

# 소프트웨어 프로세스 능력수준의 관련 요인 분석

임이경, 정호원

고려대학교 경영학과

e-mail : lik@kuba.korea.ac.kr, hwjung@korea.ac.kr

## An Analysis of Factors Related with Software Process Capability Levels

Yi-Kyong Lim, Ho-Won Jung

Dept. of Business Administration, Korea University

### 요 약

소프트웨어 프로세스 능력수준에 영향을 미치는 요인을 찾아내어, 강점은 격려하고 약점을 개선하는 프로세스 개선활동은 기업의 경쟁력 향상을 위하여 매우 중요한 일이다. 본 연구에서는 이러한 요인을 찾아내기 위하여 SPICE(ISO/IEC 15504) 프로젝트에서 국제적으로 실시된 소프트웨어 심사 결과를 이용하였다. 분석요인으로 IT 부서 사원수, ISO 9001 인증여부, 안정성, 경제적 손실도, 보안성, 환경영향도를 사용하였으며, 본 자료가 범주형이므로 분석방법으로 통계적인 방법론인 “수량화방법 II”를 이용하였다. 수량화방법 II에서는 요인의 중요도를 나타내는 지표로 범위와 편상관을 사용한다. “범위”를 지표로 할 경우, 보안성이 능력수준과 가장 높은 관련이 있는 것으로 나타났으며, “편상관”을 지표로 할 경우, ISO 9001 인증이 가장 관련이 높은 것으로 나타났다. 이는 보안성이 높게 요구되는 회사의 경우, 품질시스템이 잘 갖춰져 있고, ISO 9001 인증을 받는 등의 품질관리를 하여 프로세스 능력수준 또한 높게 나왔다고 추론할 수 있다.

### 1. 서론

전세계의 소프트웨어 프로젝트의 99%가 일정지연, 비용증대, 고객 불만족으로 발표되고 있다[5][16]. 이러한 난제를 해결하기 위해서는 새로운 기술의 도입만으로는 불가능하며, 프로세스 관리가 필수적이다[7]. 프로세스 관리는 제조업에서 사용해왔던 관리 기술을 소프트웨어 개발에 적용하는 것과 유사하며, 이 방법을 통해 소프트웨어의 개발, 유지보수, 지원에서 프로세스를 개선하는 것이다. 개선을 하기 위해서는 프로세스의 상태와 문제점을 파악해야 하는 데, 이는 프로세스 심사를 통해 이루어진다[1][12].

소프트웨어 프로세스를 심사하기 위해서는 심사모형이 필요한데, 국제적인 심사모형으로는 ISO/IEC 15504 (일명 SPICE : Software Process Improvement and Capability determination), CMM(Capability Maturity Model), Bootstrap 등이 있다. 본 연구에서는 SPICE 프로젝트에서 국제적으로 실시된 소프트웨어 프로세스 심사 결과를 가지고 프로세스 능력수준에 영향을 미치는 요인에 대한 분석을 실시

하였다. 분석요인으로 IT 부서 사원수, ISO 9001 인증여부, 안정성, 경제적 손실도, 보안성, 환경영향도를 사용하였다.

본 연구의 자료는 모두 범주형 자료이고, 대부분 정규 분포를 따르지 않으므로 최소제곱법에 의한 회귀분석의 사용이 부적절하다. 따라서 본 연구에서는 종속변수와 설명변수 모두 범주형일 때, 변수 간 상대적인 관계를 보여주는 수량화방법 II [3][8][9][10]를 이용하였다. 수량화방법 II는 자료의 분포에 어떠한 확률 모형도 가정하지 않는 장점을 지닌다.

### 2. 문헌 연구

#### 2.1 SPICE

ISO TR 2<sup>1</sup> (Technical Report Type 2) 15504 (소프트웨어

<sup>1</sup> TR 2란 ISO/IEC JTC1 지침에 따르면 실제 산업계에 적용하기 위하여 국제표준으로 승인되기 직전의 최종본으로 ISO와 국내 표준화 기관에서 발간이 가능함을 의미한다[12].

프로세스 심사)는 국제표준화기구인 ISO/IEC JTC1의 소프트웨어공학 표준화 위원회인 SC7의 작업그룹 10에서 개발하고 있는 표준이다[1]. 전체 9개의 표준으로 구성된 ISO 15504는 소프트웨어 프로세스(조달, 공급, 개발, 운영, 유지보수, 지원)에 대한 계획, 관리, 감시, 통제, 개선을 위한 능력심사와 프로세스 개선을 목적으로 하고 있다 [12].

## 2.2 SPICE 심사모형의 구조

SPICE의 심사모형은 프로세스 차원과 능력 차원으로 나누어진다[12][13].

### 2.2.1 프로세스 차원

프로세스 차원에서는 소프트웨어 개발 관련 조직의 프로세스들을 세 가지(Primary, Supporting, Organizational) 생명주기와 다섯 가지(Customer-Supplier, Engineering, Supporting, Management, Organization) 프로세스 범주로 구분하고, 심사에서 등급판정 기준으로 사용되는 심사지표를 정의하고 있다. 각 프로세스에서는 프로세스의 목적을 정의하며, 정의된 프로세스 목적 달성을 위한 내용을 측정 가능한 용어로 설명하고 있다.

### 2.2.2 프로세스 능력 차원

프로세스 능력차원은 여섯 가지 프로세스 능력수준과 아홉 가지 프로세스 속성으로 구성되어 있다. 프로세스 능력수준은 프로세스 속성에 등급을 매겨 결정한다. SPICE의 6가지 프로세스 능력수준은 다음과 같이 설명될 수 있다.

- o 수준 0, 불완전(Incomplete) : 프로세스 목적달성을 전반적으로 실패하여 작업산출물 또는 프로세스 결과물이 거의 없거나 식별이 불가능한 수준.
- o 수준 1, 수행(Performed) : 프로세스 목적이 전반적으로 달성되었으나 적극적인 계획 및 추적된 성취가 없는 수준.
- o 수준 2, 관리(Managed) : 명세화된 절차에 따라 작업산출물이 만들어짐. 프로세스의 계획 및 추적 수행이 가능하여 명세화된 표준과 요구사항에 적합한 작업산출물이 만들어지는 수준.
- o 수준 3, 확립(Established) : 소프트웨어 공학의 기본원칙에 근거해 올바르게 정의된 프로세스를 사용하여 프로세스를 수행하고 관리하는 수준.
- o 수준 4, 예측 가능(Predictable) : 목표 달성을 위해 정의된 프로세스가 일정한 통제하에 일관되게 수행되고, 결과 측정값의 수집과 분석 및 프로세스 능력을 정량적으로 이해함. 개선된 수행 예측과 관리능력을 보유하여 작업산출물 품질에 관한 정량적 파악이 가능한 수준.
- o 수준 5, 최적(Optimizing) : 현재와 미래 경영목표에 부합하는 프로세스의 최적화가 가능한 수준.

## 2.3 실험심사

표준의 효과성에 대한 객관적인 증명을 위해 SPICE는

ISO TR 지침에 따라 산업계에 실제적으로 적용하고 있는데, 이렇게 표준을 실제로 산업계에 적용하여 효과성을 증명하는 것을 실험(trial)이라 부르며[1], 실험은 실험심사(trial assessment)를 통해 이루어진다. SPICE는 3단계에 걸쳐 실험을 실시하고 있는데, 이미 1단계(1995년)와 2단계(1996년 6월~1998년 6월)의 실험은 끝나고 현재는 3단계 실험(1999년 1월~)이 진행 중이다.

1단계 실험에서는 표준의 핵심적인 부분의 구조와 1995년까지 발표된 표준의 사용성을 평가하였으며, 2단계 실험에서는 SPICE의 표준 전체에 대한 무결성과 유용성 검증은 목표로 실시되었다[14]. 3단계 실험은 1999년 1월부터 시작하였으며, 현재 우리나라에서도 참여하고 있다[1]. 이 중에서 2단계 실험심사에는 모두 70개의 기관이 참여했으며, 심사에 포함된 프로세스는 40개의 프로세스 중 29개이며, 사례수는 691개이다[14].

## 3. 연구 방법

### 3.1 자료 수집

본 연구의 자료는 2단계 실험심사 기간 동안 수집된 자료를 바탕으로 한다. 각 프로세스마다 목적과 산출물이 다르므로, 프로세스마다 설명변수의 중요도가 달라진다. 따라서, 프로세스 별로 분석을 해야 한다.

본 연구에서는 29개의 프로세스 중, 적절한 크기의 사례수, 즉 표본의 수를 갖고 있는 ENG.2~5, SUP.1~2, MAN.1의 7개의 프로세스를 대상으로 분석을 하였다.

### 3.2 변수 선정 및 측정

설명변수로는 0과 1의 값을 갖는 명목척도 자료인 IT 부서 사원수[6][18], ISO 9001 인증여부[15]와 1~4의 값을 갖는 서열척도 자료인 프로세스와 관련된 제품의 안전성, 경제적 손실도, 보안성, 환경영향정도를 선정하였다[2].

프로세스 능력수준은 수준 0에서 수준 5의 서열척도 변수이며, 프로세스 능력수준은 각 프로세스마다 매겨진다.

### 3.3 자료 분석 방법

#### 3.3.1 수량화 방법 II

수량화란 질적변수의 각 범주에 적절한 수량을 부여하여 분석하는 것으로, 수량화에 의하여 질적인 범주형 변수가 양적인 연속형 변수로 바뀌는 것을 말한다. 수량화 방법론은 모두 네 가지로서 수량화방법 I, II, III, IV로 분류되고 있다 [3][8][9][10].

수량화방법 II는 종속변수와 설명변수 둘 다 범주형 자료일 때 사용하며, SAS/STAT의 PROC CANCORR[17]를 이용하여 변수를 수량화할 수 있다. 수량화방법 II는 종속변수와 설명변수를 모두 가변수를 이용하여 표현한 뒤,  $q$ 개의 종속변수 가변수들의 선형결합으로 구성된  $Y$ 와  $p$ 개의 설명변수 가변수들의 선형결합으로 구성된  $X$ 의 상관계수를 최대화한다:

$$\text{Max } \text{corr}(Y, X).$$

이 때, 각각의 가변수들에 대해, 원정준계수(raw canonical coefficient)가 나오는데, 이 값이 변수들의 수량화값이다. 원정준계수를 가지고, 변수들의 중심 수량화값<sup>2</sup>과 설명변수들 사이의 중요도 비교를 위한 범위, 편상관을 구해 볼 수 있다.

수량화 방법의 특징은 범주형인 설명변수의 중요도를 수치화하여 활용한다는 점이다. 이 때 사용되는 지표로는 범위와 편상관이 있다[3]. “범위”란 각 설명변수 내 범주들의 수량화값들 중에서 최대값과 최소값의 차이를 말하며, 범위가 큰 설명변량은 수량화에 있어 상대적으로 큰 기여를 하는 것으로 설명될 수 있다. 또, 각 설명변수의 중요도를 비교 평가하는 지표로 수량화 변수간의 “편상관”도 쓰이는데, 그 이유는 편상관이 다른 설명변수들의 영향을 배제한 상태에서 종속변수와 해당 설명변수, 두 변수 간의 순수한 선형 상관관계를 나타내기 때문이다. 제곱편상관을 구하는 방법은 아래와 같다[3]:

$$\text{PartialCorr}^2(X_j, y) = \frac{\text{Type III SS}(X_j)}{\text{Type III SS}(X_j) + \text{SSE}}$$

### 3.3.2 가설 검증

본 연구에서는 설명변수  $X$ 와 종속변수  $Y$ 가 서로 상관성이 없다는 귀무가설( $H_0: \Sigma_{xy} = 0$ )을 검증하기 위하여 Wilks에 의해 제안된 우도비 검정통계량 Wilks'  $\Lambda$  [19]를 사용한다:

$$\Lambda = \frac{|S|}{|S_{xx}| |S_{yy}|} = \frac{|S|}{|S_{xx}| |S_{yy}|} = \frac{|S|}{|S_{xx}| |S_{yy}|} = \frac{|S|}{|S_{xx}| |S_{yy}|} = \prod_{i=1}^s (1 - r_i^2)$$

으로 표현된다.  $\Lambda$  통계량은 자유도가  $pq$ 인  $\chi^2$  분포를 따른다[4].

## 4. 결과

### 4.1 기술 통계량

ENG.2~5, SUP.1~2, MAN.1의 7개의 프로세스의 심사 프로세스 사례는 30~61개이다.

### 4.2 수량화방법 II 결과

표 1은 연구 대상인 SPICE의 7개 소프트웨어 프로세스의 우도비 검증 통계량 Wilks'  $\Lambda$  값과  $p$  값을 보여준다. 프로세스 능력수준과 6개의 설명변수 간의 관련성이 없다는 가설(귀무가설)이 틀리다는 결론을 내릴 확률이  $p$  값이다. 본 연구에서는  $p$  값을 0.05로 사용하였으며, 이는 본 연구의 결론에 95%의 확신을 가질 수 있음을 의미

<sup>2</sup> 중심 수량화값은 관례상 각 설명변량의 수량화값의 합이 0이 되도록, 각 설명변수에 해당하는 가변수의 빈도를 가중치로 한 수량화값 가중평균을 구하여 이를 각각의 가변수의 수량화값에서 빼준 값이다.

한다. ENG.4와 5, MAN.1의 3개 프로세스는  $\Lambda$  통계량의  $p$  값이 0.05보다 크게 나와 프로세스 능력수준과 설명변수 간의 관련이 없다는 귀무가설을 지지함으로 분석에서 제외하였다.

표 1. Wilks'  $\Lambda$ 와  $p$  값

	Wilks' $\Lambda$	$p$ 값
ENG.2	0.0767	0.0001*
ENG.3	0.0411	0.0033*
ENG.4	0.1289	0.6865
ENG.5	0.0300	0.0775
MAN.1	0.2962	0.3158
SUP.1	0.0000	0.0001*
SUP.2	0.0000	0.0001*

\*:  $p < 0.05$

표 2는 ENG.2<sup>3</sup>의 수량화방법 II 결과를 보여준다. 첫번째 열은 종속변수인 프로세스 능력수준과 설명변수이고, 두번째 열은 2단계 실험심사 시, 수집한 자료의 척도유형이다. 세번째 열의 범주는 두번째 열의 척도유형을 수량화방법 II를 사용하여 통계분석을 하기 위해 대응시킨 수치이고, 네번째 열은 각 범주에 해당하는 빈도를 나타낸 것이며, 나머지 열은 수량화방법 II의 결과인 수량화값과 범위, 설명변수의 편상관이다.

종속변수의 제 1축<sup>4</sup> 중심 수량화값을 보면, 상대적으로 높은 프로세스 능력수준인 수준 3<sup>5</sup>이 음에 위치하고(수량화값: -1.87), 상대적으로 낮은 능력수준인 수준 0~2는 양에 위치한다(수량화값: 0.15, 0.49, 0.59). 이는 “능력수준 0~2에 속하는 프로세스 수에 비해 능력수준 3~5에 속하는 프로세스 사례수가 매우 적은 것으로 보아 수준 0~2와 수준 3~5 간의 차이가 존재하고, 2개의 차원으로 나뉜다”는 연구 보고와 일치하는 결과이다[11][14].

능력수준 3 이상과 가장 큰 관련을 갖는 설명변수는 수량화범위로 판단하건데, 보안성이다. 보안성에서 가장 높은 보안이 요구되는 전략자료, 서비스 보호의 경우(수량화값 -1.63), 능력수준 3과 관련이 있다. 그 다음 큰 영향을 갖는 설명변량은 안정성이다. 그러나, 안정성은 수량화값이 일정한 경향을 유지하고 있지 않아 해석에의 어려움이 있다.

IT 부서 사원이 50명보다 적은 경우[18], ISO 9001 인증을 받았을 때, 프로세스와 관련된 제품이 경제적 손실, 보안성과 관련이 높을수록, 그리고 환경영향정도가 낮을수록 ENG.2의 능력수준이 높게 나왔다. ISO 9001 인증을 받았을 때, 능력수준이 높다는 결과는 H. W. Jung [15]의

<sup>3</sup> 지면제약상, 수량화 결과는 ENG.2만 제시하였다.

<sup>4</sup> 종속변수와 설명변수의 가변수의 선형 결합 중 가장 높은 상관관계를 갖는 조합을 통해 얻어지는 상관계수가 제 1축 원정준계수, 즉 제 1축 수량화값이다. 제 1축 수량화값을 구한 후, 제 1축과 무상관의 조건으로 모든 가능한 선형결합 중 가장 높은 상관관계를 갖는 종속변수와 설명변수의 가변수 조합의 상관계수를 제 2축 수량화값이라 한다[3].

<sup>5</sup> ENG.2의 경우, 능력수준 4와 5에 해당하는 사례가 없다.

표 2. ENG.2의 수량화방법 II 결과

구분				제 1 축 <sup>6</sup>		
변수	척도유형	범주	빈도수	중심수량화값	범위	편상관
프로세스 능력수준	수준 0	0	2	0.15	2.46	-
	수준 1	1	13	0.49		
	수준 2	2	14	0.59		
	수준 3	3	8	-1.87		
	수준 4	4	0	-		
	수준 5	5	0	-		
IT부서 사원수	50인 미만	0	9	-0.32	0.42	0.40
	50인 이상	1	28	0.10		
ISO9001 인증여부	無	0	15	0.17	0.29	1.00
	有	1	22	-0.12		
안정성	약간의위험	1	32	-0.06	1.00	0.80
	위험	2	2	0.94		
	생명에위험	3	3	0.02		
	재난	4	0	-		
경제적 손실도	무시	1	13	0.33	0.56	0.83
	중요	2	20	-0.17		
	매우 중요	3	4	-0.22		
	재정 붕괴	4	0	-		
보안성	위험 요소 없음	1	10	0.16	2.50	0.97
	에러 위험	2	10	0.37		
	중요자료, 서비스보호	3	9	0.87		
	전략자료, 서비스보호	4	8	-1.63		
환경 영향도	위험요소 없음	1	33	-0.07	0.75	0.71
	지역 오염	2	3	0.69		
	회복가능한 피해	3	1	0.11		
	회복 불능	4	0	-		

연구 결과인 “ISO 9001 인증을 받은 조직이 인증을 받지 않은 조직보다 프로세스 능력수준이 높다” 와 일치한다.

편상관에 의한 설명변수의 중요도를 보면, ISO 9001 인증여부가 가장 중요하다. 그 다음으로 보안성이 중요하다. 편상관에 의한 설명변수의 중요도 순서와 수량화값 범위에 의한 설명변량들의 중요도 순서를 비교해보면 꼭 일치하지는 않으나 대체로 유사한 경향을 보인다[3].

5. 논의

본 연구에서는 SPICE 심사 모형의 심사 결과인 프로세스 능력수준에 영향을 주는 요인인 IT 부서 사원수, ISO 9001 인증여부, 안정성, 경제적 손실도, 보안성, 환경영향도의 중요도를 분석하였다. 본 연구의 자료가 범주형 자료이므로, 분석방법으로 수량화방법 II 를 사용하였다.

<sup>6</sup> 제 2 축은 우도비 통계량이 0.664 ( $p$  값=0.9298)로, 프로세스 능력수준과 6 개의 설명변수 간의 관련성이 없다고 나오므로, 분석할 의미가 없다.

피심사 조직의 IT 부서 사원이 50 명보다 적고, ISO 9001 인증을 받은 경우, 그리고 프로세스와 관련된 제품의 경제적 손실도, 보안성이 높을수록, 환경영향정도가 낮을수록 프로세스 능력수준이 높았다. 이 점으로 보아 보안성이 높게 요구되는 회사의 경우, 품질시스템이 잘 갖춰져 있고 ISO 9001 인증을 받는 등의 품질관리를 하여 프로세스 능력수준 또한 높게 나왔다고 추론할 수 있다.

참고문헌

[1] 정호원, 황선명. “소프트웨어 프로세스 심사의 이해: SPICE 를 중심으로”, 정보과학회, 정보과학회지 제 17 권 1 호, 6-12, 1999 년 1 월

[2] 조한상. “SPICE 심사모형의 프로세스와 능력수준 관계 분석”, 고려대학교, 1999 년.

[3] 허명희. “수량화방법 I-II-III-IV”, 자유아카데미, 1998

[4] M.S. Bartlett. “The Goodness of Fit of a Single Hypothetical Discriminant Function in the Case of Several Groups”, Annals of Eugenics, 16, 199-214, 1951.

[5] W. Curtis. “Building a Cost-Benefit Case for Software Process Improvement”, Notes from Tutorial given at the Seventh Software Engineering Process Group Conference, Boston, MA, May 1995.

[6] K. E. Emam, H. W. Jung. “An Evaluation of the ISO/IEC 15504 Assessment model”, to appear in the Journal of Systems and Software.

[7] ESI. “SPICE(ISO 15504) Training”, Vol.2, ESI, 1996.

[8] C. Hayashi. “On the Quantification of Qualitative Data from the Mathematico-statistical Point of View”, Ann. Inst. Statist. Math., vol.2, 35-47, 1950.

[9] C. Hayashi. “On the Prediction of Phenomena from Qualitative Data and the Quantification of Qualitative Data from the Mathematico-statistical Point of View”, Ann. Inst. Statist. Math., vol.3, 69-98, 1952.

[10] C. Hayashi. “New Developments in Multidimensional Data Analysis”, Recent Developments in Clustering and Data Analysis, ed. by E. Diday, C. Hayashi, M. Jambu, and N. Ohsumi, Academic Press, 3-16, 1988.

[11] R. Hunter, H.W. Jung. “Some Experiences and Results from the SPICE trials”, SPICE 2000, 2000.

[12] ISO. “ISO/PDTR 15504: Part1, Concept and Introductory Guide”, 1998.

[13] ISO. “ISO/PDTR 15504: Part5, An Assessment Model and Indicator Guidance”, ISO/IEC JTC1/SC7, 1998.

[14] ISO/IEC JTC1/SC7/WG10. “SPICE Phase 2 Trials Final Report”, vol. 1, Feb. 1999.

[15] H. W. Jung, R. Hunter. “Capability Levels of SPICE Processes in ISO 9001 Certified Organizations: Empirical Studies in SPICE Phase 2 Trials”, submitted for publication.

[16] K. H. Möller and D. J. Paulish. “Software Metrics-A Practitioner’s Guide to Improved Product Development”, Chapman & Hall Co., New York, 1993.

[17] SAS. SAS/STAT User’s Guide, Ver. 6, 4th ed. vol. 1, SAS Institute Inc., 1994.

[18] The SPIRE project. “The SPIRE Handbook: Better Faster Cheaper Software Development in Small Companies”, ESSI Project 23873, 1998.

[19] S.S. Wilks. “On The Independence of  $k$  Sets of Normally Distributed Statistical Variables”, Econometrika, 3, 309-326, 1935.