

# 제품개발을 고려한 카드모델의 응용성 향상을 위한 모델링교육

우윤환\*

<sup>1</sup>한성대학교 기계시스템공학과

## Modeling Education for Improving CAD Model Applicability for Product Development Process

Yoonhwan Woo\*

<sup>1</sup>Department of Mechanical Systems Engineering, Hansung University

**요약** CAD를 이용한 제품의 설계는 전체적인 제품개발공정의 효율성에 있어 핵심적인 역할을 하고 있다. 따라서 설계자가 어떻게 제품을 모델링 하느냐에 따라 모델의 품질이 달라질 수 있으며 이는 이후에 진행되는 하위 공정의 효율성에 지대한 영향을 끼치게 된다. 이에 본 논문에서는 모델의 품질을 향상할 수 있는 모델링 교육 시 강조하여야 할 3가지 개념을 제시하였다. 이러한 개념을 대학에서의 CAD교육에 적용함으로써, 작게는 모델의 변환과정에 소요되는 시간 및 노력을 현저히 감소시키고, 나아가 제품개발공정의 효율성향상과 동시에 궁극적으로, CAD와 CAM같은 서로 다른 도메인간의 통합에 긍정적인 영향을 줄 것으로 기대한다.

**Abstract** The quality of CAD models affects the efficiency of the product development process. However, it seems that CAD modeling education in colleges simply focuses on the creation of CAD models without considering the quality or the applicability of the models. In this paper, we propose educational modeling approaches to help improve the quality and applicability of CAD models. These methods teach students to create models that include a rich set of information, facilitate downstream applications, and are precisely made with the fewest operations. A survey was carried out with students to validate these approaches.

**Keywords** : CAD modeling education, Modeling strategy, Modeling quality, CAD model applications

### 1. 서론

3차원 CAD 시스템은 산업 현장에서 필수적인 요소로서, 이를 이용한 제품의 설계는 전체적인 제품개발공정에 있어 핵심적인 부분을 차지하고 있다. 이러한 수요를 반영하여 현재 대부분 대학의 기계공학 관련 교과과정에는 CAD 교과목이 개설되어 있다. 그러나 이러한 CAD관련 교과목들의 교육내용을 보면 아직도 단순히 특정 CAD시스템의 사용법 및 기능을 가르치고 이를 이용하여 부품 등의 최종형상을 생성하는 데 중점을 두고

있다 [1].

많은 수의 CAD 이용자가 대학에서 처음 CAD시스템을 이용한 모델링에 노출된다는 점을 고려할 때, 피교육자인 학생들이 가지고 있는 기본능력을 파악하고 산업체의 요구사항을 반영하여 CAD관련 교과목의 교육내용을 구성할 필요가 있다. 대학졸업자의 CAD사용 능력에 대해서 그 동안 산업계에서도 다양한 의견이 있었다. 이러한 의견중의 하나로 단일 프로세서로서의 CAD교육이 아닌 디자인부터 설계 및 가공에 이르는 연계 프로세서를 이해하고 경험할 수 있는 교육을 들 수 있다 [2, 3].

본 연구는 한성대학교 교내학술연구비 지원과제임.

\*Corresponding Author : Yoonhwan Woo (Hansung Univ.)

Tel: +82-2-760-4149 email: yhwoo@hansung.ac.kr

Received November 26, 2015

Revised January 4, 2016

Accepted March 3, 2016

Published March 31, 2016

CAD, CAE, CAM등의 주요 요소 기술에 대한 기본교육도 중요하지만 실제 개발 과정에서는 개발자가 다양한 항목을 동시에 검토하는 능력이 필요한 만큼, 설계에서 해석, 가공, 검사에 이르는 연계 프로세서를 이해하고 경험할 수 있는 교육이 필요하다는 견해도 있다 [3].

그 밖에 산업체의 다른 의견으로는 3D모델과 실제 제품을 연계할 수 있는 능력, PDM에 대한 이해 및 활용능력, 설계변경에 의한 모델의 수정과정이 있어야 한다 등이 있다 [4, 5]. 이러한 산업체의 의견을 종합적으로 정리하여 보면, 대학에서의 CAD교육은 단순히 시스템을 이용한 최종형상의 모델링 외에 이와 관련된 제품개발의 lifecycle과 관련된 교육이 병행되어야 한다고 볼 수 있다.

특정 CAD시스템을 이용하여 제품의 최종형상 모델을 구현하는 것은 물론 중요하다. 하지만 특정 모델의 최종 형상이 동일하더라도 그 모델이 어떤 모델링 방법으로 어떤 순서로 생성되었느냐에 따라 이후의 프로세스를 위한 모델의 품질은 현저히 달라질 수 있다. 구현된 모델이 이후 어떤 프로세스에 사용되고 어떤 가공방법으로 제작될 것인가에 대한 이해 없이는 요즘의 CAD시스템이 지원하고 있는 우수한 기능들의 활용은 제한적일 수밖에 없으며, 이는 시각적으로 완벽하게 보이는 모델이라 하더라도 응용단계에서 발생하는 오류의 원인이 되기도 한다.

설계자가 CAD 모델을 생성할 때, 이 모델이 어떤 응용분야에 사용되고, 또한 어떤 가공방법에 의해 생산될 것인지 등을 인지하고, 이를 모델생성에 반영한다면 해당 CAD모델의 품질은 향상되고, 이로 인해 전체적인 프로세스의 흐름이 원활하게 되어 제품생산공정의 효율성을 향상하는데 기여할 수 있으리라 본다.

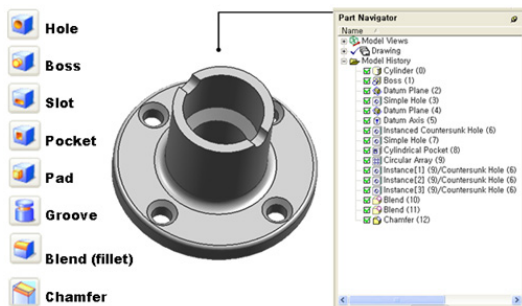


Fig. 1. A feature-based modeling system (Siemens NX)

이에 본 논문에서는 이러한 사실에 기반을 두고 모델링 교육 시 CAD모델의 품질 및 응용성을 향상시킬 수 있는 몇 가지 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 제품개발을 고려한 응용성 향상을 위한 모델링

현재의 CAD시스템들의 특징을 가장 잘 설명하는 대표적인 키워드는 특징형상기반 모델링 (feature-based modeling) 이다. 특징형상(feature)은 적용분야에 따라 그 정의가 다를 수 있지만, 설계에 있어서는 형상에 따른 특정한 기능(functions)이나 가공방법 등이 연계되어 있는 기본적인 형상으로 정의할 수 있다 [6, 7].

이러한 특징형상들은 이들을 정의하는 파라미터 값을 사용자가 입력함으로써 쉽게 생성할 수 있으며, 또한 사용자가 생성한 특징형상의 생성순서가 기록되어 추후에 생성된 모델을 쉽게 수정할 수 있다는 장점이 있다. 지원하고 있는 특징형상의 종류 및 명칭은 상용 시스템마다 서로 다를 수 있지만, 기본적으로 제공하고 있는 형상은 매우 유사하다. Fig. 1은 Siemens사의 NX에서 제공하고 있는 특징형상의 일부와 이를 사용하여 생성된 솔리드 모델의 한 예를 보여주고 있다.

기업들은 경쟁력 강화를 위해 제품생산에 소요되는 시간과 비용의 단축 및 공정성 효율의 향상을 위해 많은 연구와 노력을 하고 있다. 과거의 전통적인 순차적이고 일렬적인 공정대신에 설계 초기부터 제품 및 제품의 생산 및 지원과정을 통합하여 시간 및 비용을 감축하고자 하는 노력은 CAD로 대표되는 설계와 CAM으로 대표되는 제조를 통합하는 동시공학 적인 접근 방법이 요구하고 있다. 이런 추세를 반영하듯 미국의 정부, 학계, 산업체의 인사들로 구성된 단체인 IMTI (Integrated Manufacturing Technology Initiative)는 21세기 제조분야가 나아가야 할 6가지의 비전을 제시하였는데, 이 중에서 첫 번째로 설계(design)와 제조(manufacturing)를 완전히 통합하는 비전을 제시하였으며, 나머지 다섯 개의 비전도 영역간의 통합 및 데이터흐환과 같은 동시공학적인 측면을 강조하고 있다 [8]. 이러한 동시공학적인 면을 고려한 제품개발의 출발점은 바로 CAD를 이용한 설계로 볼 수 있으며, 서로 다른 도메인인 설계와 제조를 통합하기 위해서는 두 도메인간의 정보적인 차이를 채울

수 있는 모델링 방법이 필요하다.

같은 형상의 CAD모델이라 하더라도 설계자가 어떤 방법으로 해당 모델을 생성하였느냐에 따라 그 모델이 가지고 있는 정보의 질이 달라진다. 여기서, 말하는 정보의 질은 사용자가 어떤 특징형상을 사용하였으며, 또 어떤 모델링 순서에 의해 모델을 생성하였는가를 의미하며, 이 정보의 질에 따라 이후 과정에 필요한 시간과 결과가 달라질 수 있다. 따라서 효율적인 제품개발을 위해서는 단순히 특정 CAD시스템의 사용방법뿐만 아니라 전체 제품개발과정에 대한 이해 및 이러한 과정의 시작점인 모델링의 중요성이 CAD교육 시에 강조되어야 하며, 본 논문에서는 다음과 같은 3가지 방향을 제안한다.

1. 유용한 피쳐정보를 포함하는 모델링
2. 응용분야를 고려한 모델링
3. 정밀도를 확보한 최소한의 모델링

### 2.1 유용한 피쳐정보를 포함하는 모델링

CAD/CAM 통합에 있어 핵심 기술인 피쳐맵핑이나 피쳐인식방법은 CAD 모델이 가지고 있는 데이터로부터 정보를 추출하거나 추론하여 특정분야에 필요한 정보를 생성한다. 따라서 만약 설계자가 가공에 관한 전문적인 지식이 있어 직접 가공 피쳐를 사용하여 모델을 생성한다면, 또는 가공피쳐의 변환에 필요한 정보를 가지고 있는 피쳐를 사용한다면, 이로부터 가공에 필요한 정보를 자동적으로 추출 및 생성하는 데 도움을 줄 수 있으며, 이는 제품생산 공정의 효율성 향상을 가져올 수 있다. 이러한 맥락에서 CAD 교육 시 첫 번째로 강조하고자 하는 개념은 바로 유용한 피쳐 정보를 포함하는 모델링이다. 여기서 유용한 피쳐 정보란 형상 및 위상정보 외에 부품과 관련된 설계 및 가공에 대한 부품의 특징과 관련된 정보를 의미한다.

예를 들어, Fig. 2는 모델링 방법이 다르지만 최종형상은 동일한 두 개의 CAD 모델을 보여주고 있다. 첫 번째 모델은 NX에서 제공하는 특징형상을 적절히 이용하여 생성한 모델이고, 두 번째 모델은 특징형상을 사용하지 않고 sketch와 extrude, 그리고 불리안 작업을 이용하여 생성한 모델이다. 형상 면에서는 두 모델은 차이가 없지만, 첫 번째 모델의 경우는 이 모델이 가지고 있는 block과 rectangular slot이라는 피쳐 정보 때문에 모델의 형상을 직접 보지 않더라도 대략적인 모델의 형상을 파악

할 수 있을 뿐만 아니라, 이러한 정보는 피쳐 맵핑이나 피쳐인식에 유용하게 사용될 수 있다는 장점이 있다. 반면에 두 번째 모델은 이러한 정보를 가지고 있지 않아 첫 번째 모델과 동일한 정보를 확보하기 위해서는 추가적인 작업이 필요하다.

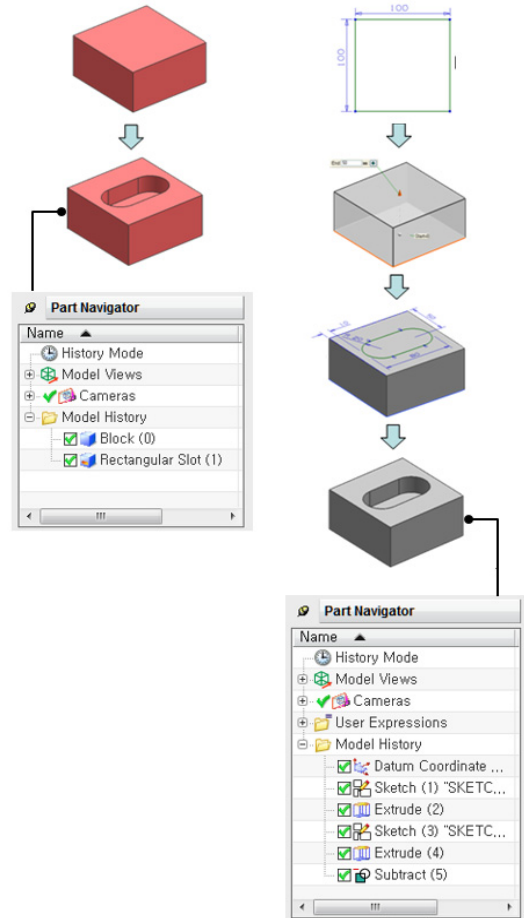


Fig. 2. A feature-based modeling system (Siemens NX)

### 2.2 응용분야를 고려한 모델링

CAD 모델을 생성할 때, 이 모델이 어떤 응용분야에서 활용될 것인가를 파악하고, 해당 응용분야를 지원할 수 있는 모델링을 할 수 있다면 그로 인한 효율성 향상을 기대할 수 있다. Fig. 3의 경우를 보면, 설계된 모델을 생성할 때 해당 모델이 3축 밀링머신으로 가공된다는 사실을 고려하여 모델링한 경우와, 그렇지 않은 경우를 보여주고 있다.

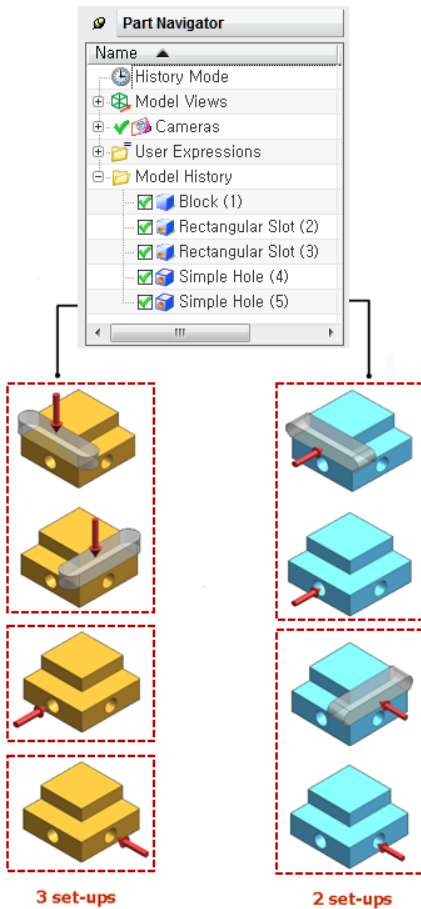


Fig. 3. The two model have the identical feature information but requires different set-ups due to cutter-axis direction.

Fig. 3의 첫 번째 모델과 두 번째 모델 모두 특정 CAD시스템이 제공하고 있는 동일한 종류의 특정형상을 사용하여 생성되었다 (1개의 block, 2개의 rectangular slot, 2개의 simple hole). 하지만, 첫 번째 모델의 경우 두 rectangular slot의 공구 진입방향이 simple hole의 공구 진입방향과 다르게 모델링되어, 3축 밀링머신으로 가공 시 3번의 셋업이 필요하게 된다. 이에 비해 두 번째 모델은 rectangular slot과 simple hole의 공구 진입방향을 동일하게 모델링함으로써, 2번의 셋업만으로 가공할 수가 있다.

셋업의 횟수가 많아질수록 가공정밀도가 떨어짐과 동시에 셋업에 따른 가공시간이 증가하게 되어, 두 번째 모델이 정밀도와 가공시간 면에 있어 더 나은 모델이라 할 수 있다. 응용분야에 대한 설계자의 지식이 제한적일 수

있지만, 전체적인 제품개발공정의 효율성향상이라는 면을 고려할 때 DFM (Design for manufacturing)과 같은 가공과 관련된 응용분야는 모델링 교육 시 강조해야 할 필요가 있다.

### 2.3 정밀도를 확보한 최소한의 모델링

CAD 모델링 교육을 받는 학생들의 경우, 모델의 최종적인 형상만을 완성하는 데에만 집중을 한 나머지, 모델의 정밀도를 고려하지 않거나 불필요한 모델링을 간과하는 경우를 많이 보게 된다. 예를 들어, 하나의 직선을 두 개의 직선으로 나누어 모델링하여 불필요한 점을 생성하거나, 간단한 불리안 작업으로 생성이 가능한 형상을 쉘(shell)과 같은 복잡한 작업으로 생성하는 경우를 볼 수 있다. CAD모델의 생성에 있어서 모델링의 횟수가 많아질수록, 너무 작은 엣지 (short edges)나 이웃한 두 엣지가 지나치게 작은 각도를 이루는 면 (sliver faces)과 같이 육안으로 확인하기 힘든 미세한 형상들을 생성할 가능성이 증가하게 된다.

이러한 불필요한 형상이나 미세형상은 타 시스템을 위한 데이터변환이나 유한요소해석을 위한 메쉬를 생성할 때 오류를 야기할 가능성이 매우 크다. 따라서 모델링 교육 시 단순히 학생들에게 최종형상의 결과뿐만 아니라 모델링의 횟수를 가급적 줄이고 불필요한 형상이 포함되지 않도록 모델링 과정의 중요성을 강조하는 것이 매우 중요하다고 판단된다. Hamade도 학생들의 CAD 학습과정을 평가하는 데 있어 특정형상의 사용횟수를 이용하여 숙련도 및 이해도를 판단하였는데 모델링의 횟수가 적을수록 그 결과물의 품질이 더 좋은 것을 확인하였다 [9].

## 3. 설문조사

본 논문에서 제시한 방법의 효용성을 판단하기 위해 CAD 관련 과목을 수강한 경험이 있는 기계공학전공 학부 3, 4학년 학생 84명을 대상으로 몇 가지 설문조사를 실시하였다.

먼저 기계CAD와 관련된 능력 중 가장 중요하다고 생각되는 것은 무엇인가에 대한 항목(Fig. 4)에서 전체 응답자의 50%가 3차원 형상 연상능력을 선택하였다. 이는 30%의 응답을 차지한 도면을 보는 능력과 관련이 있는

데, 주어진 2차원 도면으로부터 모델링에 필요한 3차원 형상을 도출하는 데에 학생들이 어려움을 느끼고 있는 것으로 해석된다. 창의적인 사고를 갖춘 엔지니어가 갖추어야 할 능력중의 하나가 시각적 사고(visual thinking) 능력이라고 할 수 있으며, 본 설문항목으로부터 이와 관련된 CAD교육의 강화가 필요함을 확인할 수 있었다.

두 번째로 CAD 시스템을 사용하여 어떠한 프로젝트를 실시한 적이 있는가라는 질문(Fig. 5)에, 유한요소를 이용한 해석(33%), 도면생성(16%)의 순으로 답변하였으며, 기타(21%)의견으로는 금형제작, 자작차 제작응용 등이 있었다.

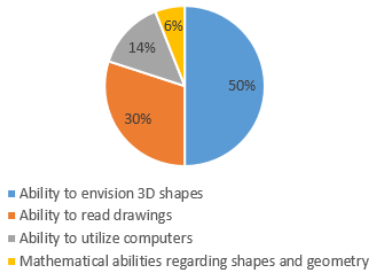


Fig. 4. What you think is the most important ability regarding mechanical CAD?

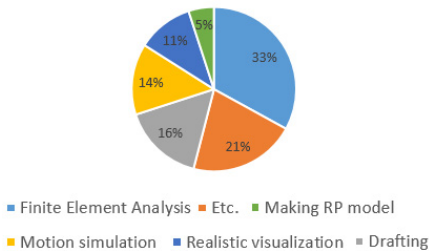


Fig. 5. What kind of project did you carry out with a CAD model?

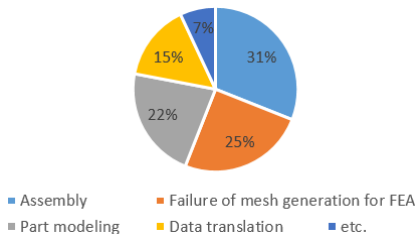


Fig. 6. What was the most difficult thing during the project?

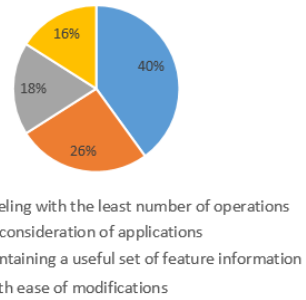


Fig. 7. What you think is the most important factor to be considered for part modeling?

세 번째 항목으로 프로젝트 수행 시 CAD 모델링과 관련되어 가장 어려웠던 점이 무엇인가에 대한 질문(Fig. 6)에는 어셈블리 모델의 생성 (31%), 유한요소 생성을 위한 메쉬 생성의 실패 (25%), 부품모델링 (22%), 타 프로그램을 위한 모델 데이터의 변환 (15%)의 순이었다. 유한요소 생성을 위한 메쉬 생성의 실패 및 모델 데이터의 변환이 어려움이라고 응답한 경우는 바람직하지 않은 모델링이 이유인 경우가 대부분이었다. 바람직하지 모델링의 예로는 토폴로지 오류 및 미세형상 등이 있었다. 토폴로지 오류로는 불필요한 형상, 예를 들어 한 직선이 3개 이상의 꼭짓점을 갖는 경우 등이 있었으며, 미세형상으로는 너무 작은 엣지 (short edges)나 이웃한 두 엣지가 지나치게 작은 각도를 이루는 면 (sliver faces) 등이 문제가 되었다. 이는 앞 절에서 언급한 정밀도를 확보한 최소한의 모델링이 중요성을 확인하는 한 예라 할 수 있다.

마지막 항목으로 CAD를 이용한 응용 및 프로젝트 수행을 위하여 모델링 시 가장 고려하여야 할 점은 무엇인가에 대한 질문(Fig. 7)에는 정확도를 확보한 최소한의 모델링 (40%), 응용분야를 고려한 모델링 (26%), 유용한 피쳐정보를 포함하는 모델링 (18%), 향후 수정이 용이한 모델링 (16%) 순이었다. 이러한 응답결과는 학생들이 프로젝트 등을 통하여 CAD모델링이 모델 생성만으로 끝나는 단독적인 프로세서가 아니라 연계 프로세서의 한 부분으로 인식하게 된 것이 주원인이라 판단하고 있다.

#### 4. 결론

CAD를 이용한 제품의 설계는 전체적인 제품개발공

정의 효율성에 있어 핵심적인 역할을 하고 있다.

설계자가 어떻게 제품을 모델링 하느냐에 따라 모델의 품질이 달라질 수 있으며 이는 이후에 진행되는 하위공정의 효율성에 많은 영향을 끼치게 된다.

본 논문에서는 모델의 품질을 향상할 수 있는 모델링교육 시 강조하여야 할 아래와 같은 3가지 개념을 제시하였다.

이러한 개념을 대학에서의 CAD교육에 적용함으로써, 작게는 모델의 변환과정에 소요되는 시간 및 노력을 현저히 감소시키고, 나아가 제품개발공정의 효율성향상과 동시에 궁극적으로, CAD와 CAM같은 서로 다른 도메인간의 통합 및 동시공학(Concurrent engineering)의 구현에도 도움이 될 것으로 판단한다.

**우 윤 환**(Yoonhwan Woo)

[정회원]



- 2002년 6월 ~ 2004년 8월 : 국민대학교 자동차공학전문대학원 계약교수
- 2004년 9월 ~ 2005년 2월 : 성균관대학교 기계기술연구소 연구교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 한성대학교 기계시스템공학과 부교수

<관심분야>

기계설계, 형상모델링, CAD/CAM

## References

- [1] C. W. Dankwort, R. Weidlich, B. Guenther, J. E. Blaurock, "Engineer's CAx education - it's not only CAD", Computer-Aided Design, Vol. 36, pp.1439-1450, 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2004.02.011>
- [2] X. Ye, W. Peng, Z. Chen, Y. Cai, "Today's students, tomorrow's engineers: an industrial perspective on CAD education", Computer-Aided Design, Vol. 36, pp.1451-1460, 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2003.11.006>
- [3] S. Kim, "Direction to improving CAD education viewing from industries", CAD/CAM Review, Society of CAD/CAM engineers, Vol. 11. No. 3, pp.53-57, 2005.
- [4] D. A. Field, "Education and training for CAD in the auto industry", Computer-Aided Design, Vol, 36, 1431-1437, 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2003.10.007>
- [5] Y. Park, "Direction of CAD/CAM education viewing from companies", CAD/CAM Review, Society of CAD/CAM Engineers, 2005
- [6] Shah J, Mantyla M. Parametric and feature-based CAD/CAM: concepts, techniques, and applications, John Wiley & Sons, 1995.
- [7] Lee K. Principles of CAD/CAM/CAE systems, Addison Wesley, 1999.
- [8] The Integrated Manufacturing Technology Initiative (IMTI) Roadmap project, Available from: <http://www.imti2020.org>.
- [9] R. F. Hamade, H. A. Artail, M. Y. Jaber, "Evaluating the learning process of mechanical CAD students", Computers & Education, Vol. 49, pp.640-661, 2007.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.009>