

국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델 개발에 관한 연구

(A Study on the Cost Estimation Model Development of the Defense M&S System Software)

† 김 장 현(JANG-HYUN KIM)*, 정 충 영(CHOONG-YOUNG JUNG)**

ABSTRACT

국방 M&S체계는 90년대 중반부터 각 군이 정보기술을 본격적으로 도입함에 따라 훈련용 M&S체계인 창조21모델('99)을 시작으로 분석용 M&S체계인 지상군 자원소요분석모델('10) 등 현재까지 70여종의 M&S체계를 자체개발 및 외국군으로부터 도입하여 사용 중에 있다. 그러나 기존의 국방 M&S체계 소프트웨어를 자체 개발시 비용추정은 국방 M&S체계 소프트웨어의 획득 및 개발 환경의 특성이 반영된 특성인자를 포함하지 않고 소프트웨어 비용을 산정하여 과소 또는 과대 추정되는 사례가 발생하였다. 본 연구는 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정시 국방 개발환경의 특성이 반영된 소프트웨어 비용인자를 반영하여 국방환경에 적합한 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델을 제시하고자 한다.

ABSTRACT

Since the mid-nineties, Republic of Korean Army has officially adapted information technology. Starting with the Chang-Jo 21('99) training M&S Model, around seventy types of the M&S system software, including Ground Operations & Resources Requirement Analysis Model('10), developed by Republic of Korea Army or foreign counterparts have been utilized. However, as the existing cost estimations of the Defense M&S system software fail to reflect the acquisition and development environment, the estimated costs have been frequently overestimated or underestimated. This paper provides a suitable cost estimation model for the Defense M&S system software by presenting the software cost drivers which reflect the unique software development environment of the Defense.

Keywords : 복합시스템 엔지니어링, 개념설계, 종합전투실험체계, 아키텍처 복합시스템 엔지니어링, 개념설계, 종합전투실험체계, 아키텍처

논문접수일 : 2010년 10월 31일 심사(수정)일 : 2010년 11월 12일 논문게재확정일 : 2010년 11월 29일

* 한남대학교 경영학과 박사과정

** 한남대학교 경영학과 교수

† 교신저자

1. 서론

국방 M&S체계는 적용 분야 및 특성에 따라 훈련용, 분석용 및 획득용으로 구분한다. 훈련용 M&S체계는 전술훈련 모의장비인 시뮬레이터를 제외한 개별 병사의 전술·전기 연마훈련으로부터 전구급 합동 지휘관 및 참모의 전투지휘훈련까지 사용하며, 분석용 M&S체계는 군사력 평가, 개념분석, 군 구조분석, 작전계획분석, 전시 자원소요분석 및 전투실험 등에 사용한다. 또한 획득용 M&S체계는 무기체계의 획득관리활동인 사전분석, 비용분석 및 시험평가 등의 전 주기에 걸쳐 사용한다.

국방 M&S체계는 90년대 중반부터 각 군이 정보기술을 본격적으로 도입하여 사용함에 따라서 1999년에 지상군의 사·군단급 지휘관 및 참모들에게 전장기술을 훈련시키기 위한 ‘창조21모델’을 개발 시작으로 2010년에 전시 지상군 중심의 자원소요를 산정하기 위한 ‘지상군 자원소요분석 모델’ 등 70여종의 다양한 M&S체계를 자체 개발 및 외국군으로부터 도입하여 사용 중에 있다. 그러나 국방 M&S체계 소프트웨어를 각 군이 자체 개발함에 있어서 소프트웨어의 비용 추정은 지식경제부에서 고시한 ‘한국소프트웨어 산업협회’ 소프트웨어사업 대가의 기준(이하 한소협 모델)을 사용하였으나 민수용 소프트웨어 비용 추정에 적합한 한소협 모델은 국방 M&S체계의 소프트웨어 개발환경을 고려하지 않음으로써 소프트웨어 비용 추정에 적지 않은 문제를 내포하고 있다. 왜냐하면 일반적인 범용성을 가진 소프트웨어 비용 추정모델로는 국방환경의 특수성을 반영할 수 없기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 정확한 국방 M&S체계 소프트웨어의 비용 추정을 위하여 각 군의 M&S체계 소프트웨어 개발환경에서 현재까지 개발한 국방 M&S체계 소프트웨어 17종에 대한 일반적 비용인자와 국방환경 비용인자를 수집하여 이를 기반으로 정확도가 높은 국방 M&S체

계 소프트웨어 비용 추정모델을 개발하여 제시하고자 한다.

2. 비용 추정모델에 관한 이론적 고찰

2.1 소프트웨어 비용 추정모델

일반적으로 소프트웨어 비용 추정시 COCOMO (COConstructive COst MOdel) II, PRICE-S(Parametric Review of Information for Costing and Evaluation) 모델 및 한소협 모델 등을 사용하여 소프트웨어의 비용을 추정한다.

2.1.1 COCOMO II

COCOMO II는 과거의 프로젝트 자료를 바탕으로 소프트웨어 규모인자(scale driver)와 비용인자(cost driver)의 영향요인에 대한 조정을 통해 이전에 개발된 COCOMO I('81)을 수정 보완한 것으로 Barry Boehm과 University of Southern California 대학원생들이 중심이 되어 1990년대 중반에 개발하였다[9].

COCOMO II의 소프트웨어 개발에 필요한 소요공수(PM : Effort in person-months)의 예측 및 비용 산정식은 식 (1)과 같다[4, 7, 8, 9].

$$PM = A \times Size^E \times \prod_{i=1}^n EM_i \quad (1)$$

여기에서 A : 상수, Size : 천단위 소스라인수 (KSLOC)

E : 규모인자 승수, EM_i : 노력인자

COCOMO II는 시스템 개발 순기 중 각 단계 별로 다음과 같은 세가지 모델을 적용한다.

- ① Applications Composition 모델 : 프로젝트 초기 시제품 개발 시 적용할 수 있는 모델

② Early Estimation 모델 : 개발될 제품의 요구 사항은 작성되었으나 아직 설계서는 작성하지 않은 상태에서 적용할 수 있는 모델

③ PA(Post Architecture) 모델 : 프로젝트 개발이 완료되어 소프트웨어 규모 및 비용인자들을 정확하게 적용할 수 있는 모델

만약 개발대상 프로젝트의 소프트웨어 개발 규모를 알고 있는 경우는 PA 모델의 적용이 가능하며, PA 모델에서 고려하는 요인들은 다음과 같다 [9].

① 규모인자 : 소스라인수(KSLOC)의 승수로 사용되며, 5가지의 요소(Precedentedness, Development Flexibility, Architecture/Risk Resolution, Team Cohesion, Process Maturity)를 포함한다.

② 노력인자 : 노력인자는 4가지로 구분하여 아래의 <표 1>과 같이 17개의 요소를 포함한다.

<표 1> 노력인자

구 분	요 소
Product Factors (5)	RELY(Required Software Reliability) DATA(Database Size) CPLX(Product Complexity) RUSE(Developed for Reusability) DOCU(Documentation Match to Life-Cycle Needs)
Platform Factors(3)	TIME(Execution Time Constraint) STOR(Main Storage Constraint) PVOL (Platform Volatility)
Personnel Factors (6)	ACAP(Analyst Capability) PCAP(Programmer Capability) PCON(Personnel Continuity) APEX(Applications Experience) PLEX(Platform Experience) LTEX (Language and Tool Experience)
Project Factors(3)	TOOL(Use of software Tools) SITE(Multisite Development) SCED (Required Development Schedule)

2.1.2 PRICE-S 모델

PRICE-S 모델은 복잡도와 난이도가 매우 높은 대규모의 소프트웨어 비용을 추정하기 위한 모델이다. 최초에는 내장형 시스템의 소프트웨어 비용을 평가하기 위해 개발되었으나 기존의 복잡도 요인을 소프트웨어의 개발에 필요한 시스템 개발요인과 프로젝트 속성들에 대한 요인으로 대체하면서 다양한 소프트웨어 형태에 적용할 수 있도록 적용범위가 확대되었다[16].

PRICE-S 모델의 비용추정에 영향을 미치는 인자는 다음과 같다.

① 소프트웨어 규모 : 소프트웨어의 총 스텝수를 의미하며, SLOC(Source Lines of Code), FPs(Function Points), POPs(Predictive Object Points)등을 입력한다.

② 소프트웨어 형태 : 모든 형태의 소프트웨어를 매개변수로 정량화하여 7개 형태(Store & Retrieve Data, Online Communications, Real time, Interactive, math, String Manipulation, Operation System)를 기본적으로 사용한다.

③ 재사용 모듈의 양 : 전체 소프트웨어 규모에서 새롭게 설계하고 코딩하는 정도를 나타내는 재사용성의 비율을 반영한다.

④ 생산성 요인 : 소프트웨어의 생산성, 효율성, 소프트웨어 개발절차, 개발조직의 관리절차 등을 고려하는 매개변수로써, 조직의 능력, 투입 인력의 경험과 재능 등이 요인이 된다.

⑤ 하드웨어 제약사항 : 소프트웨어에 의해 이용되는 하드웨어 메모리와 처리속도의 비율 등이 영향 요인이 된다.

⑥ 사용자 요구사항 정도 : 소프트웨어의 시험 평가나 운용 등에 관련된 사용자 요구사항이나 이식성, 이용성 등의 요인을 Platform 이라는 변수의 요인이 된다.

⑦ 개발환경 : 개발조직의 경험, 인력, 개발도

구, 하드웨어 특징 등에 근거하여 프로젝트를 예상기간 내에 완료시키기 위한 복잡도(Complexity)가 매개변수이다.

2.1.3 한소협 모델

1996년 정보통신부에서 한소협 모델을 고시하여 매년 일부개정을 실시하였으며, 2009년에는 지식경제부에서 전면 개정하여 소프트웨어사업의 예산수립, 사업발주 등의 적정한 원가계산 업무에 활용하고 있다.

소프트웨어 개발비를 추정하는 방식은 두 가지를 적용한다.

① 개발규모에 의한 추정방법

$$OC = PC \times (SP \times AP \times LP \times QP)$$

여기에서 OC : 개발원가, PC : 보정 전 개발원가, SP : 규모보정계수, AP : 어플리케이션 유형 보정계수, LP : 품질 및 특성 보정계수, QP : 개발언어 보정계수

규모보정계수(SP) : 소프트웨어 개발사업의 규모가 커질수록 투입인력과 커뮤니케이션 채널이 증가하여 생산성이 떨어지기 때문에 사업규모의 증가에 따른 보정이 필요하다.

어플리케이션 유형 보정계수(AP) : 여러개의 어플리케이션 유형이 혼재하는 경우 각 어플리케이션 유형별로 보정계수를 도출하여 보정이 필요하다.

어플리케이션 유형 보정계수(AP) =

$$\sum \left(\frac{\text{유형별 어플리케이션 규모}}{\text{전체 사업 규모}} \times \text{해당 어플리케이션 유형 보정계수} \right)$$

개발언어 보정계수(LP) : 소프트웨어의 생산성은 개발에 사용된 프로그래밍 언어에 영향을 받게 되므로 언어별 보정이 필요하다.

개발언어 보정계수(LP) =

$$\sum \left(\frac{\text{언어별 어플리케이션 규모}}{\text{전체 사업 규모}} \times \text{해당 어플리케이션 언어 보정계수} \right)$$

품질 및 특성 보정계수(QP) : 소프트웨어 개발의 생산성은 사용자가 어플리케이션 시스템에 요구하는 품질 및 특성에 영향을 미치므로 품질 및 특성별 보정이 필요하다.

품질 및 특성 보정계수(QP) =

$$\sum \left(\frac{\text{품질 특성별 어플리케이션 규모}}{\text{전체 사업 규모}} \times \text{해당 어플리케이션의 품질 특성 보정계수} \right)$$

② 투입인력의 수와 기간에 의한 추정방법

투입인력의 수와 기간에 의한 추정방법은 엔지니어링사업대가의 기준을 준용하며, 투입인력의 직접인건비는 소프트웨어 기술자 등급별 노임단가를 적용한다.

2.2 소프트웨어 규모 추정척도

일반적으로 소프트웨어의 규모를 추정하는 척도로 소스라인수(SLOC : Source Lines Of Code)와 기능점수(Function Point)를 사용한다.

2.2.1 소스라인수(SLOC : Source Lines Of Code)

소스라인수(SLOC)는 소프트웨어 규모를 측정하는데 가장 일반적으로 사용하는 간단한 형태의 척도로써, 소프트웨어의 물리적인 길이를 나타낸다.

① 소스라인수 측정

소스라인수(SLOC)은 University of Southern California의 Barry Boehm 교수 연구실에서 개발하여 배포한 CodeCount를 사용하여 물리적, 논리적 소스라인수를 측정한다[15].

② 개발언어의 생산성 차이 보정

소스라인수 측정치는 개발언어가 다른 소스

라인수로는 생산성 비교가 어렵다. 따라서 다른 개발언어의 소스라인수로 생산성을 비교하기 위해서는 개발언어의 생산성 정도의 차이에 대한 보정을 해야 한다[8].

2.2.2 기능점수(Function Point)

기능점수(Function Point)의 측정은 사용자 관점에서 소프트웨어 규모를 산정하는 방법으로, 주로 논리적 설계를 기초로 하여 소프트웨어가 사용자에게 제공하는 기능의 수를 수치로 정량화하고 소프트웨어의 규모를 산정하는 방식이다.

기능점수 = 데이터 기능점수 + 트랜잭션 기능점수

데이터 기능점수 = \sum (내부논리파일별 가중치) + \sum (외부연계파일별 가중치)

트랜잭션 기능점수 = \sum (외부입력별 가중치) + \sum (외부출력별 가중치) + \sum (외부조회별 가중치)

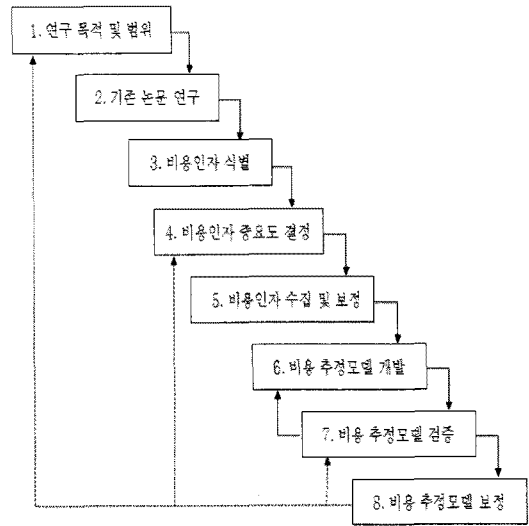
3. 개발 프로세스 및 비용인자 식별

3.1 비용 추정모델 개발 프로세스

국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델을 개발하기 위해 적용한 단계별 개발 프로세스는 아래의 <그림 1>과 같다.

본 연구에서 실시한 단계별 개발 프로세스의 세부활동과 연구내용은 아래와 같다.

① 연구 목적 및 범위 : 기존의 소프트웨어 비용 추정모델보다 정확성이 높은 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델을 개발하는데 연구 목적을 두고 우리 군이 자체 개발한 국방 M&S체계 소프트웨어 개발환경의 특성을 조사한 후 소프트웨어 비용에 영향을 미치는 비용인자를 식별하였다.



<그림 1> 비용 추정모델 8단계 개발 프로세스

② 기존 논문 연구 : 기존의 논문 연구를 통하여 일반적인 소프트웨어 비용 추정모델의 비용추정 알고리즘과 국방 M&S체계 개발환경에 적합한 비용 추정모델의 기본형태를 식별하였다. 본 연구에서는 식 (2)의 Power Function Model을 비용 추정모델의 기본형태로 적용하였다[5].

$$Effort = as^b \quad (2)$$

여기에서 s : 소프트웨어 규모(KSLOC), a, b : 비용인자

③ 비용인자 식별 : 비용인자는 일반적 비용인자와 국방환경 비용인자로 구분하여 적용하였다. (세부 연구내용은 3.2절 참조)

④ 비용인자 중요도 결정 : 비용인자는 3가지로 구분하였다. 즉, 소프트웨어 비용 추정에 가장 큰 영향을 미치는 비용인자로서 소프트웨어 규모(Size)에 영향을 미치는 규모인자(SF)와 노력인자(EM) 그리고 국방환경 비용인자(DF)로 구분하였다. 이들 비용인자간의 상대적 중요도를 적절하게 반영하기 위해서는 각각의 비용인자에 대한 등급을 결정하여 반영하여야 한다[13].(세부 연구내용

은 3.2절 참조)

⑤ 비용인자 수집 및 보정 : 비용인자 수집은 각 군·기관, 소요군 또는 사업관리기관의 업무담당자를 대상으로 각 부서 및 기관 등이 개발하여 현재 사용 중에 있는 국방 M&S체계 소프트웨어 17종을 대상으로 실시하였다. 비용인자에 대한 보정은 수집된 비용인자의 값을 가정에 적합하게 조정하기 위하여 이상치를 식별하여 보정하였다.(세부 연구내용은 4.1절 참조)

⑥ 비용 추정모델 개발 : 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델의 양적 종속변수인 소요공수(man-month)와 독립변수인 비용인자간의 다중회귀분석(Multiple Regression)을 실시하여 비용 추정모델을 제시하였다. 다중 회귀분석은 통계 분석도구(Tool)인 PASW Statistics 18을 사용하였다[1, 2, 3].(세부 연구내용은 4.2절 참조)

⑦ 비용 추정모델 검증 : 비용 추정모델의 정확성을 판단하기 위한 척도로 MMRE(Mean Magnitude Relative Error)를 사용한다. MMRE는 식(3)를 사용하여 추정하며, 추정된 MMRE의 값이 0.25보다 작을 때 비용 추정모델은 정확하다[5, 10, 17].(세부 연구내용은 4.3절 참조)

$$MMRE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} \quad (3)$$

여기에서 y : 실제값, \hat{y} : 추정값, N : 전체 프로젝트 수

⑧ 비용 추정모델 보정 : 비용 추정모델의 정확성이 통계적 기준을 만족하지 못하면 보정 방법을 결정하여 보정을 실시하여야 한다. 오차원인이 비용 추정모델의 문제가 아닌 개발환경 요인인 경우는 환경변화 여부를 파악하여 보정을 실시한다. 본 연구에서는 회귀분석(Regression) 방법과 베이지안(Bayesian) 방법을 적용하여 비용 추정모델을 보정하였다.

<표 2> 일반적 비용인자 등급별 값

구분	표기	Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra high
규모인자							
PREC	SF ₁	6.20	4.96	3.72	2.48	1.24	0.00
FLEX	SF ₂	5.07	4.05	3.04	2.03	1.01	0.00
RESL	SF ₃	7.07	5.65	4.24	2.83	1.41	0.00
TEAM	SF ₄	5.48	4.38	3.29	2.19	1.10	0.00
노력인자							
RELY	EM ₁	0.82	0.92	1.00	1.10	1.26	
DATA	EM ₂		0.90	1.00	1.14	1.28	
CPLX	EM ₃	0.73	0.87	1.00	1.17	1.34	1.74
RUSE	EM ₄		0.95	1.00	1.07	1.15	1.24
DOCU	EM ₅	0.81	0.91	1.00	1.11	1.23	
ACAP	EM ₆	1.42	1.19	1.00	0.85	0.71	
PCAP	EM ₇	1.34	1.15	1.00	0.88	0.76	
PCON	EM ₈	1.29	1.12	1.00	0.90	0.81	
PLEX	EM ₉	1.19	1.09	1.00	0.91	0.85	
LTEX	EM ₁₀	1.20	1.09	1.00	0.91	0.84	
TOOL	EM ₁₁	1.17	1.09	1.00	0.90	0.78	
SITE	EM ₁₂	1.22	1.09	1.00	0.93	0.86	0.08

3.2 비용인자 적용

국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정에 영향을 미치는 비용인자는 일반적 비용인자와 국방환경 비용인자로 구분하며, 각각의 비용인자에 대한 영향정도는 가중치를 설정하여 등급별로 적용하였다.

3.2.1 일반적 비용인자

일반적 비용인자는 기존의 여러 비용 추정모델에서 공통적으로 사용한 비용인자를 의미한다.

본 연구에서는 COCOMO II의 비용인자 <표 1>을 참고하여 일반적 비용인자를 식별하여 <표 2>와 같이 등급별 값을 적용하였다.

3.2.2 국방환경 비용인자

일반적 비용인자만을 가지고 국방환경에 적합한 소프트웨어의 비용을 추정하는 것은 정확성이 떨어진다.

〈표 3〉 국방환경 비용인자(DF_i) 등급별 값

구분	표기	Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra high
군사 M&S기술수준	DF ₁	0.71	0.86	1.00	1.28	1.66	1.89
VV&A 적용	DF ₂	0.84	0.92	1.00	1.18	1.36	1.54
군사보안 적용	DF ₃	0.81	0.90	1.00	1.20	1.45	1.71
상호운용성 적용	DF ₄	0.75	0.85	1.00	1.15	1.31	1.45
표준데이터 활용	DF ₅	0.78	0.93	1.00	1.25	1.52	1.77

본 연구에서는 국방 M&S체계 소프트웨어 개발환경의 특성을 조사하여 소프트웨어 비용에 가장 큰 영향을 미치는 국방환경 비용인자 5가지를 식별하여 <표 3>과 같은 등급별 값을 적용하였다. 여기에서 국방환경 비용인자의 등급별 값 적용은 전문가 판단법(Expert Judgment)에 의해 국방 정보체계 관리 및 획득 업무종사자, 비용분석전문가, M&S체계 소프트웨어 개발자 등의 전문가가 참여하여 결정하였다.

① 군사 M&S기술 수준 : 개발대상 소프트웨어가 높은 수준의 군사 M&S기술을 요구한다면 개념실험, 능력실험, 상호운용성실험, 체계실험, 가상시험평가 및 검증 등의 다양한 M&S기술이 요구된다. 따라서 해당 분야의 군사 M&S 모델링 전문인력이 참여해야 하므로 비용이 증가한다.

② VV&A(Verification Validation & Accreditation) 적용 : VV&A를 적용하기 위해서는 별도로 편성된 VV&A 팀이 SW 개발 전 주기동안 참여해야 하며, VV&A 적용을 위한 사용자의 요구수준이 높을수록 소프트웨어 비용이 증가한다.

③ 군사보안 적용 : 국방 M&S체계 소프트웨어 개발간 군사보안 요구사항을 충족하기 위해서는 부대DB, 무기체계 제원DB, 모의인수, 산출물 등에 대해 다양한 형태로 군사보안 대책을 구비하여야 한다. 따라서 높은 수준의 군사보안 적용을 위해서는 많은 노력과 비용이 요구된다.

④ 상호운용성 적용 : 국방 M&S체계 소프트웨어의 개발절차, 응용체계, 기반구조 및 데이터별로 상호운용성을 적용하기 위해서는 별도의 노력이 요구된다. 따라서 높은 수준의 상호운용성을 적용시에는 비용의 증가가 발생한다.

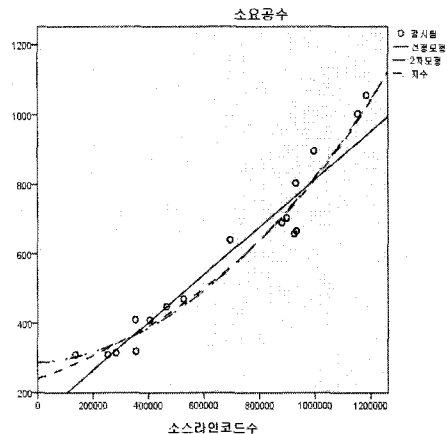
⑤ 표준데이터 적용 : 국방 M&S체계 소프트웨어 개발시 타 M&S체계에서도 표준으로 사용할 수 있는 부대DB, 인원DB, 장비DB, 지형DB, 위계임 모의인수 등의 표준 데이터의 개발을 요구시에는 표준데이터 적용을 위한 비용이 증가한다.

4. 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정 모델 연구결과

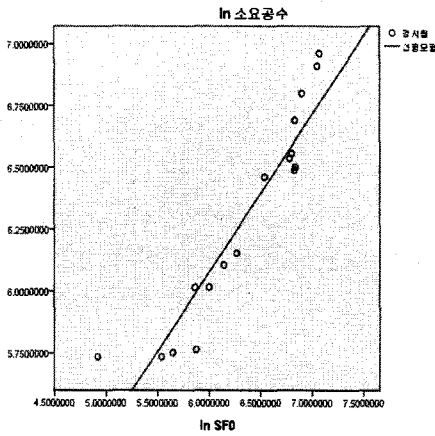
4.1 연구모형 적용

4.1.1 자료 수집 및 분석

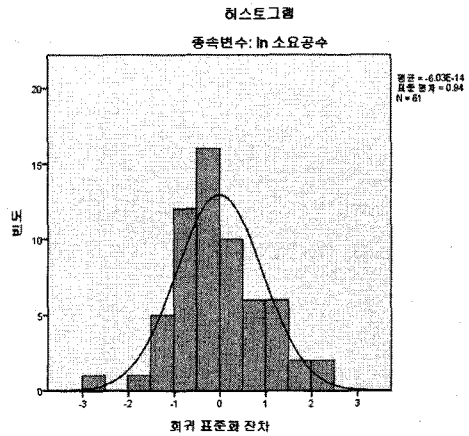
비용인자의 수집은 설문을 통하여 실시하였으며, 정확한 비용인자의 수집을 위해 설문 응답자를 국방 M&S체계 소프트웨어 개발 시 참여한 개발조직(팀)의 사용자, 관리자, 개발자, 유지보수 담당자로 제한하였다. 수집한 자료의 분석을 위해 다중회귀분석(multiple regression)을 실시하였으



〈그림 2〉 선형성 추정



〈그림 3〉 로그변환 모형



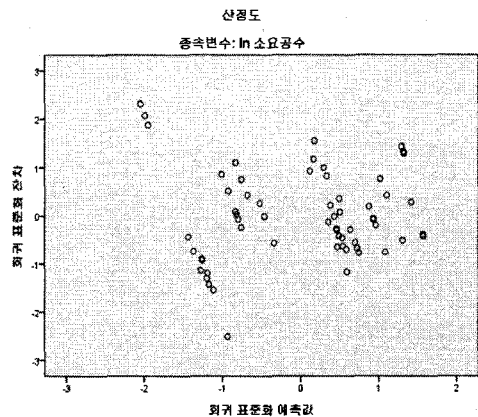
〈그림 4〉 소요공수 잔차분포

며, 각각의 비용인자는 비율척도(ratio scale)로 등급을 적용하였다[1, 2].

비용인자의 등급은 해당 비용인자와 연관된 소프트웨어 개발 특성 및 활동에 따라 순위척도(ordinal scale)로 가중치를 부여하여 등급을 결정하며, 국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정에 직접적인 영향을 미친다.

종속변수인 소요공수(man-month)와 독립변수인 비용인자가 높은 연관성을 갖기 위해서는 수집한 자료가 선형성이어야 한다. 선형성을 확인하기 위해 종속변수인 소요공수(man-month)에 가장 큰 영향을 미치는 소스라인수(KSLOC)를 독립변수로 하는 선형모형을 확인하여 추정하였다. 선형모형을 추정한 결과 <그림 2>와 같이 비선형임을 확인하였다[3]. 또한 회귀분석결과에 대한 정확성을 높이기 위하여 비선형모형을 선형모형으로 변환해야 한다. 본 연구에서는 비선형모형을 선형모형으로 변환시키는 대표적인 방법인 로그변환(log transformation)방법을 사용하였으며, 로그변환 결과는 <그림 3>과 같다.

로그변환(log transformation)을 실시후 잔차분포와 산점도를 확인한 결과 다음의 <그림 4>와 <그림 5>와 같이 잔차분포는 정규분포를 따르며, 산점도가 랜덤하게 흩어져 있으므로 등분산성을



〈그림 5〉 소요공수 산점도

만족하고 이상치도 존재하지 않음을 확인하였다.

4.1.2 다중회귀식 적용

국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모형을 개발하기 위하여 아래의 다중회귀모형 기본식 (4)을 적용하였으며, 다중회귀모형식에 적합한 독립변수인 비용인자의 선택방법은 단계선택법(Stepwise selection method)을 이용하여 설명력이 낮은 비용인자를 제거하였다[3]. 즉, 비용인자 간의 상대적 중요도를 결정하는 과정에서 소프트웨어 비용에 영향을 주지 않는 잠재적 비용인자는

제거하였다[6].

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_{n-1} x_{n-1} + \beta_n x_n + \epsilon, \quad (4)$$

$(\epsilon \sim iidN(0, \sigma^2))$

본 연구에서는 비용 추정모델의 기본형태는 COCOMO II에서 현재 비용 추정모델의 기본형태로 사용하고 있는 Power Function Model 식 (2)를 적용하여 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델을 개발하였다.

4.2 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델

4.2.1 유의성 검정(F-test)

본 연구를 통하여 추정한 비용 추정모델의 유의성 검정(F-test) 결과 <표 4>에 나타난 바와 같이 유의확률(p-값)이 0.05(유의수준)보다 작으므로 유의함을 확인할 수 있다.

4.2.2 다중회귀모형 추정

다중회귀모형(multiple regression) 추정시 영향력이 있는 비용인자만을 선별하기 위해 단계선택법(Stepwise selection method)을 적용 아래의 <표 5>와 같이 다중회귀분석 계수를 추정하였다.

<표 4> 분산분석결과¹⁾

구분	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률
회귀 모형	9.094	7	1.299	172.356	.000 ⁱ
잔차	.399	53	.008		
합계	9.493	60			

i. 예측값 : (상수), ln SF₀, ln EM₂, ln DF₁, ln EM₁, ln EM₇, ln DF₄, ln SF₄

j. 종속변수 : ln 소요공수

<표 5> 다중회귀분석 계수^a

단계	모형	비표준화 계수		표준화계수	t	유의 확률
		B	표준 오차	베타		
1	(상수)	2.246	.192		11.670	.000
	ln SF ₀	.638	.030	.941	21.329	.000
2	(상수)	2.945	.227		12.995	.000
	ln SF ₀	.528	.035	.778	14.874	.000
	ln EM ₂	.790	.174	.238	4.552	.000
.
.
.
9	(상수)	2.963	.197		15.016	.000
	ln SF ₀	.519	.031	.765	16.540	.000
	ln EM ₂	.456	.150	.137	3.030	.004
	ln DF ₁	.120	.048	.091	2.476	.017
	ln EM ₁	.217	.042	.175	5.111	.000
	ln EM ₇	-.304	.098	-.124	-3.088	.003
	ln DF ₄	.208	.075	.099	2.779	.008
ln SF ₄	.051	.022	.070	2.321	.024	

a. 종속변수 : ln 소요공수

<표 5>의 다중회귀분석 계수를 참고하여 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정 모델을 정리하면 아래의 식 (5)와 같다.

$$y = e^{2.963} \times KSLOC^{(0.519 + 0.051)} \times EM_1^{0.217} \times EM_2^{0.456} \times EM_7^{-0.304} \times DF_1^{0.120} \times DF_4^{0.208} \quad (5)$$

여기에서 y : 소요공수(man-month)

KSLOC : 소스라인수

EM₁ : RELY(요구되는 소프트웨어의 신뢰성)

EM₂ : DATA(시험데이터크기)

EM₇ : PCAP (개발팀 능력)

DF₁ : 군사 M&S기술 수준

DF₄ : 상호운용성 적용

즉, 국방 M&S체계 소프트웨어 비용은 소스라인수(KSLOC)와 일반적 비용인자인 요구되는 소프트웨어의 신뢰성(EM₁), 시험데이터의 크기(EM₂) 및 개발팀의 능력(EM₇)과 국방환경 비용인자인 군사 M&S기술 수준(DF₁) 및 상호운용성 적용(DF₄)

등으로 구성된 모델을 추정하였다.

4.3 소프트웨어 비용 추정모델 검증

국방환경 특성을 반영하여 추정한 국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모델에 대한 정확성은 정확성 척도인 MMRE(Mean Magnitude Relative Error)로 검증하였다.

국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모델의 정확성 검증은 3가지 모델에 대해서 MMRE를 계산하여 비교하였다.

- ① 모델 I : COCOMO II에 본 연구에서 사용된 동일 비용인자를 입력하여 MMRE 계산
- ② 모델 II : 국방 M&S 체계 소프트웨어 개발비용 추정모델에서 독립변수인 국방환경 비용인자(DF)를 제외하고 MMRE 계산
- ③ 모델 III : 국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모델의 MMRE 계산

모델 I의 COCOMO II에 의한 MMRE 계산은 웹브라우저(<http://csse.usc.edu/tools/COCOMOII.php>)에서 제공하는 COCOMO II에 본 연구에서 사용된 동일한 비용인자를 입력하여 소요공수(man-month)를 추정 후 식 (3)에 의해 MMRE를 계산하였다. 위의 3가지 모델에 대한 MMRE를 계산한 결과 아래의 <표 6>에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제시한 국방 M&S 체계 소프트웨어 개발비용 추정모델(모델 III)의 MMRE 값이 0.25 이하의 범위내에 존재하며, 또한 비교대상 3가지 모델중에 MMRE가 가장 낮게 나타나 정확성이 가장 높은 모델임을 확인할 수 있다[10, 17].

<표 6> 비교 대상모델의 MMRE 계산 결과

구분	모델 I	모델 II	모델 III
MMRE	0.58	0.11*	0.06*

* Conte's 기준값(MMRE < 0.25)내 포함

4.4 소프트웨어 비용 추정모델 활용

국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모델의 MMRE(Mean Magnitude Relative Error)는 <표 6>에서 확인한 바와 같이 0.06이다. 이것은 국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모델을 이용하여 소요공수(man-month)를 추정시 평균적으로 과대 혹은 과소 방향으로 6%의 오차가 발생할 수 있음을 의미한다. 여기에서 일반적인 소프트웨어 비용 추정모델인 COCOMO II의 MMRE가 39%~79%임을 고려할 때 본 연구에서 제시한 국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모델의 정확성이 매우 높음을 확인할 수 있다[10]. 또한 국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모델의 MMRE값 6%는 COCOMO II의 Post-Architecture에 대한 정확도 20%~25%보다 높음을 확인할 수 있으며, 이는 국방 M&S 체계 개발환경 내에서 활용할 수 있는 정확도가 높은 소프트웨어 비용 추정모델로써, 소프트웨어 Life cycle 전 단계에서 사용할 수 있음을 의미한다[11, 12, 13]. 따라서 국방 M&S 체계 소프트웨어 비용 추정모델은 다음과 같은 분야의 소프트웨어 비용 추정 시 활용할 수 있다.

① 무기체계 전장관리 정보체계 분야

국방 무기체계분야 중 정보를 수집, 가공, 전달, 전시하는 기능들을 수행하는 컴퓨터·소프트웨어·데이터·통신수단이 통합되어 그 기능을 발휘하는 소프트웨어 중심의 체계로써, 지휘통제·통신체계, 군사체계, 군사정보지원체계, 국방 M&S 체계 무기체계 등의 소프트웨어 비용 산정 시 활용한다.

② 비무기체계 자원관리 정보체계 분야

국방 사무자동화를 포함한 기획, 인사, 군수, 동원 등 국방관리 기능분야와 국방 M&S 체계, 컴퓨터 보조교육(CBT) 등을 지원하는 정보체계 소프트웨어 비용 산정시 활용한다.

5. 결론

본 연구에서는 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델 개발 프로세스를 제시하였으며, 기존의 소프트웨어 비용 추정모델에 대한 연구를 실시하여 일반적 비용인자와 국방 도메인의 M&S체계 소프트웨어 개발환경을 분석하여 국방환경 비용인자를 식별하였다.

소프트웨어 비용 추정모델은 소요공수(man-month)를 종속변수로 그리고 일반적 비용인자와 국방환경 비용인자를 독립변수(independent variable)로 설정하여 다중회귀분석(multiple regression)과 통계적 분석을 실시하여 국방 M&S체계 소프트웨어 개발환경에 적합한 소프트웨어 비용 추정모델을 제시하였으며, 연구결과는 아래와 같은 시사점을 제공한다.

첫째, 기존의 국방 M&S체계 소프트웨어 개발을 위한 비용추정은 국방 M&S체계 소프트웨어 획득 및 개발 환경의 특성 요인을 반영하지 않고 소프트웨어 비용을 산정하여 과소 또는 과대 추정되는 사례가 발생하였다. 그러나 본 연구에서 제시한 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델은 국방 환경내의 M&S체계 소프트웨어 개발환경의 특성이 실질적으로 반영된 소프트웨어 비용인자를 수집하여 국방 M&S체계 소프트웨어 개발환경에 적합한 비용 추정모델을 제시하였다.

둘째, 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모

델의 정확성을 검증한 결과 정확성 척도인 MMRE가 일반적인 소프트웨어 비용 추정모델로 널리 사용하고 있는 COCOMO II의 MMRE보다 작아 정확함을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델이 국방 M&S체계 소프트웨어 개발환경의 특성을 잘 반영한 보다 정확한 소프트웨어 비용 추정모델임을 의미한다.

셋째, 소프트웨어 비용을 실적자료를 기준으로 추정하는 절차는 현실적으로 정량적인 자료의 획득이 제한되어 그동안 시도하기 어려웠다. 그러나 본 연구에서 제시한 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델 개발 프로세스에 따라 검증된 비용인자를 수집후 국방 M&S체계 DB 관리도구에 저장하여 지속적으로 축적하여 관리한다면 보다 비용추정 결과의 정확도를 향상시키는데 기여할 수 있을 것이다.

넷째, 본 연구에서 제시한 국방 M&S체계 소프트웨어 비용 추정모델을 무기체계 전장관리 정보체계 분야와 비무기체계 자원관리 정보체계 분야의 소프트웨어 개발 및 획득 분야에 사용한다면, 소프트웨어 개발차원에서는 효율적인 자원의 배분과 효과적인 위험관리를 실시할 수 있고, 획득 차원에서는 소프트웨어 비용의 과대추정을 막아 한정적인 국방예산의 효율적인 사용에 기여할 것이다.

참고문헌

- [1] 김영석, 『사회조사방법론 SPSS WIN 통계분석』, 나남출판사, 1999.
- [2] 권혁재, 『Excel활용 통계데이터분석』, 청목출판사, 2002.
- [3] 박성현, 조신섭, 김성수, 『SPSS(PASW) 17.0 이해와 활용』, 한나래 아카데미, 2010.
- [4] 이재기의 3, "소프트웨어 프로젝트 평가모델을 통한 소프트웨어 매트릭스 분석," 전자통신동향 분석, 제 5호, 2002.
- [5] 최돈오, "국방 소프트웨어 비용 추정모델 연구," ADD, 2009.
- [6] Software Technology Support Center Analysis Group, "Software Development Cost Estimating Guidebook," July 2009.
- [7] International Society of Parametric Analysts, "Parametric Estimating Handbook," Fourth Edition, ISPA/SCEA Joint Office, April 2008.
- [8] Boehm, Abts et al., "COCOMO II Model Definition Manual," Version 2.1, Center for software Engineering, CA, USC, 1995-2000.
- [9] Horowitz, E., "USC COCOMO II 2000 Software Reference Manual," CA, USC. 1995-2000.
- [10] Conte, Dunsmore, Shen, "Software Engineering Metrics and Models," Menlo Park, Calif.: Benjamin-Cummings, 1986.
- [11] Richard, P. Burke, "Cost and Software Data Reporting Manual," DoD 5000.04-M-1, Cost Analysis Improvement Group, WASHINGTON, D. C., April 18, 2007.
- [12] Karen Lum, Michael Bramble et al., "Handbook for Software Cost Estimation," Jet Propulsion Laboratory Pasadena, California, May 2003.
- [13] William Agresti, Frank McGarry et al., "Manager's Handbook for Software Development," SEL- 84-101, Goddard Space Flight Center, Maryland, November 1990.
- [14] Boehm, B., "Software Engineering Economics," Prentice Hall. 1981.
- [15] CodeCount (TM), C/C++ SOURCE LINES OF CODE COUNTING PROGRAM, USC, 1998-2006.
- [16] Mount Laurel, NJ., PRICE S Version 3.0 Reference Manual, PRICE Systems, 1997.
- [17] Ferens, Christensen, "Does Calibration Improve Predictive Accuracy?," Software Technology Support Center, The Jurnal of Defense Software Engineering, April 2000.

■ 저자소개 ■

김 장 현(E-mail: ohijhkim@hanmail.net)

- 1984 금오공과대학 기계공학과 졸업(학사)
198 국방대학교 운영분석학과 졸업(석사)
현재 한남대학교 경영학과 박사과정 / 육군본부 분석평가단 근무
관심분야 군사 OR/SA, M&S체계 개발, 전시자원소요산정
<주요저서 / 논문>
- 시뮬레이션을 이용한 ASP탄약 불출에 관한 연구('04)
- 전시자원 소요분석을 위한 지상군 중심의 분석모델 개발방향('07)

정 충 영(E-mail: cyjung@hnu.kr)

- 1988 서울대학교 경제학과 졸업(학사)
1992 KAIST 경영과학 졸업(석사)
1996 KAIST 산업경영학과 졸업(박사)
현재 한남대학교 경영학과 교수
관심분야 e-Business, 정보통신경영
<주요저서 / 논문>
- 정보통신시장에서 결합상품 간 상호대체성이 기업의 번들링 전략과 사회후생에 미치는 효과분석('10)
- 이동망 착신접속료 차등의 사회후생 효과분석('09)
- Asymmetric Regulation of Mobil Access Charges and Consumer Welfare with Price Regulation('10)