의 소요검증 체계를 보다 합리적으로 구축할 수 있도록 하였다.

참고문헌

- Asiedu, A. and Gu, P. (1998), Product life cycle cost analysis: state of the art review, *International Journal of Production Research*, 36(4), 883-908.
- Ministry of National Defense (2003), *Handbook of Defense Expenditure*.
- Kim, M. J. and Choi, S. C. (2002), A Study on the application of PRICE model in the environment of Korean Defense Industry, *Journal of Korea Defense Management Analysis*, 28(1), 67-82.
- Park, D. G. (2008), *Recent Domestic/International Economic Trends*, Institute of G Management.
- Park, T. U. (2002), *Methodologies of Weapon System Assessment*, Korea Institute for Defense Analyses.
- On, J. Y. (2008), *A Study on the maintenance cost estimation for KSS-III*, Security Management Institute.
- Yoon, J. J. and Choi, B. W. (2003), A Study on the LCC for KDX-III Using PRICE-HL, TOC, *2003 Proceedings of Korea Defense Management Analysis Institute*.
- <https://monthly.chosun.com/special/>, 2007.
- Lee, H. S. (2002), *A Study on the analysis methods for estimating maintenance cost of weapon systems*, Korea Institute for Defense Analyses.
- Chung, G. S. (2008), *Re-evaluation of Oil prices and their prospects* Hana Industry Information.
- Ministry of Public Administration and Security (2008), *Military Salary Growth Rates*, www.zon.co.kr.
- Korea National Statistical Office (2008), *Inflation Rates(Foods and Non-alcoholic beverage)*.
- Korea National Statistical Office (2008), *Inflation Rates(Clothes and Shoes)*.
- Korea National Statistical Office (2008), *Inflation Rates(Medicines)*.
- Korea National Statistical Office (2008), *Inflation Rates(Producers)*.
- Prigent (2008), *PRICE HL/TOC Course Material*.
- The Navy Headquarters (2007), *Maintenance Manual*.
- ROK Navy (2006), *A Study on estimating LCC of Vessels by PRICE Models*.



안재경

서울대학교 산업공학과 학사
서울대학교 산업공학과 석사
아이오와 주립대학교 산업공학과 박사
현재 : 서울산업대학교 산업정보시스템공학과 교수
관심분야 : 정보통신기술평가, 위성통신응용, 통신경영



최봉완

서울대학교 산업공학과 학사
IOWA STATE UNIVERSITY 산업공학과 석사
IOWA STATE UNIVERSITY 산업공학과 박사
RAND 연구소 객원 연구원
현재 : 해군본부 체계분석처장
관심분야 : 체계분석, 전투체계연구개발, M&S, 전투실험



이용규

서울산업대학교 산업정보시스템공학과 학사
서울산업대학교 산업정보시스템공학과 조교
서울산업대학교 정보산업공학과 석사
현재 : (재)서울테크노파크 경영기획팀 연구원
관심분야 : 경제성분석, 수명주기비용분석