

## MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÇİZİM

Ferruh ÖZTÜRK\*

### ÖZET

*Bu çalışmada çağımızın gereksinmelerine uygun olarak makine mühendisliği eğitiminde özellikle tasarım alanında yapılabilecek yenileme çalışmalarına yer verilmiştir. Geleneksel eğitim düzeni, her geçen gün gelişen bilgisayar teknolojisi ve bu teknolojinin endüstriyel uygulamaları karşısında yetersiz kalmaktadır. Eğitimde klasik yapının olumsuzluklarını ortadan kaldıracak şekilde bilgisayar kullanımı nedir, nasıl düşünülmelidir ve nasıl olabilir sorularına yanıt olabilecek görüşler belirtilmiştir.*

*İleri üretim teknolojisinin gereksinimi olan makine mühendislerinin eğitimine yönelik amaçların ne olması gerektiğini içeren bu çalışmada CAD'ın (Computer Aided Design-Bilgisayar Yardımıyla Tasarım) eğitimde zorunlu hale getirdiği değişimler ve uygulamalar incelenmiştir.*

### ABSTRACT

*In this paper, the changes which must be done in mechanical engineering education specially in CAD (Computer Aided Design) are outlined. Computer techniques and their applications are becoming more and more important in mechanical engineering applications. To eliminate the inefficiencies of traditional education and to satisfy the requirements of this computer age some proposals and enlightments about CAD are given.*

\* Yrd. Doç. Dr.; Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Görükle-Bursa.

*The main scope of this paper is how best to use the computers to satisfy the CAD applications and also to introduce the new to design and manufacturing techniques to mechanical students.*

## GİRİŞ

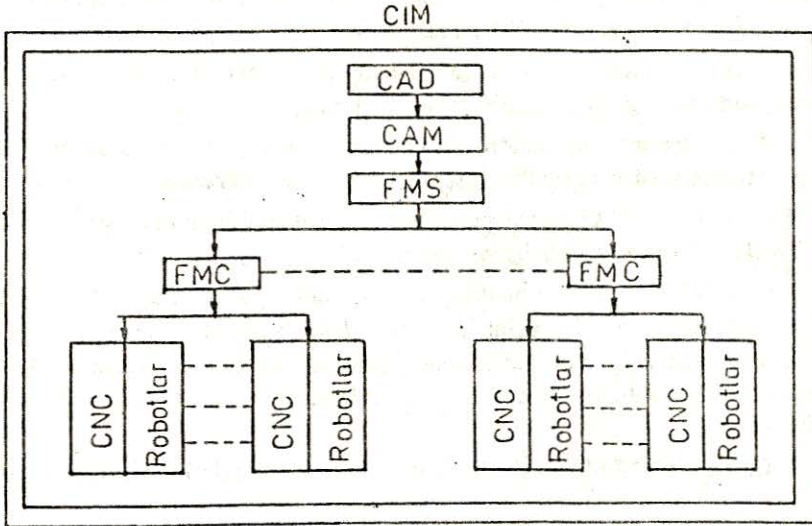
Günümüzde kullanılan klasik üretim teknolojisi yapısının yerini, üretimde daha esnek, kalitede en iyileşmeyi, maliyette büyük düşüşleri, esas alan ve bilgisayarların yoğun olarak kullanıldığı yeni teknolojiler almaktadır. Genel anlamda CAD/CAM/CAE (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Engineering-Bilgisayar Yardımıyla Tasarım/ Bilgisayar Yardımıyla Üretim/Bilgisayar Yardımıyla Mühendislik) olarak adlandırılan yapıyı destekleyebilecek düşünce dinamiklerine sahip mühendislere ihtiyaç vardır.

Üretim teknolojisinin klasik yapısal değişimi 1950'li yıllardan itibaren sayısal denetim alanında görülen belirgin gelişim ile başlamış ve informatik alanında gözlenen aşamalarla devam etmiştir. Bu gelişimde üretim teknolojisinin informatiğe yakın hale gelmesi ve bilgisayar teknolojisi alanında yapılan aşamalar en önemli rolü oynamaktadır. 1970'li yılların son dönemlerinden itibaren bilgisayarlarda daha hızlı mikro işlemcilerin kullanılması ve etkileşimli grafik ortamlarının PC seviyesinde sağlanabilmesi eğitimde ve endüstriyel uygulamalarda yaygın bilgisayar kullanım çağını aşmıştır. Bugün artık eskiden sadece merkezi bilgisayarlarda çalıştırılabilen birçok program PC'lerde kolaylıkla çalıştırılmaktadır. PC ortamında CAD/CAM/CAE nin uygulama alanı bulması donanımda olduğu gibi yazılım alanında da geniş kitlelere pazarlama imkanlarının ortaya çıkması sonucu oluşan yazılım firmaları sadece kelime işlemcilerle pazarda kalınamayacağını anlamışlardır. Özel amaçlı yazılımlardan ziyade genel amaçlı CAD/CAM/CAE yazılımlarına yönelik çalışmalar sonucu mevcut programların sayısında artmalar olmuştur. Bilgisayar destekli eğitim projeleri de donanım ve yazılım açısından firmaların ilgi alanı içerisinde yer almış birçok firma üniversitelerle iş birliği içerisinde girmişlerdir.

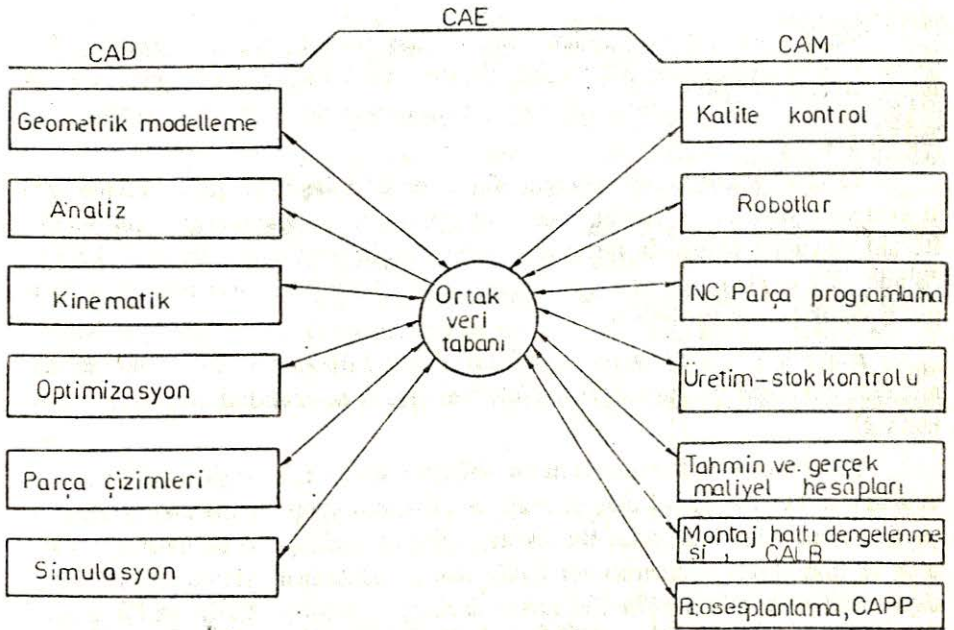
CAD/CAM ile sağlanan yeni tasarımlardan en hızlı şekilde üretime geçebilmek için üretimde organizasyon düzenlenmesini hedefleyen çalışmalarla FMS (Flexible Manufacturing Systems-Esnek İmalat Sistemleri) geliştirildi. Böylece yeni üretim teknolojisi CIM (Computer Integrated Manufacturing-Bilgisayar Bütünleşik Üretim) adını aldı. CIM üretim işlevlerinin başlangıcından sonuna kadar olan her aşamada tam otomasyonu içeren üretimde teknolojik devrimi simgelemektedir. Düşünceden gerçeğe dönüşmesi endüstride yeni bir değişimi beraberinde getirecektir. Bu değişimin başarıya ulaşabilmesi herşeyden önce yeni becerilerle eğitilmiş dinamik kadrolarla sağlanabilecektir.

CAD bu yapının en üst kısmında yer alan başlangıç noktasıdır. CAD'ın çok iyi anlaşılması tasarım sonucu oluşturulan çizimler ve tasarım verileri CIM

integrasyonunu sağlayacak ortak veri tabanının oluşturulması demektir. Şekil 1'de CIM ve Şekil 2'de CAE şematik yapısı ortak veri tabanına göre düzenlenmiş olarak verilmiştir.



Şekil: 1 - CIM'in şematik yapısı  
FMC (Flexible Manufacturing Cell-Esnek İmalat Hücresi)



Şekil: 2 - CAE'nin şematik yapısı  
CAPP (Computer Aided Process Planning - Bilgisayar Yardımıyla Proses Planlaması)  
CALB (Computer Aided Line Balancing)

CAD'ın yapısı ve tasarımı kullanıma geçmeden önce CAD/CAM/CAE yapısı kısaca özetlenerek CAD'ın bu yapı içerisindeki yeri ve önemi takip eden bölümlerde açıklanacaktır. Yazının son bölümünde makine mühendisliği eğitiminde bilgisayar destekli çizim uygulamalarının nasıl düzenlenmesi gerektiği konusunda görüşler sunulacaktır.

Her iki bölümde verilmeye çalışılan eğitim düzenlemeleri yapısı aşağıda belirtilen dört temel görüş esas alınarak incelenmiştir:

1. Programlama dillerinden birinin mevcut programları da anlayabilecek ve bu programlara alt programlar yazabilecek seviyede öğretilmesi

2. CAD/CAM/CAE paket programlarını kullanabilme olanağının verilmesi, projelerle kullanma tecrübelerinin artırılması

3. CAD/CAM/CAE uygulamalarının önemli parçası olan F.E.M. (Finite Element Method-Sonlu Elemanlar Yöntemi), NC (Nümeric Control-Sayısal Denetim) uygulamalarına yönelik bilgisayar ortamında oluşturulan analiz ve kontrol çalışmalarının yaptırılması. F.E. ve NC konularında yeterli bilginin öğrencilere aktarılması.

4. CAD/CAM/CAE ve CIM olgusunun etki ve hedeflerinin öğrenciye verilmesi.

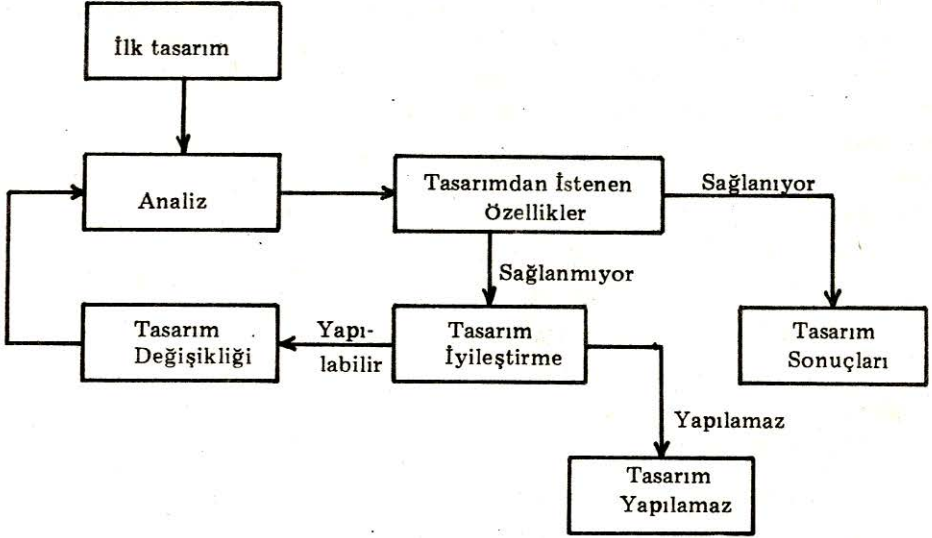
## ÜRETİMDE KLASİK MANTIK VE CAD/CAM MANTIĞI

Klasik mantıkta tasarımdan ürüne kadar olan aşamalarda emek yoğun işlemleri gerektirmektedir. Ekonomik olmayan ve hataların başlangıçta kolaylıkla gözlenemeyeceği yeterince dinamik olmayan uzun sürede tamamlanabilen bir üretim şeklidir.

Tasarım belirli kriterler çerçevesinde, belirlenmiş ihtiyaçların karşılanması amacıyla, problemin tanımı, analiz ve optimizasyon işlemlerinin gelişimidir. İteratif tasarım metodunda tasarım tekrarlamalarla belirlenmiş sınırlamalar içerisinde geliştirilecek optimize edilmeye çalışılır. Şekil 3'de tasarımın iteratif yapısı şematik olarak verilmiştir.

Böylece birçok alternatif değerlendirilerek daha doğru ve gerçekçi bir sonuç elde edebilme ihtimali ortaya çıkar. Her tekrar tasarımda bir iyileşmeye imkan sağlar.

Tasarımdan beklenen şartların sağlanabilmesi için çeşitli yaklaşımların denenmesi, tasarım genel akış şemasında ön taslak çalışma -analiz- iyileştirme çevrimi içerisinde olmaktadır. Bu tekrar yapısının bilgisayar ortamında çok daha hızlı ve doğrulukta oluşturulması CAD olarak adlandırılmaktadır. CAD bilgisayar ortamında tasarım çizim ve analizlerinin yapılmasıdır. Çizim ve ön tasarım çalışmaları bilgisayar grafik özelliklerinden faydalanılarak yapılmaktadır. CAD'ın çizim işlevi ve uygulamaları takip eden bölümde anlatılacaktır.



Şekil 3 - İteratif tasarım yapısı

Tasarım analiz yöntemleri içerisinde en yaygın kullanım alanı olan F.E.A. (Finite Element Analysis-Sonlu Elemanlar Analizidir). Karmaşık bir yapıda olan ve klasik analiz yöntemlerine göre çözümü zor olan analizlerde kullanılmaktadır. F.E. incelenen parçayı elemanlara böler ve her bir elemanın davranışlarının matematiksel analizi yapılarak, tüm sistemin davranışları çıkarılır. F.E. analizi büyük miktarda data hazırlanmasıyla gereksinimi göstermesi ve işlemler açısından bilgisayar işlem ve grafik ortamlarının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Şekil 2'de görüldüğü gibi tasarım işleminin tamamlanmasından sonra ortak veri tabanının kullanılmasıyla CAM işlemlerine geçilebilmektedir. Parça programların yapılması, robotların kontrolü, proses planlaması ve yönetim işlemleri CAM genel yapısını oluşturan birimlerdir. CAM bilgisayar teknolojisinin yönetim, kontrol ve imalat işlemlerinde kullanılması için fabrika donanım ve iş gücü kaynaklarına dolaylı veya dolaysız yollardan bağlanmasıyla oluşan bir sistemdir.

## BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÇİZİM

CAD, CADD (Computer Aided Design Drafting-Bilgisayar Yardımıyla Tasarım Çizim) ve CADA (Computer Aided Design Analysis-Bilgisayar Yardımıyla Tasarım Analiz) olmak üzere iki ayrı grupta ele alınabilir. Her iki gruptaki

çalışmalara geçmeden önce öğrenciye bilgisayar programlama yöntemleri anlatılmalı ve en az bir dili çok iyi kullanabilme yeteneğinin verilmesine çalışılmalıdır. Grafik ortamında çalışma ve mevcut programlara alt programlar yazabilme becerisi kazandırılmalıdır. Bilgisayar grafiklerinin matematiksel yapısı ve optimizasyon teknikleri seçime bağlı dersler şeklinde üst sınıflarda öğrencilere verilebilir. Her öğrencinin bilgisayarla donanım ve yazılım olarak tanışması ilk sınıfta tamamlanmalıdır. Bu tanışmada amaç hiç bir zaman klasik çizim tekniklerini atlamak olarak düşünülmemelidir, amaç konvansiyonel çizim tekniklerinin üzerine kurulan bilgisayar ortamını kullanabilme tekniğidir.

CAD kursu iki bölümde ele alınabilir. Birinci bölümde;

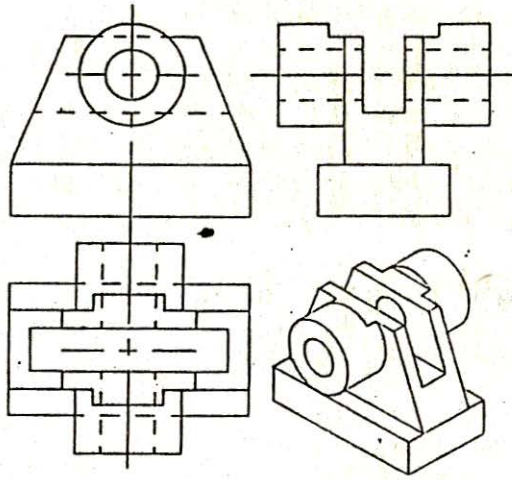
1. Grafik çizim teknikleri temellerinin öğretilmesi,
2. Grafiklerle matematiksel açıklamaların uygulamalarla birleştirilmesi,
3. Bilgisayar grafikleri ve bilgisayar yardımıyla çizim temel kavramlarının anlatılması,

İkinci bölümde;

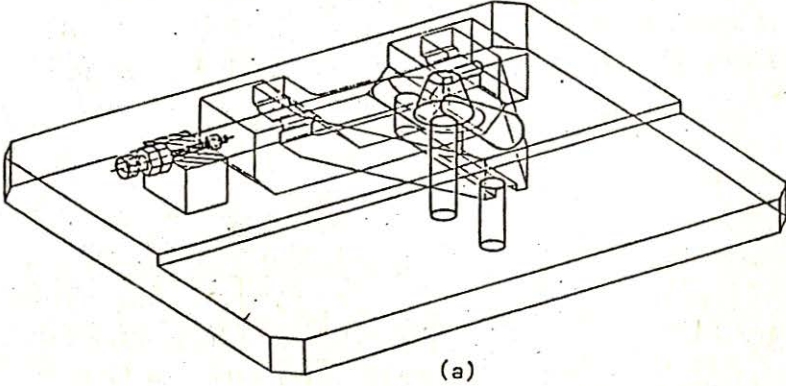
1. Mühendislik tasarım sürecinin uygulamalarla öğretilmesi,
  2. Optimum çözüm kavramının verilmesi,
  3. Bilgisayar grafik analiz yöntemlerinin tasarım problemlerinin çözümünde kullanımı.
- aşamaları izlenmelidir.

Bilgisayar grafik imkanlarından faydalanılarak çizim öğrenme modülleri öğrenciye öğrenmede esneklik ve dinamizm kazandıracaktır. Öğrenciler bu modülleri kullanarak verilen iki görüntüden üçüncü görüntüyü çıkarabilme, verilen görüntülerden modele geçebilme veya verilen modelden görüntülere geçebilme çalışmalarını yapabilirler. Böyle bir çalışma ile ilgili CAD çizimleri Şekil 4 ve 5'te verilmiştir.

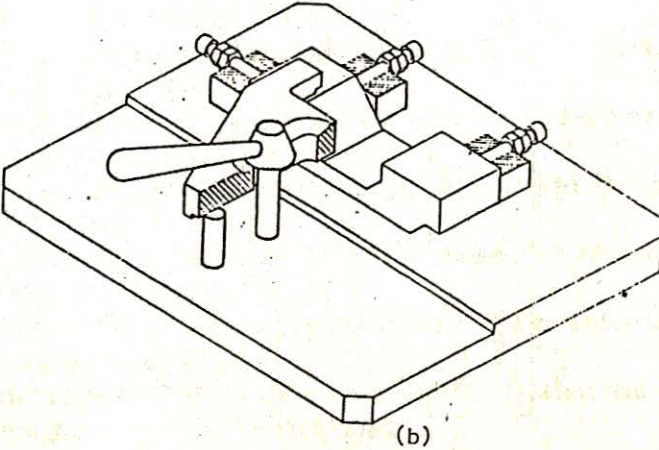
CAD kullanımının en önemli özelliklerinden birisi 3 boyutlu çizimlerin oluşturulabilmesidir. Bu modeller CAD/CAM/CAE sistemlerinin bir çok işlevlerinin, FE analizi, NC parça programlarının hazırlanması gibi başlangıç noktasıdır. Klasik mühendislik çizimleri tasarım ve imalat arasındaki bağı sağlayacak iletişim ortamını rahatlıkla sağlayabilmekteydiler. 1970'li yıllarda başlayan ilk kullanımlarda aynı yapının bilgisayar grafik ortamında oluşturulmasıydı. Hızlı bir etkileşim ortamı çizim ve çizimde yapılacak değişimler için uygun ortamı sağlamaktaydı. Fakat 3 boyutlu çizimler karmaşık şekillerde tanımlanmış olabilirler ve 2 boyutlu yaklaşımlarla bunları tanımlamak gerek klasik teknik resim tahtası çalışmaları ile veya bilgisayarda yanlışlıklara sebep olabilir. Sonuç üretim aşamasında belli olacağından tekrar geriye dönüş ve tasarım değişikliği maliyeti büyük ölçüde arttıracaktır. CAD'ın maliyette düşüş özelliği bir oranda geçersiz olabilmektedir. Bu aksaklıkların önlenmesi, analiz yöntemlerine ve NC parça programlama programlarına daha kolay geçilebilmesi için 3 boyutlu çizim yapabilen programlar geliştirildi. 3 boyutlu çizim yöntemlerinde uygulanan teknikle-



Şekil: 4 - CAD ile yapılmış örnek çizim çalışması



(a)

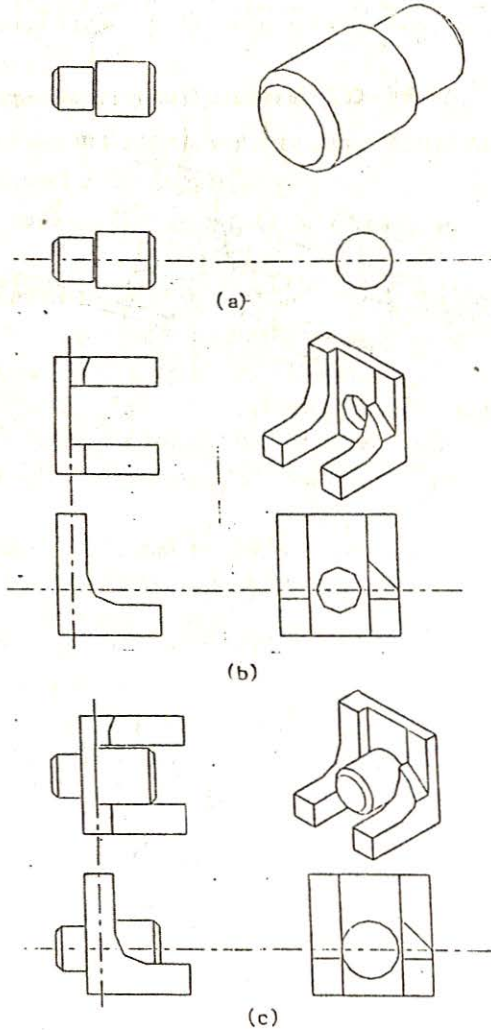


(b)

Şekil: 5 - CAD ile yapılmış aparat çizim çalışmaları

rin öğrenciye verilmesi endüstriyel uygulamalar açısından gereklidir. 3 boyutlu çizimde kullanılan teknikler Wire Frame-Tel Çerçeve, Surface Modelling-Yüzey Modelleme ve Solid Modelling-Katı Modelleme'dir. Her yöntemin avantaj ve dezavantajları kullanım alanlarına göre değişmektedir. Katı modelleme kullanımının FEA veri hazırlanmasında sağladığı avantajları, sadece görüntü çizimlerini içeren bir çalışmada dezavantaja zaman açısından dönüşebilir. Öğrenci bu şekilde ve diğer gözlemlerini 2 boyutlu ve 3 boyutlu çizim çalışmaları sonucu elde edecektir.

Bilgisayar grafik ortamında oluşturulan 3 boyutlu çizim geleceğin çizim tekniği olarak çok daha yaygın olarak kullanılacaktır. Şekil 6'da 3 boyutlu çizimle yapılmış bir alt montaj çalışması görülmektedir.



Şekil 6 - CAD ile yapılmış örnek çizim çalışmaları



## SONUÇ

Endüstrinin CIM'a yönelmesi endüstri devriminden informatik çağına geçişin düşünceden gerçeğe dönüşmeye başladığı çağımızda bu atılımların başarıya dönüşmesi eğitimde yapılacak değişimle daha hızlı ve uyumlu olacaktır. Değişen teknoloji, klasik eğitim düşünce yapısında yeni düzenlemeleri zorunlu hale getirmiştir. Üniversitelerin ve endüstrinin bu değişimi takip edebilecek mühendislere ihtiyacı vardır.

CAD değişiminin CIM piramidinde en üst noktasıdır. Eğitimde CAD yapısına uygun olarak yapılacak düzenlemeler öğrencilerin CAE ile tanışmasında ve CAD/CAM, CIM bağlantısını kurabilmesinde yardımcı olacaktır. 2 boyutlu ve 3 boyutlu CAD çizim tekniklerinin mümkünse endüstri ortamında da uygulamalarla verilmesi konunun daha iyi anlaşılması açısından gereklidir. Öğrencilerin ilk sınıfta programlama ve CAD grafik çizim teknikleri ile tanışmaları üst sınıflara derslerin içerikleri çerçevesinde verilebilecek projelerle taşınabilir. Bu şekilde öğrencinin konuyla ilgisinin sürekliliği sağlanmış olacaktır.

Bu yazıda belirtmeye çalıştığım görüşlerim İngiltere, Bradford Üniversitesinde, MKE Maksım tesislerinde ve TOFAŞ Türk Oto Fab. A.Ş.'de görev aldığım sürelerdeki izlenimlerimin ve yapmakta olduğum araştırmalarımın sonucudur.

## KAYNAKLAR

1. BERNHARD, R.J., JENISON, R.D.: "CAD for Freshmen", Cilt 2, Sayı 6, s. 20-25, 1984.
2. DOUTHWAITE, C., POLLARD, D.J.: Computer Aided Engineering: an Integral Part of the Design Process, University of Surrey, 1988.
3. CAD/CAM Reference Issue: Machine Design, cilt 57, sayı 24, s. 2-132, 1985.
4. CIME Slaff Report: "Campus Wide Computer Networks", CIME, cilt 2, sayı 6, s. 10-17, 1984.
5. WESTON, K.C.: "Microcomputers in Undergraduate Study", Mechanical Engineering, s. 72-75, Şubat 1983.
6. VOISINET, D.D.: Computer Aided Drafting and Design, McGraw Hill, 1987.
7. VOISINET, D.D.: Auto CAD Mechanical Lab Manual, McGraw Hill, 1987.
8. PAO, Y.C.: Elements of Computer Aided Design and Manufacturing, John Wiley and Sons, 1984.
9. GROOVER, M.P.: Automation Production Systems and Computer Aided Manufacturing, Prentice Hall. 1980.

10. ———: "The Personal Computer in Manufacturing", American Machinist and Automated Manufacturing, s. 58-73, Haziran 1987.
11. AKKURT, M.: Nümerik Kontrollu Tezgahlar ve Sistemler, Asil Teknik Yayın No 1., 1986.
12. KAFTANOĞLU, B.: "Bilgisayar Yardımıyla Tasarım Nedir", SEGEM, CAD/CAM Semineri, 1985.
13. ROGERS, D.F., ADAMS, J.A.: Mathematical Elements for Computer Graphics, McGraw Hill, 1976.
14. ERDMAN, A.G.: "Computer-Aided Design of Mechanisms: 1984 and Beyond", Mechanism and Machine Theory, Cilt 20, sayı 4, s. 245-249, 1985.
15. ———: "Database Management: Gateway to CIM", American Machinist and Automated Manufacturing, s. 82-88, Ekim 1987.
16. PERKINS, B.: "Six Years Experience with CAD/CAM", The Production Engineer, s. 36-38, Mayıs 1983.
17. ROUSE, J.K.: "Off The-Shelf Software for Mechanical Design", Machine Design s. 47-52, Nisan 1983.
18. SMITH, W.A.: Computer Aided Manufacture, Workshop Computervision System, UMIST, 1983.
19. GRAHOM, G.W.: "Company Expesience in Establishing a CAD/CAM System", Engineering Materials and Design, Nisan-Eylül 1983.