

# 리프와 퍼지 집합을 이용한 재사용 컴포넌트의 재사용도 측정

김 혜 경<sup>†</sup> · 최 완 규<sup>†</sup> · 이 성 주<sup>††</sup>

## 요 약

재사용도 측정 모델은 다음 조건을 만족해야 한다. 1) 측정 속성(척도)들과 컴포넌트들을 쉽게 삽입 삭제할 수 있어야 한다. 2) 타당성에 근거하여 컴포넌트들을 정량적으로 평가할 수 있어야 한다. 3) 가정된 지식을 요구하지 않아야 한다. 4) 각 측정 속성들의 중요도를 객관적으로 산출할 수 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 위의 조건들을 만족시킬 수 있는 재사용 컴포넌트들의 재사용도 측정 모델을 제안한다. 제안된 모델은 적합한 측정 인자들을 선택하고, 리프집합을 이용하여 그들의 중요도를 산출한다. 다음으로 컴포넌트의 재사용도를 측정하기 위해서, 퍼지 적분을 이용하여 측정 인자들의 중요도와 측정 값을 종합한다. 마지막으로 기능 중심 컴포넌트들에 제안된 모델을 적용하고, 통계적 방법으로 모델의 타당성을 보인다.

## A Reusability Measurement of the Reused Component by Employing Rough and Fuzzy Sets

Hye-Kyoung Kim<sup>†</sup> · Wan-Kyoo Choi<sup>†</sup> · Sung-Joo Lee<sup>††</sup>

### ABSTRACT

The reusability measurement model should satisfy the following conditions: 1) can insert and delete metrics and components easily, 2) can compare and evaluate components quantitatively on the basis of validation, 3) don't require certain preassumed knowledge, and 4) can compute significance of each measurement attribute objectively. Therefore, in this paper, we propose a new reusability measurement model that can satisfy the above requirements. Our model selects the appropriate measurement attributes and calculates the relative significance of them by using rough set. Then, in order to measure the reusability of component, it integrates the significance of attributes and the measured value of them by using fuzzy integral. Finally, we apply our model to the reusability measurement of the function-oriented components and validate our model through statistical technique.

### 1. 서 론

소프트웨어 재사용은 소프트웨어 생산성과 품질을 향상시킬 수 있는 가장 적합한 방법이다[5]. 기존 소프트웨어에서 공통적으로 사용되는 컴포넌트들을 표준화

하고 새로운 소프트웨어 개발 시 그들을 재사용함으로써, 소프트웨어 재사용은 물론 유지보수와 테스트 비용을 줄일 수 있다.

소프트웨어 재사용의 흐름은 검색 단계, 이해 단계, 적용 단계로 구성된다. 현실적으로, 검색 단계에서 발견된 컴포넌트들은 목적과 일치하는 컴포넌트가 아닌 세부적인 구현 내용만 다르고 기능적으로 유사한 컴포넌트들일 수 있다[4].

<sup>†</sup> 준 회 원 : 조선대학교 대학원 전자계산학과

<sup>††</sup> 정 회 원 : 조선대학교 전자계산학과 교수

논문접수 : 1999년 1월 13일, 심사완료 : 1999년 8월 30일

그러므로, 검색된 컴포넌트들을 이해하고 적용하기 위해서는, 컴포넌트들을 비교 평가할 수 있는 시스템이 요구된다. 재사용 라이브러리 관리자와 개발자들이 요구하는 것은 컴포넌트들의 재사용도를 측정할 수 있는 방법이다. 재사용도 측정 매트릭은 컴포넌트의 유용성을 결정할 수 있는 재사용도 측정값을 제공할 수 있다[7].

컴포넌트의 이해와 적용을 위한 기준은 1)이해하고 적용할 컴포넌트의 본질적인 품질에 관련된 일반적인 기준인 컴포넌트의 복잡도(규모, Cyclomatic Number, 입출력의 개수 등)와 컴포넌트 문서의 품질, 2)검출된 컴포넌트와 실제 요구사항과의 차이이다[5].

컴포넌트의 본질적인 품질과 관련된 기준들을 이용하여 컴포넌트의 적용과 이해에 적용되는 노력을 측정하려는 연구들[3, 14, 19]이 수행되어 왔다.

Diaz[14]는 퍼지집합과 사용자의 경험을 바탕으로 해당 컴포넌트를 재사용할 때 요구되는 노력의 양을 측정하여 후보 컴포넌트들의 등급을 결정한다. Burton[3]은 각각의 항목에 대한 상대적인 중요도를 사용자가 직접 명시하도록 허용하여 사용자의 입력 값에 의하여 후보 컴포넌트들의 등급을 결정한다. 엔트로피에 기반을 둔 학습 알고리즘을 이용한 권[19]의 연구는 재사용 컴포넌트에 알맞는 전문가의 판정 지식을 획득하여 학습시킨 후 학습결과를 바탕으로 검색된 컴포넌트가 재사용에 적합한지 여부를 판정한다.

이러한 연구들의 단점은 다음과 같다. 첫째 측정 속성(척도)들과 컴포넌트들의 삽입과 삭제가 어렵다. Diaz[14]의 연구의 경우, 새로운 컴포넌트가 삽입되면 모든 소속함수들이 수정되어야한다. 둘째, 비슷한 유형의 컴포넌트들에 대한 재사용 여부를 사용자가 판정해야한다. 사용자의 수준에 따라서, 사용자들은 그들의 결정에 확신을 갖지 못할 수 있다. 셋째, 가정된 전문가의 판단 지식에 근거한 권[19]의 연구는 전문가의 판단지식의 정확성에 대한 문제가 있다. 넷째, 사용되는 측정 속성들의 중요도에 대한 객관적인 제시가 없다. 상대적인 중요도를 사용자가 직접 입력하는 Burton[3]의 연구는 중요도에 대한 명확한 기준이 없으므로 임의의 값의 입력에 따라 적절하지 못한 결과를 초래하는 원인이 된다. 그러므로 재사용도 측정 모델은 다음 조건을 만족해야 한다.

- 1) 측정 속성(척도)들과 컴포넌트들의 삽입 삭제를 쉽게 할 수 있어야 한다.

- 2) 타당성에 근거하여 컴포넌트들을 정량적으로 평가할 수 있어야 한다.

- 3) 가정된 지식을 요구하지 않아야 한다.

- 4) 각 측정 속성들의 중요도를 객관적으로 산출할 수 있어야 한다.

따라서, 본 논문에서는 위의 조건들을 만족시킬 수 있는 재사용 컴포넌트들의 재사용도 측정 모델을 제안한다.

제안된 모델은 적합한 측정 속성(매트릭)들을 선택하고, 러프집합[12, 13, 21]을 이용하여 그들의 중요도를 구한다. 다음으로, 컴포넌트의 재사용도를 측정하기 위해서 퍼지 적분[22]을 사용하여 측정 속성들의 중요도와 측정값을 종합한다. 마지막으로 제안된모델을 기능 중심 컴포넌트들에 적용하고, 측정이론[2, 6]과 통계적 기법[11]을 통해서 모델이 ordinal scale과 ratio scale에 따름을 보여줌으로써 모델을 검증한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 러프집합과 퍼지척도에 대하여 간략하게 기술하고, 3장에서는 재사용 컴포넌트의 재사용도 측정을 위한 모델을 제시한다. 4장에서는 우리의 모델을 기능중심 컴포넌트들의 재사용도 측정에 적용하여, 실험 결과를 보이고, 5장에서 결론 및 향후 연구과제에 대해서 논의한다.

## 2. 러프 집합과 퍼지 척도

### 2.1 러프집합

1982년 Pawlak에 의해 제안된 러프 집합 이론[12]은 애매한 범주들에 대한 새로운 수학적 접근 방법이다. 러프 집합은 자동 분류, 패턴 인식, 학습 알고리즘 등 다양한 분야에 적용될 수 있다[13, 21].

컴포넌트의 재사용도 측정에 적용 가능한 모든 측정 속성(척도)들이 컴포넌트 재사용도 측정에 동일한 영향을 미치지 않으므로, 객관적으로 적절한 가중치를 부여할 수 있는 방법이 사용되어야 한다[1]. 평가 속성들을 적용하여 결과를 얻기 위해서 각 평가 속성들의 중요도를 변화시켜 적용해야할 필요가 있다. 평가 속성의 중요도는 지식을 기초로 하여 미리 전제되어 가중치에 의해 표현되지만, 경험적 지식이 없는 상황에서 가중치의 설정은 매우 어렵다.

그러나, 러프집합의 지식 표현 시스템은 각 측정 속성들이 갖는 강도와 분류 능력의 차이의 정도를 쉽게

상준한다. 러프집합에서는 속성의 순서대로 변경하기 위해서 주어진 지식 표현 시스템에서 속성을 삭제하고, 삭제된 속성이 없어 분류들이 어떻게 변하는가를 조사한다. 특정 속성의 제거가 분류를 상당히 변화시킨다면, 그 속성은 지식 표현 시스템에서 중요도가 높은 속성이다[13].

2.2 퍼지척도

퍼지집합 이론은 현실의 불확실한 상황을 표현해주는 방법으로서, 1965년 Zadeh에 의해 제안되었다. 퍼지 집합은 퍼지 경계를 가지는 집합으로, 집합 내의 소속 등급을 클래스에 있는 모든 객체에 연관시킨다. 퍼지 함수는 퍼지집합 내의 퍼지집합의 값을 [0, 1] 구간에서 사상시킨다[14, 22].

퍼지척도는 임의의 원소가 어느 집합에 소속될 수 있는지의 정도(degree of evidence)를 나타낸다. 이때, 임의의 원소가 임의의 집합에 속할 가능성이 불확실하므로 퍼지척도가 퍼지값을 가지며, 원소마다 정의된다.

퍼지척도를 이용한 Sugeno의 퍼지 적분은 특정 대상이 여러 항목에 대하여 평가 되고 각 평가 항목의 중요도가 차이가 있을 때, 이들 평가 값들을 종합하는데 유용하게 이용된다[22].

3. 컴포넌트 재사용도 측정 모델

3.1 재사용도 측정을 위한 속성

재사용을 위한 양질의 컴포넌트(component)는 정확성, 효율성, 유지보수성, 신뢰성 등이 있어야 한다. 재사용을 위한 컴포넌트의 평가기준은 소규모, 간편한 구조, 집약된 문서화, 동일 언어 등이다[4]. 그러나, 컴포넌트의 구축 방법인 기능 중심(function-oriented)과 객체 지향(object-oriented)에 따라 품질 평가요인이 다를 수 있다[20].

기능 중심으로 구성된 컴포넌트의 품질 측정은 규모(size)와 난이도(difficulty)의 매트릭스를 수집한 정적 분석기에 의해 쉽게 측정될 수 있으며[10, 20], 객체 지향 컴포넌트에 대해서는, 또 다른 평가기준들이 고려되어야한다[20].

우리의 모델에서, 첫 번째 단계는 측정 목적에 맞는 적합한 측정 속성들을 선택하는 것이다. 측정 속성들이 선택되면, 각 속성들에 대한 컴포넌트 분류 기준을 설정하고, 분류 기준에 근거하여 컴포넌트들을 분류한다.

재사용 컴포넌트의 재사용도 측정에서, 각 측정 속성들에 대한 통합된 하나의 매트릭(metric)이 제시되려면 각 속성들이 매트릭에 미치는 영향도 및 속성들을 결합시킬 방법이 고려되어야 한다. 이를 위해서 소속 등급과 관련하여 특정 지을 수 있는 퍼지집합을 이용할 수 있다[20].

본 논문에서는 측정 속성들의 최대값과 최소값에 근거하여 측정 속성들의 측정값을 [0, 1] 구간으로 정규화하기 위해서 식(1)과 같은 퍼지 소속함수를 사용한다.

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & , x \leq x_0 \\ 1 - 2 \left( \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \right)^2 & , x_0 < x \leq \frac{x_0 + x_1}{2} \\ 2 \left( \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \right)^2 & , \frac{x_0 + x_1}{2} < x \leq x_1 \\ 0 & , x > x_1 \end{cases} \quad (1)$$

$x_1$ : 최대 허용값  
 $x_0$ : 최소 허용값

3.2 측정 속성들의 중요도

러프집합의 지식 표현시스템은 각 측정 속성들이 갖는 강도와 분류 능력의 차이의 정도를 쉽게 산출하므로, 두 번째 단계에서는 러프집합을 이용하여 각 평가 속성들이 재사용 평가에 미치는 중요도를 구한다.

지식 표현 시스템에서 조건 속성(C)의 모든 원소 범주들이 의사결정 속성(D)의 원소 범주들로 정의될 수 있으면 지식 D가 지식 C의 모든 특성을 제공하므로 지식 C는 지식 베이스에서 필요 없다[13, 21]. 이것은 지식간의 부분 종속성으로 표현되며 식(2)와 같다.

$$k = \gamma_C(D) = \frac{|POS_C(D)|}{|U|} \quad (2)$$

$|POS_C(D)|$ :  $POS_C(D)$ 의 원소의 개수  
 $|U|$ : 전체 집합의 원소의 개수

지식표현 시스템의 조건 속성들 중 특정 속성들이 의사결정에 있어서 다른 속성들 보다 더 중요할 수 있음은 속성의 중요도로 표현되며, C의 부분 집합 C'의 중요도는 식(3)과 같다[13, 21].

$$Sc - \gamma_C(D) - \gamma_{C-C'}(D) \quad (3)$$

$\gamma_C(D)$ : C의 D에 대한 종속성  
 $\gamma_{C-C'}(D)$ : C-C'의 D에 대한 종속성

전체 속성의 중요도에서 특정 속성의 중요도가 점유하는 비율로 표현되는 속성의 상대적 중요도는 식(4)와 같다.

$$RS_i = \frac{S_i}{\sum_{j=1}^n S_j}, \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

$RS_i$ : 속성  $i$ 의 상대적 중요도

$S_i, S_j$ : 속성  $i, j$ 의 중요도

### 3.3 재사용도 측정

세번째 단계에서는 각 컴포넌트들의 재사용도를 측정한다. 본 논문에서는 각 매트릭(측정 속성)들이 재사용 관점에 미치는 영향의 정도를 결합시키기 위해서 Sugeno의 퍼지적분을 이용한다.

Sugeno의 퍼지적분은 어떤 대상을 여러 항목에 대해서 평가되고 각 평가 항목의 중요도에 차이가 있을 때, 이 둘 각 항목에 대한 평가 값을 퍼지적도를 사용하여 종합하는 방법으로 사용될 수 있다[22].

집합  $X$ 가 유한 집합이고,  $P(X)$ 는  $X$ 의 멱집합이고, 함수  $h(x)$ 는 평가항목  $x(x \in X)$ 에 대한 평가치이고,  $E \in P(X)$ 에 대해 정의되는 퍼지척도  $g(E)$ 는 전체적인 평가에 대한 평가항목  $E$ 의 평가치에 기여하는 정도라고 할 때,  $x_i \in X(i=1,2,\dots,n)$ 에 대해서  $h(x_i) \leq h(x_{i+1})$  이고,  $E_i = \{x_k | k = i, i+1, \dots, n\}$  이면, 평가함수  $h$ 의 상대적 중요도 함수  $g$ 에 대한 임의의 컴포넌트  $C$ 의 재사용도는 다음과 같다.

$$Reusability_C = \text{Max}_{i=1}^n \text{Min}[h(x_i), g(E_i)] \quad (5)$$

## 4. 실험 및 검증

실험을 위해서, 제안된 모델을 기능중심 컴포넌트들의 재사용도 측정에 적용하고, 컴포넌트들의 재사용도를 측정하였다.

기능 중심 컴포넌트의 품질평가에는 현업에서의 연구와 실험을 통해서 품질 분류 기준들이 제시된 대표적인 규모와 논리 구조 척도들인 기존의 소프트웨어 모듈의 품질 평가 방법들 즉, McCabe의 Cyclomatic Number, Halstead의 Software Science, Lines of Code 등을 도입해도 큰 무리가 없다[10, 20].

여러 연구들[4, 6, 9, 10, 16]은 실험적인 연구를 통해서 코드의 라인수(LOC)는 50~100 범위, 복잡도(Cyc-

lomatic Number)는 10 이하, 난이도(Difficulty)는 10 이하, 프로그램 노력도(Effort)는 1,000 이하가 적합하고, 볼륨(Volume)이 크면 컴포넌트의 이해와 적용을 어렵게 하므로, 볼륨은 평균적으로 2,000~10,000의 범위가 적합하다고 제시하였다.

본 연구에서는 기존의 연구에서 제시된 기준들을 종합하여, 컴포넌트 분류 기준을 <표 1>과 같이 설정하였다.

<표 1> 재사용 컴포넌트 분류 기준

Measure \ Domain	0	1	2
LOC	$\leq 30$	$30 < \sim \leq 50$	$50 < \sim \leq 100$
Cyclomatic Number	$\leq 10$	$10 < \sim \leq 20$	$20 < \sim \leq 50$
Volume	$\leq 1000$	$1000 < \sim \leq 4000$	$4000 < \sim \leq 10000$
Difficulty	$\leq 10$	$10 < \sim \leq 25$	$25 < \sim \leq 100$
Effort	$\leq 10000$	$1000 < \sim \leq 100000$	$10000 < \sim \leq 300000$

본 실험에서, F는 재사용도를 나타내는 척도이고, 재사용도 측정 속성들의 집합을  $M = \{LOC, Cyclomatic number, Volume, Difficulty, Effort\}$ 이라 하고, <표 2>와 같은 측정값들을 갖는 18,281개의 C언어로 작성된 컴포넌트들 실험 대상으로 하여 재사용도를 측정하였다.

<표 2> 컴포넌트들의 측정값

컴포넌트	LOC	Cyc	Vol	Dif	Eff
1	56	8	926.85	33.25	30817.97
2	28	2	589.37	12.54	7390.71
3	46	4	828.17	32.88	27237.72
4	35	7	585.14	50.75	29696.34
5	39	3	887.12	18.08	16046.51
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
18,277	27	2	215.49	10.63	2292.06
18,278	22	2	449.78	2.82	1269.55
18,279	7	2	74	9	666.07
18,280	9	2	130.79	10	1307.98
18,281	21	3	261.34	18.20	4756.43

\* LOC=Lines of Code, Cyc=Cyclomatic number, Vol=Volume, Dif=Difficulty, Eff=Effort

### 4.1 재사용도 측정

각 측정 속성들의 중요도를 구하기 위해서 <표 2>의 각 컴포넌트들을 <표 1>의 분류 기준에 따라 분류

하고, 러브집합 기호에 수 기호를 덧붙인 규칙들을 제거하여 <표 3>과 같이 재사용 지식표현 시스템을 구성하였다.

<표 3> 재사용 지식표현 시스템

U	LOC	Cyc	Vol	Dif	Eff	Reuse
1	2	0	0	2	1	1
2	0	0	0	1	0	1
3	1	0	0	2	1	1
4	1	0	0	1	1	1
5	0	0	0	0	0	1
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
49	1	2	0	2	1	1
50	1	2	1	2	1	1
51	2	1	2	2	2	1
52	2	2	0	2	1	1
53	1	0	1	0	0	1

<표 3>에서 C={LOC, Cyc, Vol, Dif, Eff}이고, D={Reuse}이고, 규칙 1의 (2, 0, 0, 2, 1)는 50<LOC≤100, Cyc≤10, Vol≤1000, 25<Dif≤100, 10000<Eff≤100000을 의미하고, Reuse=1은 현재의 컴포넌트가 재사용 컴포넌트임을 의미한다.

<표 4> 각 측정 속성들의 상대적 중요도

측정 속성	상대적 중요도
Lines of code	0.23958
Cyclomatic number	0.24479
Volume	0.18229
Difficulty	0.19792
Effort	0.13542

<표 5> 컴포넌트들의 소속등급과 재사용도

컴포넌트	LOC	Cyc	Vol	Dif	Eff	재사용도
1	0.38	0.94	0.98	0.77	0.97	0.76
2	0.84	0.99	0.99	0.96	0.99	0.84
3	0.57	0.98	0.98	0.78	0.98	0.76
4	0.75	0.96	0.99	0.48	0.98	0.75
5	0.69	0.99	0.98	0.93	0.99	0.76
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
18,277	0.85	0.99	0.99	0.97	0.99	0.85
18,278	0.90	0.99	0.99	0.99	0.99	0.90
18,279	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.98

컴포넌트	LOC	Cyc	Vol	Dif	Eff	재사용도
18,280	0.98	0.99	0.99	0.98	0.99	0.98
18,281	0.91	0.99	0.99	0.93	0.99	0.91

<표 3>의 재사용 지식 표현 시스템에 식(2)~(4)를 적용하여 측정된 각 측정 속성들의 상대적 중요도는 <표 4>와 같다.

<표 2>의 컴포넌트들에 식(1)을 적용한 퍼지 소속 등급과 식(5)를 적용한 재사용도 측정값들은 <표 5>와 같다. <표 1>에서 제시된 분류 기준에 대한 퍼지 소속등급과 재사용도 측정값은 <표 6>과 같다.

<표 6> 분류기준에 대한 재사용도

분류기준	LOC	Cyc	Vol	Dif	Eff	재사용도
0	0.82	0.92	0.98	0.98	0.99	0.82
1	0.50	0.68	0.68	0.87	0.77	0.68
2	0	0	0	0	0	0

<표 2>의 컴포넌트 1에 대한 재사용도 측정은 다음과 같다. 각 측정 속성들의 집합 M의 상대적 중요도가 <표 4>와 같고, 컴포넌트 1의 측정값이 (56, 8, 926.85, 33.25, 30817.97)이면, 식(1)을 적용한 컴포넌트 A의 소속 등급은 {0.38, 0.94, 0.98, 0.77, 0.97}이다. 이때, 식(5)를 적용하면 컴포넌트 1의 재사용도는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & h_A(\{Loc\}) \wedge g(\{LOC, Dif, Cyc, Eff, Vol\}) \\
 \vee & h_A(\{Dif\}) \wedge g(\{Dif, Cyc, Eff, Vol\}) \\
 \vee & h_A(\{Cyc\}) \wedge g(\{Cyc, Eff, Vol\}) \\
 \vee & h_A(\{Eff\}) \wedge g(\{Eff, Vol\}) \\
 \vee & h_A(\{Vol\}) \wedge g(\{Vol\}) \\
 = & (0.38 \wedge 1) \vee (0.77 \wedge 0.76422) \vee (0.94 \wedge \\
 & 0.56250) \vee (0.97 \wedge 0.31771) \vee (0.98 \wedge 0.18229) \\
 = & 0.76
 \end{aligned}$$

4.2 검증

Zuse[6]는 “척도의 검증의 문제는 경험적 관계이고 특히 경험적 관계의 의미이다”라고 전제하고, 소프트웨어 척도의 검증을 위해서 척도가 어떤 형태의 scale을 전제하는가를 결정하는 방법을 보여준다.

Schneidewind[11]는 통계적 분석을 통해서 척도가 전제하고 있는 scale을 가짐을 보여줄 수 있다고 하였다.

Kitchenham[2]은 예측 모델을 검증하는 것은 척도를 검증하는 것과 다르지만, 기초적인 통계 기법들은 속성들 간의 관계를 연구하기 위해 사용될 수 있으며,

1)관계의 원인이 된 속성의 변화에 따른 측정 속성에서의 기대된 변화가 관찰되고, 2)관계를 측정하는 방법이 관계 자체를 변화시키지 않고, 3)예측 능력을 평가하기 위해서 교차 검증(cross-validation)을 사용하여 동일한 결과가 나타나면 경험적 실험 관찰에 의한 통계적 검증은 타당하다고 하였다.

본 연구에서는 Schneidewind의 통계적 방법을 기초로 하여 제안된 재사용도 측정이 scale 속성을 전제함을 보여준다.

4.2.1 분류의 적합성

척도 M을 F의 간접척도로 사용할 수 있을 만큼 M이 충분한 구분력(discriminative power)을 가지고 있음을 평가하기 위해서, 컴포넌트들의 표본 샘플과 적절한 통계적 방법인 chi-square 분할표를 사용할 수 있다[11].

본 연구에서는 분류 기준의 적합성을 검증하기 위해서 각 측정 속성들에 대한 분할표(contingency table)를 <표 7>의 예와 같이 구성하였다.

<표 7> LOC의 분할표

재사용도	LOC			합 계
	≤30	30~50	≤100	
높다	11292	0	0	11292
보통	272	3514	1225	5011
낮다	0	291	1687	1978
합계	11564	3805	2912	18281

<표 8>과 같이, 각 측정 속성들에 대한  $\chi^2$  (chi-square)값은 임계치( $\beta_{0.01}=13.28$ ) 보다 매우 높게 나타났고, 샘플에서 유의수준은 매우 낮았다.

<표 8> 측정 속성들의 chi-square

측정 속성	$\chi^2$
Lines of code	22550.88
Cyclomatic number	6547.54
Volume	9843.99
Difficulty	11126.34
Effort	16267.63

결국, <표 1>에서 주어진 분류 기준들은 재사용도의 구분에 유효하다고 할 수 있고, <표 6>의 분류 기준들에 대한 재사용도 측정값을 사용하여 재사용도가

높음( $F > 0.82$ ), 보통( $0.68 \leq F < 0.82$ ), 낮음( $F < 0.68$ )을 구분할 수 있다.

4.2.2 재사용도 측정과 ordinal scale

척도 F가 ordinal scale을 전제한다면, 컴포넌트들 간에 “equal or easier than” 관계가 성립한다고 할 수 있다[6]. 척도 F가 ordinal scale을 갖기 위해서는 분산 분석에서의 M과 F의 순위 상관관계 계수(rank correlation coefficient) r이 명시된 임계치(specified threshold)를 초과해야 한다[11]. 즉,

$$r > \beta_c \tag{8}$$

$\beta_c$ : c에 의해 명시된 임계치

순위 상관관계가 표본 샘플들에 대해서 설명되고, r이 0.7이상이면, 컴포넌트들이 상대적 재사용도에 있어서 얼마나 다른가를 평가하기 위해서 M을 F의 간접척도로 사용할 수 있다[11].

재사용도 측정이 ordinal scale을 전제함을 보여주기 위해서 <표 5>에 각 컴포넌트들의 순위(rank)를 부여하여 순위 상관관계 계수를 구하였다. 표본 샘플에서 유의수준 0.01일 때,  $r=0.9999$  였다. 즉, 수용 가능한 유의수준에서 F와 M 사이에는 유효한 순위 관계가 성립되므로, 척도 F는 ordinal scale을 전제한다고 할 수 있다. 그러므로, <표 5>에서 모듈 2가 모듈 1보다 재사용도가 높다고 평가할 수 있다.

4.2.3 재사용도 측정과 ratio scale

F가 ratio scale에 따르면, 비율을 계산하고 비교할 수 있다[6]. 척도 F가 ratio scale을 갖기 위해서는 M과 F간의 Test for Predictability가 명시된 임계치를 초과해야 한다[10, 17]. 즉,

$$Test\ for\ Predictability > \beta_p \tag{12}$$

$\beta_p$ : p에 의해 명시된 임계치

M과 F간의 관계 f가 통계적 방법인 회귀분석을 통해서 식별될 수 있으면, M에서 F를 예측하기 위해서 F의 예측자로서 동일한 f를 사용할 수 있다. 즉 ordinal scale로 사용할 수 있다[11].

표본 샘플인 <표 5>에 대한 중회귀분석(multiple linear regression analysis) 결과, 선형회귀 모형 f(M)은 유의

수준 0.01에서 유의하고, (FAD)의 예측 가능성 결성계수가  $R^2 = 0.9999$ 로서  $B_{0.01}(-0.99)$ 보다 큰 것으로 나타났다. 임계치 이상으로 F의 값을 정확히 예측할 수 있으므로 척도 F가 ratio scale에 따름을 알 수 있다. 그러므로 F를 컴포넌트들 간의 재사용도의 차이를 비교 평가하기 위해서 사용할 수 있다.

### 4.3 실험결과

기존의 재사용성 측정에 관한 연구들과 비교하였을 때, 제안된 모델은 재사용 컴포넌트들에서 추출된 정보에 근거하여 컴포넌트의 재사용도를 측정하므로 첫째, 측정 인자들과 컴포넌트들의 삽입과 삭제가 쉽다. 측정인자의 삽입이 발생한 경우, 측정 인자의 분류 기준이 주어지면 전체 지식표현 시스템과 재사용 평가를 위한 퍼지 소속함수가 자동으로 생성되며, 추가된 매트릭을 포함한 재사용도가 측정될 수 있다. 둘째, 정량화된 측정값들이 각 측정 속성들의 측정값의 분포에 대응하였다. 즉, 측정의 정성적 형태인 경험적 관계를 정량적인 형태인 경험적 관계의 의미로 변환하는데 문제가 없음을 알 수 있었다. 셋째, 본 연구에서는 러프 집합을 이용하여 재사용 결정에 미치는 각 측정인자들의 객관적인 중요도를 산출하였다. 넷째, 산출된 측정값들이 측정이론에서 다루어지는 ordinal과 ratio scale에 따름으로 사용자는 객관적인 평가 자료를 통해서 각 컴포넌트의 재사용도를 비교 평가할 수 있다. 다섯째, 제안한 모델은 어떤 가정된 지식에 기반하는 것이 아니라 현업에서 실험과 연구를 통해 타당함이 인정된 컴포넌트들에 관한 지식에 근거하여 재사용도를 측정함으로써 판단지식의 정확성에 관한 문제를 어느 정도 완화한다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 기존의 재사용도 측정들의 문제점을 해결하기 위해서 퍼지와 러프집합을 이용한 재사용도 측정 모델을 제안하였다. 제안된 모델은 어떤 가정된 지식이 없이 재사용 컴포넌트에서 추출된 정보에 근거하여 매트릭스들의 중요도를 산출하여 컴포넌트의 재사용도를 측정한다.

본 연구에서 제안한 측정은 현업에 쉽게 응용할 수 있고, 현업에서의 분류 기준들에 대한 변경 요구를 쉽

게 수용할 수 있다면 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 즉, 새로운 측정 인자의 삽입시 분류기준이 제시되지 않으면 적절한 분류 기준을 찾기 위해서 많은 연산이 이루어져야 한다.

앞으로 목적에 적합한 측정 인자들을 선택하는 방법에 관한 연구가 계속되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] A. Balog, R. Trifu and A. Raduta, "Quality Evaluation of Public Administration Software Products : A Practical Study," *The 5th European Conference on Software Quality*, pp.276-285, 1996.
- [2] Barbara Kitchenham, et. al., "Towards a Framework for Software Measurement Validation," *IEEE Transactions On Software Engineering*, Vol.21, No.12, pp.929-944, Dec., 1995.
- [3] B.A. Burton, et. al. "The Reusable Software Library," *Software Reuse : Emerging Technology*, IEEE CS Press, pp.129-137, 1990.
- [4] Caldiera, G. and V.R. Basili, "Identifying and Qualifying Reusable Software Components," *IEEE Computer*, Vol.24, No.2, pp.61-70, Feb., 1991.
- [5] Hafedh Mili, Fatma Mili, Ali Mili, "Reusing Software : Issues and Research Direction," *IEEE Transactions On Software Engineering*, Vol.21, No.6, pp.528-562, June, 1992.
- [6] Horst Zuse, 'Software Complexity-Measures and Methods,' Walter de Gruyter, Berlin · New York, 1991.
- [7] Judith Barnard, "A New Reusability Metric for Object Oriented Software," *Software Quality Journal*, Vol.7, No.1, pp.35-50, 1998.
- [8] Lesiie J. Waguespack and Sunil Baldani. "Software Complexity Assessment : An Introduction and Annotated Bibliography," *ACM SIGSOFT. Software Eng. Notes*, Vol.12, No.4, pp.52, Oct., 1987.
- [9] Lewis John, Henry Salie, "A Methodology for Integrating Maintainability Using Software Metrics," *Proceedings : Conference on Software Maintenance*, Miami, Florida, IEEE, pp.32-39, 1989.
- [10] Lowell J. Arthur, "Measuring Programmer Pro-

ductivity and Software Quality.” John Wiley & Sons, New York, 1985.

- [11] Norman F. Schneidewind, “Methodology For Validating Software Metrics,” *IEEE Transactions On Software Engineering*, Vol.18, No.5, pp.410-422, May, 1992.
- [12] Pawlak Z., “Rough sets,” *International Journal of Computer and Information Sciences*, Vol.11, pp.341-356, 1982.
- [13] Pawlak Z., ‘*Rough Sets-Theoretical Aspects of Reasoning about Data*,’ Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991.
- [14] R.Prieto-Diaz, P.Freeman, “A Software Classification Scheme Reliability,” *Tutorial : Software Reusability*, ed. P. Freeman, IEEE Press, pp.106-116, 1987.
- [15] Rogers S.Pressman, ‘*Software engineering : A Practitioner’s approach*,’ McGraw-Hill Book Company : NewYork, 1987.
- [16] Szentes J., Gras j., “Some Practical Views of Software-Complexity metrics and a Universal Measurement Tool”, *First Australian Software Engineering Conference*, Canberra, pp.14-16, May, 1986.
- [17] Taghi M. Khoshgoftaar, “Predictive Modeling Techniques of Software Quality from Software Measures”, *IEEE Transactions On Software Engineering*, Vol.18, No.11, pp.979-987, Nov., 1992.
- [18] Warren Harrison et.al, “Applying Software Complexity Metric to Program Maintenance”, *Computer Journal*, Vol.15, pp.65-79, Sep., 1982.
- [19] 권기현, 이경환, “학습알고리즘을 이용한 재사용 의사결정 지원”, *한국정보과학회지*, 제21권, 제12호, pp.2235-2242, 1994.
- [20] 이경환, 「소프트웨어 재이용을 위한 연구」, 연구보고서, 과학기술처, BSN20840, 1990.
- [21] 이성주, 정환묵, 최완규, ‘*러프 집합과 응용*,’ 조선대학교출판국, 1998.
- [22] 이형광, 오길록, ‘*퍼지이론 및 응용*,’ 홍릉과학출판사, 1991.



### 김혜경

e-mail : hkkim@stmail.chosun.ac.kr  
 1993년 조선대학교 전산통계학과 졸업(학사)  
 1998년 조선대학교 전자계산학과 졸업(석사)  
 1999년~현재 조선대학교 대학원 전자계산학과 박사과정  
 관심분야 : 소프트웨어 공학, 객체지향시스템, 퍼지집합, 러프집합



### 최완규

e-mail : ykchoi@mina.chosun.ac.kr  
 1988년 서울대학교 종교학과(학사)  
 1992년~1993년 (주)공성통신 전산실  
 1993년~1995년 한양시스템 전산실  
 1997년 조선대학교 전자계산학과(석사)  
 1997년~현재 조선대학교 전자계산학과 박사과정  
 관심분야 : 소프트웨어 공학, 프로그래밍 언어, 객체지향 시스템, 러프집합



### 이성주

e-mail : sjlee@chosun.ac.kr  
 1970년 한남대학교 물리학과(학사)  
 1992년 광운대학교 전자계산학과(이학 석사)  
 1998년 2월 대구 효성카톨릭대학교(이학박사)  
 1988년~1990년 조선대학교 전자계산소 부소장  
 1995년~1997년 조선대학교 정보과학대학장  
 1981년~현재 조선대학교 전자계산학과 교수  
 관심분야 : 소프트웨어 공학, 프로그래밍 언어, 객체지향 시스템, 러프집합