'96 춘계학술발표회 논문집
한국원자력학회

원전 소프트웨어 개발을 위한 CASE 도구 평가 및 선정 방법론에 대한 고찰

장 귀숙,서 용석,강 순주,박 희윤,구 인수
한국원자력연구소

요 약

원전 디지털컴퓨터기반 계측제어계통에서는 고신뢰도의 소프트웨어 개발 환경 구축이 현안 사항으로 부각되고 있다. CASE(Computer Aided Software Engineering)는 소프트웨어의 생산성과 신뢰성 문제를 해결할 수 있는 소프트웨어 개발 지원 도구이다. 그러나 CASE를 원전에 적용하기 위해서는 먼저 상품화된 많은 CASE 도구 가운데 원전 소프트웨어 개발 특성에 맞는 것을 선정하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 원전 소프트웨어의 특성을 고찰하여 평가 기준을 설정하고, IEEE 표준 P1209를 바탕으로 기존의 여러 평가 방법론을 통합한 종합적인 평가 과정을 수행한 후 AHP(Analytic Hierarchy Process) 선정 방법론을 원전 소프트웨어 특성에 가장 적합하게 구체화하여 원전 소프트웨어 개발을 위한 CASE 도구를 선정하는 방법론을 제시하였다.

1. 서론

디지털컴퓨터기반 계측제어계통은 소프트웨어의 프로그래밍 오류가 하드웨어로써 달성된 다중성을 파기할 수 있으므로 소프트웨어의 품질 확보를 중요한 현안으로 삼고 있다.[1] EPRI(Electric Power Research Institute)는 소프트웨어의 고품질을 유지하기 위해서 소프트웨어 개발, 이용 및 운전에 체계적인 접근방식을 제공하는 소프트웨어 개발 수명 주기(Software Development Life Cycle)별 품질 보증 계획을 수립해야 한다고 명시하고 있다. 그리고 그 계획에 있어서 중요한 것은 소프트웨어개발공정을 통해서 수행되어야 할 품질보증 활동들이며, 대략적으로 8단계, 즉 계획, 요건, 설계, 이행, 통합, 검증, 설치 그리고 운전 및 보수 등으로 세분화하고 있다. 또한 각 품질 보증 활동 단계마다 소프트웨어 및 하드웨어를 감시하고 시험하는 방법들을 정의해야 하며, 이를 위해서는 소프트웨어 설계 보조물 및 도구(Tool)을 이용할 것을 기술하고 있다. 또한 원전 소프트웨어가 구조적 기법에 의한 하향식(Top-down) 설계방식을 이용하여 개발될 것을 기술하였고, 널리 사용되고 실증된 Yourdon 방식을 이용하여 소프트웨어 분석 및 설계가 이루어질 것을 추천하였다.[1] CASE는 소프트웨어 생명 주기 전 단계에서 가용되는 개발 도구나 개발 방법론들을 상호 연결하여 고신뢰도 소프트웨어 개발 환경의 구축을 가능하게 하여, 소프트웨어 개발의 전 단계 지원 및 부분적인 자동화기능으로 소프트웨어의 생산성과 신뢰성 문제를 해결할 수 있는 소프트웨어 개발 지원 도구이다. 현재 많은 상업용 CASE 도구가 출시되고 있으나 각각의 제품 제작자들조차 자사의 도구가 소프트웨어 개발 환경에 얼마만큼 효율적으로 도움을 줄 수 있는지에 대한 정량적이며 객관적인 근거를 제시하지 못하고 있다.[2] 그러므로 고신뢰도가 요구되는 원전 소프트웨어의 설계에 적합한 CASE 도구를 선정하기 위해서는 상업용 CASE 도구의 선정 방법론 개발이 필수적이다. 이에 따라 본 논문에서는 원전의 고신뢰도 소프트웨어 개발을 위해 이용될 CASE 도구 선정 방법론을 제시하고자 한다.

2. CASE 도구 선정 방법론 연구

CASE도구 평가 및 선정의 일반적인 기준으로 사용할 수 있는 IEEE 표준 P1209는 그림1과 같이 평가 과정(Evaluation Process)과 선정 과정(Selection Process) 사이의 관계를 묘사하는 모델(Model)을 제시

하고 있다.[3] 평가 과정(Evaluation Process)은 평가 업무를 정의하고, 평가 기준(Evaluation Criteria)을 설정하여, 여러 CASE 도구가 이 기준을 만족하는 지를 확인하여 결과를 0 - 5의 범위 또는 0, 1의 값을 가지는 등급으로 산출하여 평가한다. 선정 과정(Selection Process)은 선정 업무를 정의하고, 선정 기준(Selection Criteria)을 설정하고, 상대적인 중요도를 따져서 기준에 가중치(Numerical Weight)를 부여한 후, 앞서 수행한 평가결과에 선택 기준의 가중치를 적용하여 CASE 도구를 결정하고, 결과에 대한 위험도를 분석하여 보고서 형태로 제시되어야 함을 명시하고 있다.

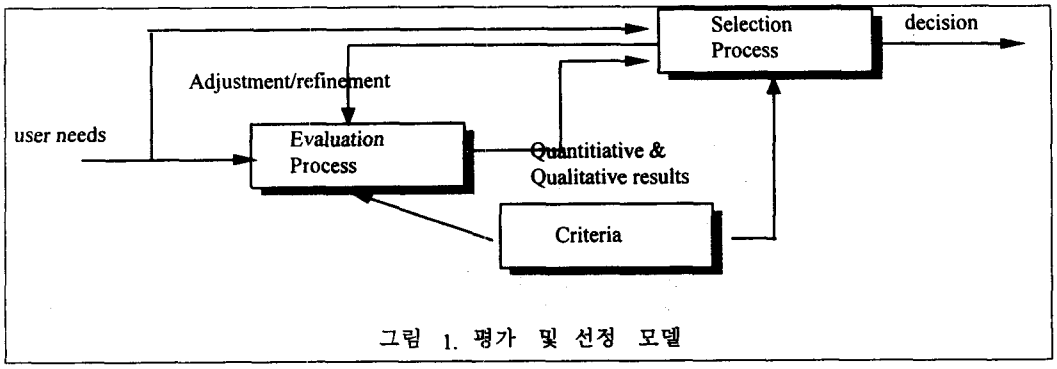

그림 1. 평가 및 선정 모델

CASE 도구 선정 및 평가에 대한 연구로서는 Troy가 CASE 기능을 중심으로 평가한 방법[4], Gibson이 제시한 22항목의 선정 고려요인을 중심으로 분석한 방법[5], Zucconi가 미에너지성의 용역으로 개발한 일반적인 기종 선정 방법에 CASE의 특성을 첨가한 6단계 선정 방법[6], Saaty에 의해 개발된 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 이용한 CASE 평가 및 선정 방법[7]등이 있다.

본 논문에서는 원전 소프트웨어 특성을 고찰하여 평가 기준을 설정하고, IEEE 표준 P1209를 바탕으로 위 4가지 선정 평가 방법을 통합하여 평가 과정을 수행하고, AHP(Analytic Hierarchy Process)방법론을 원전 소프트웨어 특성에 적합하게 구체화하는 CASE 도구 선정 방법론을 그림 2와 같이 제시한다.

3. 원전 소프트웨어 개발에 적합한 CASE 도구 평가 및 선정 방법론

3.1 원전 소프트웨어의 특성

NRC 및 EPRI 등에서는 기존의 규제 요건에 개량형 원전 소프트웨어 설계에 대한 신규 요건을 추가하여 요건을 개발하고 있다. 그 중 현재 EPRI에서 연구되고 있는 개량형 원자력 발전소에 대한 주요 소프트웨어 설계기본 요건은 다음과 같다.[1]

- o 소프트웨어 개발 주기 각 단계별 소프트웨어 확인 및 검증 계획 수립
- o 어떤 고장발생시에도 영향이 최소화할 수 있도록 모듈화 설계방식 적용
- o 심층방호측면에서 다양성 및 다중성 확보
- o 비 인가자의 소프트웨어의 변경이 불가능하도록 보안대책을 설계에 반영
- o 구조적 기법에 의한 하향식(Top-down) 설계방식을 적용
- o Yourdon 방식을 이용한 소프트웨어 분석 및 설계 추천
- o 소프트웨어 이식성 고려 및 상위버전과의 호환성 유지
- o 소프트웨어 설계 단계에서 심각한 가정 및 위반사항의 명백한 확인
- o 지원도구 사용의 최적화
- o 확인 및 검증 가능한 소프트웨어 작성

위 설계기본 요건들은 디지털컴퓨터기반 계통 소프트웨어의 중요한 특징이며, CASE 도구 선정에 절대적으로 필요한 기준이 된다. 또한 원전 소프트웨어는 제안한 시간 내에 처리결과를 응답해야만 하는 실시간 응답 요건(Real-Time Response)을 만족해야 하기 때문에 선정될 CASE도구는 실시간 동작 상태를 분석단계의 명세서(Specification)에 표현 가능해야 한다.

3.2 선정 수행 업무 정의(Selection Task Definition Statement)

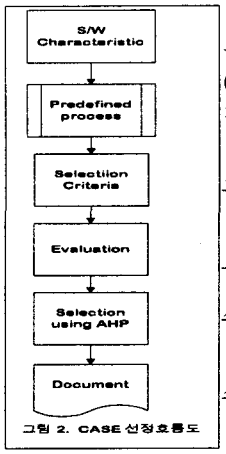

그림 2. CASE 선정흐름도

CASE 도구 평가 및 선정을 위해서 먼저 앞 절에서 정의된 원전 소프트웨어 특성을 기반으로 CASE 도구 사용의 목적(Objective), 범위(Scope), 가정(Assumptions), 그리고 제약조건(Constraints)을 세부 항목으로 하는 선정 수행 업무 정의를 수행한다. 각 항목에 대한 예는 아래와 같다.

목적 1. 고신뢰도의 소프트웨어를 개발하기 위해서는 원전의 특성에 맞는 CASE 도구를 사용하여야 한다.
2. …
범위 1. 소프트웨어 개발 단계별 소프트웨어 확인 및 검증 계획을 확립해야 한다.
2. …
가정 1. Yourdon방법론(구조화된 하향식 다이어그래밍 기술)을 지원하는 CASE 도구 이여야 한다.
2. …
제약 1. Real -Time Respond 분석을 지원하는 도구이어야 한다.
2. 개방형 시스템 환경을 지원해야 한다.
3. …

3.3 선택 기준 설정(Selecting Criteria)

원전 소프트웨어 개발에 필요한 CASE도구 평가를 위한 기준 설정은 아래와 같이 진행된다. 첫째, 평가자가 3.1절에서 기술한 원전 소프트웨어의 특성을 고려하여 IEEE P1209 표준에서 정의한 기준, Michaell Gibson이 제시한 22항목의 선정 고려요인, 소프트웨어 공학에서 언급하는 CASE선정의 일반적인 기준을 고려해서 CASE 도구 선택 기준(Criteria)을 도출하여 표 1에서 처럼 비슷한 성격의 기준끼리 그룹화 한다. 그 내용을 살펴보면 크게 CASE도구의 기능 측면, 지원 방법론, 하드웨어 및 소프트웨어 요구 사항들의 만족도, 개방형 시스템 환경 지원 여부, 공급업체에 관한 조건들로 구성된다. 둘째, 기준 각각에 대한 상대적 가중치를 설정한다. 가중치는 IEEE P1209에서 제안한 내용을 근거로 하는 수치 등급으로서 1= 꼭 필요하지 않지만 도구의 유연성에 영향을 미치는 기준, 2= 필요한 기준, 3= 절대적으로 필요한 기준으로 정의된다. "3"의 가중치를 가지는 선택 기준의 개수는 총 기준 개수의 30%를 넘지 않게 설정한다. 앞 절에서 살펴본 원전 소프트웨어 특성에 해당되는 기준들은 절대적으로 필요한 기준이 된다. "안전성이 중요시되는 분야에 적용된 경험"과 같은 기준도 원전의 도구 선정의 중요한 요소가 된다. 셋째, 기준 및 가중치의 객관적인 확인 및 근거 확보를 위해 표 1를 소프트웨어 공학 전문가 및 원전 시스템의 각 분야별 전문가에게 설문조사를 통해 검증을 받아 기준의 삭제/추가 및 기준의 상대적인 가중치를 확정한다.

3.4 평가 (Evaluation)

평가 기준이 설정되면 여러 후보 CASE에 대한 정보를 수집하고, 데모 버젼을 구하거나 공급업체에 질의서를 발송한다. 또한 공급업체로부터 데모를 요청하거나 보기로 삼을 수 있는 사용처를 방문하는 등 일련의 과정으로 이루어진다. 이렇게 조사된 CASE 도구를 선정 후보로 삼아 앞 절에서 기술한 선택 기준을 적용시켜 기준 만족도(Degree of Desirability)를 결정한다. 기준 만족도는 IEEE P1209에서 제안한 내용

을 근거로 하여 0에서 3의 범위를 가지는 수치로 등급을 매기며, 0=지원 불가, 1=일부 지원, 2=지원, 3=아주 만족하게 지원으로 구분된다. 만족도 결정의 객관적인 근거를 위해서는 CASE 공급 업체가 제공하는 각 CASE 상품에 대한 기준 만족도를 기반으로 소프트웨어 공학 전문가, CASE 도구 사용 경험이 많은 사람들이 일관성 있는 평가 기준을 가지고 필요하면 외부 컨설턴트의 도움을 받아서 독립적으로 평가 및 검토를 해야 한다. 그래서 3.3절에서 정의된 절대적으로 필요한 기준을 만족하지 못하는 CASE도구를 일차적으로 제거하고, 각 기준의 기준 만족도와 기준의 상대적 가중치를 곱한 결과치들의 합이 가장 높은 2-3개의 CASE도구를 가려내서 다음 절에서 기술할 AHP을 거친다. (표1. 참고)

표 1. 기준 리스트

기 준	가중치 (1-3)	만족도(0-3)				평가결과 (가중치 * 만족도)			
		Tool A	Tool B	Tool C	...	Tool A	Tool B	Tool C	...
전반적인 불 기능									
- 개방형 구조 지원	2								
- 소프트웨어 개발 생명주기 전체 지원	3								
- 도식도 지원(Modeling Feature)	2								
- 분석 지원	2								
- Prototyping 생성 지원	2								
- 코드 생성	2								
- 역공학 지원	2								
- 그래픽 지원	2								
- 오류 체크(syntax check)	2								
- Version Control	3								
Yourdon방법론 지원	3								
툴 안전성	2								
비용	2								
다른 소프트웨어와의 접속성	2								
개방형 시스템 환경 지원	2								
사용의 용이성	2								
도큐성	3								
하드웨어 및 소프트웨어 요구 사항 만족도	2								
문서화	2								
정보저장소 접속성	1								
툴공급업체의 안전성									
- 명성	2								
- 재정적 안정	2								
- 기술 지원	2								
- 교육	2								
안전성이 중요시되는 분야에 적용된 예	3								
실시간 시스템 분석 지원	3								
유지보수성	3								
합 계	60								

3.5 AHP(Analytic Hierarchy Process)을 이용한 CASE도구 선정

AHP는 다수의 기준을 포함해서 복합적인 결정을 해야 하는 경우를 위해 Saaty가 개발한 선정 방법론이다. [8] AHP 방법론은 복합적인 선택과정이 포함되어 있는 영역에서 많이 적용되어 왔으며 CASE 도구 선택에 가장 적합한 방법론이라고 알려져 왔다. 또한 이 방법론은 복잡한 기준을 단순화된 계층 구조로 변환시켜 각각을 서로 비교함으로써 도구의 순위를 결정하기에 사용이 편리해서 다수의 의사 결정(Decision Making) 분야에 적용되어 왔다. 우선 3.3절에서 정의한 CASE 도구 선정에 절대적으로 필요한 기준과 3.4절에서 평가된 2-3개의 선정 후보 도구를 가지고 AHP의 각 단계를 거치면서 각 CASE 도구에 순위를 부여함으로써 객관적인 결과치를 얻을 수 있다.

Step 1: AHP 계층 구축

3.3절에서 정의한 CASE도구 선정에 절대적으로 필요한 기준과 3.4절에서 평가한 결과인 2-3개의 툴을 가지고 그림 3과 같은 AHP계층 구조를 만든다. 계층 구조의 레벨 1인 최종 목적은 원전 소프트웨어 개발에 적합한 CASE 도구 선정이고, 레벨 2는 목표 달성에 가장 영향을 미치는 세부 기준들로 기술되

어야 하고, 레벨 3은 선정 작업을 수행하게 될 후보 CASE 도구들이다. 그리고 레벨 2에 해당되는 각 기준간의 상대적 중요도 비교와 레벨 3에 해당되는 각 기준에 대한 도구들의 만족도 비교는 CASE도구 사용자들, 소프트웨어 공학 전문가 및 원전 시스템의 각 분야별 전문가들에게 아래와 같은 설문 형태로 검토를 받아 미리 정의되어 있어야 한다. 설문지 형태는 아래와 같다.

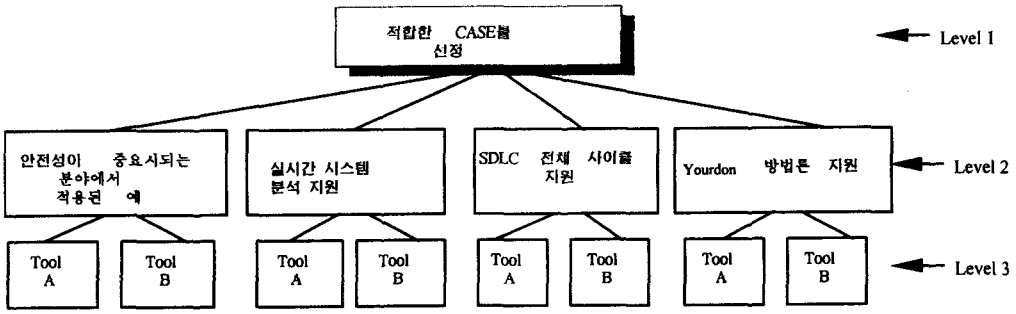

그림 3. 선정 기준 계층도

(1: 안전성 중심 영역 적용 2:실시간 시스템 지원 3: SDLC 전체 사이클 지원 4: Yourdon 방법론 지원)

설문지의 예

o **각 기준간의 상대적 중요도 비교**

1) CASE 도구 선정 시 "Yourdon 방법론 지원"기준은 "실시간시스템 분석 지원" _____.
___ 만큼 중요하다 ___ 보다 더 중요하다 ___ 훨씬 더 많이 중요하다.
2) 또 역으로도 질의한다.
3) 결과 예: **4>3>2>1**

o **각 기준에 대한 후보 도구들의 만족도 비교**

1) Yourdon방법론 지원을 고려할 때 Tool A는 Tool B _____ .
____ 같다 ____ 보다 낫다 ____ 훨씬 낫다
2) 또 역으로도 질의한다.
3) 결과 예: **Tool A > Tool B**

Step 2: 비교

A. 기준들끼리 비교한 결과를 배열로 만든다. 이때 왼쪽에서 오른쪽으로의 대각선은 기본값이 1이고, 대각선 위의 값은 각 기준들의 상호간의 중요도를 비교하여 산정된 값이고, 대각선 아래의 값들은 먼저 비교한 결과 값의 반비례 값이다.

적합한 도구선정	안전성 중심영역적용	실시간시스템지원	SDLC지원	Yourdon지원
안전성 중심영역적용	1	1/2	1/3	1/4
실시간시스템지원	2	1	1/2	1/3
SDLC지원	3	2	1	1/2
Yourdon지원	4	3	2	1

B. 레벨 2의 기준에 대한 2개의 CASE도구들 사이의 만족도를 비교한다. 결과배열 작성 방법은 상기와 동일하다.

안전성 중심영역적용	Tool A	Tool B
Tool A	1	4
Tool B	1/4	1

실시간시스템지원	Tool A	Tool B
Tool A	1	1/4
Tool B	4	1

위와 같은 방법으로 다른 기준에 대해서도 계산한다

Step 3: 기준/선정후보 CASE 도구의 우선 순위 결정

A. 각 배열을 정규화한다 : 배열의 칼럼을 더하고, 각 기준에 대한 비교 값을 나눈다.

1) 기준에 대한 정규화

안전성 중심 영역 적용/안전성 중심 영역 적용= 1 / (1+2+3+4) =.1

실시간시스템 지원/안전성 중심 영역 적용= 2 / (1+2+3+4) = .2

위와 같은 방법으로 다른 기준에 대해서도 계산한다.

적합한 도구선정	안전성 중심영역적용	실시간시스템지원	SDLC지원	Yourdon지원
안전성 중심영역적용	.1	.08	.09	.12
실시간시스템지원	.2	.15	.13	.16
SDLC지원	.3	.31	.26	.24
Yourdon지원	.4	.46	.52	.48

2) 각 기준에 대한 후보 도구에 대한 정규화

안전성 중심영역적용	Tool A	Tool B
Tool A	.8	.8
Tool B	.2	.2

실시간시스템지원	Tool A	Tool B
Tool A	.2	.2
Tool B	.8	.8

위와 같은 방법으로 다른 기준에 대해서도 계산한다

B. 기준/선정후보 CASE도구의 우선 순위

1) 각 기준의 우선 순위 벡터 계산을 아래와 같은 방법으로 계산한다.

안전성 중심 영역 적용=(.1+.8+.9+1.2)/4= .39 실시간시스템 지원=(.2+.15+.13+.16)/4= .64

SDLC지원=(.3+.31+.26+.24)/4= 1.11 Yourdon지원=(.4+.46+.52+.48)/4= 1.86

2) 각 기준에 대한 후보 도구의 우선 순위 벡터

안전성 중심 영역 적용: Tool A = .8 Tool B = .2

실시간시스템 지원: Tool A = .2 Tool B = .8

SDLC지원: Tool A = .8 Tool B = .2

Yourdon지원: Tool A = .8 Tool B = .2

Step 4: CASE 도구 점수 계산

A. 각 기준 별로 후보 도구의 우선 순위 벡터를 곱한다.

Tool A*안전성 중심영역적용= .8 *.39= .31 Tool B*안전성 중심영역적용= .2*.39= .08

Tool A*실시간시스템지원= .2*.64= .13 Tool B*실시간시스템지원= .8*.64= .51

다음 기준에 대해서도 똑같은 방법으로 계산한다.

B. 도구 우선 순위 벡터를 합한다.

Tool A (Total) = .31+.13+.89+1.49= 2.82

Tool B (Total) = .08+.51+.22+.37= 1.18

C. 도구의 순위를 결정한다.

4. 고찰 및 결론

본 논문에서는 원전 소프트웨어 개발에 필수적인 고신뢰도 소프트웨어 개발 환경 구축에 적합한 CASE 도구를 선정하고 평가하는 방법론을 제시하였다. 이 방법론의 장점은 원전 소프트웨어의 특성을 고려한 선정 기준을 적용함으로써 원전에 적합한 CASE 도구를 선정할 수 있으며, 또한 기존의 여러 방법론을 분석하여 각 장점들을 통합함으로써 종합적인 평가가 가능하며, AHP방법론을 원전 소프트웨어 특성에 맞게 구체화하여 적용함으로써 객관적인 선정 근거 제시가 가능하다는 점이다. 그리고 복잡한 구조의 문제를 단순화된 계층구조로 바꾸어 편리하게 후보 도구의 순위를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 각 상업용 CASE 도구는 저마다 다양한 특징을 갖고 있으나 이 방법론에서는 하나의 복합체로 묶어버려서 세부적인 특징을 간과할 수 있고, 일관성 있는 비교 결과치를 얻기 위해서 평가자들에게 획일적인 기준이 제공되어야 한다는 것이 어렵다.

앞으로 좀 더 객관적인 결과를 도출하기 위해서는 IEEE 표준 P1209에서 제시하는 CASE 도구 선정 결과에 대한 위험도 분석이 또한 이루어져야 할 것이다. 그리고 본 논문에서 제시한 CASE도구 선정 방법론을 바탕으로 평가 시스템(Evaluation System)을 구현한다면 CASE 도구 선정뿐만이 아니라 기기 선정의 자동화에 기여할 수 있을 것이라고 판단된다.

[참고 문헌]

[1] Reactor Utility Requirements Document", Vol II, Ch.10, Dec.1992.

[2] Iris Vessey, Sirkka L. Jarvenpaa, "Evaluation of Vendor Products: CASE Tools as Methodology Companions", Communcation of the ACM, Vol.35, No.4, April 199[1] EPRI, "Advanced Light Water

[3] Lackner, M.F. "Help may be on the way, IEEE Standard P1209: The Recommended Practice for the Evaluatiopn and Selection of CASE Tools", 1991

[4] Doublas A. Troy, "An Evaluation of CASE Tools," CONAC/IEEE COM. SOC., COMP. Software & Applicaions Conf., 10th-11th, 1986-87, pp. 124-130

[5] Michael L. Gibson, " A Guide to Selecting CASE tools" Datamation, Vol.34, Mo.13, July 1.1998, pp. 65-66

[6] Lin Zucconi, "Selecting a CASE Tool," Software Engineering Notes, Vol. 14, No. 2, April 1989, pp . 43-44, ACM

[7] Green, P.L and Andreae, P.V , "CASE Tool Evaluation System", 1989

[8] Clive Finkelstein, "An Introduction Planning to Information Engineering", Addition-Wesley Pub, 1989