

소프트웨어 무결성 수준에 따른 내부품질 척도의 선정

(Selecting Internal Quality Metrics by Software Integrity Level)

이종무[†] 정호원^{††}
(Jong Moo Lee) (Ho-Won Jung)

요약 ISO/IEC 14598-4(소프트웨어 제품의 구매자 평가 지침)는 소프트웨어 평가에서 무결성 수준의 중요성을 전제로 품질특성의 우선순위를 제시하고 있다. 그러나 이러한 제시는 현실에 적용한 적이 없는 이론적인 것이다. 본 연구에서는 ISO/IEC 14598-4에서 제시한 무결성 수준에 따른 품질특성의 중요도가 타당성이 있는지를 실증하였다. 중요도 산출을 위해 15명을 면담 조사하였으며, 이는 중요도 계산을 위한 AHP를 활용하기에 충분한 표본의 개수이다. 본 연구결과와 ISO/IEC 14598-4에서 제시한 품질특성의 중요도 순위는 일부가 상이하게 나타났다. 또한 척도를 이용한 소프트웨어 품질경영을 시작할 때 통상적으로 권고되는 척도의 수 범위(최소 4개~최대 8개) 내에서 무결성 수준에 관계없이 동일한 척도가 선정되었다.

Abstract ISO/IEC 14598-4, a guideline of software product evaluation for acquirers, provides the priorities of quality characteristics according to integrity level under the assumption of its importance to evaluation. However, this guideline is based on a theoretical result that has not been applied to real cases. This paper validated the order of priorities of quality characteristics presented in ISO/IEC 14598-4. For this purpose, data was collected from 15 interviewee that is enough sample size to use the AHP for deriving the priorities. Our result showed some difference in order of the priorities presented in ISO/IEC 14598-4. In addition, this study selected the same internal quality metrics regardless of integrity level in initiating a metric-based quality management programs where 6 ± 2 is a number of metrics.

1. 서론

국제 표준화 기구, 국가 표준화 기관, 그리고 산업체에서 개발한 소프트웨어 공학 부문의 표준은 250개가 넘는 것으로 알려져 있다[1]. 그러나 산업 현장에서 이러한 표준들을 사용하기에는 내용과 적용성(사용성)이 부족하다는 것이 일반적인 주장이다[2]. 이러한 주장은 필연적으로 소프트웨어 공학 표준에 관련된 사람들에게 “성공적인 표준”[3] 인가를 평가하는 하나의 기준으로서,

“표준의 사용성”에 대한 연구를 중요시하게 되었다. 이에 관한 대표적인 시도는 IEEE 소프트웨어 공학 표준화 위원회에서 표준 사용자를 대상으로 수행하는 기존 표준에 대한 평가이다[4,5]. 또한, 소프트웨어 공학 표준화 과정에서 현장 적용성을 높이기 위한 작업으로는 ISO/IEC 15504(소프트웨어 프로세스 심사)[6] 표준화에서 시행하는 SPICE(Software Process Improvement and Capability dEtermination) 사례적용 심사(trial)를 그 대표적인 예로 들 수 있다.

ISO/IEC 14598-4(소프트웨어 제품의 구매자 평가 지침[7])는 소프트웨어 제품의 품질평가를 위한 표준이다. 이 표준은 ISO/IEC 9126(소프트웨어 품질 특성 및 척도)에서 규정한 품질 특성과 척도를 이용하여 구매자가 소프트웨어 제품의 품질평가를 수행하는 절차를 규정하고 있다. 또한 ISO/IEC 14598-4에서는 품질평가 입력

[†] 통신회원 : 한라대학교 경상학부 교수

jmlcc@hit.halla.ac.kr

^{††} 통신회원 : 고려대학교 경영학과 교수

hwjung@kucenx.korea.ac.kr

논문접수 : 1999년 11월 1일

심사완료 : 2000년 10월 9일

요소의 하나로서 소프트웨어의 무결성(integrity)과 그 요구수준(：“소프트웨어의 활용이 안전과 보안, 재정적, 사회적, 환경적 위험을 초래하는 수준”[7])을 설명하고, 이에 따라 품질특성의 중요도 순위를, 특별한 경우가 아니면 사용을 권고하는 정보참조(informative)로 제시하고 있다. 그러나 이러한 제시는 이론적인 제시일 뿐이며, “성공적인 표준”이 되기 위한 현장적용의 유용성에 관한 연구결과는 아직 없다.

본 연구의 목적은 ISO/IEC 14598-4에서 제시한 구매자 품질평가를 전제로 무결성 수준에 따른 품질특성의 중요도 순위가 현실에 맞는가를 실증하는 것이다. 또한 척도를 이용한 소프트웨어 품질경영을 시작할 때 통상적으로 권고되는 척도인 최소 4개 최대 8개리는 기준에서 볼 때[8], 무결성 수준에 따라 선정되는 척도가 상이한지 또는 동일한지를 살펴보고자 한다. 이는 기업에서 소프트웨어 척도를 이용한 품질경영을 시작할 때 어떤 척도를 선정해야하는 지를 모르는 경우에 도움을 줄 수 있다.

본 연구에서는 소프트웨어 구매자가 무결성 수준에 따라 품질특성의 중요도를 어떻게 생각하는지를 다속성의 사결정이론인 AHP(Analytic Hierarchy Process)[9, 10]를 사용하여 분석하였다. 이를 토대로 하여 무결성 수준에 따른 품질특성의 중요도를 산출하고, ISO/IEC 14598-4에서 제시한 중요도와 비교하였다. 또한 AHP의 결과는 무결성 수준에 따라 요구되는 척도를 선정하는데 사용하였다.

제 2장은 ISO/IEC 14598 평가지침의 전체인 ISO/IEC 9126 품질모형과 자료 분석방법인 AHP 이론을 다루고, 3장에서는 연구방법으로서 자료수집과 분석절차를 단계별로 살펴본다. 4장에서는 분석결과를 제시하고, 마지막 제 5장은 결론으로 구성한다.

2. 연구 배경

2.1 품질모형과 품질특성

객관적인 소프트웨어의 품질평가를 위해서는 우선 품질 요구사항을 구체화하고 객관적으로 소프트웨어 품질특성과 특성 상호간의 관계를 규정하는 품질모형[7,11]이 필요하며, 이러한 요구에 따라 개발된 표준이 ISO/IEC 9126이다. ISO/IEC 9126은 3개의 표준으로 구성되어 있으며, ISO/IEC 9126-1에서는 표 1과 같이 소프트웨어 품질모형과 6개 주품질특성 및 해당 부품질특성들을 상하 계층적으로 규정하고 있다.

ISO/IEC 9126-2에서는 소프트웨어가 실행될 수 있을 때 (예: 소프트웨어 통합, 시험, 운영 단계 등) 사용할

표 1 소프트웨어 품질특성 (외부품질 특성)

| 주품질특성 | 부품질특성 | 주품질특성 | 부품질특성 |
|-------|----------|---------|----------|
| 1.기능성 | 1.1 적절성 | 4.효율성 | 4.1시간행동성 |
| | 1.2 정밀성 | | 4.2자원행동성 |
| | 1.3상호운용성 | 5.유지보수성 | 5.1 분석성 |
| | 1.4 준수성 | | 5.2 변경성 |
| | 1.5 보안성 | | 5.3 안정성 |
| 2.신뢰성 | 2.1 성숙성 | 6.이식성 | 5.4 시험성 |
| | 2.2고장허용성 | | 6.1 적응성 |
| | 2.3 회복성 | | 6.2 설치성 |
| 3.사용성 | 3.1 이해성 | | 6.3 적합성 |
| | 3.2 학습성 | | 6.4 대체성 |
| | 3.3 운용성 | | |

수 있는 척도를 품질특성에 따라 제시하고 있다. 이러한 척도를 외부척도(external metric)라 부른다. 마지막으로, ISO/IEC 9126-3에서는 소프트웨어가 실행되기 전 (예: 요구사항 분석, 설계, 코딩) 단계에서 사용할 수 있는 척도를 품질특성에 따라 규정하고 있으며, 이러한 척도는 내부척도(internal metric)라 부른다.

소프트웨어 품질의 관점[12,13]에서 볼 때, ISO/IEC 9126의 품질특성은 고객과 개발자관점의 품질로 외부품질(external quality) 특성이라 부른다. 반면에 이러한 외부품질에 영향을 미치는 요인을 속성(attribute)라고 부르며, 이들 전체를 통칭하여 내부품질(internal quality) 특성이라 부른다[11].

구체적으로 외부품질은 상위의 6개 주품질특성과 이를 구성하는 하위의 21개 부품질특성으로, 그리고 내부품질은 40개 내부품질특성들로 각각 구분하여 정의하고 있다. 표 2는 외부품질특성인 부품질특성과 내부품질특성의 관계를 일부만 보여 주고 있다.

소프트웨어의 품질평가를 위해서는 외부품질은 외부

표 2 외부품질특성(부품질특성)과 내부품질특성의 관계

| 부품질 특성 | 내부품질특성과 관계[11] | | |
|----------|-------------------------------------|---------------------|-----|
| | 강 | 중 | 약 |
| 1.1 적절성 | 완전성,추적성,자기기술성 | 일관성,융합성 | |
| 1.2 정밀성 | 추적성,자기기술성,융합성,정밀성 | 완전성,일관성 | |
| 1.3상호운용성 | | 정밀성,자료일관성,통신일관성 | |
| 5.2 변경성 | 추적성,일관성,자기기술성,모듈성,단순성,도구성,간결성,제품관리성 | 확장성,소프트웨어 독립성,기계독립성 | |
| 5.3 안정성 | | 추적성,일관성,모듈성,단순성,도구성 | 확정성 |
| 6.3 적합성 | 자료일관성,통신일관성,자료독립성 | 소프트웨어 독립성,기계독립성 | |
| 6.4 대체성 | 자료일관성,통신일관성,소프트웨어 독립성,기계독립성,자료독립성 | 참조성 | 통신성 |

품질특성을, 내부품질은 내부품질특성을 통하여 각각 측정 평가해야 하며, 또한 양자를 적절한 상관관계를 통해 연결시켜야만 한다[14,15]. (표 1과 표 2 참조) 이와 관련된 기본연구로는 품질특성과 평가에 관한 연구들[12, 14,15,16]을 참고할 수 있다. 그 주요 내용은 여러 관점에 따른 품질정의와 품질특성 상호간의 관계비교와 이에 따른 외부품질특성의 분류, ISO/IEC 9126 품질모형에 근거한 제품품질의 평가방법, 그리고 고객 혹은 여러 평가관점에 따른 중요도의 비교 등이다. 또한 이들 중 일부 연구는 ISO/IEC 9126의 품질특성 외에 서비스 만족도 혹은 효력성 등의 사용품질(quality in use)[16] 개념을 포함한 품질특성에 근거한 중요도 분석을 포함하고 있다.

참고로 이러한 사용자 품질요구의 수용을 위해서 최근 ISO/IEC 9126 표준 제정에서는 사용성의 인간공학 적 개념을 광의의 관점에서 고려한 사용품질에 관한 개념을 포함하고 있으며, 향후 적용 연구에 함께 고려해야 할 사항이다. 이에 관한 연구[17]와 적용사례의 주요 내용은 INUSE[18]와 RESPECT[19] 등을 참고할 수 있다.

그 밖의 최근 표준의 유용성과 적용을 위한 연구로는 개발 프로세스상의 품질관리를 위한 Squid 프로젝트[20]를 참고할 수 있는데, ISO/IEC 9126의 개발프로젝트에서의 적용에 관한 것이다. 이는 품질모형상의 외부품질특성과 해당 속성간의 연결을 통한 개발 프로세스상의 계획된 소프트웨어 품질의 원격통제와 평가를 위한 연구의 특징을 갖고 있다. 또한 품질모형에 근거한 구체적인 평가시스템의 구현연구[21] 등도 최근의 품질특성 관련 연구로서 참고해 볼 수 있다.

본 연구에서는 이들을 참고하여 ISO/IEC 14598-4의 정보참조에 관한 실용성을, ISO/IEC 9126 외부품질에 초점을 맞춰 무결성 수준별로 구별해 실증해본다.

2.2 AHP

대표적 다속성 의사결정방법의 하나인 AHP는 의사 결정과 관련된 요인이 복잡하고 하나의 함수로 문제를 정의해 해결할 수 없는 경우에 매우 유용하다[9]. 특히 평가 단위와 무관하게 서로 다른 속성간의 비교가 가능하며, 정량적 혹은 정성적 속성을 구분할 필요가 없는 편리한 의사결정방법이다.

일반적인 효용함수에 의한 의사결정방법과는 달리 목표와 관련 요소간의 유기적 관계를 계층적으로 파악하고, 이들간의 이원비교(pair-wise comparison)를 통해 상대적 중요도(우선순위)를 일관성 있게 결정하는 특징을 갖고 있다. 따라서 본 연구대상인 소프트웨어 품질도

형의 계층적 특성과 중요도 결정에 쉽게 적용할 수 있다. AHP의 문제해결을 위한 세부절차와 자료의 신뢰성 검증 등은 다음과 같은 절차에 따라 이뤄진다[9,22].

절차 1: 문제의 계층 분화

궁극적인 문제해결 대상을 최상위 수준(level)으로 정의하고, 하위의 수준들은 각각 상위의 수준에 영향을 미치는 속성들로 구성한다. 따라서 복잡한 문제라도, 그 계층에 따라 적절히 분화된 하위속성들로서 재구성해 문제를 해결할 수 있다. 이 때 각 수준에서의 평가속성들의 우선순위는 그 하위수준으로 전달된다.

절차 2: 이원비교에 의한 비교행렬 구성

속성간의 우선순위는 다음과 같은 객관적 방법 및 비율을 사용해 결정하는데, 우선 두 하위속성을 짝지어 비교행렬 $A = (a_{ij}) = (w_i/w_j)$ 를 작성한다. w_i 와 w_j 는 i 번째와 j 번째 속성의 중요도를 나타내며, 1에서 9까지의 수 혹은 이의 역수를 사용한 비율로 나타낸다.

예를 들어 첫째속성이 셋째속성에 비해 5배 중요하다면, $a_{13}=5$ 이고 $a_{31}=1/5$ 이 된다. 비교행렬의 특징으로는 구성원소가 모두 양수이며, 역관계인 $a_{ji}=1/a_{ij}=w_j/w_i$ 이 성립한다. 따라서 n 개의 하위속성의 비교행렬을 구성한다면, n 차 정방행렬이 되며 대각원소는 자체 비교이므로 모두 1이 된다.

절차 3: 일관성 확인 및 우선순위 결정

A 가 일관성($a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$, for all i, j, k)을 가지는 경우, 각 속성들의 우선순위를 나타내는 열 벡터 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 를 곱하면 $A \cdot W = n \cdot W$ 가 된다. 이는 $\det(A - nD) = 0$ 으로 표현할 수 있으며, W 는 고유벡터(eigenvector)이고 n 은 A 의 고유값(eigenvalue)이 된다.

자료의 완전한 일관성이 있으면, 특성방정식은 하나의 n 값을 가지며 나머지는 0이 된다. 고유값 n 에 해당하는 W 를 구하고, $\sum w_i = 1$ 이 되도록 정규화 하면 각 속성의 우선순위가 결정된다. 만일 A 가 일관성이 없는 경우, 즉, $a_{ij} \cdot a_{jk} \neq a_{ik}$ 인 경우에는 $A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w$ 로 나타낼 수 있다. 이때 λ_{\max} 는 비교행렬 A 의 최대값으로 일관성이 있는 경우의 n 의 추정치가 된다.

일관성에서 벗어나는 정도는 일관성지표(CI), 무작위 지표(RI), 그리고 일관성 비율(CR)등을 통해 확인할 수 있는데, 일관성 검증은 CI를 경험적 통계[22]로 얻어진 평균 RI값으로 나눈 CR값을 사용해 확인한다. 여기서 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 이며, $CR = (CI / RI) * 100$ 이다.

참고로 CR이 10% 미만인 경우에는 일관성이 있는 것으로 간주하며, 20% 이상인 경우는 A 를 재구성하도록 권고한다[9,22].

3. 연구 방법

3.1 자료 수집

품질특성의 관한 자료수집을 위해서, 구매자 관점에서 외부품질특성의 상하 계층성(주품질특성과 부품질특성)을 이해하는 4개 기관(기업과 연구소)의 소프트웨어 개발, 획득 및 프로젝트 관리자, 응용 프로그래머, 중간 개발자, 유지보수 및 구매 담당자 등 총 15명의 전문가 의견을 설문과 면담조사 하였다. (참고로 이원비교를 통한 AHP 방법은 평가표본 수에 관계없이 결과의 신뢰성과 일관성 확인[9,10,22]이 가능한 장점을 갖고 있어, 15명의 표본 수는 AHP를 이용하기에는 충분한 수이다).

자료의 객관성 확보를 위해서 가급적 조직특성과 해당 전문가의 관리수준을 고려하여 자료를 수집하였고, 소프트웨어 제품의 특징과 응용영역을 고려해 다양한 경우를 자료대상으로 삼았다. 본 연구자료의 특징을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 면담 대상 4개 기관의 소프트웨어 응용분야는 그룹웨어, 정보통신, 군수 정보체계 개발, 그리고 대학 행정관리 지원 및 전산망 관리 등으로 업무영역별 자료의 중복성은 없었다. 둘째, 해당 전문가들의 직위는 중간 관리자급이 33%인 5명, 나머지 67%인 10명은 하위 담당자였다. 셋째, 조직의 특성으로는 2개 조직이 영리법인인 반면, 나머지는 공공 비영리법인 이었다. 이는 기존 연구[12,16]에서 나타난 관리수준, 조직복표, 경제성 등을 고려한 것이다. 넷째, 각 개발영역은 일반범용부터 특정목적까지 다양하였는데, 일반 COTS (Commercial-Off-The-Shelf), 회계, 경영관리 지원, 무기정보체계, 기타 유지보수관련 소프트웨어 개발 등이었다.

위에서 지적한 4가지 특징을 참고할 때, 본 자료는 계층적 표본이라 할 수 있다. Mendenhall[23]에 따르면 계층적 표본은 일반적으로 사용되는 '무작위 표본 보다 적은 수의 표본을 사용하여 우수한 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 계층적 표본의 사용은 계층간의 차이를 이해하는 통계량을 제공하는 장점을 가지고 있다. 본 연구의 목적이 계층간의 차이를 보이는 것이 아니므로, 이에 관한 분석은 제외하였다.

3.2 분석 절차

본 연구에서 수집된 자료는 AHP[9,22]의 적용을 고려하여, 다음과 같은 단계적 적용을 통하여 분석한다. 그 세부 내용은 4장 4.1절(단계 1- 단계 4)과 4.2절(단

계 5)로 나누어 기술한다.

단계 1: 품질모형의 계층성을 고려하여 상하위 계층을 분화한다.

단계 2: 각 계층별 품질특성(주품질특성과 부품질특성)에 따라 중요도 산출을 위한 이원비교 행렬을 무결성 수준에 따라 작성한다.

단계 3: 이원비교표에 AHP의 우선순위 결정방법을 적용하여 우선순위를 결정한다. 구체적으로 이원비교에 의한 중요도는 평가자들로부터 1-9점 평가값을 개별적으로 수집하여 합산한 후, 결과값을 도출하고, 이때 자료의 일관성 및 신뢰성을 확인한다.

단계 4: 상위 주품질특성의 우선순위값을 부품질특성 및 관련 내부품질특성의 관계를 이용하여 중요도를 하위 배분한다.

단계 5: 무결성 수준에 따라 우선순위값이 높은 순서대로 정렬한 후, 누적된 중요도의 크기에 따라 내부품질특성과 척도를 선정한다.

4. 분석 결과 및 해석

4.1 무결성 수준에 따른 외부품질 특성의 중요도

본 연구의 첫 단계는 소프트웨어 품질특성의 계층성을 고려한 계층분화이다. 이를 위해서 ISO/IEC 9126 품질모형의 6개 주품질특성과 21개 부품질특성의 상호관계에 따라 상하위 2개 계층으로 분할하였다.

두 번째 단계에서는 각 품질특성간의 이원비교표를 작성한다. 표 3은 높은 무결성을 갖는 경우의 6개 주품질특성 상호간의 이원비교표로서, 예를 들어 2행 3열의 1.1947은 신뢰성에 대한 기능성의 상대적 중요도를 의미한다. 참고로 전체 전문가들로부터 얻은 복수의 이원비교 자료들의 집단 평균중요도는 대칭적 역수행렬의 특성을 반영한 기하평균값[22]을 적용하여 계산하였다.

세 번째 단계에서는 AHP의 적용을 통하여 우선순위값을 결정하는데, 이때 수집된 자료의 일관성 및 신뢰성 확인이 필요하다. 만일 신뢰성 기준을 만족치 못한 경우

표 3 주품질특성의 이원비교(높은 무결성)

| 주품질특성 | 기능성 | 신뢰성 | 사용성 | 효율성 | 유지보수성 | 이식성 | 우선 순위 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1. 기능성 | 1 | 1.1947 | 1.4665 | 1.6877 | 1.8560 | 3.4542 | 0.2530 |
| 2. 신뢰성 | 0.8370 | 1 | 1.3887 | 1.5114 | 2.0773 | 3.0313 | 0.2306 |
| 3. 사용성 | 0.6819 | 0.7201 | 1 | 1.1202 | 1.5563 | 2.1409 | 0.1708 |
| 4. 효율성 | 0.5925 | 0.6616 | 0.8927 | 1 | 1.4146 | 1.9294 | 0.1532 |
| 5.유지보수성 | 0.5388 | 0.4814 | 0.6425 | 0.7069 | 1 | 1.0963 | 0.1107 |
| 6. 이식성 | 0.2895 | 0.3299 | 0.4671 | 0.5183 | 0.9122 | 1 | 0.0817 |
| CI = 0.0039, CR = 0.0031 | | | | | | | |

에는 자료의 재 수집이 요구된다. 그러나 본 연구자료는 경험적 AHP 연구[9,22]에서 제시하는 신뢰값(CR) 10% 미만의 기준을 모두 만족하였다 (표 3- 표 6의 CR값 참조).

표 4 높은 무결성 수준에서 부품질특성의 이원비교 (주품질특성: 기능성)

| 부품질특성 | 적절성 | 정밀성 | 상호 운용성 | 준수성 | 보안성 | 우선 순위 | 최종 우선순위 |
|--------------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|----------|------------|
| 1.1 적절성 | 1 | 1.0874 | 2.0201 | 1.8543 | 1.5230 | 0.2736 | 0.0692 |
| 1.2 정밀성 | 0.9196 | 1 | 2.3491 | 1.8543 | 1.8745 | 0.2838 | 0.0718 |
| 1.3 상호운용성 | 0.4950 | 0.4257 | 1 | 0.9725 | 0.9110 | 0.1356 | 0.0343 |
| 1.4 준수성 | 0.5393 | 0.5393 | 1.0283 | 1 | 1.2414 | 0.1561 | 0.0395 |
| 1.5 보안성 | 0.6566 | 0.5335 | 1.0977 | 0.8056 | 1 | 0.1508 | 0.0381 |
| CI = 0.0054, CR = 0.0048 | | | | | | | |

네 번째 단계에서는 최종 선정을 위한 상위 우선순위 값의 하위 배분이 이뤄져야 한다. 표 4는 첫 번째 주품질특성인 기능성의 해당 하위 5개 부품질특성간의 중요도에 관한 이원비교표로서 부품질특성의 최종 분배된 우선순위를 나타내고 있다 (표 4의 8열(최종우선순위) 참조).

예를 들어, 부품질특성 적절성의 최종우선순위값 0.0692는 주품질특성 기능성 0.2530을 부품질특성 적절성 0.2736에 배분해 곱한 결과이다. 이 밖에 나머지 5개 주품질특성인 신뢰성, 사용성, 효율성, 유지보수성, 이식성의 경우 각각 3, 3, 2, 4, 4개 하위 부품질특성들간의 이원비교가 필요하였는데, 본 논문에서 지면상 생략하였다.

한편 무결성 수준이 낮은 경우의 AHP 비교행렬과 우선순위는 표 5와 같으며, 표 6은 낮은 무결성의 경우, 기능성에 대한 하위 부품질특성의 분배된 우선순위를 보여주고 있다.

표 5 주품질특성의 이원비교(낮은 무결성)

| 주품질특성 | 기능성 | 신뢰성 | 사용성 | 효율성 | 유지 보수성 | 이식 성 | 우선 순위 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|----------|
| 1. 기능성 | 1 | 0.8819 | 1.0143 | 1.2181 | 1.1681 | 1.5929 | 0.1841 |
| 2. 신뢰성 | 1.1339 | 1 | 1.1172 | 1.4609 | 1.1816 | 1.7544 | 0.2045 |
| 3. 사용성 | 0.9859 | 0.8951 | 1 | 1.5060 | 1.2181 | 1.6610 | 0.1926 |
| 4. 효율성 | 0.8209 | 0.6845 | 0.6640 | 1 | 0.6640 | 0.9054 | 0.1281 |
| 5. 유지보수성 | 0.8561 | 0.8463 | 0.8209 | 1.5060 | 1 | 1.1354 | 0.1644 |
| 6. 이식성 | 0.6278 | 0.5700 | 0.6020 | 1.1044 | 0.8807 | 1 | 0.1263 |
| CI = 0.0042, CR = 0.0034 | | | | | | | |

이러한 실제적인 결과를 ISO/IEC 14598-4에서 제시하고 있는 주품질특성의 우선순위와 비교해 보면 다음과 같은 차이가 있다. 참고로 ISO/IEC 14598-4에서는

표 6 낮은 무결성 수준에서 부품질특성의 이원비교 (주품질특성: 기능성)

| 부품질특성 | 적절성 | 정밀성 | 상호 운용성 | 준수성 | 보안성 | 우선 순위 | 최종 우선순위 |
|--------------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|----------|------------|
| 1.1 적절성 | 1 | 1.0874 | 2.0801 | 1.4609 | 1.8960 | 0.2783 | 0.0512 |
| 1.2 정밀성 | 0.9196 | 1 | 1.6633 | 1.2181 | 1.4868 | 0.2367 | 0.0436 |
| 1.3 상호운용성 | 0.4807 | 0.6012 | 1 | 0.6368 | 0.8221 | 0.1324 | 0.0244 |
| 1.4 준수성 | 0.6845 | 0.8209 | 1.5704 | 1 | 1.1705 | 0.1943 | 0.0358 |
| 1.5 보안성 | 0.5302 | 0.6726 | 1.2164 | 0.8543 | 1 | 0.1583 | 0.0291 |
| CI = 0.0012, CR = 0.0011 | | | | | | | |

높은 무결성의 경우 이식성과 낮은 무결성의 경우 유지보수성은 제외하였으나 본 연구에서는 모두 포함하여 비교하였다.

ISO/IEC 14598-4에서 제시한 우선순위:

- 높은 무결성의 경우: 신뢰성, 기능성, 유지보수성, 효율성, 사용성
- 낮은 무결성의 경우: 기능성, 사용성, 이식성, 효율성, 신뢰성

본 연구 결과 나타난 우선순위:

- 높은 무결성의 경우: 기능성, 신뢰성, 사용성, 효율성, 유지보수성, 이식성
- 낮은 무결성의 경우: 신뢰성, 사용성, 기능성, 유지보수성, 효율성, 이식성

종합적으로 비교해 보면, ISO/IEC 14598-4에서는 기능성에 관한 중요도가 상대적으로 큰 반면에, 본 연구에서는 신뢰성과 사용성의 중요도가 무결성 수준에 관계없이 모두 높게 나타났다. 한편 ISO/IEC 14598-4에서는 유지보수성과 이식성은 각 무결성 수준에 따라 어느 정도 중요시되고 있지만, 본 연구에서는 모두 낮게 나타났다.

위 결과를 무결성 수준별로 구별해 보면, 높은 무결성의 경우 신뢰성, 기능성 등은 ISO/IEC 14598-4와 본 연구에서 모두 중요시되고 있다. 그러나 사용성은 본 연구결과에서 보다 더 중요시되고 있다. 또한 낮은 무결성의 경우 기능성과 사용성은 순위의 차이가 있을 뿐 모두 높은 중요도를 나타내고 있으나, 특이하게도 ISO/IEC 14598-4에서 가장 낮은 중요도를 갖는 신뢰성이 본 연구에서는 가장 높은 중요도를 나타내고 있다. 면담결과를 참고해볼 때, 이는 과거 사용상의 불안전성과 낮은 신뢰성에 관한 경험에서 비롯된 것으로 추정된다. 이는 기존 연구[15] 결과와도 일치하며, 특히 흥미로운 것은 본 결과가 고객의 외부품질특성과 서비스 중요도에 관한 PROFF 연구[16] 결과와 매우 유사하다는 점이다.

PROFF 연구에서는 서비스 중요도를 제외한 ISO/IEC 9126의 6개 주품질특성의 우선순위는 높은 무결성(특수 목적의 주문 소프트웨어)의 경우 신뢰성, 기능성, 효율성, 사용성 등이 그리고, 낮은 무결성(일반 COTS, 표준화된 소프트웨어 패키지)의 경우 사용성, 신뢰성, 기능성, 효율성 등이 중요한 것으로 나타났다[16]. 특히 자체 유지보수 능력이 부족한 일반고객들이나 고비용 혹은 대형 소프트웨어의 경우, 무결성 수준에 관계없이 기능상의 정밀성, 높은 신뢰성, 사용상의 편리함 등이 우선 중요시됨을 보여주고 있다. 이에 관해서는 다양한 관점과 응용 영역별 실증연구도 가능하나, 이는 연구목적에서 벗어나므로 향후 연구과제로 남긴다.

4.2 무결성 수준에 의한 내부품질특성 선정

본 절은 선정절차의 마지막 단계로서 무결성 수준에 따라 자료를 분석하고, 상대적으로 높은 우선순위값을 갖는 내부품질특성들을 비교해 최종 내부품질특성과 척도의 선정을 다룬다.

수집된 자료를 무결성 수준에 따라 비교해 보면, 높은 무결성의 경우는 앞서 언급한대로 기능성과 신뢰성 등의 주품질특성이 다른 특성에 비해 더 중시되었고, 따라서 적절성, 정밀성, 성숙성 등의 하위 부품질특성에 해당하는 관련 내부품질특성(예: 완전성, 추적성, 일관성, 자기추적성 등)의 중요도가 높게 나타났다. 이에 비해 낮은 무결성의 경우에는 신뢰성, 사용성 등의 주품질특성이 더 중시되어, 그 결과 회복성, 이해성 등의 하위 부품질특성과 관련된 내부품질특성들의 중요도가 높게 나타났다.

구체적인 가중치의 정량화는 앞서 언급한 부품질특성들의 중요도에, 표 2에 근거한 해당 가중치를 곱하여 해당 내부품질특성별로 합산하였다. 즉, 관련 외부품질특성의 최종우선순위값(표 4와 표 6 참조)에 내부품질특성과의 관계에 따른 가중치(표 2의 약, 중, 강)의 상관관계를 1~3점으로 환산해 이를 정규화한 가중치)를 곱하여 각 내부품질특성별로 우선순위값을 합산한 후, 상대적으로 높은 우선순위값을 갖는 내부품질특성들을 비교해 우선순위를 부여하였다. 예를 들면, 표 4의 적절성의 값 0.0692는 표 2의 관련 내부품질특성 5개 가운데 강한 관계를 갖는 완전성, 추적성, 자기기술성은 각각 정규화된 가중치 3/13을, 중간관계를 갖는 일관성, 응집성은 2/13를 곱하여 해당 내부품질특성의 값으로 결정하였다.

최종 내부품질특성의 선정은 각 무결성 수준별로 높은 우선순위값부터 순서대로 누적해가면서, 품질목표 달성에 적합한 수준까지 해당하는 내부품질특성들을 선정한다. 여기서 그 수준은 개별 조직의 품질목표에 따라

각기 다를 수 있다.

본 연구에서는 선정된 내부품질특성의 명확한 차이가 나타나는 누적값 70%를 기준으로 내부품질특성을 선정하였다. 그 결과 전체 40개 내부품질특성 중에서 각 무결성 수준에 따라 70% 기준으로 선정된 해당 특성과 우선순위는 각각 표 7- 표 8과 같다. 높은 무결성의 경우 간결성, 소프트웨어 독립성, 기계 독립성, 자료 독립성과 낮은 무결성의 응집성, 정밀성 등은 중요시되지 않아 표에서 제외하였다.

표 7과 표 8을 비교해 보면, 전체 40개 중 13개의 내부품질특성이 공통적으로 선정된 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 기업에서 척도를 이용한 품질 경영을 시작할 때 무결성 수준에 관계없이 선정된 13개의 특성의 해당 척도가 공통으로 사용될 수 있음을 의미한다. 이는 모토롤라에서 제시한 척도 이용의 첫 단계에서 권고하는 최소 4개 최대 8개의 척도범위[8]를 포함하고 있다.

표 7 높은 무결성에 의한 선정결과

| 내부품질특성 | 합산된 우선순위 | 내부품질특성 | 합산된 우선순위 |
|--------|----------|--------|----------|
| 시간행동성 | 0.0862 | 모듈성 | 0.0412 |
| 일관성 | 0.0703 | 단순성 | 0.0379 |
| 추적성 | 0.0677 | 확고성 | 0.0311 |
| 자원행동성 | 0.0670 | 응집성 | 0.0257 |
| 자기기술성 | 0.0636 | 정밀성 | 0.0249 |
| 완전성 | 0.0502 | 무결성 | 0.0242 |
| 자료일반성 | 0.0440 | 도구성 | 0.0224 |
| 통신일반성 | 0.0440 | | |

표 8 낮은 무결성에 의한 선정결과

| 내부품질특성 | 합산된 우선순위 | 내부품질특성 | 합산된 우선순위 |
|--------|----------|-----------|----------|
| 일관성 | 0.0675 | 완전성 | 0.0375 |
| 자원행동성 | 0.0672 | 도구성 | 0.0313 |
| 시간행동성 | 0.0609 | 확고성 | 0.0308 |
| 추적성 | 0.0606 | 소프트웨어 독립성 | 0.0289 |
| 자기기술성 | 0.0515 | 기계독립성 | 0.0289 |
| 자료일반성 | 0.0475 | 무결성 | 0.0255 |
| 통신일반성 | 0.0475 | 간결성 | 0.0236 |
| 모듈성 | 0.0444 | 자료독립성 | 0.0234 |
| 단순성 | 0.0407 | | |

내부품질특성의 선정 후 다음 단계는 척도의 선정이다. 한 특성에 대해 여러 종류의 척도가 존재 할 수 있으나, 본 연구에서는 ISO/IEC 9126에서 제시한 내부척

도[11]를 참고하여, 표 9와 같이 각 내부품질특성에 따라 한 개의 척도를 제시하였다. 이는 척도 계산에서 필요한 데이터를 수집하는 비용을 고려하여 변경이 가능하다.

표 9 선정된 주요 내부품질척도와 해당측정의 예

| # | 내부 품질특성 | 측정값 | 구성 항목 |
|----|---------|-----------------------------------|--|
| 1 | 시각행동성 | 반응시간 밀성도 (f1 = a1 / b1) | a1: 검토시 확인된 계산 혹은 모의 실험 반응시간 b1: 설계 혹은 추정된 반응시간 |
| 2 | 일관성 | 인터페이스 일관성계수 (f2 = a2 / b2) | a2: 검토시 확인된 인터페이스 포맷수 b2: 표준 혹은 규격에 일치하는 항목의 수 |
| 3 | 시각행동성 | 메모리 효율성 (f3 = a3 / b3) | a3: 검토시 확인된 계산 혹은 실험된 메모리 양 b3: 설계 혹은 추정된 메모리 양 |
| 4 | 추진성 | 상/하 추진성 계수 (f4 = a4 / b4) | a4: 검토시 확인된 추적 가능한 항목 수 b4: 체크 확인된 항목 수 |
| 5 | 자기기술성 | 단위 프로그램 설명문 수 (f5 = a5 / b5) | a5: 총 프로그램 설명문 수 b5: 프로그램 단위(혹은 블록) 수 |
| 6 | 자료일관성 | 항목기반 표준 준수성계수 (f6 = a6 / b6) | a6: 검토시 확인된 특정용용영역의 표준,규칙,제한사항 등에 일치하는 항목수 b6: 준수된 요구사항 항목의 수 |
| 7 | 통신일관성 | 11/W 환경적 적응준비율 (f7 = a7 / b7) | a7: 검토시 확인된 타 11/W 환경 하에서 적합한 수준유저 가능 기능의 수 b7: 검토시 확인한 기능 수 |
| 8 | 원전성 | 기능구현 적합도 (f8 = a8 / b8) | a8: 검토시 확인된 구현 기능 수 b8: 요구사항 및 기능명세서에서 기술된 기능의 수 |
| 9 | 모듈성 | 기능결합 모듈비율 (f9 = a9 / b9) | a9: 검토시 확인된 기능 결합 모듈 수 b9: 총 모듈 수 |
| 10 | 단순성 | 매개변수 준수율 (f10 = a10 / b10) | a10: 검토시 확인된 매개변수 항목 수 b10: 총 매개변수 데이터 항목 수 |
| 11 | 확고성 | 고장회피 가능 구현율 (f11 = a11 / b11) | a11: 설계 혹은 코딩에서의 반영된 고장회피 유형 수 b11: 총 고려된 고장회피 유형 수 |
| 12 | 도구성 | 내장된 시험기능 구현율 (f12 = a12 / b12) | a12: 검토시 확인된 내장 시험기능의 구현 수 b12: 총 요구된 내장 시험기능 수 |
| 13 | 무결성 | 비정상적 운영 회피율 (f13 = a13 / b13) | a13: 설계 혹은 코딩에서의 반영된 비정상적 운영 회피 유형 수 b13: 총 고려된 비정상적 운영 회피 유형 수 |

5. 결론

본 연구에서는 ISO/IEC 14598-4에서 제시한 무결성 수준에 따른 소프트웨어의 품질특성의 중요도가 산업 현장에서의 중요도와 어떠한 차이가 있는지를 AHP를 이용하여 실증하였다. 또한 이러한 결과를 바탕으로 기업에서 척도 프로그램을 시작할 때 어떤 내부 품질특성이 중요하게 관리되어야 하는지를 무결성 수준에 따라 제시하고 있다.

연구 결과, ISO/IEC 14598-4에서 제시한 품질 특성의 중요도 순위가 다르게 나타남을 보여 주고 있다. 또한 우선 순위가 높은 첫 13개의 내부 품질특성은 높은

무결성과 낮은 무결성 수준에서 모두 동일하다는 결론을 얻었다. 이와 같은 결과는 기업에서 척도를 이용한 품질경영을 시작할 때 많은 참고가 되리라 여겨진다.

참고 문헌

- [1] Fenton, N., S. Pfleeger, S. Page, and J. Thornton, The SMARTIE Standards Evaluation Methodology, Technical Report, Center for Software Engineering, Dublin University, 1994.
- [2] Fenton, N., B. Littlewood, and S. Page, "Evaluating Software Engineering Standards and Methods. In:" Thyer, R and R. McGettrick(eds.), Software Engineering: A European Perspective, pp.463-470, IEEE CS Press, 1993.
- [3] Meek, B., "Too soon, Too late, Too Narrow, Too wide, Too Shallow, Too Deep," StandView, Vol.4, No.2, pp.114-118, 1996.
- [4] Land, K., Results of the IEEE Survey of Software Engineering Standard Users, Technical report, BTG Inc., presented at the IEEE International Symposium on Software Engineering Standards, 1997.
- [5] Land, K., Second Software Engineering Standard Users' Survey, presented at the IEEE International Symposium on Software Engineering Standards, 1999.
- [6] ISO/IEC TR 15504:1998(E) Information Technology - Software Process Assessment, ISO, 1998.
- [7] ISO/IEC 14598-4, Information Technology - Software Product Evaluation - Part 4: Process for Acquirers, ISO, July, 1996.
- [8] Daskalantonakis, M. K., "A Practical View of Software Measurement and Implementation Experiences within Motorola," IEEE Trans. on Software Engineering, Vol.18, No.11, pp.998-1010, 1992.
- [9] Saaty, T. L., "How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process," European Journal of Operational Research, Vol.48, pp.9-26, 1990.
- [10] Finnie, G. R., G. E. Wittig, and D. I. Petkov, "Prioritizing Software Development Productivity Factors Using the Analytic Hierarchy Process," The Journal of Systems and Software, Vol.22, pp.129-139, 1993.
- [11] ISO/IEC 9126, Information Technology - Software Quality Characteristics and Metrics - Part 1 - Part 3, ISO, Oct. 1996.
- [12] Seawright, K. W. and S. T. Young, "A Quality Definition Continuum," Interfaces, Vol.26, pp.107-113, May-June 1996.
- [13] Simmons, P., "Quality Outcomes: Determining

- Business Value," IEEE Software, Vol.13, No.1, pp.25-32, 1996.
- [14] Abel, D. E. and T. P. Abel, "Defining and Specifying the Quality Attributes of Software Products," The Australian Computer Journal, Vol.25, No.3, pp.105-112, 1993.
- [15] Lee, J. M. and H. Jung, "Prioritization of Internal Quality Characteristics by Software Quality Views," Proc. of the 2nd World Congress of Software Quality (2WCSQ), pp.421-426, Sept. 2000.
- [16] Stålhane, T., P. C. Borgersen, and K. Arnesen, "In Search of the Customer's Quality View," The Journal of Systems and Software, Vol.38, pp.85-93, 1997.
- [17] Bevan, N., "Quality in use: Meeting user needs for quality," The Journal of Systems and Software, Vol.49, pp.89-96, 1999.
- [18] INUSE, <http://www.npl.co.uk/inuse>, 1998.
- [19] RESPECT, <http://www.npl.co.uk/respect>, 1998.
- [20] Boegh, J., S. Depanfilis, B. Kitchenham, and A. Pasquini, "A Method for Software Quality Planning, Control, and Evaluation," IEEE Software, Vol.16, No.2, pp.69-77, 1999.
- [21] Shi, X. and L. Yang, "Design and Implementation of a Software Quality Evaluation System," Proc. of the 5th ISSAT International Conference on Reality and Quality in Design, pp.153-157, 1999.
- [22] Saaty, T. L. and L. G. Vargas, The Logic of Priorities, Kluwer-Nijhoff Publishing, London, 1982.
- [23] Mendenhall, W., A Course in Business Statistics, 2nd ed., PWS-KENT Publishing, Boston, 1988.



정 호 원

1975년 ~ 1979년 고려대학교 산업공학과 졸업. 1979년 ~ 1981년 한국과학기술원 산업공학 석사. 1985년 ~ 1990년 Univ. of Arizona, 경영학 박사(MIS). 경력:(주)DACOM 주임연구원, 한국전산원 책임연구원. 1995년 ~ 현재 고려대학교 경영학과 부교수. 관심분야는 소프트웨어 프로세스 심사 및 제품 평가, 소프트웨어 metrics, 통신망 성능 분석



이 중 무

1978년 ~ 1982년 고려대학교 경제학과 졸업. 1985년 ~ 1987년 Indiana Univ. of P.A. 경영학석사(MIS). 1992년 ~ 1997년 고려대학교 경영학 박사(MIS). 경력: CompGraph, ASI Inc. 시스템분석가/프로그래머. 1990년 ~ 1998년 동서대학교 조교수. 1998년 ~ 현재 한라대학교 경상학부 조교수. 관심분야는 소프트웨어 품질평가 및 프로세스 심사, 의사결정 이론 및 적용.