

---

## ACT-R 모델을 이용한 메뉴 인터페이스의 사용성 평가 : 수행도 예측을 중심으로

### The Usability Evaluation of Menu Interfaces using ACT-R : Focusing on Performance Prediction

조성식, Seongsik Jo\*, 차연주, Yeonjoo Cha\*\*, 명노해, Rohae Myung\*\*\*

---

**요약** 인지모델(Cognitive Model)에 의한 사용성 평가는 실제 실험에 의한 방법에 비해 시간, 노력, 비용을 절감할 수 있다. 여러 인지모델 중 ACT-R(Adaptive Control of Thought Rational)은 인간의 모든 인지과정을 상세하게 묘사할 수 있어 다른 모델보다 정확히 인간의 과제 수행을 정량적으로 예측할 수 있다. 그러나 ACT-R 모델을 수립하기 위해서는 인간의 지각, 주의, 기억 인출 등의 처리 과정과 행동 선택 및 수행에 필요한 과제 수행 규칙을 매우 상세하게 분석 및 기술해야 하기 때문에, GUI(Graphic User Interface) 환경에서 운용되는 메뉴 인터페이스와 같이 다양한 시각적 정보의 처리가 요구되는 과제에 대한 모델을 수립하는 데는 많은 시간과 노력이 요구된다. 이에 본 연구에서는 GUI 환경에서 전문가 수준의 과제 수행을 예측할 수 있는 간략화한 ACT-R 모델 수립 방안을 제안하고, 이를 이용하여 상용 통계 분석 소프트웨어의 과제 수행도를 예측하였다. 그 결과 실제 실험을 통한 측정 결과와 간략화한 ACT-R 모델의 예측 결과가 잘 일치하였으며 본 연구에서 제시한 간략화한 ACT-R 모델이 메뉴 인터페이스의 사용성 평가에 효율적으로 적용될 수 있음을 확인하였다.

**Keywords :** *Cognitive Modeling, Usability Evaluation, User Interface Design*

---

본 연구는 '2 단계 BK21 사업'과 '2008 년 정부의 재원으로 한국학술진흥재단(KRF-2008-313-D01233)' 의 지원을 받았음.

\*주저자 : 고려대학교 정보경영공학부 e-mail: [jossyes@korea.ac.kr](mailto:jossyes@korea.ac.kr)

\*\*공동저자 : 고려대학교 정보경영공학부 e-mail: [aaduswn@naver.com](mailto:aaduswn@naver.com)

\*\*\*공동저자 : 고려대학교 정보경영공학부 교수 e-mail: [rmyung@korea.ac.kr](mailto:rmyung@korea.ac.kr)

#### 1. 서론

새로운 시스템의 인터페이스를 설계하거나 기존 시스템의 인터페이스를 개선하기 위해서는 그에 대한

사용성 평가가 선행되어야 한다. 이러한 사용성 평가의 여러 방법 중 인지모델(Cognitive Model)에 의한 평가 방법은 실제 실험에 비해 시간, 노력, 비용을 절감할 수 장점이 있다.

인지모델 중 GOMS(Goals, Operators, Methods and Selection-Rules)는 인간의 인지적 행동의 상위수준을 묘사하는 모델로서, 전문가 수준의 과제 수행시간에 대한 예측이 가능하며 비교적 배우기 쉽고 모델 수립이 간단한 장점 때문에 사용성 평가에 널리 사용되어 왔다.[1,2] 또한 ACT-R(Adaptive Control of Thought Rational)은 외부환경과 상호작용을 하는 인간의 인지 과정 자체를 하위수준까지 충실히 묘사하는 모델로서 인간의 과제 수행을 보다 정확히 정량적으로 예측할 수 있다.[3]

한편 GUI(Graphic User Interface) 환경에서는 사용자가 전시된 시각적 정보를 지각하고 마우스나 키보드와 같은 입력장치를 조작하며 과제 수행에 관련된 정보를 자신의 기억으로부터 인출하고 다음 과제를 구상하는 등 일련의 행동이 병렬적으로 일어나게 된다. 이때 GOMS 와 같은 인간의 인지적 행동의 상위수준 만을 묘사할 수 있는 모델은 이러한 병렬과정을 표현할 수 없기 때문에 병렬적 처리가 포함된 과제에 대해서는 인간의 수행을 정확히 예측하기 어렵다. 반면 ACT-R 과 같이 인간의 인지적 행동의 하위수준까지를 묘사할 수 있는 모델은 이러한 병렬과정을 잘 표현할 수 있어 인간의 과제 수행을 보다 정확히 예측할 수 있다. 그러나 ACT-R 은 인간의 인지과정에 대한 일반적인 이해를 목적으로 개발된 모델로, 인간의 지각, 주의, 기억 인출 등의 처리 과정과 행동 선택 및 수행에 필요한 과제 수행 규칙을 매우 상세하게 분석 및 기술해야 한다. 그렇기 때문에, GUI 환경에서 운용되는 메뉴 인터페이스와 같이 다양한 시각적 정보의 처리가 요구되며, 병렬적 인지과정을 포함한 과제를 수행하는 모델을 수립하는데는 높은 수준의 전문 지식 뿐만 아니라 많은 시간과 노력을 필요로 한다.[4]

또한 GUI 환경에서는 소프트웨어를 조작하기 위한 대부분의 작업들이 윈도우에 전시된 메뉴를 마우스로 선택하거나 윈도우 내부에 전시되는 입력창에 짧은 문자열을 입력하는 것들로 이루어져 있다. 그래서 어떤 과제를 수행하는 경우에 모니터에 전시되는 시각적 정보는 다양한 형태로 계속 변화하게 된다. ACT-R 을 이용하여 GUI 환경에서의 과제 수행을 묘사하는 모델을 수립할 경우 계속적으로 변화하는 다양한 시각적 정보를 모두 모델에 반영하는 것은 매우 복잡하고 많은 시간이 요구된다.

위와 같은 문제를 해결하기 위하여 ACT-R Simple[5], G2A(GOMS To ACT-R)[6], CogTool[7] 등 보다 간편하게 ACT-R 모델을 수립할 수 있는 방안들을 여러 연구자들이 제안하였다. 그러나 이러한 연구들은 GOMS 모델과 같이 사용하기 쉬운 상위수준 모델을 먼저 수립하고 이를 하위수준 모델인 ACT-R 모델로 자동적으로 변환시키는 방법론에 대한 것으로 아직까지는 실제 사용성 평가에 널리 활용되고 있지 못한 실정이다. 이에 본 연구에서는 GUI 환경에서 전문가 수준의 과제 수행을 정확히 예측하여

사용성 평가에 활용될 수 있는 간략화된 ACT-R 모델을 수립하는 방안을 제시하고자 한다.

## 2. ACT-R 모델의 특징

ACT-R 은 현재 6.0 버전까지 개발되었으며 지금까지 개발된 여러 가지 인지모델 중에서도 인간의 인지과정을 하위수준까지 가장 세부적으로 그리고 정량적으로 정확히 묘사할 수 있는 모델로 인정받고 있다. ACT-R 6.0 은 그림 1 과 같이 서술적 지식(declarative knowledge) 및 절차적 지식(procedural knowledge)을 기초로 하여 두뇌의 생산 체계(production system)를 통해 인간의 인지적 행동을 처리하면서 외부환경과 상호작용을 할 수 있는 인지 아키텍처(cognitive architecture)이다.[3] 여기서 서술적 지식은 어떤 사실에 관한 정보 또는 지각을 통해 얻은 정보에 대한 것이며, 절차적 지식은 감각 정보와 서술적 지식을 조건-행동의 생산 규칙에 따라 처리하는 역할을 한다. 이러한 지식은 청크(chunk)라는 기본 단위 형식으로 저장되거나 처리된다.

또한 ACT-R 은 인간 두뇌의 여러 가지 역할을 8 개의 모듈(modules)에서 각각 나누어 담당하며, 각 모듈과 중앙처리장치 역할을 하는 production system 은 버퍼(buffer)를 통해 인지과정에 대한 정보 즉 청크를 서로 교환한다. 이 때 비록 버퍼에서는 한번에 한 개의 청크만 순차적으로 저장하고 처리할 수 있지만, 각 모듈은 여러 개의 정보를 동시에 검색하거나 저장할 수 있으며, production system 에서는 여러 개의 생산 규칙을 동시에 병렬적으로 비교 처리할 수 있다.

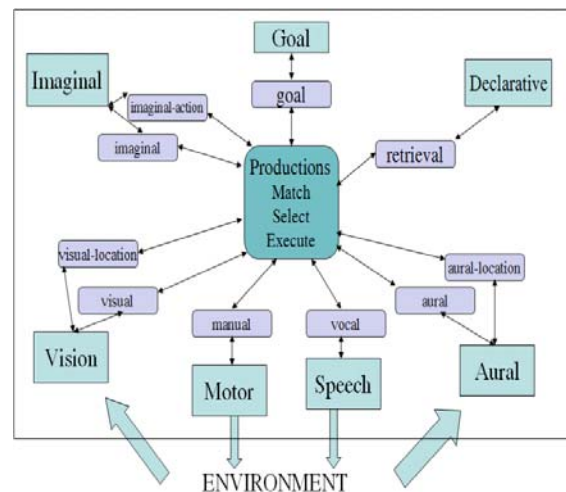


그림 1. ACT-R 6.0 아키텍처

## 3. 간략화된 ACT-R 모델 수립 및 검증 실험

본 장에서는 GUI 환경에서의 인간의 과제 수행 과정을 세부적으로 그리고 정량적으로 정확히 예측할 수 있는

ACT-R 모델의 장점을 유지하면서도, GOMS 모델과 같이 상위수준의 모델을 수립하는 정도의 적은 노력으로 전문가 수준의 과제 수행을 묘사할 수 있는, 간략화된 ACT-R 모델 수립 방안을 제시하고 이를 통해 실제 모델을 수립한 사례를 소개하고자 한다.

### 3.1 모델 수립을 위한 가정

본 논문에서는 GUI 환경에서 전문가 수준의 과제 수행을 묘사할 수 있는 간략화된 ACT-R 모델을 수립하기 위해 다음과 같은 가정을 설정하였다. 첫째 전문가 수준의 과제 수행을 묘사하는 것이므로 GUI 환경에서 선택하고 입력해야 할 과제 수행 관련 정보와 수행 절차는 이미 사용자가 모두 학습하여 기억에 저장되어 있다. 둘째 전문가의 경우 다음 과제 수행 시 조작해야 할 메뉴 위치가 어디인지 잘 알고 있기 때문에 사용자는 다음에 수행해야 할 메뉴가 있는 정확한 위치로 바로 시각적 주의를 이동한 후 바로 다음 행동을 수행한다. 셋째 전문가 수준의 사용자는 시각적 주의를 이동하고 입력장치를 조작하는 동안 자신의 기억저장소로부터 다음 작업 순서에 대한 정보를 인출할 수 있다.

### 3.2 모델 수립 절차

이러한 가정에 따른 간략화된 ACT-R 모델 수립 절차는 다음과 같다. 첫째 전문가 수준의 과제 수행을 묘사하기 위한 ACT-R 모델을 수립할 경우, 모니터에 전시되는 모든 시각적 정보를 묘사하는 것이 아니라 GUI 환경에서 과제 수행에 필요한 시각적 정보만을 도출하여 ACT-R 모델의 vis-icon에 반영함으로써 모델 수립의 복잡성을 단순화시킨다.[8] 둘째 과제 수행 절차와 메뉴 관련 정보를 서술적 지식(declarative memory)에 입력한다. 셋째 선택해야 할 메뉴의 위치로 시각적 주의를 이동시키고 마우스를 조작하며 다음 과제 수행을 기억 장소로부터 인출해내는 등의 인지 및 행동 과정을 수행할 수 있는 생산 규칙(production rule)을 작성한다.

### 3.3 모델 수립

위에서 언급한 가정과 모델 수립 절차에 따라 상용 통계 분석 소프트웨어인 SPSS를 이용하여 회귀분석과 T-test를 수행하는 과제를 대상으로 간략화된 ACT-R 모델을 수립하였다.

먼저 작업 수행과 관련된 시각적 정보화면을 생성하기 위해 SPSS에서 회귀분석과 T-test 과제 수행을 위해 순차적으로 선택해야 할 메뉴에 대한 정보를 확인하였다. 이 때 전문가 수준의 사용자는 각 메뉴의 단어와 위치에 대한 정보를 정확히 기억하고 있기 때문에 함께 전시되는 다른 메뉴와 혼동을 일으키지 않을 것이므로 오로지 과제 수행 시 선택해야 하는 메뉴만을 시각적 정보화면인 vis-icon에 반영하면 된다. 그림 2는 실제 SPSS 프로그램의

회귀분석 수행 화면과 간략화된 모델에 의해 생성된 vis-icon의 예를 보여주고 있다.

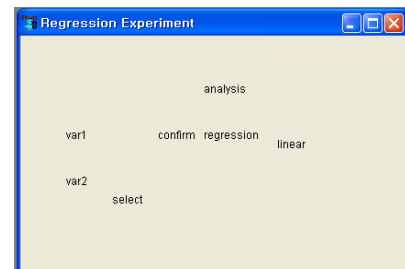
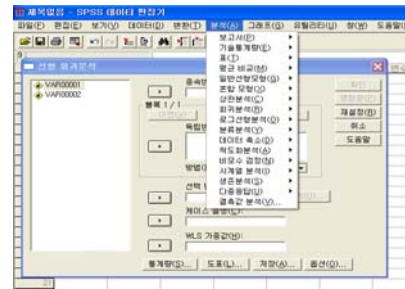


그림 2. 실제 SPSS에서의 회귀분석 수행 화면(상)과 간략화된 모델의 vis-icon(하)

다음은 전문가의 경우 과제 수행 절차와 관련 메뉴 정보를 이미 모두 학습했을 것이라는 가정에 따라, 과제 수행에 관련된 모든 정보를 체크 형식으로 작성하여 모델의 declarative module에 입력한다. 회귀분석의 경우에는 과제 수행 관련 정보로 총 7개의 체크를, T-test에서는 총 11개의 체크를 모델에 반영하였다.

과제와 관련된 시각적 정보와 과제 수행 절차에 대한 지식을 작성한 다음에는 이를 이용하여 인지적 행동을 수행하는 조건-행동의 생산 규칙(production-rule)을 수립하여야 한다. 여기서는 사용자가 메뉴 위치에 대한 정보를 이미 알고 있어 시각적 탐색과정 없이 바로 메뉴 위치로 시각적 주의를 이동한 다음 마우스를 조작하면서 다음 과제에 대한 기억을 인출한다는 가정을 바탕으로 그림 3과 같이 생산 규칙을 작성하였다.

```
(p attending
=goal)
  isa regression
  state working
-retrieval>
  isa task
  value =value
==>
+visual-location>
  isa visual-location
  kind text
  value =value
=goal)
  state move-mouse
-retrieval>
)

(p move-mouse
=goal)
  isa regression
  state move-mouse
=visual-location>
  isa visual-location
?manual>
state free
==>
+manual>
  isa move-cursor
  loc =visual-location
=goal)
state click
)
```

그림 3. 시각적 주의(좌)와 마우스 이동(우)의 생산 규칙

모델에는 총 5개의 생산 규칙이 반영되었으며 각각의 생산 규칙은 과제 개시, 시각적 이동, 마우스 이동, 마우스

클릭, 과제 종료에 대한 것으로 회귀분석과 T-test의 경우 모두 동일한 내용으로 작성되었다. 즉 회귀분석을 수행하는 모델과 T-test를 수행하는 모델의 차이는 과제 수행과 관련된 시각적 정보와 과제 수행 절차에 대한 지식만 서로 다를 뿐이지 인지적 행동을 수행하게 하는 생산 규칙은 두 경우가 동일하다는 것을 의미한다.

이렇게 수립된 모델이 실제 인간의 과제 수행을 적합하게 묘사하고 있는지를 검증하기 위하여 다음과 같이 실제 실험을 실시하였다.

### 3.4 검증 실험

수립된 ACT-R 모델을 검증하기 위한 실제 실험은 통계 분석 소프트웨어의 사용 경험이 풍부한 대학원생 8 명을 대상으로 실시하였으며, 전문가 수준의 수행을 측정하기 위하여 피실험자가 수행절차에 충분히 익숙해질 수 있도록 2~3 회의 예행 연습을 실시하게 하였다. 피실험자가 과제를 수행하는 과정은 화면 캡처 프로그램을 이용하여 동영상으로 녹화 분석하였다.

실제 실험 및 모델의 수행 시간을 비교 분석한 결과는 표 1 과 같다. 작성된 2 개의 ACT-R 모델을 시행시킨 결과 회귀분석의 수행 시간은 6.798 초, T-test의 수행시간은 12.488 초였다. 실제 실험에서의 과제 수행시간은 회귀분석의 경우 평균 7.196 초(±0.967 초)였으며 모델 예측 시간과 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다(p=0.316). T-test의 경우에도 실제 실험 결과는 평균 12.520 초(±1.830 초)로 모델 예측시간과 통계적으로 유의한 차이를 발견할 수 없었다(p=0.965). 이는 본 연구에서 제시하는 간략화된 ACT-R 모델이 실제 수행을 잘 예측하고 있음을 말해준다.

수행과제	모델	실험	차이	유의확률
회귀분석	6.798	7.196	0.398	P=0.316
T-test	12.488	12.520	0.032	P=0.965

표 1. 모델 예측과 실험 결과 비교 (단위 : 초)

## 4. 토의

이 장에서는 사용자가 GUI 환경에서 전문가 수준으로 매우 숙련되게 과제를 수행할 경우 인지적 행동이 어떻게 이루어지며 이러한 내용이 모델에 어떻게 반영되었는지에 대해 추가로 논의하고자 한다.

먼저 GUI 환경에서의 과제 수행 시 시각적 지각과정에 대한 것으로, GOMS 모델에서 인간이 어떤 물체를 보는 행위는 그림 4 와 같이 'Look\_for\_visual\_object' 라는 조작자에 의한 하나의 절차로만 표현되며 외부 환경의 시각적 내용의 변경을 모델에 반영시킬 필요가 없다.

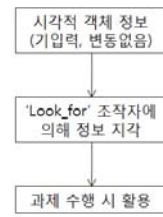


그림 4. GOMS 모델에서의 시각적 지각

반면 일반적으로 ACT-R 모델에서 인간의 시각적 지각 과정은 그림 5 에서 알 수 있듯이, 먼저 요구되는 위치로 시각적 주의를 이동한 다음, 그 위치의 일정 영역 내에 나타나는 여러 신호 정보를 지각하게 되며, 그 정보를 과제 수행 목표와 비교하면서 그 정보가 어떠한 의미를 가지는지를 해석하는 복잡한 절차를 거치게 된다. 또한 ACT-R 에서는 현재 전시되는 여러 가지 시각적 객체들이 어떤 행동의 결과로 변화되는 경우 그 전시 정보의 변화를 계속 묘사해주어야 한다.

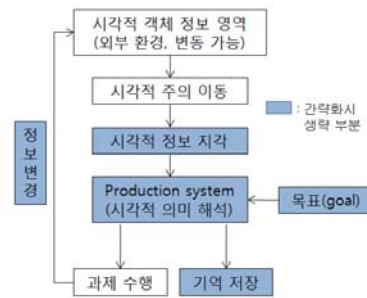


그림 5. ACT-R 모델에서의 시각적 지각

그러나 본 연구에서는 사용자가 전문가 수준으로 과제 수행을 하는 것을 가정하여 그림 5 에서 음영부분을 생략함으로써 그림 6 과 같이 GOMS 모델에서의 시각적 행동과 유사한 형태의 모델을 수립할 수 있었다. 이는 본 연구에서 제시하는 간략화한 모델 수립 방안이 원 ACT-R 모델 수립의 복잡성을 감소시키면서도 GOMS 모델과 유사하게 전문가 수준의 과제 수행을 설명할 수 있음을 말해준다.

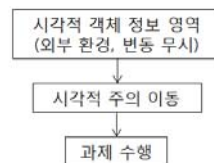


그림 6. 간략화된 ACT-R 모델에서의 시각적 지각

한편 인간은 어떤 과제 수행을 반복 학습하게 되면 과제 수행의 수준이 지식 기반 행동, 규칙 기반 행동, 기술 기반 행동의 순으로 향상된다[9]. 기술 기반 행동은 인지적

부하를 거의 요구하지 않으며, 자연스럽게 자동화된 상태에서 과제를 수행하는 수준을 말하는데, GUI 환경에서 메뉴를 보고 이를 선택하는 과제 수행에 대한 전문가 수준의 상태를 기술 기반 행동으로 해석하는 것은 다소 무리가 있다. 한편 규칙 기반 행동은 절차 학습, 경험, 과거의 문제 해결 행동 등으로부터 생성되어 인간의 기억에 이미 저장된 규칙에 의해 수행되는 것으로, 친숙한 지각적 단서가 외부로부터 제공될 경우 인지적 추론 과정 없이 바로 행동이 수행되는 수준을 말한다. 본 연구에서 수립된 모델의 경우 시각적 정보를 목표에 따라 해석하고 이를 기억에 저장하며 과제 수행에 활용하는 등의 과정은 생략되었고, 시각적 주의를 이동한 후 바로 마우스를 조작하는 행동을 수행하게 되는데, 이는 규칙 기반 행동의 수준과 매우 유사하다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구에서 제시하는 모델은 인간의 인지적 행동의 발달 과정 중 규칙 기반 행동에 도달한 전문가 수준의 과제 수행을 묘사하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

본 연구에서 수립된 간략화된 모델의 생산 규칙은 과제 수행 개시 → 시각적 이동 → 마우스를 이용한 커서 이동 → 마우스 클릭 및 다음 과제 수행 내용 연상(2 번째에서 4 번째 과정 반복) → 과제 종료의 총 5 단계로 이루어져 있다. 여기서 시각적 이동, 마우스 이동, 마우스 클릭 및 과제 연상의 세 단계는 세부 과제의 수만큼 계속 반복된다. 그러므로 GUI 환경에서 메뉴를 보고, 그 위치로 마우스를 이동하고, 메뉴를 클릭하는 절차로 과제 수행이 진행된다면, 그 과제의 종류와는 무관하게 5 단계의 생산 규칙은 모든 과제에 동일하게 적용될 수 있다. 결국 본 연구에서 제시하는 모델에서는 과제의 종류가 변경될 경우, 과제 수행 내용에 대한 서술적 지식만 다르게 작성하여 모델에 반영하면 되고, 인지적 행동을 조율하는 생산 규칙은 어느 과제에든지 동일하게 적용할 수 있다. 그러므로 제시된 모델은 GUI 환경에서의 인간의 일반적인 인지적 행동을 잘 설명하고 있는 것으로 이해할 수 있다.

요컨대 본 연구에서 제시하는 모델은 GOMS 모델의 시각적 처리과정과 유사한 지각적 처리 절차를 보였으며, 인간의 인지적 행동 발달 과정 중 규칙 기반 행동 수준에서의 인지적 행동 과정을 묘사할 수 있어 기존의 인지 이론에도 잘 부합됨을 알 수 있었고, 과제의 종류에 관계없이 동일한 생산 규칙을 적용하여 과제를 수행할 수 있기 때문에 GUI 환경에서의 과제 수행에 보편적으로 적용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

## 5. 결론

본 연구에서는 GUI 환경에서 전문가 수준의 과제 수행을 예측할 수 있는 간략화된 ACT-R 모델을 수립하는 방안을 제안하였다. 이러한 모델은 적은 노력만으로 복잡한 GUI 환경에서의 전문가 수준의 과제 수행을 정량적으로

정확히 예측할 수 있었으며, 인지과정에 대한 기존의 이론과도 잘 부합되었다.

결론적으로 본 연구에서 제안하는 간략화된 ACT-R 모델이 GUI 환경을 기반으로 한 소프트웨어 인터페이스의 사용성 평가에 효율적으로 이용될 수 있음을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] John, B. E., Kieras, D. E., "Using GOMS for user interface design and evaluation: Which technique?", *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol.3, No.4, pp. 287-319, 1996.
- [2] John, B. E., Kieras, D. E., "The GOMS family of user interface analysis techniques: Comparison and contrast", *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol.3, No.4, pp. 320-351, 1996.
- [3] Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y., "An integrated theory of the mind", *Psychological Review*, 111, pp.1036-1060, 2004.
- [4] Ritter, F. E., Baxter, G. D., "User interface evaluation : How cognitive models can help", *Human-computer interaction in the new millenium*, ACM Press, pp.125-147, 2001.
- [5] Salvucci, D. D., Lee, F. J., "Simple cognitive modeling in a complex cognitive architecture", In *Proceeding of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2003)*, pp. 265-272, 2003.
- [6] Amant, R., Freed, A., Ritter, F., "Specifying ACT-R models of user interaction with a GOMS language", *Cognitive systems research* 6, pp. 71-88, 2005.
- [7] John, B. E., Salvucci, D. D., "Multi-Purpose Prototypes for Assessing User Interfaces in Pervasive Computing Systems", *IEEE Pervasive Computing* 4 (4), pp.27-34, 2005.
- [8] Das, A., Stuerzlinger, W., "A cognitive simulation model for novice text entry on cell phone keypads", In *Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics*, pp.141-147, 2007
- [9] Rasmussen, J., "Skills, rules, knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, pp.257-266, 1983.