

75118

**MEKANİK ENDÜSTRİDE CAD / CAM SİSTEMLERİNİN SEÇİMİ
ve
ETKİN KULLANIMI**

75118

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Mete YAKIN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Haziran 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Haziran 1998

Tez Danışmanı : Dr. Müh. Halefşan SÜMEN *Hümen* 29.06.1998
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Semra DURMUŞOĞLU *Semra* 29.06.1998
Doç. Dr. Hacer ANSAL *Hacer* 1.07.1998

ÖNSÖZ

Birbirini izleyen teknolojik gelişmelerden etkilenecek, köklü değişimlere uğrayan tasarım ve üretim faaliyetleri ile bu iki süreci optimize etme amacıyla mevcut sistemlerini güncelleştirmek isteyen üretim firmalarının faaliyetleri tez konusunun kaynağını oluşturmaktadır.

Üretim işletmelerinin gün geçtikçe zorlaşan rekabet koşullarında ayakta kalmasını sağlayacak en önemli unsurlardan biri olan, Bilgisayar Destekli Tasarım, Üretim ve Mühendislik Sistemleri tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de şirket politikalarında üst sıralarda yerini almaktadır. Ancak söz konusu sistemler, firmaların tasarım ve üretim anlayışında önemli değişikliklere yol açtığı için, yatırımı düşünen firmaların seçim ve kullanım konusunda son derece dikkatli adımlar atması gerekmektedir. Bu hassas ve özen gösterilmesi gereken konu, ülkemizde ne yazık ki yeterince üzerinde durulmamakta ve alınan yanlış kararlarla hem firma, hem de ülke ekonomisine zarar verilmektedir.

Firma açısından hayati öneme sahip bu konuya, akademik anlamda açıklık getirmek amacıyla, sistem seçimi aşamasında yapılacak faaliyetler, alınacak tedbirler, sisteme geçildikten sonra beklentilere uygun oranda etkin kullanımın nasıl sağlanacağı incelenerek sunulmuştur. Sistem uygulamalarını çok geniş bir alanda görmek mümkündür. Bu nedenle, konuya belli bir bakış açısından bakarak sınırlama getirmek amacıyla, tasarım, üretim ve mühendislik konularında çok yoğun olarak kullanılan makina endüstrisi seçilmiştir. Tez, aynı zamanda Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Sistemi ' ne geçmek isteyen firmaların, konu hakkında bir altyapıya sahip olmasını sağlayıcı özellikte olup, güncel bir uygulama ile de içerik desteklenmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde her türlü yardımı ve desteği sağlayan Sayın Hocam Dr. Müh. Halefşan Sümen'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm yaşantım boyunca beni teşvik eden ve devamlı yanımda olan aileme, başta Esmâ TUFANOĞLU ve M.Barbaros KUBATOĞLU olmak üzere tüm dostlarıma da teşekkür ederim.

Mete YAKIN

HAZİRAN 1998

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 CAD/CAM Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi	3
1.2 Bilgisayar Destekli Tasarım Sisteminin Kullanılmasının Sebepleri	5
1.3 Tasarım İşlemi ve Aşamaları	6
1.3.1 Eş zamanlı mühendislik yaklaşımının tasarım sürecine etkisi	8
1.4 Tasarım İşlemi İçinde Bilgisayarın Yeri	13
1.5 Bilgisayar Destekli Tasarım Sistemi Donanımı	15
1.6 Bilgisayar Destekli Üretim	18
1.6.1 Bilgisayar destekli üretim sistemi faaliyetleri	23
1.6.2 Bilgisayar destekli üretim sistemi donanımı	25
1.6.2.1 CNC takım tezgahları	25
1.6.2.2 CNC takım tezgahı kullanmanın avantaj ve dezavantajları	26
1.6.2.3 CNC tezgah seçiminde dikkat edilecek noktalar	27
1.7 Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Sistemlerinin İşletmelere Sağladığı Faydalar	28
1.8 Bilgisayarla Bütünleşik Üretim	28
BÖLÜM 2 CAD/CAM SİSTEMLERİNİN SEÇİMİ	35
2.1 Mekanik Endüstride CAD/CAM Sistemlerinin Yeri	37
2.2 Seçim Çeşitleri	39
2.3 Firma İçi Çalışmalarla CAD/CAM Sisteminin Seçimi	41
2.3.1 Başlama kararı	41
2.3.2 CAD/CAM sistemini seçecek ekibin oluşturulması	42
2.3.3 Amaç ve hedeflerin belirlenmesi	43
2.3.4 Proje planının oluşturulması	43

2.3.5 Mevcut sistemin analizi ve ihtiyaçların belirlenmesi	43
2.3.6 Tekliflerin alınması ve ön değerlendirmenin yapılması	45
2.3.7 Kalan alternatifler üzerinde çeşitli yöntemlerle değerlendirmeler yapılması	45
2.3.7.1 Fonksiyonel özellikler	49
2.3.7.1.1 Servis ve destek hizmetleri	49
2.3.7.1.2 CAD/CAM sisteminin kalitesi ve güvenilirliği	51
2.3.7.1.3 Teslim ve işletmeye alma çalışmaları	52
2.3.7.1.4 Sistemin finansal durumu ve analizi	52
2.3.7.1.4.1 CNC takım tezgahları için ekonomik analiz	55
2.3.7.2 Yazılımın mimarisi	60
2.3.7.2.1 CAD/CAM yazılımlarının analiz programlarıyla ilişkisi ve bilgisayar destekli mühendislik kavramı	64
2.3.7.2.2 CAD/CAM yazılımlarının animasyon programlarıyla ilişkisi	66
BÖLÜM 3 CAD/CAM SİSTEMLERİNİN ETKİN KULLANIMI VE YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞÜ	67
3.1 Firmaların CAD/CAM Sistemine Geçtikten Sonraki Durumları	68
3.2 Bilgisayar Destekli Tasarımın İş Dünyasına Katkısında Dört Aşama	70
3.3 CAD/CAM Sistemi Eğitimi	74
3.4 İşletme Organizasyonu	80
3.4.1 CAD/CAM sistemi kullanan firmaların yapısı	81
BÖLÜM 4 CAD/CAM YAZILIMLARININ ÖZELLİKLERİ	87
4.1 Bilgisayar Destekli Tasarıma Ait Özellikler	89
4.2 Bilgisayar Destekli Üretime Ait Özellikler	93
4.3 Bilgisayar Destekli Mühendislik ' e Ait Özellikler	95
4.4 Diğer Özellikler	95
BÖLÜM 5 CAD/CAM SİSTEMİ SEÇİMİ ve ETKİN KULLANIMINA DAİR ENDÜSTRİDEN ÖRNEKLER ve TAVSİYELER	99
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	118
KAYNAKLAR	121
ÖZGEÇMİŞ	124

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	CAD/CAM Sistemlerinin Ürünün Meydana Geliştirilmesi Basamaklarına Uygulanması	2
Şekil 1.2	Seri Mühendislik	9
Şekil 1.3	Eş Zamanlı Mühendislik	9
Şekil 1.4	CAPE Temel Elemanları	10
Şekil 1.5	CAPE Özel Elemanları	10
Şekil 1.6	CAPE Sistemine Geçişte Meydana Gelen Verimlilik Düşüşü	12
Şekil 1.7	Tasarım Sürecinde CAD Sisteminin Kullanılması	13
Şekil 1.8	Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemi Yapısı	29
Şekil 1.9	Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemi Faaliyetleri	31
Şekil 3.1	İşletmelerin CAD/CAM Sistemine Geçtikten Sonraki Üretkenlikler	68
Şekil 3.2	Önceki Çizim Metoduna Göre AutoCAD Kullanıcılarının Sağladığı, Üretkenlik Kazancının Yıllara Göre Değişimi	70
Şekil 3.3	CAD Sistemine Geçtikten Sonraki Üretkenlik Kaybının Değişkenlerle Açıklanması	76
Şekil 3.4	CAD Eğitimi Süresince Hesaplanan Üretkenlik Kayıpları	76
Şekil 3.5	Önceki Çizim Metodu Üretkenliği Seviyesine AutoCAD İle Ulaşmanın Zamanı	77
Şekil 3.6	Elle Çizim Metoduna Göre AutoCAD İle Çalışmanın Verimliliğe Etkisi	77
Şekil 3.7	Eğitim Almış ve Almamış Kullanıcılar Arasında Üretkenlik Analizleri	78
Şekil 3.8	Eğitim Almış ve Almamış Kullanıcılar Arasında Üretkenlik Analizleri	89
Şekil 4.1	Mühendislik Döküman Yönetim Sistemi Yapısı	97

TABLO LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1	CAD/CAM Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi	4
Tablo 2.1	En Az Maliyet ve En Fazla Üretkenlik Anlayışlarının Bir Uygulama İle Karşılaştırılması	55
Tablo 2.2	Sayısal Denetimli Tezgahlar İle Üretim Sonucu Maliyet Kalemlerindeki Değişimler	59
Tablo 5.1	A ve B Yazılımlarının Gereksinimler Doğrultusunda Karşılaştırılması	102
Tablo 5.2	CAD/CAM Yazılımları	104

ÖZET

Firmalar, tasarım ve üretim süreçlerini gözden geçirerek, daha verimli ve uygun performansta çalışarak, daha az maliyetli, ve yüksek kalitede ürünler almasını sağlayacak Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD, Computer Aided Design) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM, Computer Aided Manufacturing) sistemlerinin getirdiği avantajlardan faydalanmak için sisteme geçmek istemektedirler. Ancak, ülkemizde bu geçiş süreci ve kullanım aşamasına gereken önem verilmeyerek, yapılan yanlış yatırımlarla firmalar zarara uğramaktadır. Söz konusu hataların başladığı nokta seçim aşaması olup, ihtiyaçların, amaç ve hedeflerin sağlıklı bir şekilde belirlenmemesi, yöneticilerin gerek firma, gerekse de konu hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaları ve araştırma da yapmamaları sebebiyle sistemden yararlanmak bir yana, eski sistemi arar duruma gelinmektedir.

Tüm bu nedenlerden ötürü, son derece hassas olan bu konu üzerine eğilip, öncelikle CAD/CAM kavramlarına açıklık getirilerek, sistem genel olarak tanıtılmış, faydalarından bahsedilmiş ve sistemin Bilgisayarla Bütünleşik Üretim (CIM) anlayışının bir parçası olduğu vurgulanarak, sistemden maksimum fayda almanın diğer CIM öğelerini de kazanarak gerçekleşeceği belirtilmiştir.

CAD/CAM Sistemleri hakkında genel bir fikir verildikten sonra, üretim sektöründe makina endüstrisi ele alınarak, sistemin sektördeki yeri hakkında bilgi verilmiş ve sisteme geçiş kararı alan bir firmanın sağlıklı seçim yapabilmesi için geçmesi gereken aşamalar, yapması gereken faaliyetler ele alınmıştır. Burada tüm faaliyetler ile hesaplama ve değerlendirme yöntemlerinden bahsedilerek, konu gerçek örneklerle desteklenmiş, yapıcı önerilerde bulunulmuştur.

Sonraki bölümde, gereksinimlerine uygun CAD/CAM sistemine, doğru ve isabetli kararlar alarak geçiş yapan firmanın, sistemden gerektiği gibi verim alabilmesi için yapması gereken faaliyetler olan başta eğitim ve organizasyon çalışmaları üzerinde durulmuş ve dünya üzerindeki saygın firmaların yaptığı araştırma sonuçları ile konunun önemi çarpıcı bir şekilde ifade edilmiştir.

Bir başka bölümde CAD/CAM yazılımları üzerinde ayrıntılı bir şekilde durularak, tüm özelliklerinden bahsedilmeye çalışılmış ve daha sonra üretim sektöründen CAD/CAM yazılımı seçimi uygulamasıyla gerçek bir örnek verilerek, konu netleştirilmiştir.

SUMMARY

SELECTING CAD/CAM SYSTEMS IN MECHANICAL INDUSTRY and EFFICIENT USE OF THESE SYSTEM

The purpose of Industrial Companies invest on Computer Aided Design and Computer Aided Engineering (CAD/CAM) systems are to work more productive and appropriate performance and product high quality. However, selection and use of CAD/CAM systems are not considered in our country. Therefore, selection and use processes would generate wrong decision.

The purpose of this study is to help companies how the CAD/CAM systems select properly and how the system use efficiently. The thesis contains five sections. The followings is a brief description of each station :

In the first chapter, the general conceptions which is concerning about CAD/CAM were defined. To talk about these definitions briefly: Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAM), Computer Aided Engineering (CAE), and Computer Integrated Manufacturing (CIM) describe four separate but closely related disciplines in computer graphics. The common goal of all these areas is to use the computer 's huge memory capacity, fast processing speed, and user-friendly interactive graphics capabilities to automate and tie together otherwise cumbersome and separate engineering or production tasks, thus reducing the time, and cost of product development.

CAD/CAM Systems involve the use of the digital computer to accomplish certain functions in design and productions. CAD is concerned with the use of the computer to support the design engineering function, and CAM is concerned with the use of the computer to support manufacturing engineering activities. The combination of CAD and CAM in the term CAD/CAM integrate the design and manufacturing functions in the industrial companies.

Computer Aided Design can be defined as any design activity that involves the effective use of the computer to create, modify, or document an engineering design. CAD is most

commonly associated with the use of an interactive computer graphics system, referred to as a CAD system. The term CAD/CAM system is also used to support manufacturing as well as design applications.

CAD is used to define some type of geometry for a mechanical part, architectural structure, electronic circuit, building layout, or other items. This information is stored in a computer database, from which it is as the basis for further work and to produce engineering drawings.

There are several important reasons for using a CAD system to support the engineering design function:

1. To increase the productivity of the designer. This is accomplished by helping the designer to conceptualize the product and its components. In turn this helps to reduce the time required by the designer to synthesize, analyze, and document the design.
2. To improve the quality of the design. The use of a CAD system with appropriate hardware and software capabilities permits the designer to do a more complete engineering analysis and to consider a large number and variety of design alternatives. The quality of the resulting design is thereby improved.
3. To improve design documentation. The graphical output of a CAD system results in better documentation of the design than what is practical with manual drafting. The engineering drawings are superior, and there is more standardization among the drawings, fewer drafting errors, and greater legibility.
4. To create a manufacturing data base. In the process of creating the documentation for the product design (geometric specification of the product, dimensions of the components, materials specifications, bill of materials, etc.) much of the required data base to manufacture the product is also created.

CAM systems provide the data and instructions to automated machines for making parts, assemblies, and circuits, often using the geometric data from CAD as a starting point. CAM includes applications that support manufacturing engineering, such as numeric codes generation, and simulation.

The solid model generated by CAD softwares is important for representing part definition. All of the part's features can be defined and displayed in this model. There are other key factors paramount to successful manufacturing operation: Graphics, data management, associatively, and applications.

CAE , computer software is available for performing a wide range of analysis and simulation. Such tools allow engineers to see how the product will behave under various conditions and catch any errors early in the design cycle, thus optimizing the design and reducing overall product development time and cost. Probably the most widely used method of computer analysis in engineering is the "Finite Element Method". Other types of tools include kinematics, dynamics, and rapid prototyping.

As given below, there are several important benefits for using CAD / CAM / CAE system :

- Qualified design : Evolved model is evaluated a lot of alternative, because of optimum result for the model, design is qualified, and fine tuned.
- Design reliability : Using sensible analysis method and simulation techniques for the design, reliability border is increased.
- Decrease of design and production time : Due to computerizability, design and production time is reduced.
- Availability of documentation easily : Drafts, reports and graphics are prepared easily and quickly
- Economy of material and labour : The result of making optimum design is to save material and labour.
- Changing and evolving design easily : It can be applied to change on design and production methods quickly. In addition to correcting errors in a short time and producing new models can be possible.
- Presentation of product in the market in a short time : Since design and production times are reduced, product is presented in the market quickly.

Chapter two provides detail on a selecting process of CAD / CAM systems. Firms can choose CAD/CAM system in two ways. First, determined firm' s system; following scientific selection methods. Second, firms supported to choose a system which turn key project by other firms. According to recent research, the most way to choose CAD/CAM system in firms is to make their own decisions. Because, firms know their own necessities and goals. Also, when firms choose a system, firm get knowledge about CAD/CAM systems. The following is a proposed method of this dissertation for selecting CAD/CAM system.

1. Starting decision.
2. To organize a team which its goal is to select the CAD/CAM system.

3. To determine mission and goal for the company.
4. To define requirements and analyze the present system.
5. To receive proposal and pre-evaluate.
6. To evaluate remaining proposal with different methods, including demos.
7. Decision about selection.

Facilities which started at took a decision on system' s investment and organized project team, attending to make a project planning about goals and necessities. It should be pointed out that needs determined correctly. If occurred any error in this part, selection process would generate wrong decision.

While studying on selection, it should be taken into considering CAD/CAM systems which are required modern production and management methods and processes. This important point has been discussed in this chapter.

In this thesis, it is asserted that make a system analysis and considering new production method are most important in order to system efficiency and for the return on investment in short time. Also, other important points can be arranged as the followings:

- 1) Reliability proposal
- 2) Service and support utilities
- 3) Delivery and implementation studies
- 4) Test installation
- 5) Software architecture

In the other part of study, treat of evaluating CAD/CAM systems and some scoring models, economic analysis methods have been discussed. For example:

- Scoring Models:

- Unweighted 0-1 factor model
- Unweighted factor scoring model
- Weighted factor scoring model
- Constraint weighted factor scoring model

- Economic Analysis Methods:

- Pay back period
- Return on investment
- Net present value

- Internal rate of return

In chapter 3, return on investment for a short duration in order to reach a system efficiency have been studied. The following questions are answered in this chapter.

- 1) What does firm acquire with CAD/CAM system ?
- 2) How much money and time assigned for training ?
- 3) What is the return on investment in first year and in economic life ?
- 4) What is the minimum limit of investment ?
- 5) How much time is necessary for training from engineers and designers ?
- 6) How much productivity would loss during training ?
- 7) How can be planned on to productivity increase in long term ?
- 8) How can be organize ?

Industrial companies which adopted the CAD/CAM system examined carefully later, studies about minimum productivity loss and loss time have been discussed with examples.

After that, treat of training of CAD/CAM system. How system training can be given and purpose of training told. In another title, treat of organization concept and given an information about firms organizational structure which use CAD/CAM system.

In chapter 4, commercial CAD/CAM softwares with their features, definition of important terms, and general characteristic of softwares have been explained. Also, showed all of CAD/CAM features. In this part, it has been pointed out that Product Data Management which is important for CAD/CAM systems. Furthermore data entrance, organization and control which is related to product and formation of product management told and it is a technology which is used for Product Data Management.

In chapter 5, given an example which is a CAD/CAM system selecting in a industry and all explanations brought up concretely. In this part, selecting evaluation and calculation methods determined.

At the end of this part, study about firms which produce CAD/CAM/CAE software. As a result, in this study, given general software features and definitions have given in many ways.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bilgisayar destekli tasarım (CAD, Computer Aided Design), tasarımın yapılmasını kolaylaştırmak, hızlandırmak, kalitesini yükseltmek gibi amaçlara ulaşmak için araç olarak bilgisayardan yararlanma eylemidir. Tamamen insani faktörlere bağlıdır ve dolayısıyla insanın yetenekleri dahilinde bilgisayar destekli tasarımdan yararlanmak söz konusudur. Genel olarak CAD üzerine beklentiler şu şeklide özetlenebilir: Üretkenlik, hassasiyet, ve uyumluluk.

CAD, sadece bir çizim aracı değildir. Tasarımcı çizim sürecinde kazandıklarını, tasarımını geliştirmek için yararlı bilgilere çevirebildiği ve bilgisayarın, veri biriktirme/sıralama, hesaplama, programlanabilme, görselleştirme gibi yeteneklerinden yeterince yararlanabildiği zaman, bilgisayar ortamında çalışmak gerçekten verimli olacaktır. Tasarımın bittiği zaman nasıl bir ürün ortaya çıkaracağını, belki de ürünün nasıl çalışacağını önceden görebilip, ona göre tasarımını geliştirebilen kişi, bilgisayardan gerçek desteği alabilecek, CAD ' den yararlanabilecektir.

Bilgisayar destekli üretim (CAM, Computer Aided Manufacturing) ise, CAD ile tasarlanmış parça veya kalıbın, bu tasarım bilgilerini kullanarak ve üretim yöntemi ile ilgili teknolojik bilgi ve verilere dayanarak kullanılacak sayısal tezgahın (örneğin; NC, CNC, DNC) anlayacağı makina dilinde parça programını hazırlar.

Tasarım, modelleme, analiz, NC programlama gibi ana uygulamalardan oluşan bütünleşik sistemlere, bilgisayar donanım ve yazılımları ile birlikte "CAD/CAM Sistemleri" adı verilir. CAD, bilgisayar kullanmak yoluyla dizayn mühendisliği fonksiyonunu, CAM ise üretim mühendisliği aktivitelerini destekler. CAD ve CAM

1.1 CAD/CAM SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

1940' lı yıllarda gerek A.B.D.'de gerekse İngiltere'de elektro-mekanik ve elektronik hesaplayıcı makinalar konusunda çalışmalar yapılmaya başlandı, 1950 ' li yıllarda A.B.D. silahlı kuvvetlerinin isteği üzerine Massachusetts Institute of Technology ' de (M.I.T.) sayısal kontrollü takım tezgahlarının geliştirilmesi ele alındı bu çalışmalar Bilgisayar Destekli Tasarımın başlangıcını oluşturdu. 1960 ' lı yılların başında ise transistör lambalı devrelerin yerine geçecek bilgisayarlar kapasite ve hız yönünden hayli üstündü. M.I.T. ' de başlatılan Sketchpad projesinde TX-2 bilgisayarı kullanarak, ekranlı bir sistem geliştirilmiş ve ilk kez grafik ve etkileşimli yöntemler kullanılarak tasarımlar elde edilmiştir. Bu proje, Bilgisayar Destekli Tasarım konusunun temel taşını oluşturmuştur.

1960 ' lı yılların ikinci yarısında entegre devrelerin bilgisayarlarda kullanılması ile önemli hız ve kapasite artışları sağlanmış, ekran türleri ve teknolojileri geliştirilmiş ve özel yazılımların hazırlanmasına başlanmıştır. 1970 ' li yıllarda ise bilgisayarlar büyük çapta entegre devrelerle (LSI) imal edilmeye başlanmış ve vektör tipi ekranlara ek olarak raster ve bellekli ekranlar da geliştirilmiş, yüksek ayrışım ve renkli grafik imkanları doğmuştur. Donanımı ve yazılımı birbirini tümleyen paket (turnkey) CAD/CAM sistemleri geliştirilmiştir.

1980 ' li yıllarda ise çok büyük çapta entegre (VLSI) devreler kullanılarak bilgisayar hacmi çok küçültülmüş ve hızları çok daha artırılabilmiştir. Bu sayede bilgisayar devreleri etkileşimli grafik terminalleri içine konabilmeye başlanmış, diğer girdi ve çıktı cihazları ile bir iş istasyonu oluşturulmuştur. 80'lerde CAD tasarımları ağırlıklı olarak tel çerçeve (wireframe) ve yüzeylere (surface, mesh) dayanıyordu. İlk katı modelleme ve Boolean işlem tekniklerinin ortaya çıkması ile mühendislik tasarımlarında çok daha gerçekçi çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Katı modellemenin yaygın bir tasarım standardı haline gelmesi ve parametrik tasarımın kendine yaygın bir yer edinmesi ise 90'ların başına kadar sürdü. İleri düzey modelleme ile CAD birlikte anılmaya başlandı ve üç boyutlu melez modeller üzerine

yapılan çalışmalar olumlu sonuçlar verdiler. Yine 90 ' ların başında iş istasyonları hızları artık megaflop cinsinden ölçülmeye başlanmış ve işlem zamanları nano saniye düzeyine inmiştir. Bugün, teknolojinin gelişimi ile iş istasyonları üzerinde yapılabilen tüm çalışmalar, neredeyse kişisel bilgisayarlar üzerinde de yapılabilmektedir. Bu da kişisel bilgisayarların hız ve performans açısından ne denli üstün olduğunu göstermektedir [2].

Tablo 1.1 ' de yukarıda anlatılan süreci genel halde bir özet olarak görmek mümkündür.

Tablo 1.1 CAD/CAM Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi [3,4]

Dönemler	1960'lar Teknik Resim	1970'ler CAD	1980'ler CAE	1990'lar CAPE
Yapılan İşler	İki boyutlu çizimler	Teknik çizimlerde tam verim	Mühendislik çalışmalarında verimlilik	Pazara zamanında ürün sunma / Ürün geliştirme çalışmaları
Bilgisayar Ortamı	-	Ana bilgisayarlar	İş istasyonları	İş istasyonları Client Server
Kullanıcılar	Teknik ressamlar	CAD operatörleri	Mühendislik departmanı	Tüm işletme
Organizasyon Yapısı	Bölmelere ayrılmış	Bölmelere ayrılmış	Bölmelere ayrılmış	Birbirine bağlı proje takımları
Yazılım Mimarisi	-	16-bit, kapalı, assembler	32-bit, özel, Fortran	64-bit, nesne yönelimli, C++
Kullanıcı Arayüzü	-	Komutlar	Menü	Grafikler, ikon yönelimli (motif)
Veri Tabanı Mimarisi	-	Flat file	Flat file	Nesne yönelimli
Modelleme Tekniği	İki boyutlu kağıt çizimler	İki boyutlu geometri	Üç boyutlu yüzey/ katı modelleme	Unsur tabanlı modelleme
Veri Transferi	-	-	IGES, DXF, EDIF	PDES/STEP, CFI
Analiz Özelliği	Fiziksel prototipler	FEM/FEA, SPICE	CAE	Tasarım sentezleme
Veri Yönetimi	Çizim depoları	Çizim depoları	CAD dosya yönetimi	İşletme ürün veri yönetimi
Üretim	Çizim tabanlı	Program dili tabanlı (APT, Compact)	CAD tabanlı	Unsur tabanlı

1.2 BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM SİSTEMİNİN KULLANILMASININ SEBEPLERİ

Mühendislik tasarım fonksiyonuna destek veren CAD işleminin, firmalarca kullanılmasının çok önemli sebepleri vardır [5]. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

-Tasarımcının verimliliğini artırır: CAD, tasarımcıya ürün ve bileşenlerini kavramsallaştırmada yardımcı olarak, tasarımın sentez, analiz ve belgeleme süreçlerinde önemli düşüşler sağlar.

-Tasarımın kalitesini artırır: CAD sisteminde uygun yazılım ve donanımlar kullanarak, daha geniş mühendislik analizleri yapabilmek, daha fazla sayı ve farklılıkta tasarım alternatifi bulmak mümkündür.

-Tasarım dökümantasyonunu geliştirir: CAD ' in grafiksel çıktıları ile daha iyi tasarım dökümantasyonu oluşur. Sonuçta mühendislik çizimleri daha kaliteli olur, çizimler arası standardizasyon daha kolay elde edilir, daha az taslak çizim hataları ile karşılaşılır ve daha iyi okunaklılık sağlanır.

-Üretim veri tabanı yaratılır: Ürün dizaynı (ürünün geometrik özellikleri, bileşenlerin boyutları, malzeme özellikleri ve pusulaları, vs.) için süreç içinde yaratılan dökümantasyon ile oluşan veri tabanı, aynı zamanda ürünü üretmek için de kullanılır.

CAD yazılımlarının kullanılma sebeplerini, üretim işletmelerinden örnekler vererek pratikte daha iyi anlamak mümkündür. Son yıllarda ülkemizde, ana sanayilerdeki ilerlemeye bağlı olarak gelişen iş kollarının başında kalıpcılık gelmektedir. Buna rağmen, çoğunlukla küçük ölçekte varlığını sürdüren kalıpcılık sektörü, taleplere doyurucu bir cevap verememektedir. Bu yüzden ana sanayiler ya kalıplarını kendi bünyelerinde yapma ya da dışarıya yaptırma gibi çözümlere sık sık başvurumaktadırlar. Bir başka çözüm de, ana sanayilerin, dikey entegrasyonu, yani hammaddeden son ürüne bütün aşamaları kendi bünyesinde oluşturabilmiş, az sayıda firmada yoğunlaşmak zorunda kalmalarıdır. Bunun en önemli sebeplerinden biri,

kalıpçı firmalar ile ana sanayiler arasındaki arz ve talep açıklığıdır. CNC tezgahların küçük sanayilere kadar yaygınlık kazandığı bir ortamda, makinalaşma açısından alt yapının tamam olduğu hallerde bile, arz ve talep arasındaki varolan bu açıklık, teknoloji uyumlu bilgi birikiminin yeterli olmaması kadar, teknoloji uyumlu ifade noksanlığından da kaynaklanmaktadır. Bunu gidermenin yolu da bilgisayar destekli tasarım programlarıdır [6] .

1.3 TASARIM İŞLEMİ ve AŞAMALARI

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemini net olarak ortaya koyabilmek açısından, geleneksel tasarım sürecini ve bilgisayar destekli tasarım sürecini ayrı ayrı belirtmek son derece yararlı olacaktır [7]

Geleneksel Tasarım Süreci :

- Karar
- Eskiz
- İki boyutlu tasarım
- İki boyutlu çizim
- Üç boyutlu eskiz ve tasarım
- Üç boyutlu çizim
- Prototip model üretimi
- Hata varsa önceki aşamalardan birine geri dönme (doğru ve hatasız tasarımı bulana kadar yukarıdaki işlemler devam eder)
- Tezgahları programlama
- Üretim

Bilgisayar Destekli Tasarım Süreci :

- Karar
- Tasarım
- Üç boyutlu model
- Analiz ve optimizasyon
- Otomasyon

- Üretim

Yukarıda açıklama yapmaya gereksiz olan durum, tüm açıklığıyla ortaya konmaktadır. Bu aşamada, tasarım işlemine daha ayrıntılı olarak bakmak, CAD sisteminin temelini anlamak bakımından önemlidir. Sonuçta, CAD sistemi tasarım işlemine otomasyon getiren, verimliliği artıran bir olaydır ve temel tasarım kavramında bir değişiklik söz konusu olmayıp, onun enstrümanlarını kullanım itibarıyla bir üslup farkı vardır. Tasarım işlemi genel olarak aşağıdaki aşamalardan geçerek gerçekleşir [5]:

1. İhtiyaçların hatırlanması ve listelenmesi
2. Problemin tanımlanması
3. Sentez
4. Analiz ve optimizasyon
5. Değerlendirme
6. Sunum

Bu altı adet tasarım aşaması zincirleme yinelenen bir doğallık içinde gider. İhtiyaçların hatırlanması, tasarım içinde meydana gelecek muhtemel sorunların farkına varabilme maksadı ile yapılmaktadır. Bu işlem, örneğin mühendisin makina dizaynı yaparken geçmiş tecrübeleri göz önünde tutarak hataları hatırlaması olabileceği gibi, pazarlama departmanının incelemeleri sonucu ortaya çıkan yeni ürün ihtiyaçları da olabilir. Dolayısıyla bu parametrelerin listelenmesi ile tasarım sırasında oluşacak problemler de tanımlanmış olur. Bu tanımlar, fiziksel nitelikler, fonksiyon, maliyet, kalite ve operasyon performansı içerir.

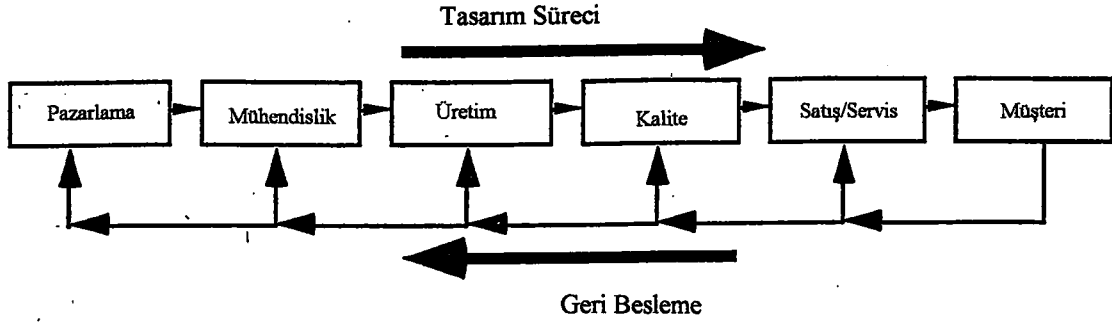
Sentez ve analiz aşamaları, tasarım işlemi ile çok yakından ilişkili ve etkileşimlidir. Bir ürün tasarımının geliştirildiğini düşünelim. Ürünün her bir alt sistemi tasarımcı tarafından kavramsallaştırılır, analiz edilir, prosedürlere uygun hale getirilir, yeniden tasarlanır, tekrar analiz edilir ve bu aktiviteler zinciri tasarım optimum hale gelinceye kadar devam eder. Özel bileşenlerin de son ürüne kadar benzer yolla sentez ve analizi yapılır.

Değerlendirme aşaması ise tasarımın, problem tanımı içinde belirtilen şartnameye uygunluğunun ölçülmesidir. Genelde bu işlemler, bir prototip modelin performans, kalite, güvenilirlik ve diğer kriterlerle değerlendirilmesi ile ortaya çıkar. Daha sonraki aşama olan sunum işlemi son adımdır. Sunum, tasarım dökümantasyonunun çizimler, malzeme şartnameleri, montaj listeleri vs. halinde ortaya çıkmasıdır. Aynı zamanda son aşamadan elde edilen çıktı tasarım veri tabanını da meydana getirir.

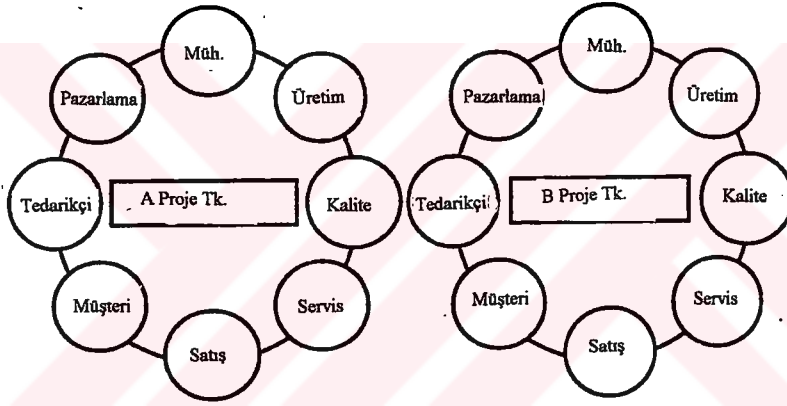
1.3.1 Eş Zamanlı Mühendislik Yaklaşımının Tasarım Sürecine Etkisi

Yeni teknolojiler, maliyet modelleri ve organizasyonel yapılar, üretim işletmelerini, süreçlerini optimize etmede ilerici çözümler araştırmaya itmiştir. Günümüzde işletmeler, rekabet gücünü artıracak faktörler olan, pazara arz süresini kısaltma, ar-ge faaliyetlerini artırma, kaliteyi devamlı kılma, sınırlama ve kurallara uyma gibi faaliyetleri, daha az maliyet, daha az insan gücü ve daha az tedarikçi desteği ile yapmak istemektedir. Her iki faktörü de - yani daha fazla sahip olmak istediği şeyleri, daha az kendinden bir şey vererek yapma durumu- dengeye getirmek, daha etkin teknolojilerle söz konusu olmaktadır.

Bugün, "Eşzamanlı Mühendislik" (Concurrent Engineering, CE) denilen anlayış, geleneksel organizasyonları, prosedürleri ve araçları yeniden biçimleyerek hem tasarım, hem de işletme açısından modern bir yapı ortaya çıkarmaktadır. Böylece firmalar, geleneksel "şeri mühendislik" (serial engineering) ' i terk ederek, rekabet gücünü artıran CE anlayışı ile hareket etmektedir. Şekil 1.2 ve 1.3 ' te her iki anlayış görülmektedir. Kullanıcılar, yatırımın daha çabuk cevap verebilmesi için, satınalma sistemlerinden önce, ilk olarak süreç tasarımını organize etmek durumundadır. Daha sonra da temel enformasyon teknoloji alt yapısı sistemle birleştirilip, uygulamaya geçilir. Bu yeniden yapılanma hem tasarımı, hem de üretim sürecini kapsamaktadır. CE, tasarım işleminden yola çıkarak, işletme kaynaklarını, pazarlama, mühendislik, üretim, kalite, satış ve servis bölümlerini bir disiplin içinde gözden geçirme ile başlar. İşlem girdileri, izole edilmiş seri halde çalışan departmanlar yerine, tüm takım üyelerinin kullanacağı şekilde dağılır ve böylece üretim daha hızlı ve kaliteli, az hatalı ve daha az maliyetli olarak gerçekleşir.

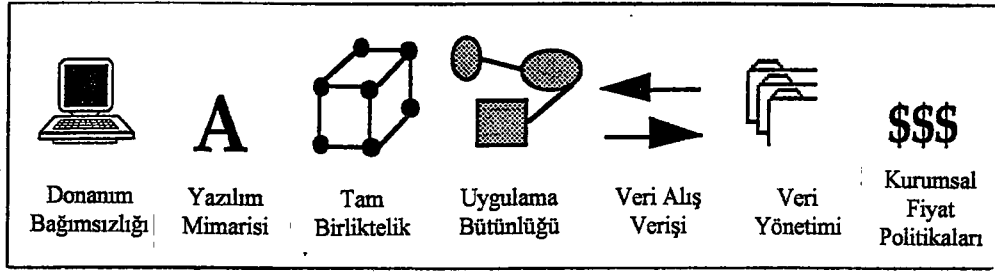


Şekil 1.2 Seri Mühendislik [4]

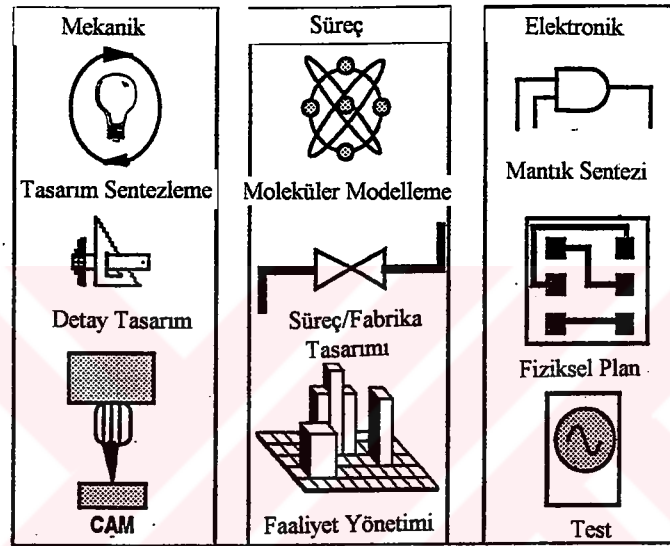


Şekil 1.3 Eş Zamanlı Mühendislik[4]

Tüm bu faaliyetlerin amacı, farklı işletme departmanlarının eşzamanlı olarak, bir süreç içinde, bir ürün meydana getirmek için gerekli çalışma disiplini uygulamaya koymaktır. Bu da "CAPE" (Concurrent Art-to-Product Environment) kavramının doğmasına yol açmıştır. 1991 yılında, bu çalışmalar Gartner Group tarafından CAPE adı altında birleştirilmiş ve tüm faktörler iki ana sınıfa ayrılmıştır. Bunlar: CAPE temel elemanları ve CAPE özel elemanlarıdır. Bu iki ana kategori ve elemanları şekil 1.4 ve 1.5 'te verilmiştir.



Şekil 1.4 CAPE Temel Elemanları [4]



Şekil 1.5 CAPE Özel Elemanları [4]

Donanım Bağımsızlığı

- Çoklu platform desteği (HP, Sun, DEC, IBM, SGI, PC,MAC)
- Uygulamaların, değişik donanım platformlarında eşzamanlı olarak geçerliliği

Yazılım Mimarisi

- Modern grafik kullanıcı arayüzü (Tercihen Motif sistem)
- C veya C++ programlama ortamı
- Ortak veritabanı arayüz desteği
- Nesne yönelimli veritabanı ve/veya veri yapısı
- Aşağı ve yukarı doğru dosya birlikteliği

Tam Birliktelik

- Açık uygulama arayüzü
- Kullanıcının tarafından programlanabilirlik
- Ortak kullanıcı ortamı
- Ortak girdi/çıkış servisleri
- Veri yönetim entegrasyonu
- Araçların iletişimi

Veri Alış-Verişi

Yazılım aşağıdaki formatları desteklemelidir:

- PDES/STEP Level 3 (PDES:Product Data Exchange using STEP)
- PDES/STEP Level 1 (STEP:Standard for the Exchange of Product Model Data)
- IGES
- DXF (DXF:AutoCAD Data Exchange Format)
- Genel ve ulaşılabilir dahili format yapısı
- Direkt çevrim desteği

Veri Yönetimi

Ürün veri yönetimi (Product Data Management,PDM) sisteminin temel parçaları şunlardır:

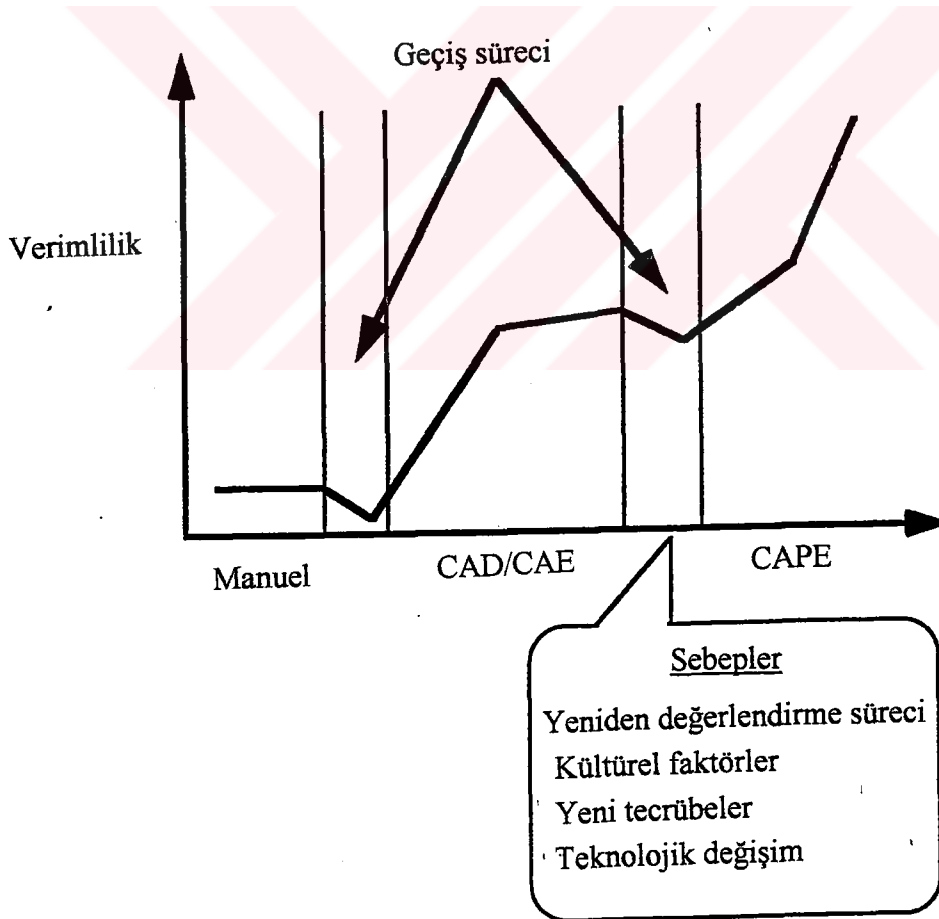
- Süreç yönetimi
- Araçlar
- Ürün ağacı yönetimi
- Proje yönetimi
- Dosya yönetimi
- Çizim ve görüntüleme
- Çıktılar

Kurumsal Fiyat Politikaları

- Ağ lisansı
- Ölçekli çözümler ve fiyatlar
- Yenileşme politikası

- Koruma politikası
- Platformlar arası transfer edilebilir lisanslar
- Esnek işlem tabanlı lisanslar

Üçüncü kuşak CAD teknolojisinden, dördüncü kuşak CAPE stratejisine taşınma, uygulama ve teknolojiye değişime yol açacaktır. Değişimler, pazarın kesinlikle dinamik hale geleceğini göstermektedir. CAPE teknolojisini değerlendirme ve seçme aşamasında kullanıcılar, satıcının teknolojik durumunu çok dikkatle ele almalı, onun yoğun rekabete sahne olan pazardaki, kabiliyet ve zamanlama özelliklerini iyi değerlendirmelidir. Kullanıcının CAPE sistemindeki başarısı için, yukarıda sayılanlar önemli noktalarlardır.



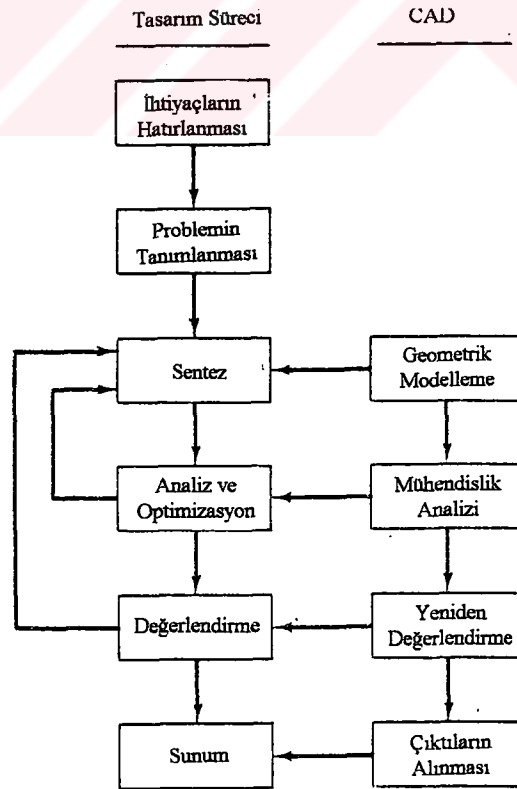
Şekil 1.6 CAPE Sistemine Geçişte Meydana Gelen Verimlilik Düşüşü [4]

Genel olarak CAPE sistemi, çok satıcılı, üretim merkezli CAD stratejilerinin olduğu, bölümlere ayrılmış, faaliyet kaldırıcı kritik değerde olan yeni bir yapıyı getirmektedir. Üretim araçlarını mühendise tahsis etmektense, işletmeyi mühendislik sürecine tahsis etme anlayışında olan sisteme geçişte, tıpkı CAD/CAM sistemine geçişte olduğu gibi, şekil 1.6 ' da görüldüğü üzere, verimde bir düşüş yaşanacaktır. Bunun sebepleri, re-engineering süreç, kültürel faktörler, teknolojik değişim, edinilen yeni tecrübelerdir [4].

1.4 TASARIM İŞLEMİ İÇİNDE BİLGİSAYARIN YERİ

Bilgisayar destekli tasarım sistemi, tasarım işlemi içinde yararlı şekilde dört aşamada kullanılır (Şekil 1.7). Bunlar:

- Sentez (Geometrik modelleme)
- Analiz ve optimizasyon (Mühendislik analizi)
- Değerlendirme (Tasarıma genel bakış ve kriterlere uygunluğunun ölçülmesi)
- Sunum (Otomasyona geçmiş sistem içinde çıktıların alınması)



Şekil 1.7 Tasarım Sürecinde CAD Sisteminin Kullanılması [5]

Geometrik modellemenin, CAD sistemi içindeki görevi nesnelerin geometrisinin matematiksel ifadelerinin geliştirilmesidir. Bu matematiksel tanım, model olarak adlandırılır. Model üzerinde, yazılımın izin verdiği ölçülerde yapılabilecek çeşitli operasyonlarla, temel yapıya sadık kalınarak yeni modeller üretilebilir, görüntüler büyütülebilir, başka bir ekrana taşınabilir ve daha birçok aktivite yapılabilir.

Bilgisayar destekli tasarımda birçok farklı tipte geometrik model kullanılabilir. Bunlar arasındaki bir sınıflandırma, iki ve üç boyutlu modeller şeklindedir. İki boyutlu modeller düz objelerin ve yapıların genel görünüşlerinin çizimi gibi çalışmalarda kullanılır. 1970 ' li yıllarda ilk CAD yazılımları iki boyutlu modeller üzerine kurulmuştu, ancak bugün tüm yazılımlar ile üç boyutlu çalışma imkanı mümkün hale gelmiştir. Üç boyutlu modelleme ile tasarım üzerinde, değişik açı ve görünüşlerde çalışma yapmak söz konusudur.

Geometrik model sınıflamasında bir başka ayrım, kafes sistemli modeller ve katı modeller olarak yapılabilir. Kafes sistemli modellerde tasarım, birbirine bağlı çizgilerle ifade edilir. Üç boyutlu katı modeller sayesinde ise tasarımın gerçek hayatta nasıl olacağını görmek olası hale gelmiştir. Mühendislik açısından önemli bir avantajı ise, geometrik modelin CAD sistemi içinde üç boyutlu katı model olarak depolanmış ve gerçeğe yakın olarak görünümünün elde edilmiş olmasından dolayı, nesnelerin kesin boyutlarının bulunabilmesi ve böylece montaj sırasında birbiriyle ilişkili parçaların arasında ölçüsel kontrollerin yapılabilmesidir. Bu durum tasarımı yapılan çalışmayı, üretime geçirirken önemli bir avantaj sağlar, çünkü tasarım gerçeğinin aynısı olarak bilgisayar ortamında elde edilmiştir [5].

Modellerin bunlardan başka iki özelliği de renk ve animasyondur. Farklı renklerle çalışma yapmak, bütünü oluşturan parçaları rahat olarak görebilmek açısından oldukça önemlidir. Animasyonlar sayesinde de tasarım, hareketli hale getirilerek hayata uyarlamak, daha gerçekçi olarak çalışmayı değerlendirmek mümkündür.

Bilgisayar destekli tasarım içerisine giren gerilme-burkulma hesapları, ısı transferi analizleri, dinamik benzetimler gibi özel işlemlerle, tasarımın tümüyle ortaya

çıkması daha kolay, daha kısa sürede olmaktadır. Böylece tasarımcının performansı da artarak daha başarılı çalışmaların oluşması kolay hale gelmektedir. Bu tip işlemlerden hacim analizi ve sonlu eleman analizi, yazılımlarda sıkça kullanılan hesaplardır. Hacim analizi ile katı nesnelerin hacim, yüzey alanı , ağırlık, ağırlık merkezi gibi özellikleri hesaplanır. Bu sayede tasarımcı, söz konusu emek ve zaman harcanması gereken işlemleri otomatik olarak elde etmiş olur. Sonlu elemanlar analizi ise, ısı transferi, gerilme-burkulma hesapları ve diğer mühendislik hesaplarının yapımında yardımcıdır.

Bilgisayar destekli tasarımın bazı özellikleri ile tasarımı inceleme ve değerlendirme kolay hale gelmiştir. Bu özellikler şunlardır:

-Otomatik boyutlandırma işlemi : Tasarımcı tarafından tanımlanmış geometrik model üzerinde yüzeyler arasında kesin ölçüler belirlenir.

-Kinematik işlemler : Mekanik parçaların operasyon testinde kullanılır. Bu sistemin kullanılabilmesi için yazılımın animasyon özelliği ile desteklenmesi gerekir.

-Engel-kontrol işlemi : Aynı alanda yer alan iki nesnenin bileşenlerinin montajı sırasında, herhangi bir engelin olup olmadığından haberdar olmak için kullanılır.

Bilgisayar destekli tasarımın dördüncü ve son aşaması sunum ve dökümantasyondur. CAD sayesinde çıktılar çok doğru ve hızlı bir şekilde alınmaktadır. Böylece elle yapılan çizimlerden çok daha fazla verimlilik elde etmek mümkündür [5].

1.5 BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM SİSTEMİ DONANIMI

Tipik bir bilgisayar destekli tasarım sistemi aşağıdaki bileşenlerden oluşur [2]:

İşlemci : Sistemin bu biriminde hesap ve kontrol işlemleri yapılır, geometrik modeller, mühendislik analizleri, veri işleme fonksiyonu gibi faaliyetlerini gerçekleştirmesinde rol oynar. CAD yazılımlarının çalışacağı bilgisayar sistemi, kayar

işlemci (floating point) mantığına göre çalışır. Bu mantığın da indeksi "Megaflop"tur. CAD işlemleri genel olarak grafik ağırlıklı olduğundan ve saniyede en az 20 - 30 milyon işlem yapılması gerektiğinden, böyle bir işlem yoğunluğunu karşılayacak düzeyde işlemci seçilmesi performans açısından son derece önemlidir. Ayrıca işlemcinin gelişen teknolojiye ayak uyduracak şekilde geliştirilebilir olması da bir diğer önemli husustur. Bugünün teknoloji düzeyi, 5 Gigaflop civarındadır ve her zaman için Megaflop ratingi fazla olan konfigürasyon tercih edilmelidir. Piyasada genellikle işlemci yukarıda belirtildiği gibi Megaflop indeksine göre değil, MHz cinsinden ifade edilmektedir. Dolayısıyla günümüzde, bilgisayar destekli tasarım sistemi için tatminkar bir işlemci 233, 266 ya da 300 MHz hızında, Pentium II tipindedir.

Bellek : Bilgilerin işlem sırasında saklanması için kullanılan bellekler (RAM), günümüz CAD çalışmalarından verim alabilmek için en az 64 MB (megabyte), optimum 128 MB olmalıdır. Ayrıca içinde işlemleri hızlandırma özelliği olan Cache bellek özellikli RAM seçimi de faydalı olacaktır.

Kütle Bellekleri : CAD/CAM sisteminin ürettiği bilgi bankası ve modellerin saklanması açısından en az 5 Gigabyte büyüklüğünde sabit diske ihtiyaç vardır. İçinde bulunduğumuz zamanda yeniden yazılabilir CDROM ' ların geliştirilmesi, bu alanda kullanımı, verimli olabilecek bir teknolojidir.

Çıktı Cihazları :

- Ekranlar : Çeşitli tip ve nitelikte ekranlar bulunmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi özellikleriyle vermek mümkündür:

- Vektör Ekran : Adından da anlaşılacağı gibi vektörel olarak işlem yapan ekranlar olup, çok hızlı çizgi çizer, ancak gölgeleme gibi faaliyetler yapamaz.

- Raster Ekran : Katot ışınli ekranın bir türüdür. Katot ışınli ekran, sayısal kontrollü katot ışınının fosforlu ekran yüzeyine çarpması sonucu görüntü vermektedir. Renkli veya renksiz noktalardan görüntü oluşturan ekran tipi, raster ekrandır ve genelde kullanılan ekran çeşididir. Katot ışınli başka ekran tipleri de

vardır. Bunlar, sadece çizgi ve harf çizen vektör türünden veya görüntüyü saklayabilen, bellekli türden ekranlardır.

- Lazer Ekran : Çok hassas çalışmaların, çok büyük ekranlarda yapılmasına olanak veren Lazer ekranın dezavantajı pahalı olması ve yalnızca siyah-beyaz çalışmaya imkan vermesidir.

- Plazma Ekran : Diz üstü bilgisayarlarda kullanılan ekranlar olup tek renklidir.

- LCD Ekran : Günümüzde Diz üstü bilgisayarlarda yoğun olarak kullanılan ekrandır.

- Çizici (Plotter) : A0, A1, A2, A3, A4 boyutlarında olabilen, çizicilerden ilk üçü masa üstü olmayan, diğer ikisi de masa üstü olan özelliktedir. Grafiksel sonuçları, çizim ve teknik resim olarak elde etmek için kullanılır.

- Isıl Yazıcı : Renkli çıktı almak için kullanılır. Ayrıca mürekkep yerine ergimiş plastiği kullanarak 3 boyutlu çıktılar veren yazıcı da vardır.

Girdi Cihazları :

- Klavye : Sayısal bilgilerin bilgisayara girilmesi için kullanılır.
- Işık Kalem : Ekran üzerine yazı ve grafik yapılması ile mevcut görüntünün üzerine değişiklik yapılması için kullanılır. Ergonomik olmadığından dolayı, yorgunluğa sebep verir.

- Mouse : Altında bulunan iki dik tekerleğin düz bir yüzeyde elle hareket ettirilmesi sonucu ekrandaki sembole kumanda edilir, yazma ve seçme işlemleri yapılabilir.

- Tablet : Grafiksel bilgilerin koordinatlarının bilgisayara verilmesi ve ekran üzerindeki sembolün yerini değiştirmek için kullanılır. Çalışma prensibi şöyledir: Bir düzlem üzerine diyotlar konarak değişen voltaj ortamı sağlanmıştır. Tablet kalem ile düzleme dokunmak suretiyle voltaj değiştirilir ve çizim algılanır. Tablet büyük boyutlu olan tipine, digitizer denir.

- Joystick : Genelde animasyon programlarında kullanılan bir araçtır.

Yukarıda belirtilen CAD sistemi donanımı elemanlarına, bir de pazardaki durum ve gelişmeler yönünden bakmak gerekirse şunlar söylenebilir; PC ' lerdeki fiyat /

performans oranının inanılmaz şekilde düşmesi, PC üzerinde, iş istasyonlarına ait yazılımlara rakip, yeni yazılımların çıkmasını sağlamıştır. Eskiden PC üzerindeki yazılımlara hiçbir değer vermeyen iş istasyonu CAD yazılımcı firmaları, teker teker PC üzerinde çalışan sürümlerini çıkarmaktadırlar. Ancak UNIX tabanlı bu yazılımların PC ' ye entegrasyonunda alınacak daha çok yol olduğu da ortadadır. Günümüzün CAD bilgisayar seçimi Pentium II ve Windows NT temelli bir sistem olacaktır.

Son yıllarda 3 boyutlu vektör işlemleri için özel grafik işlemcileri çıkartan firmalar sayesinde, PC ' lerde daha önce hayal olan hızda grafik işlemleri gerçek olmuştur. Daha önce iş istasyonlarında en çok ilgi gören "kaplanmış model üzerinde çalışma" ortamı, artık PC ' nin de bir parçası haline gelmeye başlamıştır. Ayrıca, CAD dünyasındaki DOS ortamının yok olmasıyla birlikte, bu ortamda çok kullanılan sayısallaştırıcılar (digitizer) da hemen hemen yok olmuştur. Bunun nedeni ise Windows ortamında ekranın zaten bir sayısallaştırıcı gibi kullanılabilmesidir.

En önemli gelişmelerden birisi de son yıllarda sabit disk ve bellek (RAM) pazarındaki fiyat düşüşü ve performans artışıdır. Bundan 2-3 yıl önce en az 64 MB bellek isteyen bir yazılımı satmak neredeyse imkansızken, bugünkü değişim artık CAD yazılım üreticilerinin PC üzerinde daha geniş olanakları kullanıcıya çekinmeden sunmalarına olanak sağlamaktadır.

Bir diğer önemli gelişme ise CD-ROM sürücülerin bulunuşudur. CD-ROM sürücüler sayesinde kurulum zamanları önemli ölçüde kısalmıştır. Ayrıca çok geniş kapasiteleri sebebiyle depolama görevini de ekonomik olarak yerine getirmektedir.

1.6 BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM

Bilgisayar destekli üretim denince, bilgisayarın bir üretim sisteminin planlanması, yönetilmesi ve denetimi işlerinde doğrudan veya dolaylı olarak kullanılması akla gelmektedir. Dolayısıyla bilgisayar destekli üretim kavramı bir işletmede oldukça geniş bir spektruma sahiptir. Bu konular arasında, tezin ilgilendiği asıl konu

bilgisayar destekli üretimin sayısal kontrollü tezgahlarla olan ilişkileri, benzetim, hızlı prototip üretimi gibi aktif üretimle ilgili kısmıdır. Ancak tüm kavramları gözden geçirmekte fayda vardır.

Genel olarak bilgisayar sisteminin bu işler için kullanılması iki değişik şekilde olabilir [1]:

1. Bilgisayar ile İzleme ve Denetim: Bu tip uygulamalarda, söz konusu amaç için üretim sistemine doğrudan bağlanılmaktadır.
2. Üretim Destek Uygulamaları: Bu tip uygulamalarda ise bilgisayar üretimi desteklemek için kullanılmakta ve bilgisayar ile üretim sistemi arasında doğrudan bir bağlantı bulunmamaktadır.

Bilgisayar ile izleme ve denetim, izleme ve denetim faaliyetleri olarak ikiye ayrılabilir. İzleme aktivitesi ile bilgisayar ve üretim sistemi arasındaki doğrudan bağlantı yardımı ile sistemin izlenmesi ve ilgili her türlü verinin toplanması mümkün olmaktadır, ancak tüm bu faaliyetler operatörler tarafından yapılmaktadır. Denetimde ise bilgisayarla izlemeye kıyasla, bir adım daha ileri gidilmekte ve bilgisayar tarafından elde edilen veriler, yine bilgisayar tarafından değerlendirilmekte ve sistemin denetimi de bilgisayar ile yapılmaktadır. Kimyasal madde üretimi, petrol rafinerisi işlemleri, çelik yapımı gibi işlemlerin yanı sıra, üretimde kullanılan CNC takım tezgahları ve robotlar bu tip uygulamalar için bazı örneklerdir.

Üretim destek uygulamalarında bilgisayar, sisteme doğrudan bağlanmamakta, ancak sistemdeki üretim işlemlerine destek veren bir konumda olmakta ve işletmenin üretim kaynaklarının daha etkili bir şekilde kullanılması için gerekli planların, programların oluşturulması, tahminlerde bulunulması, bilginin derlenmesi, talimatların verilmesi işlemlerin yapılmasında kullanılmaktadır. Bu tür uygulamalar için aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Bilgisayar destekli işlem planlaması
- Sayısal denetimli tezgahlar için parça programının bilgisayar desteği ile hazırlanması
- Malzeme ihtiyaç planlaması
- Atölyenin denetimi
- Robotik
- Bilgisayar destekli kalite kontrol
- Bilgisayar destekli muayene
- Bilgisayar destekli test

-Bilgisayar Destekli İşlem Planlaması (CAPP, Computer Aided Process Planning):

Bir parça veya ürün için işlem planlaması aşağıdaki işleri kapsamaktadır:

- Parçanın veya ürünün yapılabilmesi için gerekli operasyonların ve bunların sırasının tespit edilmesi,
- Talaşlı imalat için uygun kesme koşullarının bulunması,
- Operasyonlar için standart zamanların tespit edilmesidir.

Bu faaliyetlerin bilgisayarla yapılması için iki değişik sistem geliştirilmiştir. Bunlar:

-Değişken (Variant) Sistemler: Bu tip sistemler temel olarak grup teknolojisini kullanmaktadır. Üretilen parçalar arasında benzer imalat özellikleri olanlar parça aileleri halinde gruplandırılmakta, her parça ailesi için standart bir işlem planı oluşturulmaktadır. Aileye ait yeni bir parça için işlem planlaması gerektiğinde, bu standart plan üzerinde gerekirse küçük değişiklikler yapılmakta ve parçanın işlem planı hazırlanmış olmaktadır.

-Üretken (Generative) Sistemler: Burada bilgisayar, operatör yardımı olmadan ve temelden başlayarak, işlem programlamasının otomatik olarak yapılması için kullanılmaktadır. İşlem planlaması için iş parçasının sisteme detaylı olarak tanıtılması gerekmektedir. Üretken sistemler, değişken sistemlerde olduğu gibi hazır

bir standart planı kullanmak yerine, parça geometrisini, parça malzemesini ve diğer etkenleri de göz önüne alarak verilen parça için optimum işlem sırasını tespit etmektedir. İdeal bir üretken sistemin her türlü parça için işlem planlaması yapması beklense de, günümüzdeki sistemler henüz bu düzeye ulaşamamışlardır ve ancak sınırlı sayıda işlemi kullanarak işlem planlaması yapabilmektedir. Bilgisayar destekli işlem planlamasının, elle yapılan işlem planlamasına göre aşağıdaki avantajları bulunmaktadır [1] :

-İşlem rasyonalizasyonu. Hazırlanan planlar, aynı bilgisayar programının kullanılmış olması nedeniyle birbiri ile tutarlı olmakta, değişik plancılar tarafından çok değişik planların yapılmasının önüne geçilmektedir. İşlem planları daha mantıklı ve optimal olmaktadır.

-İşlem plancılarının üretkenliklerinin artması. Elle yapılan işler azalmakta, daha az hata yapılmakta ve plancılar işlem planlaması veri tabanına anında ulaşabilmektedir.

-İşlem planı hazırlama süresinin azalması. İşlem planları, manuel plan hazırlama yöntemleri ile kıyaslandığında, daha az sürede hazırlanabilmektedir.

-Planların daha okunaklı olması. Bilgisayar çıktısı olarak hazırlanan planlar el yazısı ile hazırlananlara kıyasla daha okunaklı ve anlaşılır olmaktadır.

-Diğer uygulama programları ile bağlantı kurulabilmesi. Bütün bilgilerin bilgisayarda bir veri tabanında saklanıyor olması nedeni ile diğer uygulama programları ile bağlantı kurulabilmesi ve gerekli bilgi alışverişinde bulunabilmesi mümkün olmaktadır.

- Bilgisayar Destekli Kalite Kontrolü (CAQC, Computer Aided Quality Control) :
Geleneksel kalite kontrolü, genellikle elle yapılan ve kontrol edilecek parçalar için istatistiksel örnekleme yönteminin kullanıldığı bir işlemdir. Hem zaman alıcı, hem de monoton bir iş olan elle yapılan kalite kontrolü, genellikle parçaların imalat

alanından alınıp, muayene alanına götürülmesini gerektirmekte, bu da bazı gecikmelere ve imalat programı için darboğazların oluşmasına neden olabilmektedir.

Kontrol edilecek parçalar için istatistiksel örneklem yönteminin kullanılıyor olması, her zaman için hatalı bir parçanın gözden kaçma riskini de beraberinde getirmektedir. Bu yöntemin diğer bir zayıf noktası da her zaman için %100 ' den daha az oranda iyi kalitenin kabul ediliyor olmasını gerektirmesidir.

Geleneksel kalite kontrolünün bir başka özelliği, parça üzerindeki muayenenin genellikle iş olup bittikten sonra yapılıyor olmasıdır. Parçanın hatalı bulunması durumunda yapılacak iş, genellikle parçanın hurdaya ayrılması veya üzerinde düzeltme işlemlerinin yapılmasıdır ki bu hal çoğu zaman parçanın yeniden imal edilmesinden daha fazlaya mal olmaktadır.

Tüm bu faktörler, bilgisayar destekli kalite kontrolünün geliştirilmesine sebep olmuştur. Bu uygulama ile ilgili ve uygulamanın alt grubunu oluşturan diğer işlemler aşağıda verilmiştir:

- Bilgisayar Destekli Muayene (CAI, Computer Aided Inspection)
- Bilgisayar Destekli Test (CAT, Computer Aided Testing)

Geleneksel muayene ve test işleri için masterların, ölçme cihazlarının ve test ekipmanının kullanılmasına karşılık, bilgisayar destekli kalite kontrolünde gelişmiş bilgisayar ve algılayıcı teknolojisi kullanılmakta, muayene ve test işlemleri otomatik olarak yapılmaktadır. Bu tür uygulamaların sonucu olarak aşağıdaki kazançlar sağlanmaktadır [1] :

- Bilgisayar destekli muayene ve test işlemleri kullanılarak parçalar örnekleme yöntemleri kullanılarak değil, %100 oranında muayene ve test edilmektedir.
- İmalat esnasındaki muayene, imalat işlemine entegre edilerek, parçanın muayene için alınıp ayrı bir alana götürülmesine gerek kalmamaktadır.

-Bilgisayar destekli muayene için daha çok, iş parçasına temas etmeyen algılayıcılar kullanılmaktadır. Yüksek hızda veri işleme özelliğine sahip bilgisayarlara bağlanmış, bu tip algılayıcılar ile muayene işlemi çok kısa bir sürede tamamlanmaktadır. İş parçasına temas eden algılayıcıların kullanılması durumunda ise iş parçasına uygulanan işlemin durdurulup, muayene için gerekli pozisyona getirilmesi gerekmekte ve bu da zaman kaybına neden olmaktadır. İş parçasına temas eden algılayıcılar, koordinat ölçme makinaları ve mekanik problardır. İş parçasına temas etmeyen algılayıcılar ise, kamera, lazerli tarayıcılar, fotogrametri (değişik açılardan alınmış iki görüntü yardımıyla üç boyutlu görüntü oluşturma) gibi optik araçlar ile elektrik alanı cihazları, radyasyon (X ışını) cihazları, ultrasonik cihazlar gibi optik olmayan araçlardan oluşmaktadır.

-İş parçasına temas etmeyen algılayıcılar yardımıyla, iş parçasında gözlenen herhangi bir hatayı ortadan kaldırmak için işlem değişkenleri üzerinde değişiklikler yapılarak, gerekli tedbirlerin hemen alınması mümkün olmaktadır.

-Bütün parçaların tek tek muayene ve test edilebiliyor olması nedeniyle, artık %100 ' den daha az oranda iyi kalitenin kabul edilmemesi düşüncesi yaygınlaşmaktadır.

1.6.1 Bilgisayar Destekli Üretim Sistemi Faaliyetleri

Tezin ilgilendiği kısım olan CAM yazılım ve donanım faaliyetleri, kısaca şu şekilde gerçekleşmektedir [8,9] :

1. Tasarım yüzeylerinin veya katı modelinin yaratılması ve IGES, DXF, VDAFS gibi bir grafik aktarım standardıyla CAM paketine aktarılması.
2. İşlenecek olan yüzeylerin bir iş planı dahilinde eğer gerekiyorsa dişi-erkek, sağ-sol gibi gruplanarak, özellikle kalıp veya model imalatı için gerekli çekme paylarının verilmesi ve yüzeylerin tezgah üzerinde işlenebilecek konuma getirilerek (döndürme, ayna görüntü alma, vs.), gerekli referans noktalarının alınması

3. İşlenecek olan hammaddenin boyutlarına göre bir işleme planı çıkarılarak, kaba ve ince işleme programlarının ve kullanılacak kesici takımların seçilmesi

4. Gerekli işleme toleranslarının verilerek, takım yollarının oluşturulması

Yukarıda verilen 2, 3 ve 4. maddeleri önemi sebebiyle daha geniş olarak açıklamakta yarar vardır. Tasarımın modelleme işlemi tamamlandıktan sonra, işlenecek parçanın hangi tezgahta ve hangi eksenlere göre kontrol edilerek işleneceğinin tayininin yapılması gerekir. Örneğin, bir telefon ahizesinin dış yüzey işlemleri freze tezgahında ve üç eksen kontrole, bir dönel parçanın dış yüzeyinin işlenmesi tornada ve iki eksen kontrole girer. Bu aşamadan sonra, işleme sıralarının belirlenmesi gerekir. Parçanın hangi yüzeyleri işlenecek, kaba boşaltma hangi tekniklerle yapılacak, hangi takım kullanılacak, tezgah işleme esnasında, takıma hareketleri nasıl verecek, ince işleme nasıl yapılacak ve hangi takım kullanılacak gibi sorulara cevap verildiğinde aşamalar belirlenmiş olur. CAM yazılımında daha sonra bu aşamaları gerçekleştirecek komutlar uygulandığında, tezgahın hareketlerini tanımlayan takım yolları elde edilir. Takım yollarında tezgah kontrolü ile ilgili tüm bilgiler bulunmaktadır. Bu bilgiler sayesinde CNC tezgah servo motorları, tezgah kontrol ünitesi vasıtası ile gerekli kontrol bilgilerini alır.

5. Çıkarılan takım yollarının, kullanılacak olan CNC tezgahın kontrol ünitesine uygun bir son işlemciden geçirilerek işleme programının elde edilmesi. Bu aşamaya "Post Processing" aşaması da denmektedir. Burada, CAM yazılımında elde edilen takım yolları tezgah kontrol ünitesinin yorumlayabileceği G kodlarına çevrilir. Her kontrol ünitesinin G kod düzeni farklıdır ve CAM yazılımından elde edilen takım yollarının bu farklı G kod düzenine uyarlanması gerekmektedir. Bu işi CAM yazılımlarının bünyesinde bulunan "Post Processor" programları yapar. Oldukça önemli olan bu aşamada yapılabilecek en ufak hatayı, CAM yazılımı ne kadar esnek ve yetenekli olursa olsun telafi edemez.

6. İşleme programının kontrol edilmesi. Bu kontrol, takım yolları çıkarılırken ekran üzerinde gözle veya işleme programının bir paket program vasıtasıyla benzetimi ile

yapılabilir. Benzetim yazılımı kullanmak, işleme programında olması muhtemel dalma veya çarpmalarla, yüzey kalitesinin görülmesi açısından oldukça faydalıdır.

7. Üretimin yapılması

1.6.2 Bilgisayar Destekli Üretim Sistemi Donanımı

1.6.2.1 CNC Takım Tezgahları

Sayısal denetimli takım tezgahları, değişik parçaların az sayıda imal edildiği, çok amaçlı, esnek takım tezgahları ile; bir standart parçanın çok fazla sayıda imal edildiği, özel amaçlı ve esnek olmayan seri imalat tezgahları arasındaki boşluğu doldurmakta ve esnek veya programlanabilir otomasyonun temel taşı olmaktadır.

Sayısal denetimi, bilgisayarın tasarımda ve üretimde kullanılmasının çıkış noktası olarak kabul etmek mümkündür. Sayısal denetim, bir işlemin denetimi için sayıların, harflerin ve sembollerin kullanıldığı bir programlanabilir otomasyon şekli olarak tanımlanabilir. Sayısal denetimli takım tezgahları için programlar hazırlandıktan sonra, delikli bir kağıt bant üzerine geçirilmektedir. Daha sonra bu kağıt bant, sayısal denetimli tezgahın özel bir amaç için geliştirilmiş olan ve sınırlı işler yapabilen (hard-wired) elektronik devrelerden oluşmuş olan denetim birimindeki okuyucuya bağlanmakta, tezgah da bu bantın üzerindeki komutları okuyarak kendisinden istenilen işlemleri yapmaktadır.

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ve bilgisayarların ucuzlaması ile birlikte her tezgahın kendi bilgisayarına sahip olduğu ve denetiminin bu bilgisayar tarafından yapıldığı CNC (Computer Numerical Control) tezgahlar ortaya çıkmış ve günümüze kadar büyük gelişmeler kaydederek gelmiştir. Bu tip tezgahlarda, bilgisayardan tezgahın denetiminin yanı sıra, programlama, program depolama ve düzeltme, takım kaydırma hesapları ve diğer kaynaklarla doğrudan veya manyetik ortamlar aracılığıyla bilgi alışverişleri için de yararlanılması nedeniyle daha kullanışlı ve avantajlıdır [1].

1.6.2.2 CNC Takım Tezgahı Kullanmanın Avantaj ve Dezavantajları

Sayısal denetimli takım tezgahlarına yapılacak yatırımlar sonucu sağlanacak önemli faydalar şöyledir [1] :

-İşleme Hassasiyeti : Yapıları ve denetim sistemleri nedeniyle konvansiyonel tezgahlara göre çok daha fazla işleme hassasiyetine ve çok daha yüksek kalitede parça işleme özelliğine sahiptirler.

-Verimlilik : Kesme işlemleri için optimum ana mil hızı ve ilerleme hızını kullanabilmeleri; işlemler arasında en kısa yolu kullanarak ve mümkün olan en yüksek hız ile hareket etmeleri, gerektiğinde kesici takımları kolaylıkla değiştirebilmeleri gibi özellikleri nedeniyle konvansiyonel tezgahlara göre daha yüksek verimliliğe sahiptirler.

-Karmaşık Geometrilerin İşlenebilmesi : Konvansiyonel takım tezgahları ile en azından ekonomik olarak işlenmesi mümkün olmayan karmaşık geometrilerin, sayısal denetimli tezgahlar ile işlenmesi mümkündür.

-Düşük Takım ve Aparat Maliyeti : Takımın yönlendirilmesinin denetim sistemi tarafından yapılması nedeni ile CNC takım tezgahlarda, konvansiyonel tezgahlarda genellikle kesici takımları yönlendirmek için kullanılan aparatlara gerek duyulmamaktadır. Ayrıca, CNC takım tezgahlarında değişik talaş kaldırma işlemlerinin aynı bağlama sırasında yapılabilmesi de takım ve aparat maliyetini azaltmaktadır.

-Kısa hazırlık zamanı : CNC tezgahların çalıştırılabilmesi için gerekli olan programların hazırlanması, konvansiyonel tezgahların çalıştırılabilmesi için gerekli olan takım ve aparatların hazırlanmasından çok daha kısa sürede yapılabilmekte ve kısa sürede parçanın imalatına başlanabilmektedir.

-Daha az hatalı parça : Operatör hatalarının çok aza indirilmiş olması nedeni ile hatalı parça miktarında önemli azalmalar olmaktadır.

-Azaltılmış malzeme hareketi, atölye alanı ve stok : Konvansiyonel takım tezgahları ile birkaç defa bağlanarak işlenebilen parçaların, sayısal denetimli tezgahlar ile bir defada bağlanıp işlenmesi mümkün olmakta, bu da malzeme akışını kolaylaştırmakta, taşınan malzeme miktarını ve atölye alanı ihtiyacını azaltmakta ve

fazla ara stok oluşmasını engellemektedir. Tüm bunlar da maliyeti düşürücü şekilde etki etmektedir.

-Düşük işçilik maliyeti : Daha az miktarda işçilik gerektirmeleri, gerek tezgah, gerek operatör açısından daha verimli çalışma imkanı sağladığından işçilik tasarrufu söz konusudur.

-Düşük muayene maliyeti : Sayısal denetimli tezgahların yüksek işleme hassasiyetleri ve bir defa programlandıkları zaman istenilen işlemleri hatasız tekrar edebilme özellikleri nedeniyle, parçaların kapsamlı bir şekilde muayenesine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Sayısal denetimli tezgahların dezavantajları ise şöyledir:

- Yüksek ilk yatırım
- Yüksek bakım ve onarım maliyeti
- Yüksek kesici takım maliyeti
- Programlama, operasyon ve bakım için kalifiye eleman gerektirmesi

1.6.2.3 CNC Tezgah Seçiminde Dikkat Edilecek Noktalar

CNC tezgahların seçiminde en önemli noktalardan biri tezgahın eksen sayısının ne olacağının tespitidir. Öncelikle eksen kavramına bir açıklık getirmek gerekirse şunlar söylenebilir: Bir tezgahın hareket elemanlarının, denetimi yapılan, yani programdaki bilgilere göre gerçekleştirilen hareket yönlerine eksen denir. Tezgah eksenlerini belirlemek üzere kartezyen koordinat sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde, X, Y, Z ile gösterilen üç doğrusal ve A, B, C ile gösterilen üç dönme hareketi için toplam altı eksen mevcuttur. Tezgahların seçiminde ihtiyaçları iyi belirleyerek, eksen sayısının ne olacağını tespit etmek gerekir. Örneğin; 5 eksenli tezgahta her türlü kompleks parça kesilirken, 3 eksenli tezgahta bu gerçekleştirilemez. Parçaların her seferinde yeniden bağlanması gerekir. Dolayısıyla, tezgah yatırımına karar verilirken uzun vadeli düşünülüp, yapılacak parçaların karmaşıklık durumuna göre seçim yapılmalıdır. Aksi halde fazla eksen sayısından zarar gelmez diyerek çok pahalıya alınmış ve ancak çok basit parçaların

yapımında kullanılan ya da fazla harcamadan kaçınarak eksen sayısını düşük seçip, sonra da karmaşık bir parça çıkınca hem fazla zaman harcamaya, hem de fazla işçilik maliyetine katılan işletmelere rast gelmek, bugünün şartlarında artık görülmek istenilmeyen durumlar olup, işletmeler için kötü puanlardır.

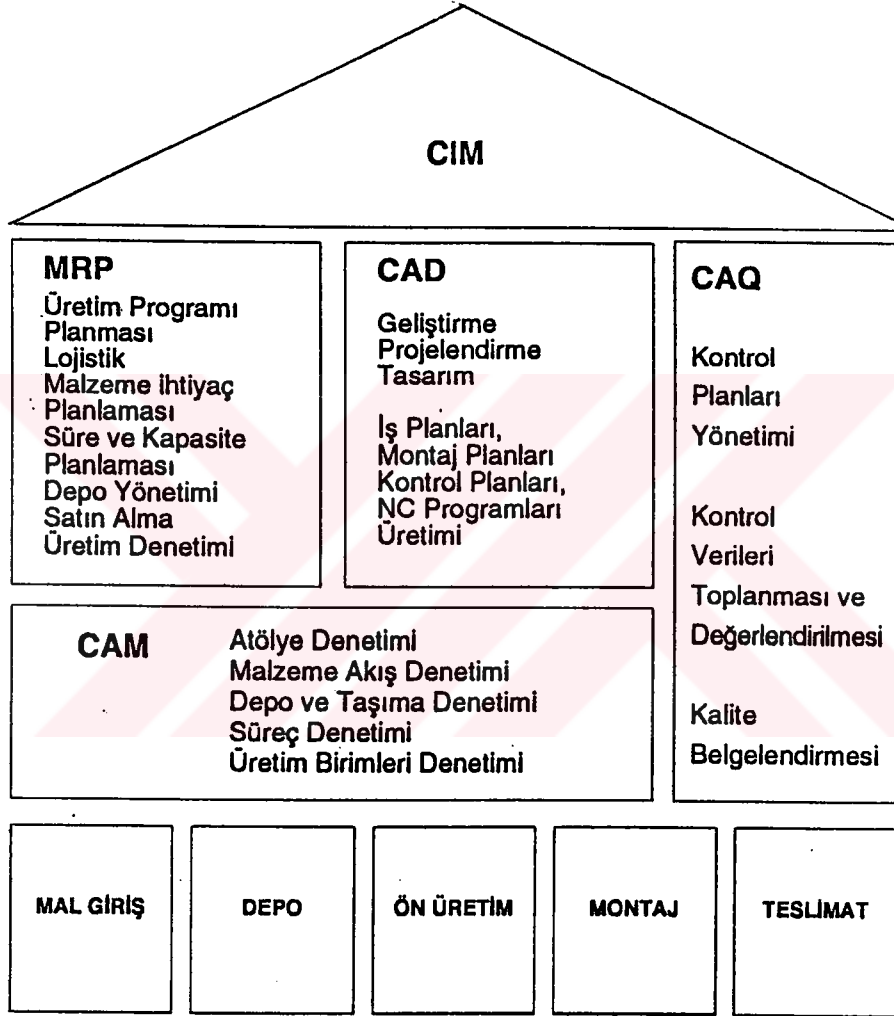
1.7 BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM ve ÜRETİM SİSTEMLERİNİN İŞLETMELERE SAĞLADIĞI FAYDALAR

1. Kaliteli Tasarım : Bilgisayarda geliştirilen model üzerinde birçok seçenek değerlendirilebildiği ve model parametreleri için optimum sonuçlara ulaşıldığından tasarım kalitesi yükselmektedir.
2. Tasarım Güvenilirliği : Yapılan tasarım için daha hassas analiz yöntemleri kullanıldığından ve benzeşim yöntemleri ile de model denendiğinden, güvenlik sınırları yükselmiştir.
3. Tasarım Zamanı : Tasarım için harcanan zaman önemli ölçüde kısaltılabilmektedir.
4. Dökümantasyon : Tasarımı tanıtan teknik resimler, raporlar ve grafikler renkli ve otomatik olarak çok kısa zamanda hazırlanabilmektedir.
5. Malzeme ve Emekte Ekonomi : Yapılan bir optimum tasarım sonucu daha az malzeme ve emek kullanılmaktadır. Dolayısıyla tasarım ve üretim daha ekonomik olmaktadır.
6. Yenilik ve Değişiklikler Yapma Kolaylığı : Tasarımda ve üretim yönteminde yapılacak değişiklikleri çok hızlı bir şekilde uygulamak, kısa zamanda hataları düzeltmek ve yeni modeller üretmek mümkündür [1].

1.8 BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM

Bilgisayar destekli mühendislik (CAD/CAM), mühendislik görevinin yürütülmesinin her aşamasında, ürün ve süreçlerin tasarımında, analizinde, ürünlerin üretilmesinde, bilgisayarların kullanılması olarak basit şekilde tanımlanabilir. Bilgisayar destekli mühendislik ile tüm firmaların kalıcı ve daima rekabet edebilir durumda olmalarını sağlayacak Bilgisayarla Bütünleşik Üretim (CIM, Computer Integrated

Manufacturing) sistemine bir geçiş söz konusudur. Ne var ki, CAD/CAM bu yolda bir adımdır ve sistemin diğerk parametrelerinin de yerine getirilmesi son derece önemlidir. Zira CAD/CAM sistemine yapılan yatırımın geri dönüşü, dolayısıyla sistemden kazanılacak faydalar, tam anlamıyla ancak CIM ' e geçildiğinde mümkün olacaktır. CIM sistemi genel yapısı şekil 1.8 ' de grlmektedir.

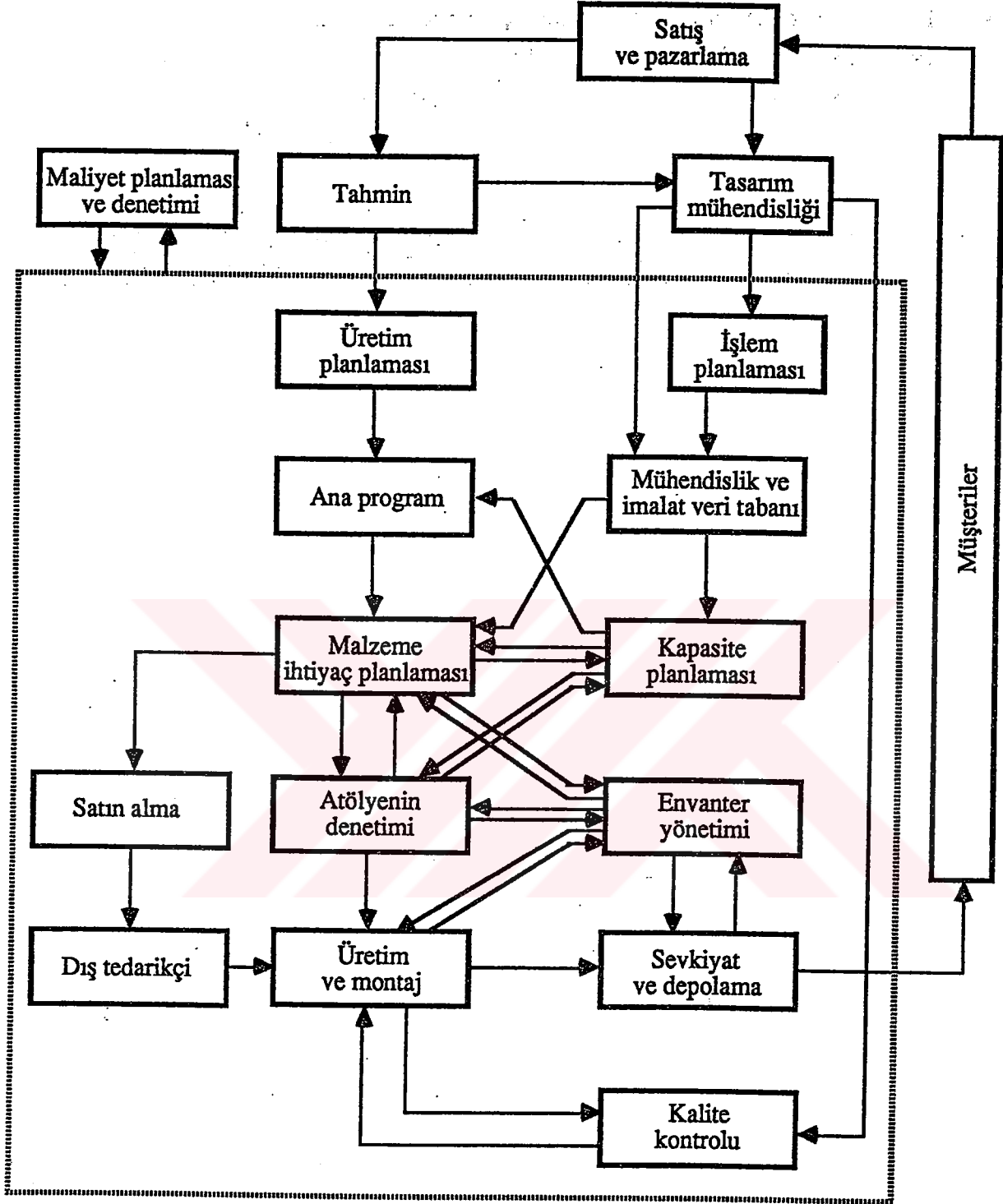


şekil 1.8 Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemi Yapısı [11]

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim, özellikle mühendislik fonksiyonları olan dizayn ve üretim ile ilgilidir. Ürün tasarımı, mühendislik analizleri ve tasarım dökümantasyonu gibi tasarım konusu içindeki mühendislik aktiviteleri ile süreç planlama, CNC parça programlama vs. gibi üretim konusu içindeki mühendislik

aktiviteleri, CAD/CAM 'i oluşturur. Görüldüğü gibi CAD/CAM, bilgisayar aracılığı ile tasarım ve üretimi birleştirmektedir. Eski yıllardaki alışlagelen sistem, tasarım mühendisinin, mühendislik çizimlerini hazırlaması ve bunların üretim mühendisleri tarafından kullanılarak, süreç planlarının geliştirilmesi şeklindeydi. Sistem, tasarım ve üretimi kesin olarak birbirinden ayırmaktaydı. Bu durum hem daha fazla zaman, hem de daha çok iş gücü harcanmasına sebep olmaktaydı. CAD/CAM ile ürün tasarımı ve üretimi arasında kurulan direkt hat sayesinde, otomasyon bireysel olarak değil, birbiriyle ilişkili olarak sağlanmıştır. Böylece CAD içinde oluşan tasarım veri tabanı, üretimde de kullanılarak süreç planları vs. oluşturulmaktadır. CAD/CAM, ürünlerin tasarım sürecinde, zaman, emek ve para harcadıktan sonra uygulamaya koyup yanlışları görmeyi beklemeden, daha baştan ve çok kısa zaman içinde değişik seçeneklerin getirdiklerini ve götördüklerini karşılaştırarak, daha az maliyetle, daha kaliteli ürünlerin tasarlanmasını sağlamaktadır.

Bilgisayarla bütünleşik üretim sistemine göre, satış kanallarından gelen müşteri siparişi, özelliklere göre ürün tanımı yapılarak veri haline sokulur ve tasarım departmanında bu veriler işlenerek, yeni ürün tasarlanır. Kişisel iş istasyonları üzerinde, geliştirilen ürünlerin analizleri yapılarak tasarı aşamasında gerekli iyileştirmeler sağlanmaktadır. Tasarım departmanının çıktıları, üretim mühendisleri için girdiyi oluşturur ve onlar da süreç planı, tezgah programları gibi fonksiyonları oluştururlar. Etkileşimli analiz yazılımları, tasarımın ve hatta ürünün bilgisayarda oluşturulan prototipinin denenmesine olanak tanır. Ayrıca CAM donanımları bölümünde bahsedildiği gibi hızlı prototip üretimi ile bu alanda çok önemli gelişmeler sağlanmıştır. Sonuçta sipariş üretime hazır hale gelir[5]. Şekil 1.9 ' da Bilgisayarla Bütünleşik Üretim sistemi faaliyetleri açıkça görülmektedir.



Şekil 1.9 Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemi Faaliyetleri [1]

Üretim yönetimi fonksiyonları bilindiği gibi üç aşamadan oluşur. Bunlar yönetim piramidinin en üstünde yer alan planlama, orta kısımda yer alan yürütme ve en altta

yer alan kontrol aşamalarıdır. Tahmin edileceği üzere yukarıdaki aşamalar da bilgisayar yazılımlarından oluşmaktadır. Planlama fonksiyonu, İşletme ve Üretim Kaynakları Planlaması (ERP/MRP II, Enterprises Resources Planning/ Manufacturing Resources Planning) yazılımlarıyla, yürütme fonksiyonu, Üretim Yürütücü Sistem (MES, Manufacturing Execution Systems) yazılımlarıyla, kontrol fonksiyonu ise SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) adı ile geçen yazılımlar ile yerine getirilir. Bu üç parametrenin altında da aşağıdaki uygulamalar yer almaktadır [10].

Ürünün oluşmasında ilk önemli fonksiyon, ürün geliştirme içinde planlama ve gerekli mühendislik hesapları olmaktadır. Bilgisayar destekli mühendislik burada kullanılan ilgili kavramdır. Taslak ve imalat resimlerinin oluşturulduğu kavram, bilgisayar destekli tasarımıdır. İş parçalarının nasıl, ne ile ve ne sürede işleneceğinin belirlendiği üretim planı, bilgisayar destekli üretim planlaması faaliyetlerine giren konudur. Ürünün elde edilmesindeki zincirin bundan sonraki halkası üretim planlama ve kontrol fonksiyonu olmaktadır. Bu amaçla yapılacak işlemlerde bilgisayar destekli üretim planlama ve kontrol kavramı göze çarpmaktadır. Üretim aşamasına gelindiğinde ise yerleşmiş birçok kavram ile bilgisayarın kullanılması ifade edilmektedir. Tezgah kontrolünde, sayısal denetim (NC), doğrudan sayısal denetim (DNC) ve bilgisayarlı sayısal denetim (CNC) görülen kavramlardır. Tezgahlara veya paletlere iş parçalarını, takımları bağlayan veya çözen, çeşitli montaj işlemlerini yapan robotların bu çalışmaları ve genel anlamda robot kullanımı robotik adı ile anılmaktadır. İş parçalarının, takımların veya ürünlerin nakledilmelerinde, depolanmalarında veya bir araca yüklenip, indirilmelerinde bilgisayar destekli depolama ve nakil kavramı söz konusudur. Elde edilen üründe veya parça işlemleri sırasında yürütülen kalite kontrolünde bilgisayar kullanımı bilgisayar destekli kalite kontrolü faaliyetine dahil olmaktadır. Tezgahlar, depo ve malzeme nakil sistemleri ve kalite kontrolünün birlikte bilgisayar tarafından kumanda edildiği üretim sistemlerine ise Esnek Üretim Sistemleri adı verilmektedir. CAE, CAD, CAM dışında, üretimde Destek Sistemler de olarak adlandırılan bilgi toplama, değerlendirme ve saklama fonksiyonlarının yerine gelmesinde kullanılan yazılımlar bilgisayar destekli enformasyon sistemleri (MIS, Management

Information Systems) dir. Fabrikadaki her türlü sistemin; binalar, araçlar, tezgahlar, çevre vs.'nin bakımının planlanması ve uygulanması konusundaki faaliyetleri ise bilgisayar destekli bakım planlaması yazılımları yerine getirir.

Tüm bu bilgisayar uygulamalarına biraz daha makro düzeyden ve bir işletmeci gözüyle bakacak olursak sonuçta, işletme pazar koşullarına göre stratejilerini geliştirip, bunları eyleme döker ve sonuçlarını alır. Burada sonuç, Bilgisayarla Bütünleşik Üretimdir. Yukarıda bahsedilen pazar koşulları şunlardır [10] :

- Yok edici rekabet
- Kısılan ürün yaşam eğrileri
- Yüksek müşteri beklentileri
- Hızlı teslim

Bu pazar koşullarına göre işletmenin geliştireceği stratejiler ise şunlar olabilir:

- Yüksek performanslı ürünler piyasaya sürme
- Yüksek ürün esnekliği
- Kısa teslim süreleri
- Yüksek teslim güvenilirliği

Tüm bu stratejilerin, eyleme geçmiş halleri ise aşağıdaki şekillerde olur:

- Kalite artırma çalışmaları
- Maliyet tasarrufu
- Ürün geliştirme çalışmaları
- Tasarım sürecinde rasyonelleşme
- Üretim esnekliği
- Stok döngü sürelerinin kısılması

İşte bütün bu gayretlerin sonunda elde edilen "Üretim Otomasyonu", "İyileştirilmiş Malzeme Akışı", "İyileştirilmiş Enformasyon Akışı" Bilgisayarla Bütünleşik Üretimin verdiği sonuçlardır. Üretim içerisindeki iyileştirilmiş malzeme ve enformasyon akışı ne kadar doğru ve hızlı ise yaratılan katma değer de o denli

yüksek olmaktadır. Yukarıda bahsedilen, üretimde bilgisayar uygulamalarının amacı da bu hızı ve doğruluğu artırmaktır.



BÖLÜM 2

CAD/CAM SİSTEMLERİNİN SEÇİMİ

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat Sistemleri, firmaların geleneksel tasarım ve imalat yaklaşımını etkilemekte ve küreselleşen dünya pazarında ayakta kalmayı sağlayıcı bir unsur olarak şirket politikalarında yerini almaktadır.

CAD/CAM sistemlerinin firmalar üzerindeki etkileri, Bölüm I ' de belirtilmiş olmakla beraber, genel olarak değişik bir açıdan özetlemek gerekirse şunlar söylenebilir; CAD/CAM sistemleri, işletmelerin temel amacı olan "Performans-Maliyet-Zaman" optimizasyonunu sağlamada önemli bir etkindir. İşletmeler üretim planlarını, kaynaklarını en verimli şekilde ve uygun performansla kullanarak, minimum maliyetle üretilip, sipariş teslim zamanına uygun olarak müşterilerine ürünlerini ulaştırma amacına göre yaparlar. CAD/CAM sistemleri de bu amacı gerçekleştirme de önemli bir rol oynar. Tasarımı iyileştirir, üretkenliği artırır, daha düşük tasarım ve imalat zamanı sağladığından ürünlerin pazara çıkış süresini kısaltır, kaliteyi ve ürün çeşitliliğini artırır, hata oranını düşürür ve şirketlerin rekabet gücünün artmasını sağlar.

Ülkemizdeki firmaların birçoğu, bilgisayara dayalı üretim sistemine geçiş konusunda hemfikir olmakla birlikte, bu düşüncenin hayata geçirilmesi konusunda sıkıntılar yaşamaktadır. Bu sıkıntıların bir kısmı ülke ekonomisi ve pazar koşulları ile ilgiliyken, diğer bir kısmı da şirketlerin iç yapılarından, yöneticilerin iş anlayışlarından, bilgi birikimi ve kültürel farklılıkları ile kişiliklerinden kaynaklanmaktadır. Tüm bu sıkıntılara rağmen yapılan CAD/CAM sistemi yatırımlarında ortaya çıkan bir başka olumsuzluk da yanlış yatırımlardır. Bunun bilincine varıldığında da, işi bu noktaya

getirmiş olan olumsuz koşullar, doğruya dönüşü de olanaksız kılmakta ve genellikle alınan yeni yanlış kararlar ile içinde bulunulan durum daha da kötü hale sokulmaktadır.

Yapılan yanlış yatırımların en büyük sorumluları, işletmenin yapı ve hedeflerini iyi analiz edemeyen, ihtiyaçlarını iyi belirleyemeyen, hem firma hedeflerini, hem de sistem yatırımını uzun vadeli olarak düşünemeyen, teknolojik gelişmeler konusunda bilgilenmeye zaman ve enerji harcamayan ve nesnel kararlar veremeyen yöneticiler olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle büyük şirketlerde, sistemi kullanarak, üretim yapacak olan teknik ekiple, bu ekibe bilgisayar temel desteğini sağlayacak bilgi-işlem bölümü, satın almayı yapan bölüm ve tüm sistem hakkında son kararı verecek yönetici arasındaki kopukluklar ve bilgi paylaşımı dengesizliği kötü sonuçlara yol açmaktadır. Ayrıca, bunlara bir de birimlerdeki kişilerin ve yöneticilerin satıcı şirketler ile kişisel ilişkileri de eklenince, durum daha da kötüleşerek karşımıza çıkmaktadır [12].

Sanayicinin çözüm ararken tılandığı noktalardan birisi, pazarda değişik fiyat ve kategorilerde ürünler olması ve bunların içinden kendi ihtiyacını seçebilmesini sağlayacak bilgi birikiminden yoksun olmasıdır. CAD/CAM yazılımları ayrı bir uzmanlık ve birikim gerektirdiğinden, bu durum doğaldır. Ancak yanlış bir seçimin de şirkete zaman maliyeti minimum 3-5 yıl arasında olduğu da unutulmamalıdır.

Yapılan yatırımdan verim alamamanın sebeplerinden bir başkası da, firmaların yazılım alımlarında tezgah yatırımı yaparken gösterdikleri hassasiyeti göstermemelerinden ileri gelmektedir. Ülkemizde çok yaygın olan CNC tezgahların da bu sebepten dolayı işlevselliği eksik kalmaktadır. Bu konu üzerinde bir sonraki alt başlık içinde daha ayrıntılı olarak durulacaktır.

Bu karamsar tabloyu şirketlerin yaşamaması, alacakları yanlış kararlarla hem kendi, hem de ülke ekonomisine zarar vermemeleri için, sistem seçimi konusunda yapılacak faaliyetler, alınacak tedbirler, sisteme geçildikten sonra beklentilere uygun oranda etkin kullanımın nasıl sağlanacağı, bu tezin konusunu oluşturmaktadır. Tezin çözüm getirmek

istediği asıl alan hem tasarım, hem de üretim yapan mekanik endüstri alanındaki işletmeleri kapsamaktadır.

2.1 MEKANİK ENDÜSTRİDE CAD/CAM SİSTEMLERİNİN YERİ

Mekanik endüstride, sistem enstrümanlarını kullanma ya da bu konudaki yatırım düşünceleri şu şekillerde gerçekleşmektedir:

1. Firmanın üretiminin manuel sisteme dayalı olması durumu; böyle bir sistemde firma, tasarımlarını ve diğer tüm çizim ihtiyaçlarını elle yapmakta, bunlara göre oluşan imalat resimlerini de konvansiyonel tezgahlarda işleyip üretimini gerçekleştirmektedir. Böyle bir firmada otomasyon, tüm tasarım ve çizim işlemlerinin bilgisayar ortamında CAD ile yapılması ile başlar, aynı bilgilerin CAM yazılımlarının yardımıyla üretime hazırlanıp, CNC tezgahlarda üretilmesiyle sona erer. Dolayısıyla, CAD/CAM sistemi yatırımına karar veren firmanın, CAD/CAM yazılımı, yeterli sayıda CNC tezgah ve tamamlayıcı diğer parçaları kapsayan bir sisteme ihtiyacı vardır.

2. Endüstride görülen bir başka durum, firmanın tüm çizim ihtiyaçlarını bilgisayar yardımıyla yapması, ancak üretim için kullandığı makinaların konvansiyonel tezgahlar olmasıdır. Bu, firmanın tasarım ve çizim sürecinde verimliliği ve hızlı işlerliği yakalamışken, üretimde aynı durumun sergilenememesine yol açmaktadır. Bu özellikteki firma ise CAD yazılımı ile uyumlu olarak çalışabilecek CAM yazılımı ile yine yeterli sayıda CNC tezgah yatırımına gitmek durumundadır. Böylece, tasarım ve üretim arasına fazla süre girmeden, verimli ve daha az maliyetli bir üretim gerçekleşecektir.

3. Faaliyet gösteren firmaların bir kısmı da, tasarımlarını CAD yazılımları ile üretimlerini de CNC tezgahlarla yapmalarına karşın, CAM yazılımı kullanmadıkları için yaptıkları yatırımdan verim alamama durumu ile karşı karşıyadırlar. Çünkü CNC tezgahlar programlanabildikleri oranda işlevlerini yerine getirirler. CNC tezgahların

kontrol panelleri, geometrik olarak kolay tanımlanabilen işlemlerde, belirli bir programlama olanağı sunar. Gereksinimler karmaşıktıkça, yeni programlama tekniklerine gerek duyulur. Bunları başında da CAD/CAM yazılımları gelir. CNC tezgahlar, ancak CAD/CAM programlarıyla desteklendiğinde işlevselliklerini tamamlarlar ve yapılan yatırımın karşılığını vermeye hazır hale gelirler.

Gündeme gelen CAD/CAM yazılımları birlikteliği konusunu açmakta fayda vardır: CNC tezgahların önemli kullanım alanlarından biri "seri" diye tabir edilen işlerdir. Seri işlerde basit ama ardışık işlemler kısa sürede yapılır ve bu işlemler dizisi aynı şekilde tekrarlanır. Dökümden çıkmış bir parçada, belirli yerlerin temizlenmesi, gerekli deliklerin delinmesi, diş çekilmesi vs. işlemler seri işlere örnektir. Aynı işlemler çok sayıda parçada tekrar eder. Bu işlemler, neredeyse özel maksatlı tezgahların hızında ve kalitesinde olur.

CNC tezgahların bir diğer kullanım alanı, form oluşturmaktır. Bir plastik enjeksiyon kalıp çekirdeğinin işlenmesi bu tür bir kullanımdır. Burada amaç, geometrik olarak karmaşık bir yüzeyi oluşturmaktır.

CNC tezgahların işlevleri, takımın dönüşünü sağlamak, soğutma sıvısı valfinin açılıp kapanması gibi bir takım yardımcı işlemleri yerine getirmek ve kesici takımın belirlenmiş koordinatlarda hareketini sağlamaktan oluşur. Oldukça sade görünen bu tanımda önemli olan nokta, "belirlenmiş koordinatlar" ifadesindedir. CNC tezgahın esnekliği ve yeteneği koordinatların belirlenebilmesine bağlıdır. Bu durumda, tezgahtan alınabilecek verim, diğer yardımcı operasyonlarla birlikte takımın hareket koordinatlarını, yani NC kodlarını oluşturabilme imkanları ile sınırlıdır.

NC kodlarını oluşturmanın bir yolu, tezgahların kontrol panellerindeki programlama imkanlarıdır. Ancak kontrol panelleri, sınırlı bir programlamaya imkan verirler. Tanımı kolay olan geometrik işlemlerin programlanması bu panellerde mümkündür.

Çizgilerden ve daire parçalarından oluşmuş bir geometri, kağıt üzerinde çözümlenip, takımın hareket koordinatları hesaplanır ve tezgah programlanabilir.

Takım hareket koordinatları belirlenebilen ölçüde hizmet veren CNC tezgahlar, bu noktadan sonraki taleplere cevap veremezler. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim yazılımları bu yüzden vardır. CAM yazılımları, bilgisayar ortamında oluşturulmuş bir modeli sayısallaştırarak, koordinatlara dönüştürür. Takımın dönme yönü ve hızı, eksen hareketlerinin muhtelif durumlardaki hızları, soğutma sıvıları vs. seçenekleri de göz önünde bulundurarak, bu koordinatlardan takım yolu oluşturur.

Görülmektedir ki, takım yolu oluştururken bir modele ihtiyaç vardır ve modelin oluşumu için çözümü CAD sunar. CNC tezgahlar ancak CAD/CAM yazılımları ile birlikte donatıldıklarında, işlevsel olarak tamamlanmış olurlar ve ancak CAD/CAM yazılımlarıyla desteklendikleri takdirde, yapılan yatırımın karşılığını vermeye hazır hale gelirler.

Bugün ülkemizde CNC tezgahlar oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Tezgaha yapılan yatırımda tereddüt edilmezken, aynı hassasiyet yazılımlara gösterilmemekte ve işlevselliği eksik kalan CNC tezgah ancak bir konvansiyonel tezgah kadar yararlı olmaktadır. Birçok tezgahta, delik delmek, kontur dönmek, havuz boşaltmak gibi tezgahın en basit fonksiyonlarıyla sınırlı kalmaktadır [13].

2.2 SEÇİM ÇEŞİTLERİ

CAD/CAM sistemlerinin seçimi, yukarıda belirtilen çerçevede dahilinde zor bir karardır ve firmalar için bu konuda iki yol bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, firmanın sistemini kendi imkan ve çalışmalarıyla belirlemesi, bir diğeri de anahtar teslim proje halinde başka bir firmadan yardım alması şeklindedir. Ancak, ortaya çıkan sonuçlar birinci yolun daha isabetli bir karar olduğu şeklindedir. Aşağıda her iki seçim mekanizması hakkında ayrıntılar verilmiştir:

Yapılan araştırmalar, CAD/CAM sistemine ait yazılım ve donanım araçlarının belirlenmesinde en iyi yolun firmanın kendi kararlarını alması yönündedir. Zira, hedef ve amaçları ile neye ihtiyacı olduğunu firmanın kendisinden daha iyi bilecek, başka kişi ya da kurum bulmak oldukça zordur, bu koşullar oluşsa bile gerek maliyet bakımından, gerekse sistemin altyapısını oluşturmadaki olumsuzluklar bakımından, bu yol tercih edilmemelidir.

İşletmeler, genel olarak CAD/CAM sistemi hakkında yeterli bilgi birikimine sahip olmadıklarından dolayı, bu konularda hizmet veren başka firmalara başvurarak, anahtar teslim projeler talep etmektedir. Bu tip projeler, danışman firmanın, firmayı analiz edip, ihtiyacına göre yazılım ve donanımı belirlenmesi, sistemin işletmeye alınması ve çalışacak personelin eğitimi konularını kapsamaktadır. Bu tip bir yola başvurmak, zaman açısından avantajlı olabilir, ancak maliyetinin yüksek olduğu çok açıktır. Ayrıca firma yöneticileri ile danışman firmanın çok iyi entegre olmaları gerekir ki işletmeye en uygun sistemin seçilmesi mümkün olsun. Aksi halde danışman firma, kendi olanakları ile işletme amaç, hedef ve ihtiyaçlarını net olarak belirleyebilmesi mümkün olmadığı için, işletme danışmanlık ücreti vererek yanlış yapılmış bir yatırıma sahip olacaktır.

Çözüm olarak denenen yöntemlerden bir başkası da, eğer firma bir yan sanayi ise, ana sanayinin birikimlerinden yararlanarak, onların kullandığı yazılım ve donanımı kendisine entegre etmek şeklindedir. Güvenli ve akılcı bir yatırım olarak görünen bu yöntem, bu sefer de ana ve yan sanayi arasındaki mali güç farklılığından dolayı, pahalı yazılım ve donanım araçları, kalifiye personel istihdamı gibi sebeplerle çözümsüz kalmaktadır.

Yukarıda bahsedilen tüm bu sebeplerden dolayı, firmanın kendi birikimleri ile sistemini belirlemesi en iyi yöntem olarak belirmektedir. Bu seçim uzun zaman alabilir, fakat bu arada şirketin sistem için bir altyapısı olacak, daha sağlıklı bir seçim yapılacak, sisteme geçildiğinde de adaptasyon daha çabuk olacaktır. Ayrıca, bu yolun firmaya maliyeti diğerine göre daha ucuzdur.

2.3 FİRMA İÇİ ÇALIŞMALARLA CAD/CAM SİSTEMİNİN SEÇİMİ

Bu yöntem dahilinde yapılacak faaliyetleri aşağıdaki şekilde metodik olarak vermek mümkündür:

1. Başlama kararı
2. CAD/CAM sistemini seçecek ekibin oluşturulması
3. Amaç ve hedeflerin belirlenmesi
4. Proje planının oluşturulması
5. Mevcut sistemin analizi ve ihtiyaçların belirlenmesi
6. Tekliflerin alınması ve ön değerlendirmenin yapılması
7. Kalan alternatifler üzerinde çeşitli yöntemlerle değerlendirmeler yapılması
8. Sonuç kararı

Bu aşamaların, sistemle ilgili belirli bir oturmuş altyapının olduğu yerinde CAD/CAM sistemi ile ilgili personele adaptasyon için çalışmalar başlar. Bunun nedeni geçiş süresindeki üretim kaybını en aza indirmektir. Daha sonra, personel eğitimi, sistemi devreye alma çalışmaları, organizasyonel düzenlemeler, vs. gelir. Bu kısımla ilgili açıklamalara geçmeden, yukarıda yer alan metodik yol üzerinde daha geniş açıklamalara yer verilecektir.

2.3.1 Başlama Kararı

Firmanın geleceği açısından son derece önemli olan CAD/CAM sistemi gibi önemli bir projeye karar vermek oldukça zordur. Gerek firmanın üretim sistemi anlayışında önemli bir değişikliğe yol açması, gerekse firma üzerine getireceği faydalar düşünülerek sistem transferine geçiş kararı, gerçekten önemli bir adım olarak görülmelidir. Karar ve bunu izleyen birkaç faaliyet, her proje başlangıcında olduğu gibi zaman alacaktır. Bu durum işletmeyi karamsarlığa sürüklememelidir. Zira bu tip hayati projelerde yavaş başlangıç, hızlı bir momentum ile beraber gelişme ve yavaş bitiş şeklinde bir hayat çevrimi görülür.

2.3.2 CAD/CAM Sistemini Seecek Ekibin Oluşturulması

CAD/CAM sistemini seçecek ekibin üyeleri genelde, işletmenin fiili olarak üretim ile ilgili departmanlarında görev yapan çalışanlardan oluşmaktadır. Ekibin başında ise projeyi yürüten bir proje yöneticisi bulunmalıdır. Proje yöneticisi, hem ana kuruluşa, hem de proje ve proje takımı üyelerine karşı sorumludur. Yönetici, söz konusu amaç için varolan girdi ve ıktıları sistem yaklaşımını kullanarak sentez edebilmeli, yani sistemi bir bütün halinde değerlendirme yeteneğine sahip olmalıdır. Bu anlamda proje yöneticisi, fonksiyonel yönetici kavramından ayrılır. Zira, fonksiyonel yönetici, olaylara ve sorunlara analitik yaklaşarak, sistemi bileşenlerine ayırarak düşünür. CAD/CAM sistemi gibi bir projeyi hayata geçirebilmek için firmayı ve faaliyetlerini çok iyi bilen ve sistemi bir bütün olarak görebilen yöneticinin, seçim içinde ekibiyle başarılı olacağı kuvvetle muhtemeldir. Proje takımı yeleri, problem çözmeye yatkın, örgütsel amaçlar için duyarlı, teknik beceriye sahip, sonuçlar üzerinde odaklanabilen insanlardan oluşmalıdır.

Seçim ekibi, firma amaç ve hedeflerine göre ihtiyaçları tespit edecek, buna göre satıcı firmalardan teklifler alıp, ürünleri ve firmaları değerlendirmek suretiyle, işletmeye en uygun CAD/CAM sistemini seçecektir. Tüm bu işlemleri gerçekleştirirken de ekibin bilgi birikimi dahilinde olmayan konular, gerekirse danışmanlara başvurularak, karanlıkta kalan hiçbir noktanın olmamasına önemle dikkat edilmelidir.

CAD/CAM sistemini seçen ekibin, belirlediği ürüne onay vermek ise st yönetimin görevidir. Ayrıca st yönetim, seçim ekibini izleyerek, faaliyetlerin planlanan şekilde yürümesini de takip eder. st yönetimin bu görevleri yerine getirebilmesi için de CAD/CAM sistemi hakkında tatminkar bir bilgi birikimine sahip olması gerekmektedir [14].

2.3.3. Amaç ve Hedeflerin Belirlenmesi

İşletmeye en uygun CAD/CAM sisteminin seçimi, ancak firma amaç ve hedeflerini iyi tespit etmekle mümkündür. Zira, projenin uygulanması ile elde edilmek istenen hedeflerin, firmanın amacı ile örtüşmesi gerekmektedir. Firmanın üretim maliyetlerini düşürecek, optimum verimi sağlayacak, kaliteli ve zamanında üretim yapmaya katkı sağlayacak bir sistem bu tespitlerle söz konusu faydaları sağlar. Aksi durum, önceki bölümlerde bahsedildiği gibi yanlış yatırımlara sebep olacaktır.

2.3.4. Proje Planının Oluşturulması

Sistemin başarılı bir şekilde seçilmesi genel olarak üç faktöre dayanır. Bunlar: Amacın ve ihtiyaçların iyi şekilde tespiti, üst yönetimin desteği ve proje planı. Buradan da anlaşılacağı gibi iyi bir plan sistem seçiminin isabetli olmasında anahtar bir rol üstlenir. Ekibin bir disiplin altında çalışmasını sağlar, yapılacak faaliyetleri açık bir şekilde ortaya koyar. Proje planında amaç, seçim safhaları, süre, öncelikler, sorumluluklar, kaynaklar gibi konular yer almalıdır.

2.3.5. Mevcut Sistemin Analizi ve İhtiyaçların Belirlenmesi

Proje takımının, proje planını oluşturduktan sonraki ilk işi sistemi analiz edip, gelecekteki gelişmeleri de göz önünde tutarak CAD/CAM sisteminden beklentileri bir liste halinde çıkarmasıdır. Böylece işletmenin üretim anlayışı da hesaba katılarak bugün ve gelecekte ihtiyacını karşılayacak tam bir sistem alınmış olacaktır. Doğru karar almada son derece önemli bir rol oynayacak olan beklentiler listesi, ayrıca firmayı ve çalışanları bilgisayar destekli yeni üretim sistemi için motive ederek, hem bir temel oluşturacak, hem de sistemin ne gibi işlerde kullanılacağı ortaya çıkacağı için bu konuda belli bir fikrin edinilmesini sağlayacaktır.

Böyle bir listenin son derece titiz ve hassas olarak hazırlanması, proje ekibinin firmanın amaç, hedef ve gereksinimlerini ön planda tutarak kapsamlı bir çalışma yapması ile mümkündür. Bu aşamada, ekibin bir kez daha ne kadar önemli bir rol oynadığı ortaya çıkmaktadır. Yanlış yatırımların sebebi genellikle bu kısımda belirlenen, firmayı iyi tanımamakla oluşan hatalı ihtiyaçlar listesi ile meydana gelmektedir. CAD/CAM sisteminin beklentiler ile firma ihtiyaçları çakışmalı, gereksiz yazılım modülleri ya da donanımlara yer olmamalıdır. Örneğin bir elektronik firması için hazırlanacak beklentiler listesi aşağıdaki maddeleri içerebilecektir:

Tasarım Dökümantasyonu

1. Şematik Diyagramlar
2. Devre Diyagramları
3. Lojik Diyagramlar
4. Tel Diyagramlar
5. Entegre Devre Diyagramları
6. Baskılı Devre Çizimleri
7. Ürün Ağacı Hazırlanması
8. Tasarım Kuralları Kontrolü

Destek Dökümantasyonu

1. Spesifikasyonlar
2. Teknik Bilgiler
3. Şema ve Grafikler
4. Akış Diyagramları

Burada sayılanlar bir elektronik imalat firmasının alacağı CAD/CAM sisteminde bulunmasını isteyeceği özelliklerin bir kısmıdır. Tüm liste çok daha detaylı ve kapsamlı olacaktır.

Makina imalatıyla uğraşan bir firma ise CAD/CAM sisteminde otomatik besleme ve hız hesapları, kesme takımlarının izleyeceği yolun görülmesi, yük altında gerilme ve kuvvetler ile yer değiştirmelerin statik ve dinamik analizi, koordinat ölçme makinaları için ölçme yollarının tanımlanması, manyetik alan ölçümleri ve ısı transferi ile ilgili özellikleri arayabilir [15].

CAD/CAM sistemi seçilirken aynı zamanda işletmeye de toplu bir bakış söz konusudur ve bunun sonucunda üretim süreci yeniden değerlendirilmektedir. Yani bir “yeniden yapılanma süreci” söz konusudur. Firmanın bilgisayar destekli üretim sistemini benimsemesi, piyasada gelişen koşullara ve rekabet ortamına daha güçlü çıkması anlamına gelir. Dolayısıyla, varolan üretim sistemini yeni sisteme adapte edebilmek için, değiştirilmesi söz konusudur. Bu değişim organizasyonel anlamda olabileceği gibi, fabrika yerleşimi üzerinde bir takım değişiklikler de olabilir. Böylece CAD/CAM sistemi etkin olarak kullanılabilecek, üretimde verimlilik artacaktır.

2.3.6. Tekliflerin Alınması ve Ön Değerlendirmenin Yapılması

Firmanın sisteme ait beklentileri, ekip tarafından tespit edildikten sonra, satıcı firmalarla görüşme süreci başlar. Satıcı firmalardan gelen teklifler iki aşamada değerlendirmeye tabi tutulur. Bunlardan ilk aşama olan ön değerlendirmede, teklifler tespit edilmiş beklentiler listesini karşılayabilme durumlarına göre değerlendirilir ve yetersiz görülenler elenir. İkinci aşama, daha kapsamlı bir çalışmanın gerçekleşeceği faaliyetlerden ibarettir.

2.3.7. Kalan Alternatifler Üzerinde Çeşitli Yöntemlerle Değerlendirmeler Yapılması

Firmaların, seçimlerini ihtiyaçlarına göre matematiksel anlamda bir metoda başvurmadan yapmaları mümkün olduğu gibi bu konu üzerinde literatüre geçmiş, çeşitli

sayısal modelleri de kullanmaları mümkündür. Bunlar hakkında kısa açıklamalar aşağıda verilmiştir [14].

1. Tartılanmamış 0-1 Faktör Modeli : Göz önüne alınacak faktörleri, yani firma beklentiler listesini ve bu faktörleri değerlendirecek ekibi yönetim belirler. Faktörleri değerlendirecek ekibin, firma hedefleri ve ihtiyaçları hakkında son derece iyi bilgiye sahip olması gerekir. Satıcı firmalardan alınan teklifler, bu faktörlerin ayrı ayrı yeterli-yeterli değil şeklinde işaretlenmesiyle değerlendirilir. Bu modelin avantajı, karar sürecinde birçok kriterin göz önüne alınmasıdır. Dezavantajı ise, tüm faktörlerin firma için eşit önemde olduğunun kabul edilmesidir.

2. Tartılanmamış Faktör Puanlama Modeli : 0-1 faktör modelindeki yeterli-yeterli değil şeklinde iki seçenek yerine, 5 puanlı bir ölçek kullanılarak (örneğin; 5 - çok iyi, 4-iyi, 3-vasat, 2-kötü, 1-çok kötü), sütunlardaki puanlar toplanır ve belli bir değeri aşp aşmadığı değerlendirilir.

3. Tartılanmış Faktör Puanlama Modeli : Firma hedef ve ihtiyaçlarına göre bir takım faktörlerin önemi diğerlerinden daha baskın olabilir. Bu durumda yukarıda açıklanan modeller kullanılamamaktadır. Bu önem dereceleri, firmanın isteğine göre ağırlıklı hale getirilip, belli bir ölçek üzerinde puanlama yapılarak, değerlendirme gerçekleştirilir. Bu tip bir yolla yapılan seçim, daha sağlıklı olmaktadır.

4. Kısıtlı Tartılanmış Faktör Puanlama Modeli : Yukarıda açıklanan modelin aynısıdır, fakat ek olarak bazı kısıtlar devreye girer. Maliyet, kapasite vs. gibi kısıtlar seçim değerlendirmesinde göz önüne alınır.

Değerlendirme işlemi, ister sayısal modeller ile yapılsın, ister başka bir yolla, ihtiyaçların belirlenmesi en önemli unsur olarak bir kere daha göze çarpmaktadır. Hatalı tespitlerin yanlış kararları almada ilk adımı oluşturduğu unutulmamalıdır.

Genel anlamda CAD/CAM tipi bir projeye ait beklentiler listesi, aşağıdaki beş ana faktör gözden geçirilerek tespit edilir [14] :

1. Üretim Faktörleri

- Kuruluş için gerekli süre
- Kuruluş esnasında üretimin kesilme süresi ve ne oranda kesileceği
- Hatalı üretime yol açıp açmayacağı
- Enerji ihtiyacı
- Ekipman ihtiyacı
- süreç güvenliği
- Bir birim çıktı üretiminde maliyet bazındaki değişim
- Bir birim çıktı üretiminde zaman bazındaki değişim
- Hammadde kullanımındaki değişim
- Üretim maliyeti ve süresindeki değişimler
- Tedarikçilere yeni sistemin etkileri
- Çıktı kalitesindeki değişim
- Kalite kontrol prosedürlerindeki değişim
- Yeni sistemin mevcut üretim hatlarına etkisi

2. Pazarlama Faktörleri

- Sistemle üretilmesi muhtemel yeni ürünler için potansiyel pazarlar ve büyüklükleri

- Pazara, ürün teslimat süresi
- Kalite kontrol kabiliyeti
- Müşteri kabulü
- Tahmin edilen ürün yaşı
- Ürün-yaşam eğrisinin şekli

3. Finansal Faktörler

- Karlılık, yatırımın net bugünkü değeri
- Nakit akışına etkisi
- Ödeme periyodu ve şekli
- Nakit ihtiyacı
- Başabaş noktasına (break-even point) ulaşma zamanı
- İhtiyaç olan yatırımın büyüklüğü
- Finansal riskin boyutu

4. Personel Faktörleri

- Eğitim ihtiyacı
- Kalifiye işgücü ihtiyacı
- Yeni sisteme karşı reaksiyonlar
- İşgücü kuvvetinin büyüklüğündeki değişim
- Yeni çalışan ihtiyacı
- Yeni sistemin çalışma ortamına etkisi

5. İdari ve diğer faktörler

- Enformasyon sistemine etkisi
- Sistemin uzmanlığa olan ihtiyacı
- Hissedarların tepkisi
- Patent ve ticari sırların korunması
- Müşteri, tedarikçi ve rakiplerin tepkisinin tahmini
- Yeni teknolojinin bakım maliyeti
- Yeni teknolojinin anlaşılabilirlik düzeyi
- Yeni sürecin, mevcut olandan farklılık düzeyi
- Yeni sürecin yönetim ve kontrol edilebilirlik durumu

Tüm bu faktörler, işletmenin bir bütün halinde düşünülüp, değerlendirilmesini gerektirir. Bu faktörlerin bazıları, duruma göre göz önüne alınmayabilir. Yukarıdaki faktörler

içinde bir kısım özellikler vardır ki onların üzerinde önemle durulmalıdır. Bu bakımdan bu özellikleri yineleyip, ayrıntılı açıklamalara gitmek yerinde olacaktır. Genel olarak bu tip özellikler iki safhada düşünülür. Bunlardan ilki CAD/CAM sisteminin fonksiyonel özellikleri ve ikincisi de yazılımın mimarisi konularıdır.

2.3.7.1.Fonksiyonel Özellikler

Bu tip özellikler CAD/CAM sisteminin fonksiyonallitesi ile ilgili aşağıdaki parametrelerden oluşmaktadır [15].

1. Servis ve destek hizmetleri
2. CAD/CAM sisteminin kalitesi ve güvenilirliği
3. Teslim ve işletmeye alma çalışmaları
4. Sistemin finansal durumu ve analizi

2.3.7.1.1. Servis ve Destek Hizmetleri

CAD/CAM sistemi kurulduktan sonraki süre, tıpkı seçim aşaması gibi önem taşır. Çünkü, gerek yazılım, gerekse donanım konusunda ortaya çıkabilecek küçük veya büyük sorunlar her zaman işletmenin çözeceği türden olmayabilir, dahası sistemin alınan satıcı firma tarafından düzenli gözetim altında tutulması etkin işleyişi ile doğrudan orantılıdır.

Bu aşamada, satıcı firmalardan gelen tekliflerin servis ve destek hizmetleri konusunda tatminkar olmalarına dikkat edilerek, yetersiz görülen ve inandırıcı olmayanların elenmesi gerekir. Firmanın gelecekte zarara uğramaması açısından son derece önemli olan bu konu içinde, dikkat edilmesi gereken şu alt başlıklar vardır [15].

- Donanım bakımı
- Yazılım bakımı

- Eğitim
- Yedek parçalar ve çevre üniteleri
- Arızaların teşhis ve ortalama giderilme süresi
- Karşılaşılan sorunlar ile ilgilenme ve çözme durumu ile talep olduğunda firmaya ortalama geliş süresi

Genelde satıcı firmalar standart olarak bir yıl süre ile teknik destek sunmakta ve anlaşmaya bağlı olarak bu durum sürekli teknik desteğe dönüşmektedir. Genelde toplam satış bedelinin belli bir yüzdesi, senelik olarak ödenmek yoluyla, servis anlaşmaları yapılır.

Bakım konusuna iki ayrı açıdan yaklaşmak gerekmektedir. Bunlar:

-Yazılım Bakımı : Bu çeşit bakım, güncelleştirme ve olabilecek sorunları kapsar. Genellikle yerinde yardım, satıcı firmalar tarafından ancak olağanüstü durumlarda yapılır. Normal şartlar altında herhangi bir sorun olduğunda telefon yardımıyla giderilmeye çalışılır. Bir diğer konu olan yazılım güncelleme ise, yapılan anlaşma dahilinde belli periyotlarla ücretsiz olarak yerine getirilir. Genelde bu periyot yaklaşık olarak bir yıldır.

-Donanım Bakımı : Bu tip servisi de yine güncelleme ve bakım-onarım açısından düşünmek gerekir. Güncelleme zamanı, donanımda genellikle iki yıl olarak verilmektedir. Genelde bilgisayar donanım firmaları, ürettikleri yeni bir ürünü iki yıl boyunca upgrade vs. gibi olanaklarla destek vererek kullanılmasını sağlarlar. Ancak iki yıldan sonra bu ürün demode olur ve yeni bir sistem kullanılmaya başlanır. Dolayısıyla, yeni sürüm yazılımlar da piyasaya göre hareket ettiğinden, eski sistem yetersiz kalmaya başlamaktadır. Bu durumda güncelleme yerine, daha köklü çözümler aramak gerekmektedir. Donanım, onarım ve bakımları ise, garanti süresi dolduktan sonra yapılacak yıllık bakım anlaşmaları ile satıcı firma tarafından yerine getirilir.

Eğitim konusu ileride ayrıntılı olarak ele alınacak olup, bu konuda uygulanan prosedür ise şöyledir; satıcı firmalar tarafından standart eğitim programları uygulanmaktadır. Genel olarak firmanın CAD/CAM sistemi üzerinde çalışacak olan personeline, alınacak modüllerin sayısına göre, yazılım anlatılır ve kullanıcılara aktif olarak uygulatılır. Zamanla, edinilen eğitimin çalışma esnasında oturması beklenir. Bu sürenin, satıcı firma ve işletme arasındaki aktif bir ortak çalışma ile mümkün olduğunca kısa olması istenir.

2.3.7.1.2. CAD/CAM Sisteminin Kalitesi ve Güvenilirliği

Bu aşamada ise satıcı firmanın ve teklif edilen CAD/CAM sisteminin kalitesi ile güvenilirliğine dair araştırma yapılır. Bunun için satıcı firmalardan aşağıdaki konularda bilgi istemine gidilir [15] :

- Firmanın geçmişi ve faaliyette bulunduğu süre
- Referans müşteriler
- CAD/CAM sisteminin ar-ge çalışmaları ile geliştirilmekte olup olmadığı
- İşletmenin ürettiği herhangi bir ürünü sistem ortamında görerek, sistemin üreteceği ürünlerin kalite düzeyinin kestirilmesi
- Donanımın güvenilirliği
- Yazılımın güvenilirliği

CAD/CAM sisteminin kalitesi ve güvenilirliği konusu, firmanın kalitesi ve güvenilir olması ile direkt ilişkilidir. Yazılımın geliştirilebilir olması, beklentilere uygun oranda ürün eldesi ve sorunsuz çalışması çok önemli özelliklerdir ve bunlar ancak referansları kuvvetli, yazılım ve donanım kalitesi çok iyi olan bir firma tarafından karşılanabilir.

Yukarıda sayılan özelliklerden yazılım ile ilgili olanlar hakkında ayrıntılı bilgi, "Yazılımın Mimarisi" bölümünde verilmiştir.

2.3.7.1.3. Teslim ve İşletmeye Alma Çalışmaları

Bu konuda aranması gereken kriterler ise şöyle sıralanabilir [15]:

- Sistemin satın alınması ile teslimi arasındaki süre
- Sistemin firmaya çalışır vaziyette teslimi
- Sistemin firmada kurulup, test işlemlerinin yapılması
- Tüm arayüz ve tamamlayıcı parçaların sistemle birlikte teslimi

2.3.7.1.4. Sistemin Finansal Durumu ve Analizi

CAD/CAM sistemi gibi bir yatırım projesinde, diğer yatırım projelerinde olduğu gibi proje için para çıkışı ve projeden sağlanacak para girişi vardır. İşte bu iki nakit akışı karşılaştırılarak, yatırımın finansal analizi yapılır. Bu iki parametreye, farklı bakış açılarıyla yaklaşarak, geliştirilmiş çeşitli yöntemler vardır ve CAD/CAM sistemlerinin bir ekonomik ömür çerçevesinde değerlendirilmesinde bu yöntemler kullanılır:

1. Geri ödeme yöntemi
2. Net bugünkü değer yöntemi
3. İç verim yöntemi
4. Yatırımın geri dönüşü yöntemi

Hesaplama yöntemlerinde kullanılacak nakit çıkışı tutarı, yatırım tutarına eşittir, hesabı da son derece kolaydır ve elde edilen sonuç reeldir. Ancak, nakit girişi parametresinin hesabı son derece zordur ve sonuç da tahminden ibarettir.

Yukarıdaki hesaplama yöntemleri ile bir sonuca gidebilmek için şu parametreleri bilmek gerekmektedir:

- Donanım maliyeti
- Yazılım maliyeti

- Bir saatlik işgücü maliyeti
- Kişi başına düşen dönemlik işgücü saati
- İlk yıl ve onu izleyen yıllarda elde edilen faydalar ve maliyetler

Ayrıca, gerekli eğitim süresi, eğitim süresi boyunca üretkenlik kaybı ve eğitim süresinden sonraki üretkenlik kazancı bilgileri ile bazı önemli sonuçlara ulaşmak mümkündür. Bunlardan bazıları, "yıllık kazanç / kayıp" ve "birikmiş kazanç / kayıp" oranları olabilir. Bu gibi oranlarla etkin kullanım için yapılacak faaliyetler konusunda bir altyapı sağlanabilir [16].

Daha önce çeşitli bölümlerde de ifade edildiği gibi CAD/CAM sisteminden beklenen faydaları bir kez daha yinelersek; tasarımın ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi, pazara teslim sürelerinin kısalması, kısaltılmış hazırlık süreleri, mesai saatlerinin azalması vs. Tüm bu faydaların rakamsal ifadelerini bulmak çok zor ve zaman alıcı, hatta bazıları için imkansızdır. Bu aşamada, sık sık tekrar edildiği gibi ihtiyaçların çok iyi saptanması ve sistemden beklentileri, net olarak belirleyebilecek bir bilgi birikimine sahip olunması gerekmektedir. Ayrıca, Bölüm 3 ' te yer alan etkin kullanım faaliyetlerini mümkün olduğunca uygulamaya geçirerek, söz konusu faydalardan ve hatta kullanım ile oluşabilecek yeni yararlardan, beklenen tasarrufların maksimum düzeyde olmasını sağlamak, yatırımın geri dönüşü açısından son derece önemli olmaktadır.

Firmanın bu kadar zorlanacağı ve her şeyi etkileyebilecek ekonomik analiz için iki farklı düşünce tarzı kullanılabilir[16]. Bunlar: En az maliyet sistemi ve en fazla üretkenlik sistemi. Eldeki problemi optimize etmede bu iki farklı amaç fonksiyonu kullanılarak, İngiltere ' de Autodesk firması tarafından bir araştırma yapılmış olup ve aşağıda bu araştırma genel hatlarıyla açıklanmıştır:

Yapılan araştırma, en az maliyet veya en fazla üretkenlik yaklaşımlarıyla CAD/CAM sistemi seçiminde doğru düşünce tarzına yönlendirmek maksadıyla, yatırımın ilk yılında

geri dönüşü hesaplanarak, hangi yaklaşımın daha isabetli olduğunu bulmaktır. En az maliyet için en düşük donanım ve yazılım satın alınmıştır. En fazla üretkenlik için gereksinim duyulabilecek en fazla bellek maliyeti, uygulama yazılım maliyeti, detaylı bir eğitim programı maliyeti ile yazılım ve donanım için yıllık bakım ve destek sözleşmelerinin maliyetleri eklenmiştir. Bu yatırımların, üretkenlik kaybı, eğitim süresi ve üretkenlik kazancı parametreleri üzerindeki etkileri hakkında bazı tahminler yapılmış ve ilk yıl için yatırımın geri dönüşü hesaplanmıştır.

Genel olarak yatırımı düşünen firmalar, sistemin kazandıracaklarından ziyade, karşılaştıkları maliyetlerin üzerinde durmaktadırlar. Oysa sistemin getirisinin mutlaka değerlendirilmesi gerekir. Araştırmada, işgücü göz ardı edilmiştir ve sağlanacak maksimum üretkenlik donanım, yazılım, eğitim ve desteğe yapılacak yatırıma bağlanmıştır. En az maliyet yöntemi, en düşük düzeyin, toplam sistem maliyeti olduğunu varsaymakta iken en fazla üretkenlik yöntemi ise gerçek en düşük düzeyin toplam işgücü maliyetlerini de içeren, yatırımın geri dönüşü hesabı olduğunu varsaymaktadır. Burada dikkat çekilecek nokta, ikinci yöntemin daha karmaşık, fakat gerçekçi olması, ancak buna rağmen firmaların satın alma aşamasında birinci yöntemin hesaplarını yapmalarıdır.

Tablo 2.1 'de araştırmanın sonuçları görülmektedir ve en fazla üretkenlik sisteminin ezici üstünlüğü çok çarpıcı bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Hesaplar, Autodesk firması tarafından hazırlanan ve Lotus üzerinde çalışan CAD/CAM yatırımının getirisini hesaplamaya yarayan bir yazılım ile yapılmıştır.

Tablo 2.1 En Az Maliyet ve En Fazla Üretkenlik Anlayışlarının Bir Uygulama İle Karşılaştırılması

	En Az Maliyet	En Fazla Üretkenlik
Temel Donanım	£5000	£5000
Donanım Yükseltmeleri	0	£1000
Temel AutoCAD Yazılımı	£3150	£3150
Üçüncü Parti Yazılım	0	£1200
Kurulum ve Konfigürasyon	Hayır	Evet
Eğitim	0	£1000
Site Desteği	Hayır	£400
Toplam Sistem Maliyeti	£8150	£12000
Üretkenlik İçin Eğitim Süresi	4 ay	2 ay
Eğitim Sırasında Üretkenlik Kaybı	% 60	% 20
Üretkenlik Kazancı	% 40	% 60
İşgücü Maliyeti	£20 / saat	£20 / saat
YATIRIMIN İLK YILDAKİ GERİ DÖNÜŞÜ	% 49	% 101

2.3.7.1.4.1 CNC Takım Tezgahları İçin Ekonomik Analiz

CAD/CAM sistemi kuran bir firmanın ekonomik analiz yaparken alacağı sayısal denetimli takım tezgahları konusunda da ayrı bir hassasiyetle durması gerekir. Bu konudaki finansal analize iki değişik açıdan yaklaşmak mümkündür. Bunlardan birincisi parçaların konvansiyonel veya sayısal denetimli tezgahlarda işlenmesi halinde maliyetlerin ne olacağı, ikincisi ise elde bulunan konvansiyonel tezgahların, sayısal denetimli tezgahlar ile değiştirilmesinin maliyetinin ne olacağıdır. Aşağıda, her iki durum için de ayrı ayrı analizler yapılmıştır [1] :

- Konvansiyonel veya Sayısal Denetimli Tezgahlarla İşleme İçin Maliyetin Kıyaslanması

Bir parçanın işlenmesi için konvansiyonel veya sayısal denetimli tezgahlardan hangisinin, hangi şartlarda daha ekonomik olacağının bulunması için başabaş noktası analizi yapmak gerekmektedir. Bu işlem için aşağıdaki verilere ihtiyaç duyulmaktadır:

- Tezgahın birim zaman maliyetinin, imalat hazırlığı maliyetinin ve diğer ilgili maliyetlerin tespiti

- Parçanın işlenmesi ve tezgahın ayarlanması için gereken sürelerin tespiti

Tezgahın birim zaman maliyeti, her tezgah için bir defa hesaplanan ve sonraki hesaplamalar için kullanılan bir değerdir. Bu maliyetin hesaplanması için aşağıdaki değerlerin bulunması gerekmektedir:

- İlk yatırım maliyeti
- Sermaye maliyeti
- Tezgah kapasitesinin kullanım oranı
- Bakım-onarım maliyeti
- Personel maliyeti
- Yıpranma
- Demode olma riski
- Enerji maliyeti
- Atölye alanının maliyeti
- Isıtma, aydınlatma, bina bakım ve onarımının maliyeti
- Sarf malzemesi maliyeti
- Yönetim ve ofis giderleri

İmalat hazırlığı maliyeti, her parça için bir defa yapılan işlerin maliyetini kapsayan ve imal edilecek toplam parça sayısı göz önüne alınarak, parça maliyetine yansıtılan bir maliyettir. Bu maliyetin hesaplanması için aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır:

- Planlama
- Tezgahı programlama
- Delikli veya manyetik bantları veya disketleri hazırlama
- Gerekiyorsa takım ve aparatların tasarımını ve imalatının yapma

Diğer ilgili maliyetler, her bir üretim grubu için bir defa yapılan işlerin maliyetini kapsayan ve gruptaki parça sayısı dikkate alınarak parça maliyetine yansıtılan bir maliyettir. Bu maliyetin hesabı için de şu faktörlere dikkat edilmelidir:

- Tezgah yüklemesi için iş programlaması maliyeti
- Tezgah ayar maliyeti
- Kesici takım tedarik, ayarlama, bileme ve depolama maliyeti

Yukarıda anlatılanlar aşağıdaki gibi formüllere dökülüp, hesaplanabilir.

- Toplam Konvansiyonel Tezgah Maliyeti :

$$M_k = H_k + D_k + n t_k T_k$$

- Toplam Konvansiyonel Tezgah Maliyeti :

$$M_{sd} = H_{sd} + D_{sd} + n t_{sd} T_{sd}$$

Değişkenler

- M : Toplam maliyet
- H : İmalat hazırlığı maliyeti
- D : Diğer ilgili maliyetler
- T : Tezgah birim zaman maliyeti
- n : Gruptaki işlenecek parça sayısı
- t : Parçanın işlenme süresi

İndisler

- k : Konvansiyonel tezgah
sd : Sayısal denetimli tezgah

Tüm bu hesaplamalar sonucu yapılacak başabaş analizi ile gelecekteki gelişmeler de hesaba katılarak, üretilecek parça sayısına göre, hangi tezgahın daha düşük maliyetle üretim yaptığı hesaplanır.

-konvansiyonel Tezgahları Sayısal Denetimli Tezgahlar ile Değiştirmenin Ekonomik Analizi:

Öncelikle CNC tezgahlarının kullanılmasının uygun olduğu parça durumları verilerek, daha sonra analizden bahsetmek yerinde olacaktır:

İlk yatırım maliyeti programların zamanı ve bunun getirdiği maliyetler, kalifiye eleman gibi hususlar nedeniyle CNC tezgahlarda işlenecek parçaların doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Bu konudaki kriterler şöyle sıralanabilir [17] :

1. Tekrarlanabilirlik önemli ise,
2. İnsan hatalarının maliyeti çok artırdığı pahalı parça imalatı yapılıyorsa,
3. Tasarımdaki yeniliklere kolay adaptasyon önemli ise,
4. Parça boyutu küçük, ancak üretim adedi fazla ise,
5. Yüksek öncelikli parça ise,
6. Parça çok değişik talaş kaldırma operasyonlarına tabi tutulacak ise,
7. Talaş kaldırma koşullarında değişiklik çok ise,
8. %100 kontrolü istenen parça ise,
9. Matematiksel olarak tanımlanmış karmaşık dış hatlar varsa,
10. İşleme zamanının kısa olması gerekiyorsa,
11. Konvansiyonel tezgahta işleme aparat gerektiriyorsa,

12. Ayna görüntülü parça söz konusu ise

Yapılacak analizde öncelikle, değiştirme sonucunda toplam maliyete etki eden çeşitli maliyet kalemlerindeki olumlu ve olumsuz değişimlerin hesaplanması gerekmektedir. Bu etkiler, tablo 2.2 ' deki gibi ifade edilebilir:

Tablo 2.2 CNC Tezgahla Üretim Sonucu Maliyet Kalemlerindeki Değişimler [1]

Maliyet Kalemi	Değişim
Doğrudan işçilik	Olumlu
Takım ve aparat	Olumlu
Kesici takım	Olumsuz
Stok bulundurma	Olumlu
Takım ayarlaması	Olumsuz
Programlama	Olumsuz
Muayene	Olumlu
Fabrika içi taşıma	Olumlu
Hatalı parça	Olumlu
Bakım-onarım	Olumsuz

Sayısal denetimli tezgaha yapılan geri ödeme süresinin hesaplanabilmesi için, ilk yatırım ve sermaye maliyetlerinin yukarıda verilen maliyet kalemlerinden elde edilecek tasarrufa bölünmesi gerekmektedir.

Sayısal denetimli tezgahların en büyük dezavantajı, ilk yatırım maliyetinin oldukça yüksek olmasıdır. Elde bulunan konvansiyonel tezgahların hurda değerleri, ilk yatırım maliyetinden düşülerek belli bir avantaj elde edilebilir.

Maliyet kalemleri incelendiğinde, gelişmiş ülkelerde doğrudan işçilik maliyeti en büyük tasarrufu sağlamakta iken, ülkemizde işçilik maliyetinin düşük olması nedeniyle, bu kalemden elde edilen tasarruf daha az oranlarda kalmaktadır. Ancak stok bulundurma maliyetinde önemli bir tasarruf söz konusudur.

İlk yatırım maliyetinin ve sermaye maliyetinin yüksek olması ve işçilik maliyetinden elde edilen tasarrufun az olması, tezgahın geri ödeme süresini uzatmakta, buna planlanan kapasite kullanım oranına erişememenin riski de eklendiğinde ekonomik açıdan bakıldığında konvansiyonel tezgahların, sayısal denetimli tezgahlar ile değiştirilmesi bazen riskli olmaktadır. Ancak, sayısal denetimli tezgahların kullanılması firmaların rekabet gücünü artıracak, yüksek kalitede ürünler, mükemmel işleme hassasiyeti, karmaşık geometrilerin işlenebilmesi ve verimliliğin artışı gibi çok önemli gelişmeler getirecektir.

2.3.7.2.Yazılımın Mimarisi

Yazılımın mimarisi konusunda, CAD/CAM yazılımlarının genel yapılarından ve özelliklerinden, değerlendirme yapılırken dikkat edilmesi gereken noktalardan bahsedilecektir. Yazılımın yapısı, firma ihtiyaçlarına göre belirlendiğinden anlatılan özelliklerin her birisinin bir sistemde olması şeklinde bir şart olmamakla beraber, genel yapı hakkında bilgi verebilmesi açısından verilmiştir. CAD/CAM sistemlerinin devamlı geliştirilmesi ve piyasadaki yazılımlara ait özelliklerin belli bir standardizasyonu olmaması sebebiyle, olaya çok genel anlamda bakılmıştır. Tüm bunlar, aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

-Firmaların yazılım değerlendirme konusunda dikkat edecekleri en önemli noktalardan biri, ihtiyaçlarını karşılayacak modülleri almaları ve ilerde olabilecek gelişmeleri hem firma, hem de teknoloji ve pazar koşulları açısından hesaba katarak, alınan yazılımın geliştirilebilir ve güncelleştirilebilir olmasıdır. Satıcı firmanın kalitesi ve güvenilirliği ile yazılımın kalitesi doğru orantılıdır. Dolayısıyla, satıcı firmayı iyi analiz etmek ve yukarıda geçen özelliklerin garantisini almak gerekir.

-Yazılımın kalitesini anlamamanın en iyi yolu, yazılımı firmanın kendi ürünleri ile test etmektir. Yazılımın ihtiyaçlara cevap verip veremeyeceğini kestirmek, ancak bu sayede mümkün olabilir. Genelde satıcı firmalar, ürünlerini tanıtmak için tanıtım amaçlı

sunumlar yaparlar. Satıcı firmalardan, sistemi sadece tanıtım olarak değil, aktif olarak firmanın sistemle üretim yapacağı parçalar üzerinde görmeyi istemek, seçim üzerinde gayet etkili olacaktır. Ayrıca, bu sayede teknik bir altyapının oluşması da sağlanacaktır.

-Alınacak sistemde dikkat edilecek bir diğer nokta da yazılımın özelleştirilebilir yapıya sahip olmasıdır. Özelleştirme, yazılımın firmanın amaçları ve gereksinimleri dahilinde, firmaya uygun hale getirilmesidir. Bunun en büyük avantajı, sistemden beklenen verimin kısa zamanda alınmasına büyük katkısı olmasıdır. Ayrıca, sistem hakkında personele verilecek eğitim süresinin de kısalması sağlanabilir. Özelleştirme işlemi aşağıdaki konulardan oluşmaktadır [18]:

- Geleneksel sistemde varolan çizim standartlarının bilgisayara girilmesi
- Yeni standartların belirlenmesi
- Parametrik tasarım yapan küçük programlar geliştirmek
- Makrolar düzenlemek
- Sembol kütüphaneleri düzenlemek
- Klasör yapıları oluşturmak ve bu yapılaşmayı kullanıcılara öğretmek
- Dosya isimlendirmede standartlar geliştirmek ya da varolan standartları kullanmak

Özelleştirme konularından biri olan ve geleneksel tasarım ve çizim yöntemlerinden, bilgisayar destekli tasarım sistemine geçmiş ya da geçmeyi düşünen kullanıcılar için varolan önemli sorunlardan biri, eski ve elektronik ortamda bulunmayan çizimlerin, bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Teknolojik gelişim günümüzde, bu gereksinimin karşılanabilmesini olanaklı kılmaktadır. Tarama, raster düzenleme ve vektöre dönüştürme yazılımları ile kağıt üzerindeki çizimlerin bilgisayar ortamına aktarılması, üzerlerinde işlemler yapılması, CAD yazılımlarının kullanabileceği formatlara dönüştürülmesi olanağı söz konusudur. Bu alanda çeşitli firmaların yazılımları bulunmaktadır. Kullanıcılar açısından dikkat edilmesi gereken nokta, gereksinimlerin neler olacağının saptanmasıdır. Çünkü, binlerce çizim paftasının vektöre

dönüştürülmesi oldukça fazla emek ve zaman gerektirecektir. Örneğin, kullanıcıların bir daha kullanmayacakları paftaları, vektöre dönüştürmeden, raster bilgi olarak saklamaları, hem onları fazla emekten kurtaracak, hem de kağıt üstündeki paftaların bilgisayar ortamına aktarılmaları, onları yönetmelerine ve görüntülemelerine olanak sağlayacaktır [19].

- Yazılım değerlendirmede, yazılımın açık mimari özelliğine sahip olması göz önünde tutulmalıdır. Açık yazılım mimarisi, tak-ve-çalıştır (plug-and-play) uyumluluğunu ve yazılımlarının seçimi serbestisini getirmektedir. Açık yazılım mimarisinde, yazılım geliştiriciler, herhangi bir kısıtlama olmaksızın, gerekli bilgilere kavuşurlar. Bu bilgileri kullanarak, kendi uygulama yazılımlarını diğer yazılımlarla uyumlu duruma getirmiş olurlar. Bu uyumluluk, sistemler ya da dosya formatları arasında veri transferi sorununu gidermektedir. Ayrıca, firmalar açık yazılım mimarisi özelliğine sahip yazılımları birbiri ile birleştirerek, kendi ürün tasarım ve üretim stratejilerini hayata geçirebilirler. Buna karşın, bu özelliğe sahip olmayan yazılımlar, diğer sistemlere veri aktarımının zorluğu ve yaşanabilecek olası sorunların çokluğu, uyumluluğun olanaklı olmaması gibi nedenlerden dolayı, yukarıda bahsedilen rahatlığı ve özgürlüğü kullanıcılara sunamazlar.

Açık yazılım mimarisinin, kapalı sistemlere göre çok önemli bir farkı da, teknolojik gelişimin tek bir yer tarafından değil, bu konuda çalışmalar yapan herkes tarafından yapılabilmesi olmasıdır. Bu sistemlerin yeteneklerinin gelişmesine herkes katkıda bulunabilir. Bunlara örnek olarak, yazılım geliştiriciler, uzmanlar, üniversiteler, araştırma merkezleri verilebilir [20].

Dolayısıyla, seçilecek yazılımın veri alış-verişlerine açık olması son derece önemli bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Genel bilgi vermek açısından, piyasadaki yazılımlar genellikle şu dosya formatlarını desteklemektedir: IGES, DXF, SAT, SET, VRML, STEP, VDA-FS, vs. Bunlara eklemeler yapılabilir.

Burada çok önemli bir teknolojik gelişmeden bahsederek, konunun ne kadar değişik boyutlara ulaştığını vurgulamak gerekir: VRML (Virtual Reality Modeling Language) üç boyutlu modeller için WEB standart dilidir. Bunun anlamı, firmaların geliştirdikleri yazılımları, çeviricileri (translator) yardımıyla VRML dosya formatına dönüştürüp, internet ya da intranet ortamında kullanabilmeleridir. Bu durum birden fazla fabrikaya sahip firmalar ile çok uluslu firmalar için son derece önemli bir gelişmedir. Firmalara, ürünlerini kısa zamanda ortaya çıkarma, sorunları kısa zamanda giderebilme gibi avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca, satıcı firmadan alınacak destek hizmetlerinin yazılıma ait kısmı bu yolla yapılabilir.

Sonuç olarak, açık yazılım mimarisinin temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Seçim serbestisi
 - Geniş alanlara yayılmış yazılımlar
 - Ürün uyumluluğu ve veri paylaşımı
 - Esneklik
 - Tak-ve-çalıştır
 - Yeni teknolojilere kolay uyum
- CAD/CAM yazılımlarının MIS, MRPII/ERP gibi yazılımlarla uyumlu olması son derece önemlidir. Çünkü, CAD/CAM yazılımı Bilgisayarla Bütünleşik Üretim (CIM, Computer Integrated Manufacturing) bir parçasıdır ve her zaman için diğer parçaların da işletme bünyesine katılacağı düşünülerek, sistemin CIM ile bütünleşik yapıya müsait olması gerekir. Daha evvel de bahsedildiği gibi, bir CAD/CAM sisteminden umulan tüm faydaların alınması, ancak CIM öğelerinin hepsinin kazanılması ile mümkündür.
- Bir CAD/CAM yazılımından beklenen, tasarım süreci boyunca tüm faaliyetleri, tek başına karşılayabilme özelliğine sahip olmasıdır. Örneğin, bir mekanik montaj tasarım ve imalatında, önce parçalar katı modelleme ile tasarlanır, karmaşık yüzeyler varsa bunların modellemesi de yapılır, daha sonra montaj modelleme ile istenen tasarım gerçekleştirilir ve en son olarak da imalat resmi hazırlanıp, dökümante edilir, NC

kodları hazırlanır ve parça CNC tezgahlarda üretilir. Tüm bu işlemler, CAD/CAM yazılımı tarafından yapılabilmelidir. Ancak, bu özelliklerin çeşidi, yine firma ihtiyaçlarına göre değişmektedir.

- Firmaların küreselleşen dünyada, gerçekleştirdikleri üretimlerle ayakta kalabilmeleri için uzmanlar yeni-yeni teknolojiler geliştirmektedir. Bunlardan biri de, farklı sinerjik grupların eş zamanlı olarak, bir süreç içinde, bir ürün meydana getirmek için çalışma felsefesi olan CAPE (Concurrent Art-to-Product Environment) ' tir. CAPE ile ilgili ayrıntılı bilgi ileri bölümlerde verilecektir. Ancak burada deyinilmesi gereken konu, yazılımın CAPE teknolojisine uyumlu olmasının, firma için ihtiyaçlar dahilinde olup olmadığı ve seçilecek yazılımın, geliştiricileri tarafından, bu alanda çalışma yapılıp yapıldığının bilinmesidir.

- Yazılımın hangi işletim sisteminde çalışacağını belirlemenin de gelecek açısından önemli olabilir. Çünkü gelişmeler, UNIX işletim sisteminin CAD/CAM yazılımlarındaki hakimiyetini 2000 yılına doğru, büyük bir olasılıkla Windows NT ' ye bırakacağını göstermektedir. Gelecekteki güncelleştirmelerde bir sorun yaşamamak için sistemin üzerinde çalışacağı işletim sistemi seçimi de bu aşamada önem kazanacaktır [21].

2.3.7.2.1 CAD/CAM Yazılımlarının Analiz Programlarıyla İlişkisi ve Bilgisayar Destekli Mühendislik Kavramı

CAD/CAM yazılımlarına eklenen analiz ve optimizasyon programlarıyla, sistem Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE, Computer Aided Engineering) formasyonu da kazanmaktadır. Günümüz koşullarında rekabet edebilmek için fiyat ve ürün kalitesi açısından en iyi ürünü sunmak gerekmektedir. Sınama-yanılma yolu ile ürün geliştirmek, ürünün kalitesini ve performansını test etmek masraflı, zaman alıcı ve risklidir. CAE programlarının yardımı ile en kullanışlı ve en az malzeme gerektiren ürün, daha tasarım aşamasında ortaya çıkarılabilmektedir. Böylece daha az maliyetle,

daha kaliteli ürünlerin üretilmesi sağlanmaktadır. Özellikle mekanik tasarımcılar açısından önemli olan bu modül içinde, aşağıdaki mühendislik hesapları yapılabilir ve sadece istenilenler yazılıma dahil edilebilir. Bu hesaplardan Sonlu Elemanlar Analizi hakkında, önemli bir gelişme olduğu için daha ayrıntılı bilgi verilmiştir.

- Sonlu Elemanlar Analizi (FEA, Finite Element Analysis) : Mühendislikte, hesaplanması gereken yapılar genel olarak karmaşık bir geometriye sahiptir. Bir dişli kutusunun gövdesi, bir otomobilin karoserisi veya jantı, tipik örnekler olarak gösterilebilir. Bu parçalarla ilgili olarak klasik yöntemler kullanılarak, örneğin bir mukavemet hesabı yapılmak istenirse, mühendisin ilk yapacağı iş, geometriyi basitleştirmeye çalışmak olacaktır. Hesaplanacak parça bir mil ise, bunu büyük bir olasılıkla bir kiriş olarak basitleştirebilir ve hesaplayabiliriz. Bir dişli kutusu gövdesi veya bir jant herhangi bir basitleştirmeye uygun yapılar olmadığından klasik yöntemlerle bir sonuca varmak mümkün değildir. Sonlu Elemanlar Analizi (SEA), bu çıkmazda devreye girerek, mühendisin adeta imdadına yetişmektedir. Hesaplanması istenilen yapı, "eleman" denilen küçük parçacıklara bölünerek, hesaplanması mümkün bir duruma getirilmektedir. Böylece, mukavemet hesabı, artık bir karoseri veya jant için değil de, bu tasarımı meydana getiren küçük parçacıklar için yapılmakta ve yapıdaki genel gerilim dağılımı, renkli grafikler halinde elde edilmektedir.

SEA 'nin gerekliliği sadece karmaşık geometriye sahip yapılar için geçerli değildir. Mühendislikte bazen de, yapı geometrik açıdan basit olsa da problemin doğası karmaşık olabilir. Çelikten mamul ankastre bir kirişe belirli bir kuvvet uygulandığında, meydana gelecek kalıcı deformasyonların hesabı buna bir örnek olarak gösterilebilir. Özellikle metal levhalara soğuk şekil verme işleminden sonra meydana gelecek elastik ve plastik deformasyonların hesabı, mühendislerin karşılaştığı önemli problemlerden biridir. SEA, sadece statik hesaplarla sınırlı olmamakla beraber, titreşimler, ısı transferi, akışkanlar dinamiği, elektromanyetik, akustik gibi dinamik hesapları da gerçekleştirmektedir [22].

2.3.7.2.2. CAD/CAM Yazılımlarının Animasyon Programlarıyla İlişkisi

Yapılan tasarımı gerçek ortamda görüp, yeniden gözden geçirme, tekliflerde, müşteri sunuşlarında kullanmak üzere bir pazarlama aracı olarak animasyon programları geliştirilmiştir. CAD ile geliştirilen model, ileri grafiksel imkanlar olan perspektif görüşler, ışıklandırma, gölgelendirme, mühendislik malzemeleri kütüphaneleri, vs. kullanılarak canlandırılır. Eğer, firmanın bu tip bir modüle ihtiyacı varsa, CAD/CAM sistemine ek olarak alınabilir.



BÖLÜM 3

CAD/CAM SİSTEMLERİNİN ETKİN KULLANIMI

ve

YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞÜ

Sistemin seçildikten sonra firmanın, yaptığı yatırımdan geri dönüşü kısa sürede sağlaması, olabilecek en iyi faydayı alabilmesi, yeni sistemle birlikte gelen yeni düzenlemelerin ve faaliyetlerini etkinliğine bağlıdır. Bu faaliyetlerin derinliği firmadan firmaya değişebilir. Örneğin, büyük bir firmada, alınan yeni CAD/CAM sistemi ile birlikte işletme organizasyonunda, prosedürlerde önemli değişiklikler meydana gelebilecekken, küçük bir firmada, organizasyon ağacı bu durumdan o kadar da fazla etkilenmez. Söz konusu değişiklik, sadece talimat ve prosedürler ile bir takım görev farklılıklarına yansıyabilir. Bu anlamda üçüncü bölümün konusu, tüm bu faaliyetleri ve düzenlemelerin ne olacağını açıklamaktan ibarettir.

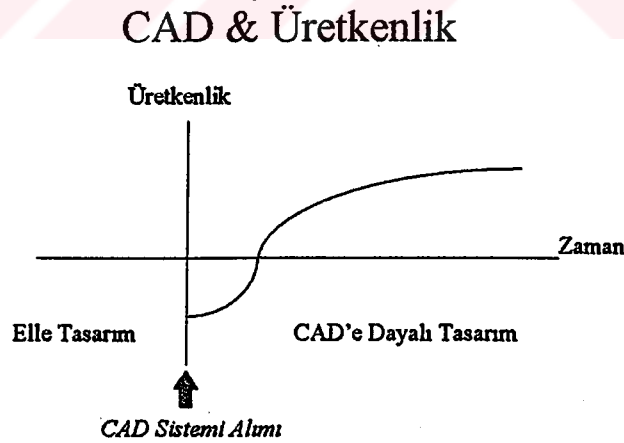
CAD/CAM sistemi seçerken, firmanın düşünmesi gerekli konulardan biri de varolan üretkenliğini artırmak için neler yapması gerektiğidir. Bunun için firma, bazı sorulara cevap aramak durumundadır. Bu bölümdeki alt başlıklarda, bu soruların her birisine yer verilerek, cevaplanmaya çalışılacaktır. Bu sorular şu şekilde sıralanabilir [16]:

- CAD/CAM sistemi firmama ne kazandırır ?
- Eğitim için ne kadar zaman ve para ayırmalıyım ?
- Yatırımımın geri dönüşü ilk yılda ne olacak ? Ekonomik ömür içinde ne olacak ?
- Yapmam gereken yatırımın alt sınırı nedir ? Bu sistem gelirlerimi nasıl etkiler ?
- Mühendis, tasarımcı ve teknik ressamlardan, gerçek proje koşulları altında, daha gelişmiş üretim beklemek için, onlara ne kadar eğitim süresi sağlamalıyız ?

- Eğitim süresi boyunca ne kadar üretkenlik kaybıyla karşılaşırız ?
- Ne kadarlık bir "uzun dönem üretkenlik artışı" üzerine plan yapabiliriz ?
- Sistemi en iyi şekilde kullanacak personeli ne tip bir düzenleme ile organize etmeliyiz?
- İşletmenin diğer departmanlarına düşen görevler nelerdir ? Genel organizasyon planı nasıl olmalıdır ?

3.1 FİRMALARIN CAD/CAM SİSTEMİNE GEÇTİKTEN SONRAKİ DURUMLARI

Genel olarak firmaların, CAD/CAM sistemine geçtikten sonraki üretkenlikleri şekildeki gibi değişmektedir. Şekil 3.1, zamana karşı üretkenliği göstermektedir. CAD 'e geçmeden önceki üretkenlik; üretkenlik eksenini kesen, yatay çizgiyle gösterilen belirli bir düzeydedir. Zaman sıfırken CAD sistemine geçildiği varsayılmaktadır. Yeni teknolojiye geçiş döneminde, yabancılıktan ve eğitimsizlikten kaynaklanan ani bir üretkenlik düşüşü olmaktadır. Zaman içinde belli bir eğitim süresi ve CAD teknolojisine alışılması sonucunda üretkenlik, CAD 'e geçişten önceki ilk düzeyine yükselmektedir ve bir süre sonra CAD yatırımının gerçek amacı olan daha yüksek düzeylere çıkmaktadır.



Şekil 3.1 İşletmelerin CAD/CAM Sistemine Geçtikten Sonraki Üretkenlikleri [16]

Yukarıda açıklanan bu süreci hızlandırmak, yine firmanın alacağı bir takım tedbirler ile mümkündür. Bu konuda ilk etapta yapılacak birkaç faaliyet şöyle özetlenebilir [16] :

- Öncelikle eğitim süresi boyunca ortaya çıkacak üretkenlik kaybının daha az olması sağlanmalıdır. Örneğin, CAD/CAM sistemi alınmadan önce personelin hiç değilse bir kısmının eğitime başlanmalı ya da eğitilmiş personel alımına gidilmelidir.

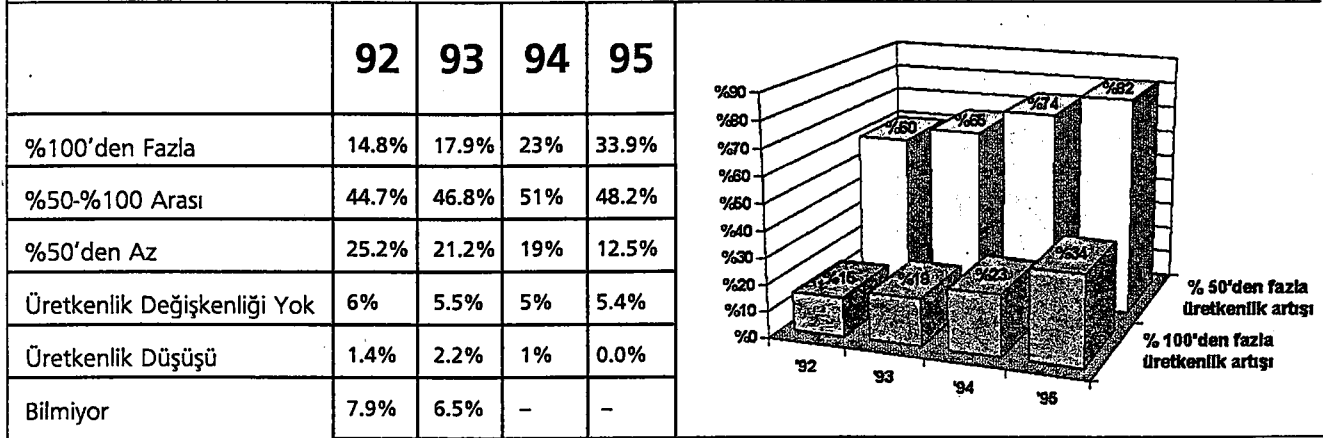
- İkinci olarak, eğitim süresi içeriğine dokunmadan, yoğunlaştırılarak kısaltılmalıdır. Bu, CAD/CAM eğitimi alınan firma tarafından hazırlanacak özel bir eğitim planı ile uygulanabilir veya kullanılacak sistem işin gereksinimlerine göre özelleştirilerek, eğitim süresi kısaltılabilir.

- Üçüncüsü ve uzun dönemli etki sağladığı için en önemlisi, üretkenlik artışında en üst düzey sağlanmalıdır. Bu durum, belki daha fazla eğitimle, daha gelişmiş yönetim anlayışıyla ve tasarımdan çizime ve üretime kadar olan süreci tümleştirerek sağlanabilir. Örneğin, uygulama yazılımları kullanılarak, üç boyutlu modellemeye geçerek ya da daha güçlü, daha hızlı donanımlar satın alarak yapılabilir. Uygulama yazılımları, eğitim süresini ve çizim süresini kısaltırken, üretkenliği artırmaktadır. Daha güçlü ve hızlı donanımlar ise, bilgisayarda komutların yerine getirilme süresini en aza indirerek, üretkenliğin artmasına katkıda bulunmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre, CAD/CAM sistemi sayesinde firmaların üretkenlik kazancı zamanla artmaktadır. Bu artışta CAD yazılımlarının payına birkaç örnek verilebilir; CAD sistemi ile hazırlanmış çizimlerin tekrar kullanılabilmesi ya da yeni çizimler üretilirken daha önce çizilmiş parçalarının yeniden kullanılması, vs. Bu örnekler, aynı zamanda firmanın bilgi birikimini genişletmesi ile CAD/CAM sisteminden elde edilecek üretkenlik kazancını artırması arasında doğru orantı olduğuna dair bir işarettir. Bunun için de firmanın bilgi birikimini iyi yönlendirmesi ve yönetmesi gerekmektedir.

Şekil 3.2 'de Autodesk firmasının yaptığı bir araştırma sonucu görülmektedir. Buna göre, önceki elle çizim metoduna kıyasla AutoCAD kullanıcılarının sağladığı üretkenlik artışının yıllara göre değişimi verilmektedir. En az %50 ve en az % 100 üretkenlik artışı

sağlayan kullanıcı yüzdelерinin önceki birkaç yıla göre nasıl farklılaştığı açıkça görölmektedir [16].



Şekil 3.2 Önceki Çizim Metoduna Göre AutoCAD Kullanıcılarının Sağladığı Üretkenlik Kazancının Yıllara Göre Değişimi [16]

3.2 BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMIN İŞ DÜNYASINA KATKISINDA DÖRT AŞAMA

Autodesk firması ve İngiliz Bradford Üniversitesi-CAD, Bilgi Teknolojisi, İnşaat Yönetimi Anabilim dalları öğretim üyeleri ile yapılan bir araştırma ile şirketlerin CAD ' in işlerine olan katkı oranlarını ölçüp ölçmedikleri, bu oranın artmasına ilişkin planların yapılıp yapılmadığını, eğer rakip firmalar da CAD sistemleri kullanıyorlarsa onlara karşı rekabet üstünlüğü sağlamanın yollarının araştırılıp araştırılmadığını tespit etmeğe çalışmışlardır[23]. Yapılan yatırımın geliştirilmesini, beklenen faydaların gerçekleşmesini ve yatırımın kısa sürede geri dönüşünü amaçlayan bu çalışmaya göre, CAD sistemine geçmiş firmalar aşağıdaki 4 aşamadan birindedirler.

Aşama 1: Otomasyon

Otomasyon aşaması, daha önceden elle yapılan işlemlerin bilgisayar ortamında yapılması işlemidir. Otomasyona örnek olarak, daktilo yerine kelime işlemci kullanılması, ya da kağıt üzerine çizim yapılması yerine CAD sisteminin kullanılması verilebilir. Çeşitli araştırmalar, tasarım/çizim'e dayalı üretimde otomasyon sayesinde ciddi bir üretkenlik artışının gerçekleştirilebildiğini doğrulamaktadır. Bu aşama, bireyin ya da bir takımın kişi bazındaki üretkenlik artışı ile ilgilenir. Bu üretkenlik artışı, finansal anlamda artış biçiminde ifade edilmiştir. Burada, CAD ' e geçmenin maliyeti ile "yapılan yatırımın geri dönüş oranı " arasındaki ilişki incelenmiştir. Birçok kullanıcı 6-9 aylık sürelerde yatırımın geri dönüş oranında artı bölgesine geçebilmeyi başarmışlardır. Otomasyonda en yüksek üretkenlik seviyelerine ulaşabilmenin en önemli etkenleri, eğitim, yazılım güncellemesi ve daha yüksek performanstaki donanım platformlarıdır.

Düzenli aralıklarla yapılan yazılım güncellemesi, farklı seviyelerde olmasına karşın, kullanıcının üretkenliğinde hızlı bir değişime neden olmaktadır. Bu değişimin, %30 'luk bir üretkenlik artışı sağladığı araştırmalarla ortaya çıkmıştır. Örneğin, Auto CAD R12 ' nin üretkenlik artışında yarattığı farkın, R13 'e oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir. R11 ile R12 arasındaki üretkenlik artışı %38 'e kadar çıkmışken, R12 ve R13 arasında %21 seviyesinde kalmıştır.

Daha hızlı donanım platformlarının etkileri bir çok araştırma anketleriyle incelenmektedir ve bulgular kimi CAD kullanıcılarının daha güçlü platformlara sahip olmak için uğraş veriyor olmalarına karşın, kısıtlı donanım kaynaklarına sahip kullanıcıların da aynı kalite düzeylerinde iş çıkarabildiklerini göstermektedir. Daha hızlı donanım platformları, başlangıç öğrenim sürelerinin sonuna yaklaşmış olan kullanıcıların üretkenliğini etkiler bir görüntü vermektedir. Bu parametrenin, üretkenlik artışını %16 civarında artırmakta olduğu araştırmalarla tespit edilmiştir.

Aşama 2 : Verinin Tekrar Kullanılması

Verinin tekrar kullanılması aşamasında, daha önce yapılmış bir iş ile aynı işin sıfırdan yapılması arasında harcanan zamanın üretkenlik artışına olan etkisi incelenir. Örneğin, daha önce bilgisayar ortamında yazılmış bir yazının bir paragrafının alınıp yeni yazılan bir başka yazıda kullanılması, yeni yazının tamamlanma sürecini hızlandıracaktır. Aynı şekilde, daha önce yapılmış bir çizimden faydalanılması, yeni bir çizimin daha hızlı tamamlanmasını sağlayacaktır. Bu örneklerdeki gibi, verinin tekrar kullanılması, bir eskizden faydalanmak olabileceği gibi çok daha büyük veri havuzlarından faydalanmak şeklinde de olabilir. Doğal olarak, bir kullanıcının belirli bir şekli ya da bir yazıyı araması için geçecek süre, onu yeniden oluşturması için harcayacağı süreden fazla olmamalıdır. Veri havuzları büyüdükçe, veri yönetimi yazılımlarına ihtiyaç olmaktadır. Bu yazılımlar sayesinde veriye ulaşım hızlı ve kolay olur.

Verinin tekrar kullanılmasını iki ayrı yönden incelemek mümkündür:

1. Tasarım çalışmalarında oluşturulmuş bir çizimin bölümlerinin, örneğin boyutlarının değiştirilmesinde, blokların yeniden konumlandırılmasında ya da sembollerin değiştirilmesinde önceki çalışmalardan yararlanılıp, yeni ürünün tasarımında uygun bir geometrinin tekrar kullanımı.
2. Üretici firma tarafından ücretsiz sağlanan ya da elektronik kütüphaneden (İnternet aracılığıyla) elde edilebilen dış kaynaklı verilerin tekrar kullanımı.

Farklı endüstri alanlarının bir ortalaması alınırsa, denebilir ki, bir çizimi mevcut bir çizimden yararlanarak üretmekle, aynı çizimi sıfırdan üretmek arasında yaklaşık %50 oranında üretkenlik kazancı vardır.

Aşama 3: Tümüleştirme

Bu aşama, verinin tekrar kullanılması ve çizimin otomasyon dahilinde üretilmesinin getirdiği verim artışı ötesinde, genellikle bireysel üretkenlik artışından tüm takımın üretkenlik artışına kadar CAD 'in tümleştirilmesinden oluşan verim artışı ile ilgilidir. Kısacası bu aşama, tek elemana dayalı çözümlerin ötesindeki bir aşamadır. Odak noktası bireylerin tek tek verim artışı değil, tüm bireylerin dahil olduğu takımdaki artıştır.

Takımlar ya da işlevler arasında CAD ' in tümleştirilmesinin işe getireceği katkılar, kişilerin beklentilerine göre farklılıklar gösterebilir. Bazı insanlar ve görevler daha detaylı tanımlanmışken, bazıları da daha genel anlamda tanımlanmıştır.

Örnek olarak, bir mağazalar zincirinin yeni yapılacak büyük merkez binasını ve zincire bağlı diğer mağazalardaki yenileme çalışmasını ele alalım. Böyle bir proje dahilindeki tasarım danışmanlarının çalışmalarının, ana merkezdeki CAD sistemiyle tümleştirilmesi, projenin tasarım/yapım sürecinde haftalarla ifade edilebilecek kazançlar sağlar. Müşteri de yapımı bitmiş binaların bir an önce gelir getirmeye başlaması istediğinde olduğu için, onun açısından çok önemlidir. Her bir mağaza için gerekli mühendislik hizmetinin maliyeti çok yüksektir, ayrıca sistemlerin ve parçaların sağlanmasında ve kurulmasında birçok firma olayın içindedir. Böyle bir durumda, genel bir dosya formatının kullanılması, danışmanların çizimlerin ana merkezdeki, grafiklere olan uyumluluğunu kolaylıkla kontrol etmelerinde ve bir hata varsa bunu hemen tespit etmelerinde büyük kolaylıklar sağlar.

Aşama 4: Yenileştirme

Yenileştirme aşaması, şirketin, CAD teknolojisini kullanarak mevcut ve yeni gelen firmalara rekabet üstünlüğü sağlayacak değişiklikleri yapma aşamasıdır. Eğer, tümleştirme aşaması, darboğazların yok edilmesi ve süreçlerin kısaltılması amacını güdüyorsa, yenileştirme aşaması, işin tüm dayanak noktalarının tekrar gözden geçirilmesi, bilgi teknolojisi ve CAD ' in kullanılması suretiyle bu dayanak noktalarında

ve çalışma şekillerinde üretkenliği artırmak için gerekli değişikliklerin yapılması amacını gütmektedir. Belki de bu değişiklik, işin etkinlikten çok, yüksek verimlilik değerlerine taşınması anlamına gelmektedir. Yenileştirmenin amacı daha fazla gelir elde etmek ve/veya daha yüksek kar oranları sağlamaktır.

Şu sıralar standart ve akıllı nesnelerin tasarım disiplinlerinde kullanılması ve kabul görmesi önümüzdeki dönemlerdeki yenileştirme yöntemlerinde cesaret verici olacaktır. Söz gelimi, duvar olarak tanımlanmış bir nesne, kapı olarak tanımlanmış başka bir nesnenin, duvarda takılabilmek için bir boşluğa ihtiyacı olduğunu bilecektir. Eğer kapı başka bir yere taşınırsa duvar otomatik olarak kapı için ayrılan boşluğu yeni yerine taşıyacak veya tavan yükseltilirse kendini otomatik olarak tavanla kesişebileceği yüksekliğe uzatacaktır. Böylece nesneler, üretkenliği artıracak ve aynı zamanda hata olasılığını azaltacaklardır.

CAD' in kullanıcılarına en geniş kapsamda taahhüdü, bir ürünün tasarımını yapmak, modellemek, görselleştirmek ve gerçekten bir ürünü oluşturmadan, inşa etmeden ve hatta prototipini yapmadan maliyetini bilebilmelerini sağlamaktır. Şu da bilinmelidir ki bilgisayar ortamında hata yapmanın maliyeti, ürünün kendisinde ya da sahada hata yapmanın maliyetinden çok daha azdır.

3.3 CAD/CAM SİSTEMİ EĞİTİMİ

Yapılan araştırmalar, CAD/CAM sistemi kullanan şirketlerdeki verimliliğin, sistemle ilgili alınan eğitim ile önemli artışlar gösterdiğini kanıtlamaktadır. Eğitimin içeriği ve süresi kadar, zamanlaması da sistemin verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Kullanıcıların kendi başlarına öğrenmeye çalışarak, yanlış alışkanlıklar edinmesinin uzun dönemde sistemden beklenen faydanın alınmaması sonucunu doğurduğu, uzmanların ortak görüşü olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, böyle bir sistemin eğitimini, sistemi oluşturan yazılım ve donanımların nasıl kullanıldığının öğrenilmesine indirgemek de yapılan büyük yanlışlardan biridir.

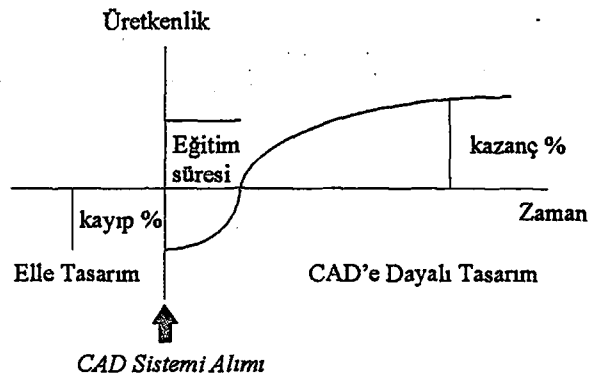
Unutulmaması gereken nokta, CAD/CAM sisteminin, eski üretim anlayışı ve yönetimi içine monte edilemeyeceği ve bu üretim aracının önemli özelliklerinden birinin, üretim yöntem ve akışını yeniden yapılandırmayı da gerektirmesi olduğudur. Düşüncenin oluşmasından kağıda geçirilmesine, kağıt üzerinden üretimi yapılmasına kadar tüm sürecin, her aşamada kullanılan üretim araç ve yöntemlerinin sınırlama ve yönlendirmesi altında olduğu gözden kaçmamalıdır.

Eğitime, desteğe, birlikte uygulamaya gereksinim duymayan firmalar, daha sonra bekledikleri işlevselliği ve üretkenlik artışını bulamayınca, suçu kurdukları sisteme veya bunu oluşturan donanım ve yazılımlara atarak, yeni arayışlara gitmektedirler. Halbuki, kalite ve hedefe dönük eğitim ve teknik destek, kurulacak sistemin en önemli bileşenidir.

Gereken eğitimin, sistemi oluşturan araçları tek tek ve birlikte kullanmayı öğrenmek ve bu sistemi belirli bir üretim sürecinde hedeflenen sonuçlara ulaştırabilecek bir üretim aracı olarak kullanmayı öğrenmek şeklinde, farklı iki bölümü olduğu iyice anlaşılmalıdır [24].

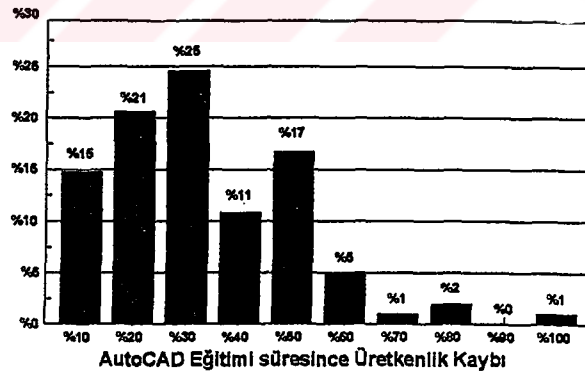
Şekil 3.3'deki grafik, CAD ve üretkenlik arasındaki ilişkiyi üç değişken ile açıklamaktadır; eğitim süresi, bu süre sebebiyle ortaya çıkan üretkenlik kaybı yüzdesi ve sonrasında meydana gelen üretkenlik kazancı yüzdesi. Görüldüğü gibi elle yapılan tasarımdan, CAD/CAM sistemine geçtikten sonra üretkenlikte bir azalma, sonra zamanla eğitim yardımıyla, sisteme adapte olmanın sonucunda, eskiyle aynı üretkenlik düzeyi ve en son olarak da sistemin beklenen faydalarını, etkin kullanım yoluyla elde ederek üretkenliği daha da artırma söz konusudur. Yatırımı kısa zamanda amorti edebilmek, firmanın beklentilerini karşılamak için yukarıdaki eğitimle ilgili tavsiyelere ve dikkat çekilen noktalara son derece önem vermek gerekmektedir.

CAD & Üretkenlik



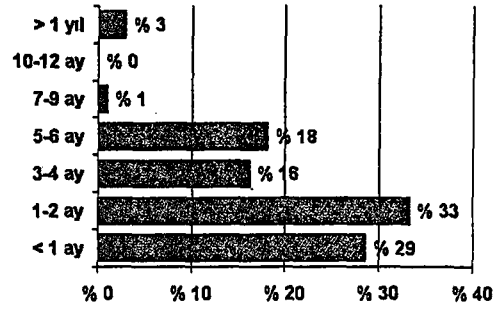
Şekil 3.3. CAD Sistemine Geçtikten Sonraki Üretkenlik Kaybının Değişkenlerle Açıklanması [16]

Autodesk firmasının, yıllık "AutoCAD Kullanıcı Araştırmaları" çalışmalarında, sorulan soruların yanıtları, yukarıdaki bahsedilen üç değişkene ait değerleri vermektedir.¹ Bu değişkenlerin değerleri, her yanıt veren kullanıcıların yüzdelerini gösteren histogramlar şeklinde sıralanabilir. (Şekil 3.4, 3.5, 3.6)

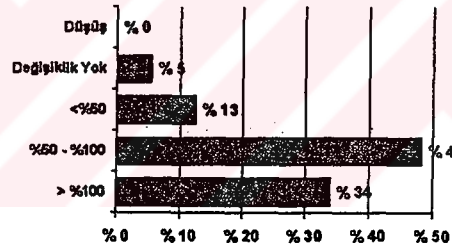


Şekil 3.4 CAD Eğitimi Süresince Hesaplanan Üretkenlik Kayıpları [16]

¹ Diğer CAD/CAM yazılım firmaları benzer araştırma yapmamış olduklarını belirtmişlerdir.



Şekil 3.5 Önceki Çizim Metodu Üretkenliği Seviyesine AutoCAD İle Ulaşmanın Zamanı [16]



Şekil 3.6 Diğer Metoda Göre AutoCAD İle Çalışmanın Verimliliğe Etkisi [16]

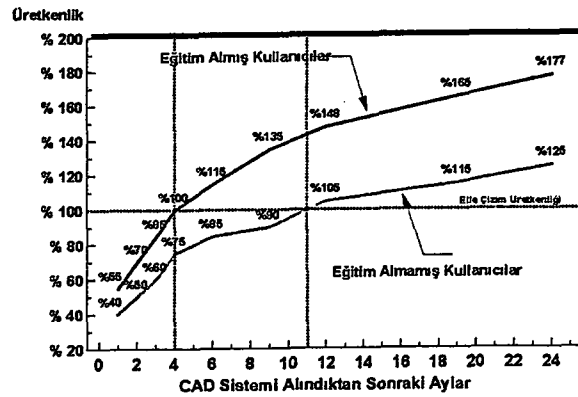
Yukarıdaki tablolardan üç değişkenin değerini şu şekilde hesaplamak mümkündür:

- Üretkenlik Kaybı Yüzdesi : Kullanıcıların %90 ' dan fazlası eğitim süresince %50 ' ye varan bir üretkenlik kaybı gözlemektedir.

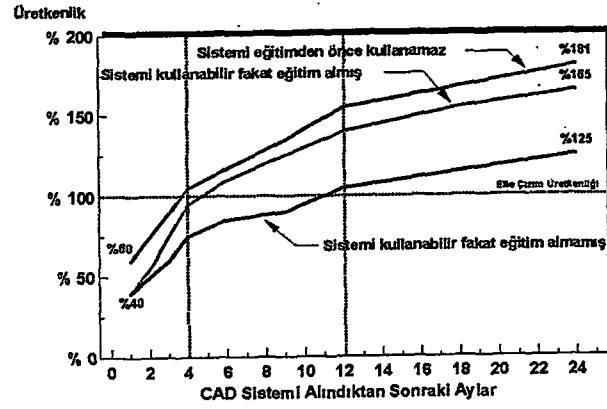
- Eğitim Süresi : Kullanıcıların %80 ' i dört ay içinde eski üretkenlik düzeyine ulaşmaktadır.
- Üretkenlik Kazancı Yüzdesi : Kullanıcıların %80 'den fazlası en az %50 üretkenlik artışı sağlamaktadır.

Söz konusu bu değerlerin, satıcı firmalara danışılarak edinilmesi takdirde ekonomik değerlendirme ve etkin kullanım konularında son derece önemli sonuçlara erişmek mümkün olacaktır. Sistemin Finansal Durumu ve Analizi Bölümünde belirtildiği gibi reel olarak faydaların hesaplanmasında da yardımcı olacaktır.

İngiliz Salford Üniversitesi ' den Richard Shepherd tarafından yapılan ve Caddesk ' te 1995 yılı içinde yayınlanan bir araştırma, eğitim almış ve eğitim almamış kullanıcılar arasında ortaya çıkan farkı göstermektedir. Şekil 3.7 ve 3.8 ' deki grafiklerde, CAD ' de üretkenlik ve öncesinde elle çizimde üretkenlik arasındaki farklılığa ve aynı zamanda, eğitim almış ve eğitim almamış kullanıcılar arasında ortaya çıkan üretkenlik kazancı farklılıklarına dikkat etmekte fayda vardır. Bu araştırmadan, daha fazla eğitimin daha çok üretkenlik kazancı sağladığı ve en iyi çözümün, insanları CAD sistemini kullanmaya başlamadan önce eğitmekten geçtiği sonuçları çıkarılabilir.



Şekil 3.7 Eğitim Almış ve Almamış Kullanıcılar Arasında Üretkenlik Analizleri [16]



Şekil 3.8 Eğitim Almış ve Almamış Kullanıcılar Arasında Üretkenlik Analizleri [16]

Şekil 3.7 ' de görüldüğü gibi eğitilmiş CAD kullanıcıları ile eğitimsizler arasında iki yıllık bir süre içinde yaklaşık %50 ' ye varan üretkenlik farkları oluşmaktadır. Ayrıca, klasik yöntemlerle tasarım ve çizim yapanların üretkenliği %100 kabul edilirse, CAD sistemine geçildiği ilk aylarda, üretkenliğin %40 ' lara kadar düşebildiği anlaşılmaktadır. Şekil 3.8'de ise, iyi eğitim alan CAD kullanıcıları, genellikle 4 ila 6 ay arasında %100 verimliliğe ulaşırken, eğitim almayanlar için bu süre bir yıla kadar uzayabilmektedir. Yine şekillerde, eğitim alanların verimliliğinin bir yıl sonunda %140 ' a, iki yıl sonunda da ortalama %180'e ulaştığı görülmektedir. Eğitim almayanlar ise, bu süre zarfında %125 ' te kalmaktadırlar.

Burada vurgulanması gereken önemli nokta, üretkenlik artışının sadece CAD/CAM sistemini kullanan teknik personele bağlı olmaması, aynı zamanda CAD/CAM ile üretim sistemi mantığının ve planlamasının, yöneticiler tarafından sağlıklı olarak gerçekleştirilebilmesine ve CAD/CAM sisteminin yönetimine de bağlı olduğudur.

Bu konuda söylenebilecek bir konuda, CAD/CAM sistemin kullanmaya aday insanların karakteridir. Kullanıcılar iki ana kategori altında toplanabilir: CAD/CAM sistemi kullanımına olumlu bakanlar ve karşı olanlar. CAD/CAM sistemine geçiş aşamasında

ilk gruptakilere güven duyulabilir. Bu kişiler yeni yetenekler elde etmeğe hazırdır ve işleri ile derinden ilgilenmektedirler. Bu tip personelin eğitimi de, diğerlerine nazaran daha kolay olacaktır.

İkinci grup kullanıcılar, anlama ve katılım eksikliğinden doğan bir korku nedeniyle sisteme karşı çıkmaktadır. Genelde eğitim kurslarını da zor bulmaktadırlar. Grafik ekranın fiziksel özelliklerinden ve sistemin, önceki deneyimi ile tam olarak uyuşmayan işlevlerinden şikayet etmektedirler. Bu grubun eğitimi için özel metotlar uygulamak, yöneticilerin motivasyonu vs. ile iyi düzeyde kullanıcılar arasına sokulabilir [16].

3.4 İŞLETME ORGANİZASYONU

CAD/CAM sistemi gibi teknolojiler, iş yerlerine hangi nedenlerle girmiş olurlarsa olsunlar, kendi niteliklerinin gerektirdiği bilgi birikimiyle kullanılmaları gerekmektedir. Bu bilgi birikimi, yalnızca donanımlar ve yazılımlar hakkında uzmanlaşma anlamına alınmamalıdır. Kendi konusunda uzmanlaşmış personel ve çok güçlü donanımlar, işin en önemli ve temel bileşenleridir. Ancak, bunların güçlü bir organizasyon ile bir arada olmaları durumunda verimlilik artar ve ortaya çıkan ürünlerin niteliği daha yüksek olur. Bu aşamada organizasyon kavramından bahsetmek, konuya daha hakim olmak bakımından yararlı olacaktır.

Organizasyon, yapılacak işlerin bölümlere ayrılması ve çeşitli bölümler arasındaki ilişkilerin saptanması ile söz konusu bölümlerde gerekli personelin istihdam edilmesidir. Organizasyon kurmak, bunun için insanları verimli bir şekilde çalıştırmak son derece zordur ve bu amaca ulaşmak için aşağıdakiler gerçekleştirilmektedir:

- Organizasyonun biçimsel yapısı saptanır. Bu amaçla organizasyon şemaları çizilir, işlerin ne şekilde yapılacağına dair diyagramlar hazırlanır. Organizasyon şemasında saptanmış bölümlere, yapılacak işleri gösterecek isimler verilir. Bu çerçeveler içinde

kalan isimlerin sınırları ve bunların kimler olduğu, her biri arasında koordinasyon ve haberleşmenin nasıl temin edileceği saptanır.

- Organizasyonu verimli hale getiren ikinci etken, organizasyondaki insanlar ile ilgilidir. İnsanlar makina olmadığından, onları çalışmaya özendirmek veya iyi çalışmaya teşvik etmek gerekmektedir. İnsanların içinde bulundukları ortama ve birbirlerine karşı çok değişik tepkileri olabileceğinden, organizasyonda aksamalar meydana gelebileceği de akıldan çıkarılmamalıdır.

Organizasyon, her firma için son derece önemli olmasına rağmen, hala bazı firmalarca tam olarak kavranamamakta ve hatalı oluşumlara gidilmektedir. Bu konuda yöneticilere çok iş düşmektedir. Bir yönetici, yapacağı ve yöneteceği işlerin ne olduğunu, kimin ona yardım edeceğini, kime karşı sorumlu olacağını bilmeksizin verimli olamaz. Aynı şekilde, içinde bulunduğu örgüt yapısını ve kendi yerini, diğer yöneticilerle olan ilişkileri ve haberleşme yollarını bilmelidir.

Organizasyon dinamik karakterde olmalıdır. Dün, iyi ve verimli olan organizasyon, değişen ihtiyaçlar sebebiyle, bugün işlevini yerine getirmeyebilir. Bu bakımından organizasyon, gelişen şartlara göre güncelleştirilmelidir [18].

3.4.1 CAD/CAM Sistemi Kullanan Firmaların Yapısı

CAD/CAM sistemi kullanan işletmelerde, işin üç temel bileşeni vardır[18,25]. Bunlar:

1. Yazılımlar
2. Donanımlar
3. İnsanlar

Ancak bu üç temel bileşenin bir arada olması o iş yerine CAD/CAM sistemi kullanan firma niteliği kazandırmaz. Birçok firmada, bu unsurlar kötü şekilde bir araya gelerek, çıkan ürünlerin kalitesine de yansımaktadır. Bunun faturası da yazılımlara ya da

yazılımları kullananlara çıkarılmaktadır. Halbuki, asıl üzerine gidilmesi gereken konu, bu üç unsurun optimum kullanımını sağlayacak şekilde bir düzen kuran organizasyon kavramıdır.

CAD/CAM yazılımlarının iş ortamlarında etkin kullanılabilmeleri için, yönetim seviyesinden en alt kademedeki teknik personele kadar, sistemin yetenekleri ve sınırları konusunda bilgilendirme yapılmalıdır. Bu alandaki yazılımların piyasaya çıktığı zamanlarda, yönetim düzeyinde personelin böyle bir bilgilendirmeye ihtiyacı olmadığı zannediliyordu. Ancak bu durum, ilk kuşak CAD/CAM kullanan personelin, yönetici olmasıyla değişmiştir.

CAD/CAM sistemine yatırım yapacak firmaların, sistemi etkin olarak kullanabilmeleri için organizasyonlarını gözden geçirmeleri şarttır. Amaca ulaşma yolunda kullanılan yeni üretim araçları, yeni kadrolar istihdam etmeyi gerektirmektedir. Bu yeni kadroların, firma organizasyonu içinde yerleri tanımlanmalı ve diğer kadrolarla olan idari ilişkileri gösterilmelidir.

CAD/CAM sistemine geçişte yeni kadronun, mevcut organizasyon şemasına entegre edilmesi, işin çözümü için yeterli değildir. Kuruluşun yeni üretim anlayışını iyice sindirip, varolan kadrolarında bu sistem içinde alacakları görevlerden oluşan, yeni bir organizasyon şeması meydana getirilmeli ve buna bağlı görev dağılımı ve ilişkiler yeniden tanımlanmalı, işlem sırasında kimin kime bağlı olduğu, kimin kimden emir alacağı tam çizgilerle belirlenmelidir.

CAD/CAM sistemine geçecek firmanın organizasyon şemasında yer alan üyelerine genel anlamda bakacak olursak şunlar ifade edilebilir:

CAD/CAM Sisteminde Üst Yönetim

CAD/CAM sistemine geçiş ve etkili kullanım konularında, üst yönetimin çok büyük rolü vardır. CAD/CAM sistemini seçen ekibin, belirlediği ürüne onay vermek, seçim ekibini izleyerek, faaliyetlerin planlanan şekilde yürümesini takip etmek görevleri arasındadır. Üst yönetim, yatırıma karar verildiğinde, öncelikle konu hakkındaki kendi bilgi birikimini gözden geçirmeli ve eksiklerini tamamlamalıdır. Bunlar yapılmadan, proje ekibini ve daha sonra CAD/CAM kullanan personelin yönetilmesinde başarı elde etmek mümkün değildir. Kendini güncelleştirmeyen ve sisteme adapte etmeyen üst yönetimin, emrindeki personeli yeni teknolojinin gereklerine uydurması çok zor olur.

Üst yönetimin, CAD/CAM sistemini aktif kullanma gibi bir zorunluluğu olmamakla beraber, bilgisi dahilinde şunlar olmalıdır:

- CAD/CAM sisteminin yetenek ve sınırları
- CAD/CAM sistemi ile üretilen projelerde tahmini adam/saat hesapları
- Yeni teknolojinin gerektirdiği yeni kadrolar ve görevleri, yeni organizasyon durumu

Finansal Yönetim

CAD/CAM sistemi, firmanın geleceğine olan bir yatırımdır. Sağlayacağı yararların tahmini ve rakamsal ifadeleri kolay olmayıp, maliyetlerin çoğu gizlidir. CAD/CAM konusu hakkında yeterli bilgiye sahip olmayan bir finansal yöneticinin, doğru ve hassas bir finansal analiz yapması mümkün değildir. Bu nedenle, finansal yöneticiler CAD/CAM sistemi ve uzun vadeli faydaları hakkında bir bilgi birikimine sahip olarak, konu hakkında dengeli bir bakış açısı oturtmalıdır. Bu bilgilenme için en etkili yöntem CAD/CAM yöneticilerinin, başarılı CAD/CAM uygulamalarını gerçekleştiren firmalardan danışmanlar davet ederek, teorik, temel ve pratik örnekler içeren sunumlar yaptırmalarıdır. Söz konusu yöntem, diğer personel için de çok faydalı olacaktır.

Ayrıca gerekirse proje ekibi, kendini yatırım ve maliyet analizi konusunda bilgilendirerek finansal analizci ile birlikte konuyu üstlenebilir.

Orta Kademe Yönetim

CAD/CAM sistemini kariyerlerine yönelik bir tehdit olarak gören orta kademe yöneticiler, başarılı CAD/CAM uygulamaları karşısında bir engel oluşturmaktadır. Bu direnç, bilgisayarın ürün tasarımını üstlenmesi ile birlikte yönetsel görevleri de alacağı kanısından kaynaklanmaktadır. Orta kademe yöneticilerinin bir başka kaygısı da, diğer departmanlarla enformasyon paylaşımı sonucunda güçlerini kaybedecekleridir.

Yukarıda belirtilen her iki kaygı da son derece yersiz ve bir temele dayanmamaktadır. CAD/CAM sistemi ile birlikte, orta kademe yöneticilerinin rollerinin değişeceği doğrudur. Bunun nedeni ise, CAD/CAM sistemi kullanan insanların yönetimi ile çizim masalarıyla çalışan insanların yönetimi arasında çok büyük farklar olmasındandır. Bu nedenle birçok faaliyeti daha iyi gerçekleştirme potansiyeli olmakla beraber, CAD/CAM sisteminin sağlayacağı faydaların bilincinde olan bir yöneticinin, iş güvenliği konusunda kaygılanmasına gerek yoktur.

CAD/CAM Sistemi Yöneticisi ve Takım Üyeleri

CAD/CAM yöneticisi, geniş sorumlulukları olduğundan, mühendislik ve bilgisayar sistemleri üzerine hakimiyet gibi farklı yeteneklere sahip olmalıdır. Bunlara ek olarak, iyi düzeyde organizasyon ve iletişim yeteneği ile olgun bir kişilik gerektirmektedir.

CAD/CAM sistemi yöneticisi, sistem seçimini gerçekleştirecek proje ekibinin idaresi ve bu faaliyetlerin yürütülmesi ile görevine başlamaktadır. Sistem kuruluşundan, işletiminden ve iletişim ile ilgili olarak veri güvenliğinden, kullanıcı performans kayıtlarına kadar çeşitli konularda prosedürlerin oluşmasından ve yürütülmesinden sorumludur. CAD/CAM sistemi yöneticisi, mühendis ve diğer teknik personelin firma

hedeflerine uygun ürünleri verebilmeleri için gerekli eğitimi de sağlamakla yükümlüdür. CAD/CAM yöneticisi, yatırıma karar verildiği andan itibaren görevinin başında olmalıdır. Sistem hakkında tüm bilgiye sahip olan bir yönetici, hem sistemin firmaya ve personele adaptasyonunda, hem de etkin kullanımında önemli roller üstlenecektir.

CAD/CAM yöneticisi, mühendislik departmanları ile bilgi-işlem departmanları arasında köprü görevini görmektedir. CAD/CAM sistemlerinin ortaya çıkışından önce, mühendislik hesaplarının çoğu ana bilgisayarlar üzerinde, bilgi-işlem departmanı tarafından gerçekleştirilmekteydi. CAD/CAM sistemlerinin devreye girmesiyle, tasarım, geometrik modelleme, mühendislik hesapları gibi işlemler ayrı bir işlem gücü gerektirdiğinden, ana bilgisayarlar üzerinde değil, iş istasyonlarında, CAD/CAM sistemi kullanıcıları tarafından meydana getirilmeye başladı.

Etkin bir CAD/CAM sistemi organizasyonun yapılmadığı durumlarda, sistemden beklenen fayda standartların altında olacak ve yatırım amacına ulaşamayacaktır. Başarılı organizasyon oluşumu, CAD/CAM yöneticilerinin ilk yerine getireceği görevlerden biridir. Bu anlamda, CAD/CAM takımı, sistemin büyüklüğü ile orantılı olarak, mühendislik departmanlarından gelen üyeler tarafından oluşturulmaktadır.

Sistem seçiminde belli bir aşama yol aldıktan sonra, oluşan sistem alt yapısı ile seçim ekibi, üst yönetimin de desteğini alarak CAD/CAM sisteminde çalışacak personeli ve yeni sistemde uygulanacak prosedür ve talimatları tespit etmeye başlamak durumundadır. Bunun nedeni, sisteme geçerken tüm personelin, olaya aşina olması ile eğitim ve yabancılıktan kaynaklanan üretkenlik kaybını en aza indirmek çabasıdır. CAD/CAM yöneticisi, takım üyelerine liderlik ederek, motivasyonlarını sağlamalıdır. Böylece, sistemin rayına oturması daha kısa zamanda gerçekleşecektir.

Tasarımcılar, teknik ressamalar, danışmanlar, parça programcıları, süreç planlamacılar bu takımın üyeleri arasında yer almaktadır. Çalışanların, sisteme olumlu bakan, onun yeni kariyer olanakları yarattığına inanan ve bu konuda yeteneği olan insanlardan seçilmesi

etkin kullanımı sağlayarak, yatırımın geri dönüş süresini kısaltmada olumlu olarak etkileyecektir.

CAD/CAM sistemini doğrudan kullanmayan, özellikle büyük CAD sistemine sahip işletmelerde görev yapması gereken baskı işlemi sorumlusu da bu takıma dahil edilebilir. Çıktıları bir sistem içinde takip etmek, bunlarla ilgili kayıtları tutmak ve ilgili kişilere dağıtmak görevleri arasındadır.



BÖLÜM 4

CAD/CAM YAZILIMLARININ ÖZELLİKLERİ

Yazılım şirketlerinden edinilen bilgiler doğrultusunda, CAD, CAM, CAE ve bunlara bağlı diğer konular hakkında göze çarpan özellikler aşağıdaki gibi verilmiştir. Burada amaç, bu konular üzerinde çalışmalarını yürüten belli başlı yazılım firmalarının, ürünlerini tanıtarak, Bölüm 5 ' te yapılacak bir uygulamayla, ihtiyaçlara göre bir CAD/CAM sisteminin nasıl seçileceğinin küçük bir örneğini vermektir.

Araştırma yapılan yazılımlar ve genel olarak özellikleri şunlardır:

- Pro / ENGINEER
- UNIGRAPHICS
- I-DEAS
- SURFCAM ve SolidWorks
- Autodesk yazılımları

Bilgisayar Destekli Tasarım, Üretim ve Mühendislik konularının her birisi ayrı bir başlık oluşturması ve bunlara ait özelliklerin bir bütün halinde gösterilmesi maksadıyla aşağıdaki gibi bir gösterim yapılmıştır:

Bilgisayar Destekli Tasarıma Ait Özellikler:

- İki boyutlu çizim
- Üç boyutlu geometrik modelleme çeşitleri;
 - Katı modelleme

- Yüzey modelleme
- Tel çerçeve modelleme
- Hibrid (melez) modelleme
- Kullandığı teknoloji açısından;
 - Unsur tabanlı modelleme
 - Varyasyonel modelleme
 - Parametrik modelleme
- Montaj modelleme
- Teknik resim kabiliyeti

Bilgisayar Destekli Üretime Ait Özellikler:

- Üretim yapılacak tezgahların tümüne hitap edebilecek, bir altyapı niteliğindeki ana CAM yazılımı. Bu yazılım, tasarımdan gelen model üzerinde, gerek görüldüğü takdirde yapılabilecek değişikliklere, eklere imkan verebilecek ölçüde grafiksel özelliklere sahip olmalıdır.

- Postprocessing Yazılımı
- Torna tezgahı yazılımı
- Freze tezgahı yazılımı
 - Düzlemsel frezeleme
 - Oyma amacına yönelik frezeleme
 - Sabit eksenli frezeleme
 - Yüzey düzeltme
 - Değişebilir eksenli frezeleme
 - Ardaşık frezeleme
- Tel erozyon tezgahı yazılımı
- NC Benzetim yazılımı
- Bünyesinde standart parça kütüphaneleri, standartlar, semboller bulunduran ve veritabanı özelliğine sahip yazılımlar

Bilgisayar Destekli Mühendislik ' e Ait Özellikler:

- Sonlu elemanlar analizi
- Kinematik analizler
- Dinamik analizler
- Hızlı prototip

Diğer Özellikler:

- Plaka metal tasarım ve üretimi yazılımları
- Programlanabilme
- Animasyon yazılımları
- Kalite Mühendisliğine yönelik yazılımlar
- Farklı dosya formatlarına çevrim yapan yazılımlar
- Ürün veri yönetim yazılımı

Yukarıda verilen özelliklerin bazıları hakkında daha ayrıntılı açıklamalar aşağıdaki gibi verilmiştir:

4.1 BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMA AİT ÖZELLİKLER: [26-28]

İki Boyutlu Çizim : Doğru, yay, daire gibi temel geometrik elemanlar kullanılarak istenilen çizim oluşturulur. İki boyutlu çizimlerde, çizim işlemini kolaylaştırmak için çeşitli özellikler vardır. Örneğin, çizimi katmanlara ayırma, otomatik ölçümlendirme. Yine iki boyutlu çizimlerin içerdiği programlama dilleri ile sık kullanılan çizim komutları için programlar (makro) yazılarak çizim işlemlerini otomatize etmek mümkündür.

Katı Modelleme: Bu yöntemle tasarlanacak ürünün geometrisi oluşturduğu hacmin matematiksel olarak tanımlanmasıyla belirlenir. Bir nesnenin uzayda kapladığı yerin,

tam ve kesin olarak tasarlanabildiği modeller olup, gerçeğe en yakın görüntüsünün elde edilmesinden dolayı, nesnelerin tüm fiziksel özelliklerinin bulunabilmesi ve böylece montaj sırasında birbiri ile ilişkili parçalar arasında ölçüsel kontrollerin yapılabilmesine olanak veren bir sistemdir.

Katı modelleme yazılımlarında nesne ile ilgili veri yapısı iki şekilde oluşturulabilir. B-Rep (Boundary Representation) olarak isimlendirilen yöntemde ürün kendisini sınırlayan yüzeylerle tanımlanır. İki boyutlu ara kesitlerin bir eksen boyunca ötelenmesi veya döndürülmesi ile üç boyutlu model elde edilir. Birleşik Hacim Modeli (CSG, Constructive Solid Geometry) olarak bilinen yöntemde ise karmaşık bir ürün küp, silindir, koni gibi temel hacimlerin birbirlerine eklenerek veya çıkarılarak (küme cebiri işlemleriyle, Boolean Algebra) birleştirilmesiyle elde edilir.

Katı modelleme yazılımları ile karmaşık yüzeylerin modellenmesinde yüzey modelleme yazılımları kadar başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Katı modelleme yazılımlarında yüzeylerin oluşturulmasında kullanılan polinomların tanımlanmasında Nurbs ve Bezier eğrileri yaygın olarak kullanılan iki yaklaşımdır.

Üç boyutlu modelleme yazılımlarında kullanılan standart modelleme yöntemlerinin yanı sıra modelin kullanıcı tarafından daha kolay oluşturulabilmesi ve değiştirilebilmesi için tasarımcıya kullanılan geometrik elemanlar arasındaki ilişkiyi çeşitli denklem ve kısıtlarla tanımlanmasına olanak veren özellikler mevcuttur. Bu özellikler sayesinde geometrik elemanlar arasındaki ilişki tasarımcı tarafından verilen bir takım kısıtlarla belirlenir (A çizgisinin B'nin uzunluğunun iki katı uzunluğunda olması veya iki çizginin birbirine paralel olması gibi). Yazılımın ürün modelini oluştururken tasarımcı tarafından verilen bu şartları ne şekilde kullandığı yöntemine göre değişmektedir. Yaygın olarak kullanılan iki yöntem parametrik modelleme ve varyasyonel geometridir. Her iki yöntemde de ürün, geometrik tanımlardan ziyade yükseklik, genişlik, vs. gibi parametrelere değerler verilerek tanımlanır.

Tel Çerçeve Modelleme (Wireframe) : İki boyutlu çizim teknikleri kullanılarak üç boyutlu bir nesnenin dış yüzeyinin çizgi, yay, vs. elemanlar kullanılarak modellenmesidir. Tel çerçeve veya çizgi modelin yaratılması oldukça hızlı bir işlem olmasına karşın bu modeller oldukça karışık ve görsel olarak modellenen nesnenin algılanması oldukça zordur.

Yüzey Modelleme : Ürün kendisini sınırlayan yüzeylerin tanımlanmasıyla canlandırılır. Kullanılan yüzeyler düzlem veya silindir gibi basit yüzeyler olabileceği gibi daha karmaşık yüzeyler de kullanılabilir. Analitik olarak tanımlanamayan yüzeyler içinse polinomlara dayalı çeşitli matematiksel yaklaşım yöntemleri (örneğin, B-Splines, Bezier, Coons) kullanılır. Yüzey modelleme tekniği karmaşık yüzeylerin tanımlanmasında oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Tel çerçeve modellere göre bilgisayar ortamında, yüzey model oluşturma daha fazla zaman alır. Yüzey modelleme ile oluşturulmuş üç boyutlu bir nesnenin model bilgisi, nesnenin iç hacmi ile ilgili bilgileri kapsamaz. Dolayısıyla bu model daha sonra yapılacak analizler için kullanışlı değildir.

Yukarıdaki üç tip modelleme sisteminin de kullanıldığı ayrı alanlar mevcuttur. Günümüzde yazılımlar genel olarak, katı modelleme teknolojisini kullanmaktadır. Ancak, yazılım firmaları bahsedilen üç tip modellemeyi de kullanıcılara aynı anda kullanma rahatlığını sunmaktadırlar. Bu alanda yapılan çalışmalar melez modeller olarak adlandırılmaktadır.

Parametrik Tasarım : Tasarlanan nesneler ve montaj gruplarına ait ölçülerin, birer sabit değer değil, istenilen durumda değiştirilebilen parametreler olarak tanımlandığı tasarım sistemidir. Mühendislik ortamında çoğu zaman bir defa da sonuca ulaşmak mümkün olamadığı için, tasarım ve üretim süreci daima bir dizi iterasyon ya da revizyondan oluşmakta ve ürün zaman içinde olgunlaşmaktadır. Tasarımın hem bilgisayardaki modeli, hem de prototipleri üzerinde yapılan analizler ile elde edilen yeni değerlerin model üzerinde hızla uygulanması ve bunun tüm ürün geliştirme sürecine yansması,

ancak parametrik bir yapı ile söz konusu olabilir. Parametrikliğin getirdiği bir diğer avantaj ise, standart olarak kullanılan parçaların, bir kez tasarlandıktan sonra kolaylıkla parça ailelerinin oluşturulması ya da başka bir deyişle birbirine benzeyen ürün gruplarının bir kez genel olarak tasarlandıktan sonra temel modül üzerinde yapılan modifikasyonlar ile değişik ürün tiplerinin en az zaman ve emek harcanarak, geliştirilmesine olanak tanımasıdır.

Unsur Tabanlı Tasarım : Bu tasarım olanağı, mühendise kolay ve doğal bir modelleme ortamı sunar. Boolean hesaplama sistemini kullanan ve mühendislerden çok matematikçilere hitap eden, eski tip katı modelleyiciler yerine "delik açma, pah kırma, oluk, oyuk, shaft, yanak, boyun" gibi doğrudan doğruya mühendislik terimleri ile isimlendirilmiş özelliklerin kullanılmasıyla, modelleme süreci kısılır ve kolaylaşır. Her iki tasarım yöntemini de karşılaştırmak açısından bir örnek verirsek; model üzerinde delik açmak isteyen tasarımcı, bunun için uzayın bir başka yerinde bir silindir yaratıp, bunu parçaya göre öteleyip döndürdükten sonra, parça ve silindir arasında bir kesme işlemi tanımlar ve işlemi tamamlar, oysa unsur tabanlı sistemde, doğrudan doğruya parçası üzerinde deleceği yüzeyi işaretler ve delik derinliğini ile çapını vererek orada gerçek bir delik oluşturur. Programın parametrik özelliği de varsa, bu delik yüzey üzerinde ötelenebilir, çapı ve derinliği değiştirilebilir. Unsur tabanlı tasarımın önemi, karmaşık yapıya sahip tasarımlarda daha da iyi anlaşılmaktadır.

NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) Tabanlı Yüzey Modelleme : NURBS geometrisi, temel bir komut kurulumunu kullanarak modeli, analitik, yüksek kalitede ve herhangi bir yaklaşım yapmaksızın, en doğru şekilde verir. Bu tip modelleme, kullanıcıya çok çeşitli yüzey oluşturma fırsatı vermektedir. Küre, silindir, prizma, halka gibi primitif yüzeyler, düzlem, ekstrüzyon, döndürme, süpürme gibi, temel yüzeyler ile karmaşık yüzeyler rahatlıkla modellenebilir.

Montaj Modelleme : Çizim dosyası içinde bulunan birden fazla parça arasında ilişki kurma, sınırlamalar atama gibi faaliyetler yapılarak, montajı oluşturan parçaları çizim

içine alır ve bunların konumlarını, atanmış sınırlamaları kullanarak tanımlar. Ayrıca, ana montajın dışında alt montajlar da gerçekleştirilebilir. Yazılımların parametrik özellikleri sayesinde montajlarda değişiklik yapıldığında, tüm tasarıma bu değişimin yansması da önemli bir avantaj sağlar. Sonuç olarak, parçaların birbirine göre konumları, çakışma ve boşluk halleri, montaj teknik resimleri ve patlatılmış perspektif görüntüleri incelenebilir.

Teknik Resim Özellikleri : Oluşturulan tasarımların teknik resimleri, yazılımların hepsinde otomatik olarak alınabilmektedir. Modelden üst, yan, perspektif, kesit, yarı kesit, izometrik, vs. ya da kullanıcıya bağlı görünüşler elde edilebilir. Kesit görünüşlerinde taramalar, çizimlerdeki detaylar ve ölçümlendirmeler, standartlar, çeşitli sembollerin kullanımı da oldukça kolay ve hız kazandırıcı olmaktadır.

4.2 BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM ' E AİT ÖZELLİKLER :[9,27,29]

Katı modelleme ile modellemesi yapılan ürünün, başarılı bir üretim operasyonundan geçebilmesi için şu faktörler söz konusudur:

- Grafikler : Geçmişteki farklı geometrik modelleme çeşitleri ve farklı matematiksel temelden dolayı tek bir matematiksel geometri gösterimi yapılamıyordu. Ancak günümüzde NURBS tabanlı teknoloji sayesinde parça ve mekanizma tanımlamada tek bir matematiksel form ifadesine kavuşulmuştur. Ayrıca, parçaların katı olarak modellenmesi ile alan, hacim, ağırlık merkezi gibi çok önemli hesapların otomatik olarak alınması sonucu, mühendis çok önemli bir avantaj elde etmektedir.

- Veri Yönetimi : Üretim sürecinin en önemli unsuru, tasarlanmış ürün verilerinin üretime doğru ve tam olarak aktarılmasıdır. Dolayısıyla, verilerin kontrol ve yönetimi çok önemlidir. "Ürün Veri Yönetimi", "Ağ Dosya Yönetimi" ve bunlarla ilişkili veritabanı teknolojileri, doğru üretim süreci için doğru parça verisini, doğru zamanda ve doğru yere aktarımı garanti ederler.

- Birliktelik : Tasarım sürecinde yapılan herhangi bir değişikliğin diğer tüm aşamalara anında ve otomatik olarak yansımastır. Bu fonksiyon, CAD ve CAM arasında bir köprü vazifesi görmektedir.

- Uygulamalar : İki kısımda düşünölebilir. Bunlar:

1. Makina Uygulamaları

- Torna operasyonları
- 2-2½ eksen freze operasyonları
- Freze operasyonları
- NC benzetim operasyonları

2. İmalat Uygulamaları

- Tel erozyon
- Su jeti ve lazer operasyonları
- Plaka metal üretimi
- Koordinat ölçme makinaları
- Hızlı prototip
- Otomatik boru eğme operasyonları

CAD ile modellenen parçanın, CAM yazılımları sayesinde NC kodları hızlı, emniyetli ve hassas olarak oluşturulmakta ve sayısal kontrollü freze, torna, tel erozyon, sac presi gibi tezgahlara aktarılabilmektedir. Herhangi bir tasarım değişikliği tam birliktelik özelliği sebebiyle, otomatik olarak aksetmektedir.

Modellenen parçanın üretimi için, parçanın hangi tezgahta, hangi eksenlere göre kontrol edilerek işleneceğinin tayini yapılır. CAM yazılımında bu aşamaları gerçekleştirecek komutlar uygulandığında tezgahın hareketlerini tanımlayan takım yolları elde edilir. Daha sonra, çıkarılan takım yolları, kullanılacak olan CNC tezgahın kontrol ünitesine uygun kodlara dönüştürölür. Bu işlemi, CAM yazılımları bünyesinde bulunan "Post

Processor" programları yapar. Ayrıca, Benzetim programları ile üretilecek parçanın çıkarılan takım yolu, işleme esnasında olması muhtemel dalma veya çarpmalara karşı takımın zarar görmesini engellemekte ve yüzey kalitesinin görülmesini sağlamaktadır. Bu modül sayesinde olabilecek hatalara karşı tedbir alınır, daha az zaman, çaba ve para harcanarak üretim yapılır.

Standart Parça Kütüphaneleri : Çok çeşitli parçaların, farklı standartlar dahilinde verilerek, gereksiz zaman kayıplarını önleyen, tasarım alternatifleri sunan ve yapılacak hataları azaltmaya yarayan özelliklerdir.

4.3 BİLGİSAYAR DESTEKLİ MÜHENDİSLİK ' E AİT ÖZELLİKLER :[29]

Sonlu Elemanlar, Kinematik ve Dinamik Analizler: CAE programları ile non-lineer, lineer, yapısal, ısı, fizyoelektrik, akustik, ısı transferi, gerilim, titreşim ve diğer dinamik problemler vs. konularında analiz ve optimizasyon çalışmaları yapma imkanı vardır. Geçmişte, tasarımlarda parça geometrisinin veya problemin karmaşıklığı analiz ve optimizasyon çalışmalarında sorunlara yol açardı. Ancak, günümüzde sonlu elemanlar analizi (SEA) sayesinde bu sorun tamamen ortadan kalkmıştır. Tüm bu işlemler SEA sayesinde son derece doğru, güvenli ve hızlı şekilde yapılmaktadır.

Hızlı Prototip Üretimi : Katı model halindeki tasarım dosyasını, standart hızlı prototip dosya formatı olan STL ' e çevirerek, hızlı prototip makinalarında üretip, analiz ve optimizasyon çalışmalarını, tasarımın gerçek ve üç boyutlu prototipi üzerinde yapmayı sağlar. Böylece, hızlı ve reel olarak değerlendirilen tasarımın sorunsuz üretimi sağlanır. Yazılımlar çeşitli hızlı prototip yapım tekniklerini desteklemektedir.

4.4 DİĞER ÖZELLİKLER :

Tam Birliktelik (Full Associativity) : Yazılımların önemli bir özelliği de ortak bir veri tabanı kullanması ve diğer yazılımlar ile veri alış-verişlerini gerçekleştirebilmesidir. Bu

özellik, "Eşzamanlı Mühendislik" anlayışı ile üretime geçişin önemli bir adımıdır. Ayrıca, ortak veri tabanı sayesinde tasarımın herhangi bir aşamasında yapılan herhangi bir değişiklik, diğer tüm aşamalara anında ve otomatik olarak yansır.

Tüm bu birlikteliğin sağlanması için de verinin iyi şekilde koordine edilmesi ve yönetilmesi gerekmektedir. "Ürün Verilerinin Yönetimi" (Product Data Management, PDM) konusu dahilindeki bu faaliyetler, CAD/CAM yazılımlarına eklenen modüller sayesinde rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir. [27]

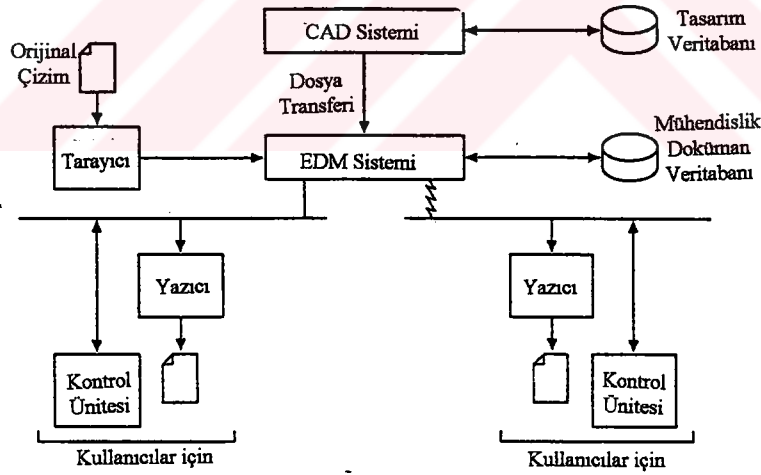
Ürün Veri Yönetimi (Product Data Management, PDM) [29-32] : Ürün ve ürün oluşum sürecinin yönetimi ile ilişkili verilerin girişi, organizasyonu ve kontrolü için kullanılan bir teknoloji ve yöntem bilimidir. Bir başka deyişle, artan miktarlardaki üretimle ilgili verileri (örneğin; geometrik veriler, çizim dosyaları, analiz sonuçları, süreç planları, NC takım yolları, vs.), birbirleri ile bağlantılı mühendislik değişikliklerini ve dökümanları yenileme işlemlerini kontrol ve takip etme işi "Ürün Veri Yönetimi" (PDM) olarak tanımlanır. PDM ile organizasyondaki farklı yerlerdeki ve eşzamanlı olarak meydana gelen değişimleri koordine etmek ve kolay veri akışı ve girişini sağlamak mümkün hale gelmektedir.

Temel seviyede PDM sistemleri, çok sayıda dosyanın yönetim görevini üstlenirler. Bu kapasiteyle, veri dosyalarının yerlerini araştırma, yetkili çalışanlar için dosyalara ulaşımı hazır tutma, elektronik veri ambarı üzerinden yetkisiz kimselerin girişlerini kontrol etme ve sistemler arası veri transferini mümkün olduğunca hızlı yapabilme görevlerini yerine getirirler. Daha üst seviyelerde ise, tasarım ve üretim verileri için süreçleri yeniden gözden geçirir. CAD/CAM/CAE sistemleri ile tasarlanmış ürünlerin bu yolla yeniden gözden geçirilmeleri, eski moda kontrol sistemlerinden çok daha hızlı gerçekleştiği için darboğazlar ortadan kalkmaktadır.

PDM sayesinde meydana gelen hiyerarşik depolama sistemi (boyutlar, analiz dosyaları, özellikler ve parça numaraları için), tasarım ve üretim operasyonlarına bir alt yapı

oluşturarak, sürecin bir düzen içinde gitmesini sağlar. Verilerin birbirleri ile ilişkilendirmesi sonucu oluşan organizasyonel veri yapısı, malzeme listeleri gibi raporların alınmasında, ürün tasarım sürecinde düzenliliğin sağlanmasında, montaj içinde doğru parça ve bileşenlerinin kullanılmasını garanti altına alınmasında ve yöneticiye projenin tüm değişen durumlarını kontrol etmesini sağlamasında çok önemli rol oynar.

PDM ile bütünleşmiş ve hızla gelişen bir başka alan da "Mühendislik Döküman Yönetimi" (Engineering Document Management, EDM) sistemleridir (Şekil 4.1). Bu sistemler, çizim ve buna bağlı diğer faaliyetlerin verilerini yönetmek, kontrol ve takip etmek görevlerini yerine getirmektedir. EDM, sistem içindeki kağıtlardaki çizimlerin taranmasını, depolanmasını ve CAD çizimleriyle beraberliğini ustalıkla idare edebilir. Ayrıca çizimler gecikme olmaksızın düzeltilebilir. Tipik EDM sisteminin bileşenleri bir tarayıcı, depolama ekipmanı ve raster işleme için bir yazılım, izleme ünitesi, vektör dönüştürücüsü ve döküman yönetimidir.



Şekil 4.1 Mühendislik Döküman Yönetim Sistemi Yapısı [29]

Çizim yönetim yazılımı kullanıcıya şu faydaları sağlamaktadır: Dağınık çizimler için bir prosedür oluşturmak, belirli görevlilerin girebileceği yasaklı alanları veya gizlilik politikasına göre yetkisiz insanların insanların giremeyeceği bölümlerin koordinasyonunu ve kontrolünü sağlamak, arşiv operasyonları için hızlı arama yapmak, çizimleri düzeltmek, çizim ve proje gelişmelerinin kontrolü için yöneticilere yardımcı olmak.

PDM sistemleri eşzamanlı mühendislik yaklaşımının temel elemanlarından bir tanesidir. Son yıllarda CAD/CAM/CAE yazılımları üreten firmalar, CAPE yaklaşımı ile yazılımlarını geliştirmektedirler. Bu gelişimler sonucu CAD/CAM yazılımlarına PDM modülü eklenmiştir. PDM modülü genel olarak diğer programlara altyapı olacak ve aralarındaki iletişimi sağlayacak, temel bir yazılım ile bunun üzerine gelen programlardan oluşur. Bu programlara örnek olarak, parça ailesi yönetim programı, ürün ağacı yönetim programı, vs. verilebilir.

PDM ile CAD/CAM sistemi kullanan firmalar şu avantajlara sahip olurlar :

- Tek bir çatı altında tüm enformasyon ve uygulamaları toplar.
- İletişimi artırır, bölümler arası engelleri kaldırır.
- Bilginin paylaşımını, devamlılığını ve tekrar kullanımını sağlar.
- Kullanıcı verimliliğini artırır.
- Döküman ve veri kontrolünü kolaylaştırır ve artırır.
- İş akışını artırır.
- Yatırımın geri dönüşünü hızlandırır.
- Esnekliği sayesinde firma, gelişmelere karşı kolay adapte olur.

BÖLÜM 5

CAD/CAM SİSTEMİ SEÇİMİ ve ETKİN KULLANIMINA DAİR ENDÜSTRİDEN ÖRNEKLER ve TAVSİYELER

Türkiye'deki sanayi ortamında CAD/CAM sistemleri seçimi ve etkin kullanımı konusu hakkında neler düşünüldüğü, bu konuda ne tip çalışmalar yapıldığı ve hangi faaliyetlerde bulunulduğunu görmek maksadıyla alanlarında lider konumda olan dört firmanın konuyla ilgili yöneticileri ile görüşmelerde bulunulmuş ve tavsiyeler alınmıştır. Böylece tezde öngörülen seçim metodolojisi ve etkin kullanım yöntemlerini de gerçek hayatla karşılaştırma imkanı doğmuş olup, bu çalışmanın pratikte kullanılan metodları içerdiği gözlemlenmiştir.

Çalışma dahilinde ziyaret edilen yerler şunlardır: Şişecam, Arçelik, Makina-Takım Pazarlama, Çuhadaroğlu Alüminyum. Bu çeşit değişken sektörlerin gözlemlenmesinin amacı, CAD/CAM sistemlerinin hitap ettiği alanın genişliğini göstermenin yanı sıra, değişik seçim çeşitlerini gösterme imkanının doğmasıdır.

İncelenen firmalardan Şişecam'da yazılım seçimi ve değerlendirilmesine dair bir örnek, Arçelik'te yazılım ve donanım seçim prensipleri ile etkin kullanıma dair tavsiyeler, Makina-Takım Pazarlama'da bir seçim metodolojisi ve en son Çuhadaroğlu Alüminyum'da CNC tezgah seçim prensibi genel hatlarıyla verilmiştir. Ayrıca, firmalarla ilgili kısımdan sonra dünya çapında CAD/CAM sistemleri hakkında söz sahibi olan üç danışman firmanın seçime dair tavsiyeleri verilmiştir.

Şişecam

Üretim hacmi ve kalite açısından Türkiye pazarında çok önemli bir konuma sahip Şişecam firmasının yazılım seçimi için yaptığı çalışmayı, özellikle değerlendirme aşamasına pratik anlamda görmek maksadıyla güzel bir örnek olabileceği ve bu aşamayı daha net biçimde ortaya koyabileceği düşüncesiyle verilmiştir.

Firmanın ana amacı, sahip olduğu iki boyutlu çizim ortamını, üç boyuta geçirecek bir yazılım seçmek olup, istediği diğer özellikler de aşağıdaki tabloda görülmektedir. Firmanın yazılım alma kararından sonra varolan CAD/CAM departmanından üç kişilik bir ekip oluşturulmuş ve ekip ihtiyaçlarını karşılayacak iki yazılım arasında 10 puanlı bir skala kullanarak "Tartılanmamış Faktör Puanlama Modeli" kurarak, kararı fikir belirtmek suretiyle üst yönetime bırakmışlardır. Puanlandırma safhasından sonraki aşamada hangi yazılımın seçileceğine dair olan hesaplama çeşitleri, firmanın çalışmalarından ayrı olarak tez yazarı tarafından verilmiştir. Bunun amacı, seçime karar aşamasında uygulanabilecek hesap yöntemlerini ortaya koymaktır. Dolayısıyla, söz konusu kısmın firma projesiyle herhangi bir ilişkisi yoktur.

Firmanın üst yönetime sunduğu raporda üç boyutlu tasarım hakkında bilgilendirme yapılarak, sağlayacağı faydaları üzerinde durulmuş ve firma eskiden beri bilgisayar destekli tasarım ve üretim yaptığı için şu andaki durumu ele alınarak, yeni yazılım yatırımıyla neler kazanacağı tespit edilmeye çalışılmıştır. Son kısımda bahsedilen durum değerlendirmesi, Bölüm 3.2 ' deki kısımda bahsedilen araştırma baz alınarak yapılmıştır. Ayrıca, değerlendirilmeye alınan her iki yazılım için eğitim ve adaptasyon çalışmaları da ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Son aşamada ise bir tablo halinde yazılımlar karşılaştırılması ve fiyatlar verilmiştir.

Tez dahilinde, firmanın bilgilendirme ve sistemden beklediği faydalara ait yaptığı çalışmanın bir kısmı ile yazılımların karşılaştırıldığı tablo verilmiştir. Buna göre özet olarak aşağıdaki bilgiler verilebilir:

Üç Boyutlu Modelleme Çeşitleri:

- Tel çerçeve modelleme
- Yüzey modelleme
- Katı modelleme
- Hibrid modelleme

Üç Boyutlu Modelleme Teknolojisi Çeşitleri:

- Unsur tabanlı modelleme
- Varyasyonel modelleme
- Parametrik modelleme

İki Boyut ve Üç Boyut Karşılaştırması:

- Bugün ve yakın gelecekte ürün geliştirme ve mühendislik uygulamalarında iki boyut ve üç boyut karışık olarak kullanılacak.
- Tasarımın şimdiden üç boyuta odaklanması gelecek yıllarda rekabet şansını güçlendirecek
- Bazı çalışmalar için teknik resmin hayati önem taşıdığı noktalar olduğundan, iki boyutlu ortam bu tip çalışmalar için daha uygun olabilir.
- Ancak genelde, tasarım çalışmalarının pek çoğunu sadece teknik çizimle yürütmek, veri tabanı bilgilerini kelime işlemci üzerinde tutmaya eşdeğer görülüyor.

Üç Boyut İle Yapılabilecek Faaliyetler:

- Bütün üzerinde çalışma imkanı
- Sonsuz sayıda ve değişik açılardan kesit alma olanağı
- İstenilen formata aktarma (NC, SEA, benzetim, vs.)

- Veri tabanı ortamının kolaylıklarından yararlanma (Parça, malzeme listesi, vs.)
- Yüzey kaplama fonksiyonları ile daha gerçekçi, anlaşılır model hazırlama
- Montaj üzerinde çalışma ile tasarımın kalitesini artırma imkanı
- Mühendislik hatalarının en aza indirme imkanı

Üç Boyutlu Tasarımın Getirileri:

- Hataların önceden belirlenmesi
- Parça listelerinin otomatik olarak oluşturulması
- Kütle özelliklerinin otomatik olarak çıkarılması
- Çizim bilgisinin tablolama programlarına aktarılması
- Paralel tasarım imkanı

Buna göre üzerinde değerlendirme aşamasında çalışılan yazılımların karşılaştırılması, tablo 5.1’de verilmiştir. Faktörlerin hepsinin eşit önemde olduğu varsayılarak, 10 puan üzerinden değerlendirilmiştir:

Tablo 5.1 A ve B Yazılımlarının Gereksinimler Doğrultusunda Karşılaştırılması

Gereksinimler ve Göz Önüne Alınan Faktörler	A YAZILIMI	B YAZILIMI
Program Arayüzü	10	8
Kullanıcı Adaptasyonu	6	9
Çalışma Hızı	9	7
Katı Modelleme	10	9
Yüzey Modelleme	Çok Gelişmiş	Yeterli
Hibrid Modelleme	Çok Gelişmiş	Yetersiz
Parametrik Modelleme	9	8
Montaj Modelleme	9	8
Kesişim Kontrolü	10	8
Kütle Özellikleri Çıkarma	10	10
Teknik Çizim Alma	9	10
Parça Listesi Çıkarma	10	10
Hesap Tablosuna Geçiş	Excel	Notepad
Programlama Olanakları	Grip - UFunc	LISP
IGES ve DXF Çıktı Alma	Var	Var

Bu aşamadan sonraki kısımlar firma çalışmalarından değil, tez çalışmalarından ibarettir. Buna göre, yukarıdaki tablodan seçim kararını verme şu şekillerde olabilir:

1. Puanlama yapılmayan faktörler de puanlandırılıp veya tablodan çıkarıldıktan sonra, her iki sütunu da toplayıp, toplamda fazla gelen yazılım seçilir. Örneğin, puanlama yapılmayan faktörlerin tablodan çıkarılıp, sütunların toplanmasıyla, A yazılımı 92, B yazılımı 87 puan almış olup, A yazılımı toplamı daha fazla olduğundan tercih edilir. Burada dikkat edilecek önemli bir husus puan olarak fazla olan yazılımın tüm gereksinimleri karşılamasının gerekliliğidir. Puan olarak fazla olduğu halde, gereksinimlerin hepsini karşılayamaması halinde değerlendirme tekrar ele alınmalıdır.
2. Yukarıdaki toplam işlemi yapıldıktan sonra, yazılım maliyetine bulunan toplamlar bölünüp, çıkan orandan küçüğü tercih edilir. Bu işlem, "Fiyat / Performans Oranı"

olarak bilinmektedir. Örneğin, A yazılımı \$15.000, B yazılımı da \$10.000 olsun. Bu durumda her iki yazılım fiyat / performans oranları şu şekilde ortaya çıkar:

A yazılımı için; $\$15.000 / 92 = 163.04$

B yazılımı için; $\$10.000 / 87 = 114.94$

Bu durumda yine gereksinimleri tam karşılama parametresi göz önüne alınarak, olması gereken performanstaki minimum maliyetli yazılım B yazılımı olarak ortaya çıkar.

3. Son olarak bir diğer hesaplama yöntemi de değerlendirmeye alınan yazılımların, diğer özelliklerini de çıkararak, gelecekte yapılacak çalışmaları ve gelişmeleri göz önüne alıp, bir değerlendirme yapmaktır. Böylece, fiyata dahil olan ve firmanın belki de kullanmayacağı özellikler ortaya çıkacak veya gelişmelere bağlı olarak alınması faydalı olacak ek modüller tespit edilecek ve gelecekteki olabilecek ihtiyaçları, alınacak yazılımın karşılama kapasitesi ortaya çıkacaktır.

Arçelik

1986-87'li yıllardan beri bilgisayar destekli tasarım ve üretim yapan ve günümüze kadar da sahip olduğu sistemi geliştiren ve yenilikleri takip eden bir firma olan Arçelik, CAD/CAM sistemleri konusunda Türkiye'de gerek bilgi birikimi gerekse de kullanım açısından söz sahibi kuruluşlardan birisidir. Arçelik CAD/CAM departmanı yetkilileriyle yapılan görüşmede sistem seçimi ve etkin kullanımı konusunda aşağıdaki bilgiler edinilmiştir:

CAD/CAM Sistemlerinin Seçimi :

CAD/CAM sistemi konusunda yatırım kararı alan bir firmanın seçim faaliyetleri iki aşamalı olarak düşünülmelidir. Bunlar önce ihtiyaca uygun yazılım seçimi ve sonrasında yazılıma uygun donanım seçimidir. Bu iki seçim çeşidini ayrı ayrı incelersek şunlar söylenebilir:

1. Yazılım Seçimi : Şirket ihtiyaçlarını iyi tanıyan ve geleceğe yönelik gelişmeleri takip eden, konu hakkında bilgili insanlardan oluşan bir ekip tarafından kağıt üzerine kısa, orta ve uzun vadeleri kapsayan tüm gereksinimler çıkarılır. Daha sonra piyasadaki yazılım firmalarından alınan teklifler doğrultusunda ihtiyaçları karşılamayan yazılımlar elenir ve kalan firmaların yazılımları daha ayrıntılı olarak değerlendirmeye alınır. Yazılımların tüm özellikleri ayrı ayrı incelenir ve firmanın standart işleri için yazılım uygulamaları görülür. Burada standart işlerin denenmesinin sebebi, çok karmaşık veya kolay yapıya sahip parçaların yazılımı test etmek amacıyla çizilmesi durumunda sadece yazılım hakkında reel bir bilgiye ulaşmanın mümkün olmadığındandır. Çünkü bu tipteki parçaların çizimi personelin yeteneğine de bağlı olduğundan sadece yazılımın test edilmesi söz konusu olamaz, araya başka faktörler de girer. Bu nedenle standart işlerin yazılım üzerindeki testi tam olarak fikir verecektir.

Firmanın, yazılım konusundaki gereksinimleri dikkate alınarak yapılan bir puanlama ile değerlendirme sonuçlanır. Burada göz önüne alınan faktörlerin ağırlıklı olarak belirlenmesi firma açısından daha isabetli olacaktır.

Yazılım seçiminde uygulanan bu tip bir sistem Arçelik gibi konu üzerinde son derece geniş bir bilgiye sahip firmalar için fiyat kırma aracı olarak da kullanılmaktadır. Zira yazılımları çok iyi tanıyan firma, zaten hangi yazılımı alacağını bildiğinden üç-dört firmayı daha değerlendirmeye alarak fiyat düşürmeye gitmektedir.

2. Donanım Seçimi : CAD/CAM sistemleri seçiminde sıra çok önemlidir. Öncelikle yazılımın seçilmesi şarttır. Yazılımın seçildikten sonra, yazılımın optimum performansla çalışacağı donanım seçimi yapılır. Örneğin; CATIA adlı yazılım IBM firması tarafından geliştirildiği için IBM donanımı üzerinde en iyi performansla çalışır. Bu durumda önceden yapılan başka bir marka donanım seçimi yazılım performansını olumsuz yönden etkiler. Ayrıca bu konu üzerinde yazılım satan firmanın, donanım konusunda yapacağı tavsiyeler de dikkate alınmalıdır.

Donanım seçimi konusunda göz önüne alınması gereken diğer bir konu da servis-destek hizmetleridir. Alınan donanımın mutlaka servisi olmalı, yapılacak özel anlaşmalarla da devamlı destek alınmalıdır.

Donanım seçiminde "fiyat / performans" oranı ile seçim yapılabilir. Burada yine dikkate alınan faktörleri çok iyi belirlemek, ağırlıklandırma varsa yapmak önemli hususlardır.

Arçelik firmasının sistem seçimi konusunda son bir uyarısı, sistemin alımının merkezi satın almadan ayrılması ve bu gibi teknik konularda işin bilenlerce yapılmasının zorunlu olması yönündedir.

CAD/CAM Sistemlerinin Etkin Kullanımı :

Arçelik firmasına göre CAD/CAM sistemleri etkin kullanımında en önemli özellik etkili eğitimden geçmektedir. Firmanın bünyesinde kurulu eğitim salonu ile dışarıdan gelen eğitmenler vasıtasıyla eğitim gerçekleştirilmektedir. Bir CAD/CAM sistemi eğitiminin süre olarak minimum değerleri CAD paketi için iki hafta, CAM paketi için dört hafta olarak önerilmektedir. Toplamda optimum 6-7 hafta eğitim için normal süredir.

Etkin kullanım için son derece önemli olan eğitime gerek yatırım bütçesinde, gerekse yıllık bütçede her zaman yer ayrılmalıdır. CAD/CAM sistemi gibi bir yatırımda, yatırım

bütçesinin %10'u eğitime, %10'u da bakıma ayrılmalıdır. Bu durum yatırımın kısa zamanda geri dönüşü için çok önemlidir.

Arçelik'te yeni gelen konuyla ilgili çalışacak her personel CAD/CAM sistemi eğitiminden geçirilir. Ayrıca daha evvel eğitimden geçen çalışanlar da belirli periyotlarla tekrar eğitime tabi tutulur. Bunun sebebi, hem gelişmeleri çalışanların öğrenmesini sağlamak, hem bilgi tazelemek, hem de öğrenilen yanlış bilgileri düzeltmektir. Böylece, kullanım performansı daha da artar.

Arçelik'e göre etkin kullanım konusunda bir araç olan özelleştirme konusu tavsiye edilmemektedir. Firma ihtiyaçlarına göre yazılan makrolar, versiyon yenilendikçe özelliğini kaybetmekte, ayrıca makrolar hakkında bilgili personelin ayrılması durumunda yeni personelin adaptasyonu zorlaşmaktadır. Özelleştirme işlemi önemli ölçüde zaman tasarrufu sağlamadıkça uygulanmamalıdır.

Makina-Takım Pazarlama ve Ticaret A.S.

Kesici takım alanında üretim yapan firma kısa bir süre önce CAD/CAM sistemlerine yatırım yapmıştır. Firmanın konstrüksiyon büro müdürü ile yapılan görüşmede sistem seçimine dair şu tespitler yapılmıştır:

Firma sistem seçimi için tezde belirtilen metodolojiye benzer bir metod uygulamaktadır. Buna göre üretim departmanı içinde konstrüksiyon ve tasarımdan gelen personel ile bir ekip oluşturulduktan sonra gereksinimler çıkarılmıştır. Genel olarak firmanın CAD/CAM sisteminden beklentisi iki boyutlu her türlü tasarım, üç boyutlu modelleme imkanı ve CAM paketi ile üretime geçiş şeklindedir. Böyle bir sistem ile entegrasyon sağlamak, kaliteyi artırmak ve hata oranını düşürmek genel beklentilerdir. Bu beklentileri daha belirgin hale getirmek için de mevcut tasarım, imalat ve ar-ge süreci yeniden incelenmiştir. Daha sonra bir plan oluşturulmuş ve yazılım-donanım ihtiyaç ve alternatifleri ele alarak, teklifler istenmiştir. Ön değerlendirmede ihtiyaçlara uymayan

teklifler elenmiş ve kalan firmalar yeni bir değerlendirme sürecine tabi tutulmuştur. Burada, "fiyat/fayda" analizi ile ihtiyaçları karşılama durumu incelenerek sadece günün koşullarına göre değil, gerek firmanın gerekse yazılım gelişmeleri göz önüne alınarak, değerlendirilir. Buna göre tekliflerin, ihtiyaçları en iyi optimize edeni seçilir. Yazılım seçildikten sonra, yazılımın performans olarak en iyi çalışacağı donanım seçimine gidilir.

Sistemin ekonomik olarak değerlendirilmesi, yatırım projesi değerlendirme yöntemleri ile yapılmaktadır. Ancak faydaları sayısallaştırmanın zorluğu burada da dile getirilmektedir.

Firma etkin kullanım konusunda öncelikle eğitime önem vermektedir. Bunun için personeline standart eğitimleri sağlamaktadır. Ayrıca, yeni sistemle süreçler, iş yapış şekilleri, talimat ve prosedürler değişerek, sisteme entegrasyon sağlanmıştır. Çok büyük anlamda sistem alınmadığı için organizasyonel değişiklik olmamış, konstrüksiyon büro altında CAD/CAM faaliyetleri devam etmiş, unvanlar değişmiştir.

Çuhadaroğlu Alüminyum

Çuhadaroğlu firması, alüminyum profil üretimi ve alüminyum cephe sistemleri yapmaktadır. Yapılara özel çözümler sunulduğundan dolayı, üretim çevrimi siparişle başlamaktadır. Üretimin birinci basamağında mimari proje esas alınarak, fikir projesi hazırlanır. Bu aşamada bilgisayar destekli tasarımdan faydalanılmaktadır. Fabrikanın sahip olduğu AutoCAD yazılımıyla yapı elemanlarının hassas ölçüm ve çizimleri ile uygulama projesi gerçekleştirilir. İstenen cephe kaplama sistemleri, doğramalar, profiller ve diğer malzemeler tespit edildikten sonra prototip üretimi ve performans testleri yapılır. Bilgisayar destekli test ünitelerinde saptana veriler değerlendirilir ve testi geçen ürünler üretime alınır. Son aşamada ise üretilen elemanlar, projeye uygun olarak yerlerine monte edilir.

Genel olarak üretim çevrimi yukarıda anlatıldığı gibi cereyan eden firmanın, üretimine olan bilgisayar desteği aşağıdaki gibidir;

- Uygulama projesi tasarlanırken AutoCAD yazılımı kullanılmaktadır.
- Proje dahilindeki yapı elemanlarının analiz ve testleri bilgisayar destekli mühendislik araçları ile gerçekleştirilmektedir.
- Yapı elemanlarının üretimi, tasarlanmış projeye dayanarak sayısal kontrollü tezgahlarla gerçekleştirilmektedir. Burada herhangi bir CAM paketi kullanılmamakta olup, üretilecek parçanın bilgileri tezgaha, programlar vasıtasıyla teknikerler tarafından girilmektedir.
- Ar-ge çalışmalarında yeni sistem ve elemanların geliştirilmesi yine AutoCAD programı ile meydana gelmektedir.

Firma yönetimi bir süre önce sahip olduğu konvansiyonel tezgahları, CNC tezgahlar ile değiştirme kararı almış olup, bu ihtiyaç şu sebeplerden dolayı meydana gelmiştir: Firmanın üretim yaptığı parça itibariyle CNC tezgahlarla üretim yapmak daha avantajlı olmaktadır. Çünkü firma için parça üretiminde tekrarlanabilirlik ve tasarımdaki yeniliklere kolay adaptasyonun önemli olması, işleme zamanının kısa olması, aynı anda birden fazla parçanın işlemeye alınması gibi özelliklerden dolayı CNC tezgah kullanımı firma için uygun olmaktadır. Ayrıca yapılan finansal analiz ile tespit edilen maliyet kalemlerindeki olumlu değişimler bu tezgahın alımını desteklemektedir.

Kapasite, ihtiyaçlar, satış-servis koşulları gibi parametreleri göz önüne alarak satıcı firmalarla görüşen yetkililer, kendilerine en uygun CNC tezgahı ihtiyaçlarını tam olarak karşılayan makinalar arasından fiyat bazlı değerlendirme yaparak seçmişler ve özel servis-destek anlaşmaları da yaparak kendilerini güvence altına almışlardır.

CNC tezgahın eğitimi, satıcı firma tarafından gerçekleştirildikten sonra devreye giren makinadan kısa zamanda verim almaya başlayan firma, konvansiyonel tezgahla üretim

yapan işçilerini montaja kaydırarak daha az işçilikle, kısa zamanda üretim yapmaya başlamış ve sonuçta daha kaliteli ürünler elde etmiştir.

Danışmanlık Firmaları

Dünya çapında CAD/CAM sistemlerinin seçimi ve etkin kullanımı konusunda söz sahibi olan ve danışmanlık hizmetleri veren üç firmanın bu konular hakkındaki tavsiyeleri aşağıdaki gibi verilmiştir. Tavsiyelere dikkat edildiğinde hepsinin tez içerisinde bulunduğu görülecektir.

CIMdata Inc.

CIMdata firması özellikle mekanik tasarım, sayısal kontrol ve ürün veri yönetimi konularında çalışmakta olup, sistem seçimi ve kullanımı konusunda şunları tavsiye etmektedir[33]:

1. Faaliyet ve teknoloji gereksinimlerinin tümüyle tespit edilmesinden emin olunması gerekir.
2. İki, üç yılı kapsayan bir plan oluşturulması şarttır. Bu süre içindeki gelişmeler, ihtiyaçlar kesin olarak çıkarılmalıdır.
3. En az maliyet tuzağına düşmekten kaçınılmalıdır. Maliyet kuşkusuz önemli bir parametredir. Ancak, önemi listede üçüncü, dördüncü sıradadır. Öncesinde kullanım ve öğrenim kolaylığı, esnek olması, açıklık gibi hususlar vardır. Dolayısıyla en fazla üretkenlik yaklaşımı çok daha akılcıdır.
4. Yatırım geri dönüş hesabı çıkarılmalıdır. Bu oldukça zor bir hesap olmakla beraber, firma için son derece önemlidir.

Orr Associates International

CAD/CAM sistemleri konusunda uzman olan firmanın konuya ilişkin tavsiyeleri aşağıdaki gibi verilmiştir[33]:

1. CAD/CAM sistemleri firmalar için stratejik silahlardır. Bundan dolayı üzerinde hassasiyetle durulması gerekir.
2. Planlanmamış hiçbir süreç asla verimli bir şekilde yürüyemez. Bu nedenle sistemin başarılı bir şekilde seçimi için planlama şarttır.
3. CAD/CAM iş istasyonları üç yıldan fazla kullanılamaz. Bu süre zarfında rakipler daha güçlü sistemlere sahip olacağından, finansal analizi ve planları geleceği de hesaba katarak yapmak gerekmektedir.
4. Mühendislik verileri firmanın en değerli hazinesidir. Bu nedenle verileri, yeni sisteme düzgün ve etkin olarak aktarmak ve bu verileri eskisinden daha etkin olarak kullanabilmek son derece önemlidir. Ayrıca verilerin güvenliği de bir başka dikkat edilmesi gereken unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.
5. CAD/CAM sistemi eğitimi firma bütçesinde sürekli ve gerçek bir maliyet kalemi olarak bulunmalıdır. Sistemin etkin olarak kullanımı eğitimden geçer.
6. İş istasyonları, ağlar, depolama üniteleri gibi donanım elemanlarının alımında tasarrufa gitmek veya ucuza alma çabaları sistemin işleyişinde olumsuz sonuçlara yol açabilir. Sistem gereksinimlerine uygun donanımın alınması son derece önemlidir.
7. CAD/CAM sistemi, işletmenin "Enformasyon Sistem Stratejisi" ile bütünleşmesi durumunda performansı artar. Yeni sistem ile enformasyon sisteminin uyumu çok önemlidir.

Gartner Group

Bilgisayar ve enformasyon teknolojisinde söz sahibi, birçok yeniliğin öncüsü olan firma "CAPE" metodolojisinin de yaratıcısıdır. Gartner Group'a göre CAD/CAM sistemi seçimi CAPE anlayışına göre yapılmalıdır. Buna göre şu tavsiyeler verilmiştir[33]:

1. Kurulum hedefi sadece CAD ya da CAM olmamalı, CAPE anlayışı hakim olmalıdır. Yani üretim araçlarını mühendise tahsis etmektense, işletmenin mühendislik sürecine tahsis edilmesi ve tüm işletmenin eş zamanlı olarak çalışıp bir ürün meydana getirme anlayışı içinde olması gerekir.
2. Rakipler körü körüne taklit edilmemelidir. Bazı firmalar rakiplerini yakalamak için onların faaliyet, gelişme ve kararlarını aynen kendilerinde uygulama çabasında olmaktadır. Hatalı sonuçlara götürecek bu metod yerine firma rekabet gücünü geliştirecek yeni araçların neler olacağını, sadece verimliliğe odaklanmadan yetenekleri artıracak şekilde belirlemelidir.
3. Stratejik planlar oluşturulduğunda insanları, süreçleri ve teknolojiyi birleştirecek ve dengeye getirecek yapı sağlanmalıdır.
4. Yazılım ve donanım gelişmeleri yapılan planlar içinde yerini almalıdır. Her yeni gelişim doğrudan doğruya CAD/CAM sistemlerinin işleyişini etkilediğinden dolayı bu gelişmeler planlanmalı ve stratejiler geliştirilmelidir.
5. Eş zamanlı mühendislik anlayışı ile tasarım ve üretim sürecinde yeniden yapılanmaya gidilmelidir.
6. Sisteme geçişte verimde bir düşme olacağı göz ardı edilmemeli ve bu düşüş süresini kısaltıcı önlemler alınmalıdır.

Bu bölümde son olarak, CAD/CAM sistemleri sektöründe hizmet veren firmaların yazılımları hakkında genel bilgileri içeren bir Pazar araştırması verilmektedir (Tablo 5.1) [27,28].

Tablo 5.2 CAD/CAM Yazılımları

	Accel EDA	Ansys	AMD R2.0	AutoCAD R14	ComputerVision CADD5	CATIA	Cimatron
Hitap Alanı	CAD	CAE	CAD	CAD	CAD/CAM/CAE	CAD/CAM/CAE	CAD/CAM/CAE
Modelleme Özellikleri	Nesne Yönelimli, Integrated Library PCB Tasarımı	ACIS tabanlı katı modelleme	Katı, Nurbs tabanlı karmaşık yüzey, montaj	ACIS Modelleme Tel çerçeve, yüzey, katı	Hibrid modelleme özelliği (katı, yüzey,tel çerçeve), Nurbs	Yüzey ve katı modelleme	Hibrid modelleme özelliği (katı, yüzey,tel çerçeve),
Kullandığı Teknoloji			Unsur tabanlı parametrik katı modelleme	Parametrik	Parametrik ve varyasyonel	Parametrik ve varyasyonel	Parametrik
Analiz Özellikleri	Analiz Yazılımlarıyla Uyumlu	Her türlü analiz özelliğine sahip	Yok, analiz yazılımlarıyla uyumlu	Uygulama yazılımları var	Isl, Termal, Plastik,Kinematik Genilim	Lineer Elastik Yapı, Termal, Titreşim Modları	FEM ve Mesh, diğer analiz yazılımlarıyla uyumlu
Veri Alış-Verişi	DXF, PDIF	IGES,SAT,STEP, VDAFS	IGES,STL,DWF, DWG,VRML, SAT,3DS,EPS	DWG,DXF,SAT, STL, vs.	IGES,VDA-FS, SET,STEP,DXF, DDM	DXF,DWG,IGES, STEP,VDA-FS	IGES,VDA,DXF, SLA,RD-PTC, STEP
Veritabanı Özellikleri	Özel veritabanı var	Özel veritabanı var	Tüm veritabanları ile uyumlu	ODBCuyumlu her türlü veritabanını kullanabilir	Tüm veritabanları ile uyumlu	Özel veritabanı var	Özel veritabanı var
Yazılımın Yapısı	32-bit	32-bit	32-bit	32-bit	32-bit	32-bit	
MRP, MIS Uyumu	Uyumlu Değil	Uyumlu Değil	Uyumlu	Uyumlu Değil	SAP ile Interface'i var	Uyumlu	CPDM ile
Korunma Şekli	Dongle (Hardware Elektronik Kilit)	Son sürümde makine üzerine kilitlenebilmekte	Dongle (Hardware Elektronik Kilit)	Tek kullanıcı için dongle, çok kullanıcıda lisans yazılımı kullanılır	HostID sistemi ile korunuyor	Passwordlar şeklinde	CPDM gerçekleştiren Hardware Key
Kullanıcı Arayüzü	Windows	Menü	Windows	Windows	İkon temelli GUI	Motif Interface	
Sistem Gereksinimleri	32 MB RAM, Windows 95/NT, S3 uyumlu ekran kartı	Unix-64 MBRAM Windows 95/NT-32 MB RAM 1024*768 res.	Pentium 90, 64 MB RAM, Windows 95/NT, 62 MB boş HDD	Pentium 90 32 MB RAM Windows 95/NT 150 MB boş HDD	Sun,Digital, HP-UX 10.20, IBM AIX 4.1.x Windows NT Pentium 133	IBM Risc 6000, Sun,HP,SG, yakında limitli olarak Windows ortamında	Windows 95/NT HP,DEC,Silicon Graphics,Sun PC-Pentium 90, 16 MB RAM

Tablo 5.2 CAD/CAM Yazılımları (Devam)

Hitap Alanı	DesignCAD 97	EDS Unigraphics	Esprit X	Euclid Quantum	FelixCad	FelixDRAFT	Genius
	CAD	CAD/CAM/CAE	CAD	CAD	CAD	CAD	CAD/CAE
Modelleme Özellikleri	Katı Modelleme	Hibrid modelleme özelliği (katı, yüzey,tel çerçeve),	Tel çerçeve, gelişmiş yüzey	Hibrid modelleme özelliği (katı, yüzey,tel çerçeve),	Tel çerçeve modelleme	Tel çerçeve modelleme	Standart Parça Kütüphaneleri
Kullandığı Teknoloji	Varyasyonel	Unsur tabanlı parametrik katı modelleme	Parametrik	Parametrik	Varyasyonel	Varyasyonel	Parametrik
Analiz Özellikleri	Alan, hacim, ağırlık merkezi	Her türlü analiz özelliğine sahip	Alan, hacim, ağırlık merkezi	Analyst paketi ile Pre-Post Processing			2B Statik
Veri Alış-Verişi	DXF,DWG,IGES, HPGL,JPG, VRML	Tüm standartlar	IGES,DWF,VDA, HP-MI	STEP,IGES,DXF, STL	DXF,DWG	DXF,DWG, PC-Draft	DXF,SAT,3DS, STL,EPS
Veritabanı Özellikleri	Özel veritabanı var	Özel veritabanı var	Özel veritabanı var	Özel veritabanı var	Özel veritabanı var	Özel veritabanı var	Tüm veritabanları ile uyumlu
Yazılımın Yapısı	32-bit	32-bit	32-bit	64-bit	32-bit	32-bit	32-bit
MRP, MIS Uyumu	Uyumlu Değil	Uyumlu	Uyumlu Değil	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu
Korunma Şekli	Hardware Key	Hardware Key	Hardware Key ve iki adet şifre	Hardware Key	Hardware Key	Hardware Key	Hardware Key
Kullanıcı Arayüzü	Menü	Motif, Windows	Windows NT üzerinde kendi arayüzü	Pop-up menü	Menü	Menü	Windows
Sistem Gereksinimleri	Windows 95 'in sorunsuz çalıştığı en az Donanım	HP,Sun, Silicon Graphics,Digital Windows 95/NT-Pentium 133 32 MB RAM 1GB HDD	Pentium 75, 32 MB RAM, Windows NT, 1024*768 res.	128 MB RAM Windows NT veya Unix istasyonu	Windows 95/NT Pentium 100 16 MB RAM	Windows 95/NT Pentium 100 16 MB RAM	Pentium 166, 32 MB RAM

Tablo 5.2 CAD/CAM Yazılımları (Devam)

	Genius Desktop	Global VIEW DRAFT	Hypermill	NC-PolarisCAM	Pro/ENGINEER	Pro/Mecanica	Rebis AutoPlant
Hitap Alanı	CAD/CAE	CAD	CAM	CAM	CAD/CAM/CAE	CAD/CAE	CAD
Modelleme Özellikleri	3D Parametrik Katı, Parça Kütüphaneleri	2D Çizim	Katı, Nurb tabanlı karmaşık yüzey, montaj	Katı, Nurb tabanlı karmaşık yüzey, montaj	Katı, Nurb tabanlı karmaşık yüzey, montaj	Katı, Nurb tabanlı karmaşık yüzey, montaj	Borulama Kütüphaneleri
Kullandığı Teknoloji	Parametrik	Varyasyonel		Unsur tabanlı parametrik katı modelleme	Unsur tabanlı parametrik katı modelleme	Unsur tabanlı parametrik katı modelleme	Parametrik
Analiz Özellikleri	2B Statik				Yüzey Analizi	Süspansiyon, Isı, Titreşim, Hareket, Mukavemet, Yapı Mekanizma	
Veri Alış-Verişi	DXF,SAT,3DS, STL,EPS,IGES	DXF	IGES,DXF,SAT, 3DS,STL,EPS	DXF,STL,SAT, 3DS,EPS,IGES	Tüm formatlar	Tüm formatlar	DXF,SAT,3DS, STL,EPS,IGES
Veritabanı Özellikleri	Tüm veritabanları ile uyumlu	Özel veritabanı var	Tüm veritabanları ile uyumlu	Tüm veritabanları ile uyumlu	Özel veritabanı var	Özel veritabanı var	Tüm veritabanları ile uyumlu
Yazılımın Yapısı	32-bit	32-bit	32-bit	32-bit	64-bit	64-bit	32-bit
MRP, MIS Uyumu	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu
Korunma Şekli	Hardware Key	Şifreli	Hardware Key	Hardware Key	Ethernet adresi ve CPU ID	Ethernet adresi ve CPU ID	Hardware Key
Kullanıcı Arayüzü	Windows	Windows	Windows	Windows	Menü	Menü	Windows
Sistem Gereksinimleri	Pentium 166, 64 MB RAM	Pentium CPU 16 MB RAM	Pentium 166, 64 MB RAM	Pentium 166, 64 MB RAM	Windows 95/NT, Unix, 64MB RAM 400 MB HDD 128 MB Swap Space	Windows 95/NT, Unix, 96MB RAM 870 MB HDD 200 MB Swap Space	Pentium 166, 32 MB RAM

Tablo 5.2 CAD/CAM Yazılımları (Devam)

	SDRC I-DEAS	Solid Edge	Solidworks	SPI Piping	SPI Sheet Metal	SurfCAM	SwissPrecision Engineer
Hitap Alanı	CAD/CAM/CAE	CAD	CAD	CAD	CAD	CAD/CAM	CAD
Modelleme Özellikleri	Katı, Nurbs tabanlı karmaşık yüzey, montaj	Katı ve yüzey modelleme	Unsur tabanlı katı modelleme	Parametrik Boru Elemanı Çizimi ve Açılımı	Parametrik Sac Metal Modelleme Çizimi ve Açılımı	Full 3D Nurbs Tabanlı Yüzey Modelleme	Hibrid modelleme özelliği (katı, yüzey, tel çerçeve),
Kullandığı Teknoloji	Unsur tabanlı parametrik katı modelleme	Parametrik ve varyasyonel	Tam parametrik	Parametrik		Nurbs Yüzey Modelleme Tekniği	Tam parametrik
Analiz Özellikleri	Her türlü analiz özelliğine sahip		Hacim, kütle, atalet momenti	Fiyat analizi		Geometrik, yüzey, karşılaştırma	
Veri Alış-Verişi	Tüm formatlar	DXF,DWG,ACIS IGES,STEP, VDA-FS	IGES,DXF,DWG, SAT,STL, VRML, ASCII	DXF,SAT,3DS, STL, EPS	DXF,SAT,3DS, STL, EPS	Tüm formatlar	DXF,IGES,MI, VDAS
Veritabanı Özellikleri	Tüm veritabanları ile uyumlu	Özel veritabanı var	Tüm veritabanları ile uyumlu	Tüm veritabanları ile uyumlu	Tüm veritabanları ile uyumlu	Tüm veritabanları ile uyumlu	Özel veritabanı var
Yazılımın Yapısı	32-bit	32-bit	32-bit	32-bit	32-bit	32-bit	32-bit
MRP, MIS Uyumu	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu Değil	Uyumlu	Uyumlu	Uyumlu Değil	Uyumlu
Korunma Şekli		Hardware Key	Hardware Key	Hardware Key	Hardware Key	Hardware Key	Hardware Key
Kullanıcı Arayüzü	Menü	Windows	Menü	Windows	Windows	Menüler ve ikonlar	Menü
Sistem Gereksinimleri		Pentium CPU, 32 MB RAM Windows 95/NT	Pentium 133 32 MB RAM 2 MB Ekran kartı	Pentium 166, 32 MB RAM	Pentium 166, 32 MB RAM	Pentium 133 32 MB RAM 2 MB Ekran kartı	Windows 95/NT 32 MB RAM DX 486

Tablo 5.2 CAD/CAM Yazılımları (Devam)

	TekSoft CAD/CAM	Turbo CAD	Visi CAD/CAM
Hırap Alanı	CAD/CAM	CAD	CAD/CAM
Modelleme Özellikleri	Yüzey Modelleme	3D Modelleme	Katı ve yüzey modelleme
Kullandığı Teknoloji			Parametrik
Analiz Özellikleri		Çeşitli analiz özellikleri var	
Veri Alış-Verişi	DXF,IGES, VDA, CADL	DXF,DWG,ICW, MDL	IGES,DXF,DWG, STEP,VDA-FS, ACIS,CATIA,CV
Veritabanı Özellikleri	Özel veritabanı var	Tüm veritabanları ile uyumlu	Özel veritabanı var
Yazılımın Yapısı	32-bit	32-bit	32-bit
MRP, MIS Uyumu	SolidWorks ile Uyumlu	Windows altında uyumlu	Uyumlu
Korunma Şekli	Hardware Key		Hardware Key
Kullanıcı Arayüzü	Windows	Windows	Windows
Sistem Gereksinimleri	Windows 95 DX 486, 8MB RAM 30 MB HDD	Windows 95 DX 486, 8MB RAM	Pentium CPU 32 MB RAM Windows 95/NT

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Firmalar, yapılan tasarımların ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi, ürünün pazara daha hızlı sunulması, malzeme ve emekte tasarruf sağlama gibi yararlar bekleyerek CAD/CAM sistemlerini kullanmaya başlamaktadırlar. Böyle bir safhada olan firma için doğru düşünce tarzı, sistemi en başta uzun vadeli bir yatırım olarak görmesidir. Bu da sistemin, işletme açısından ne denli hayati bir öneme sahip olduğunun ilk habercisidir. Dolayısıyla, firma öncelikle sistem seçimi öncesi ve sonrasında yatırımın kısa zamanda geri dönüşü için planlarını, neler yapması gerektiğini, en ince ayrıntısına kadar ele almak zorundadır. Aksi hali piyasalarda sıkça rastlanan yanlış yatırımlar, zarar eden firmalar olarak karşımıza çıkacaklardır.

Seçim konusu üzerinde yapılan hataları genel hatlarıyla ortaya koyarak, nelere dikkat etmek gerektiğinden bahsetmek, düşüncelerin doğru yöne sevk edilmesinde yararlı olacaktır. Genel olarak, yapılan yanlış yatırımların en büyük sorumluları, firmanın ihtiyaçlarını ve hedeflerini iyi belirleyemeyen, firma yapısını iyi tanımayan ve teknolojik bilgilenmeye de çaba göstermeyen başta yöneticiler olmak üzere, ilgili sorumlulardır. Yukarıda sayılan hataların her biri tek başına firmayı yanlış seçime doğru sürükler. Doğru seçim için yöneticilere ve seçim ekibine çok önemli bir iş düştüğü su götürmez bir gerçektir. Firmasını çok iyi tanıyan, gereksinimleri net şekilde tespit edebilecek, konu hakkında belirli bir alt yapıya sahip ve geleceği de görerek hesaplarını uzun vadeli olarak yapabilecek insanlardan kurulu bir ekip, doğru kararın ilk adımıdır.

Ülkemiz açısından bakıldığında pek çok firmada CNC tezgahlar satın alınmış bulunmakla beraber bunların CAD/CAM sistemleriyle bütünleşmemiş oldukları görülmektedir. Bu durum da yapılan yatırımdan verim alamamanın başka bir sebebidir. Firmalar yazılım alımında, tezgah yatırımı yaparken gösterdikleri hassasiyeti göstermediklerinden dolayı CNC tezgahların işlevselliği eksik kalmaktadır. Çünkü karmaşıklaşan gereksinimleri karşılayacak CNC tezgahlar, ancak CAD/CAM yazılımlarıyla desteklendiğinde işlevselliğini tamamlar ve yapılan yatırımın karşılığını vermeye hazır hale gelir.

Sisteme yatırım kararı alınıp, seçim ekibinin de kurulması ile başlayan faaliyetler, hedef ve gereksinimlere dair bir proje planı yapılmasıyla devam eder. Bu aşamada unutulmaması gereken nokta ihtiyaçların çok doğru bir şekilde belirlenmesidir. Buradaki bir yanlışlığın seçimin yanlış yöne doğru gitmesine sebep olur. Bu arada seçim çalışmalarını yürütürken unutulmaması gereken bir başka nokta da, CAD/CAM sisteminin eski üretim anlayışı ve yönetimi içine monte edilemeyeceği ve bu üretim aracının önemli özelliklerinden birinin, üretim yöntem ve akışını yeniden yapılandırmayı gerektirmesi olduğudur. Bu faktör de bize mevcut sistemin analizinin çok iyi bir şekilde yapılması zorunluluğunu göstermektedir. Sistemin etkin olarak kullanılması ve yatırımın kısa zamanda geri kazanılması için sistem analizi yapmak ve buna bağlı olarak yeni üretim anlayışını yerleştirmek son derece önemlidir.

Alınacak CAD/CAM sistemi için teklif alınan satıcı firmaların güvenilirliği, servis ve destek hizmetleri, teslim ve işletmeye alma çalışmaları sistem alımında göz önünde bulundurulması gereken önemli konulardır. Ayrıca, işletmenin ürettiği herhangi bir ürünü sistem ortamında görmek, sistemin üreteceği ürünlerin kalite düzeyinin kestirilmesi açısından yararlıdır.

Beklentilere uygun olarak değerlendirmeye alınan CAD/CAM sistemleri literatüre geçmiş çeşitli modellerle değerlendirilebilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta değerlendirmeye alınan faktörlerin seçimi, önem açısından ağırlıklarının eşit olup olmadığı konularıdır. Puanlama modelleriyle değerlendirmeye alınan yazılımlar, bu model sonuçlarından faydalanılarak "Fiyat / Performans" oranı ile karşılaştırmaya tabi tutulabilir. Ayrıca, bir diğer analiz de yatırımın ekonomik anlamda incelenmesidir. Ekonomik analiz, yatırım projelerinde kullanılan analiz yöntemleriyle yapılmaktadır. Yalnız bu çalışmanın bir zorluğu vardır ki o da, CAD/CAM sisteminden elde edilecek faydaların, parasal anlamda ifade edilmesinin güç olmasıdır. Bu durumda nakit girişleri ancak tahminlere dayanılarak bulunabilir. Bu nedenle ekonomik analiz sonuçları, analizi yapanların da yetenekleri doğrultusunda mümkün olduğunca gerçeğe uygun olarak yapılmaya çalışılmalıdır. İşletmenin bu anlamda zorlanacağı ekonomik analiz için önemli bir nokta, firmanın konuya yaklaşım tarzıdır. Genel olarak firmalar iki farklı bakış açısına sahiptir. Bunlar, en az maliyet ve en fazla üretkenlik anlayışlarıdır. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki, en fazla üretkenlik anlayışı ile yapılan yatırımların geri dönüşü çok daha kısa olmaktadır.

Sistem seçim çalışmaları yapılmaya başlandıktan belli bir süre sonra, sistem analizi ile birlikte yeni sisteme yönelik alt yapı çalışmaları da başlamalıdır. Organizasyonel düzenlemeler, sistemi kullanacak olan elemanları bilinçlendirme ve sonrasında sistemin eğitimi gibi çalışmalar geçişten sonraki duruma, mümkün oldukça kısa zamanda adaptasyonu sağlamaktadır. Zira, CAD/CAM sistemi ile çalışmanın ilk zamanlarında verimlilik, eski sisteme göre düşer. Bu zamanı kısaltmak tamamen sisteme geçiş öncesi başlayan ve geçişle birlikte yoğunlaşan etkin kullanımı sağlayıcı faaliyetlere bağlıdır. Örneğin, personelin sistem kurulmadan önce eğitimine başlamak, hızlı ve güçlü donanımlar almak, vs. bu süreci kısaltabilir.

Etkin kullanımın bir başka anahtar faktörü de personel eğitiminin sadece sistemi oluşturan yazılım ve donanımı kapsamayıp, tüm araçları ve fonksiyonları tek tek ve birlikte kullanmayı öğretmek ve bu sistemi belirli bir üretim sürecinde hedeflenen sonuçlara ulaştırabilecek bir üretim aracı olarak kullanmayı öğretmek şeklinde iki farklı bölümden oluştuğudur.

CAD/CAM sistemini kullanan işletmelerde işin, yazılım, donanım ve insanlar olmak üzere üç temel bileşeni söz konusudur. Bu üç bileşenin optimum kullanılmasını sağlayacak bir organizasyon yapısı oturtmak da son derece önemli olmaktadır. Bundan dolayı, CAD/CAM sistemine geçişte yeni kadronun, mevcut organizasyon şemasına entegre edilmesi yeterli olmayıp, kuruluşun yeni sistemi iyice benimsemesi ve sistem içinde görev alacak insanları ve sorumlulukları içeren yeni bir organizasyon oluşturarak, buna bağlı bir görev dağılımının tespit edilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak işletmelerin pazardaki rekabet koşullarında ayakta kalmasını ve gelişmelerini sağlayacak olan CAD/CAM sistemleri ile firmanın tam olarak bütünleşmesi, firmaya son derece önemli faydalar kazandırmaktadır. Ancak yine de CAD/CAM sistemlerinin Bilgisayarla Bütünleşik Üretim (CIM) sisteminin bir parçası olması ve sistemin diğer öğelerinin firma bünyesinde olmaması sebebiyle, sistemden maksimum verim alınamamaktadır. Bu nedenle, CIM ' in tüm parçalarının firmaya kazandırılması doğrultusunda çaba gösterilmelidir. Firmaların gerek yapı, gerekse anlayış açısından gelişmelere açık ve onlardan, olanakları doğrultusunda yararlanma çabaları, firmanın pazarda varolması ve devamlı kar getirmesi açısından vazgeçilmezdir.

KAYNAKLAR

- [1] ARIKAN, M.A.S., "Sayısal Denetim(NC), Bilgisayarlı Sayısal Denetim(CNC) Takım Tezgahları ve Modern İmalat Sistemleri", İşletmelerde CAD/CAM Yazılımlarının Etkin Kullanımı Semineri, Ankara (28-29 Kasım 1997)
- [2] KAFTANOĞLU, B., "CAD/CAM Sistemlerinin Seçimi ve Verimli Kullanımı", Otomasyon'98 Eğitim Seminerleri, İstanbul (1998)
- [3] AYRES, R.U., "Future Trends in Factory Automation", Manufacturing Review, Vol. 1 No 2, Sf. 93-103 (1988)
- [4] "CAPE Scenario", Gartner Group Conference Presentation, (1993)
- [5] GROOVER, M.P., "Fundamentals of CAD/CAM", Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing, Prentice-Hall Inc., USA, Sf. 709-723 (1987)
- [6] TİĞREK, M., "Kalıp Gövdelerinin Süratle Çizimi ve İmalata Hazırlanması", Sanal Gazete, Sf 6 (Eylül 1996)
- [7] BAYKAL, G., "CAD Üzerine Çeşitlemeler", BT/Haber, Sayı 62, Sf. 31-33 (8-14 Nisan 1996)
- [8] BUDAK, S., "Bilgisayar Destekli Üretim", BT/Haber, Sayı 62, Sf. 34-36 (8-14 Nisan 1996)
- [9] "Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) Nedir?", BT/Haber, Sayı 112, Sf. 39-40 (7-13 Nisan 1997)
- [10] Üretimde Bilgisayar Uygulamaları Yüksek Lisans Dersi Notları
- [11] "Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim", Otomasyon Dergisi, Sf. 8 (Mart 1993)
- [12] PARMAKERLİ, E., "CAD/CAM Yatırımları ve Şirket Yöneticilerinin Sorumluluğu", Sanal Gazete, Sf.2 (Eylül 1996)

- [13] TİĞREK, M., "CAD/CAM Yazılımları Ne Zaman Gereklidir?", Sanal Gazete, Sf.6 (Mart 1998)
- [14] MEREDİTH, J.R., MANTEL, S.J, Project Management A Managerial Approach, John Wiley and Sons Inc., USA Sf. 55-58, 44-46, 108-132 (1995)
- [15] SÜMEN, H., "CAD/CAM Sistemleri Seçim Kriterleri ve Sistemlerin Ekonomik Değerlendirmesi", CAD/CAM Seminer Notları TMMOB Makina Müh. Odası İst.Şb. (1992)
- [16] DRUST, J., "Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) Sistemi Yatırımının Geri Dönüşü", Sanal Gazete, Sf.18-19 (Aralık 1996)
- [17] ÇORBACI, F.K., "CNC Tezgahların Programlanması", Makina ve Metal Teknolojisi Sayı 75, Sf.124 (Mart 1998)
- [18] BARUT, M., "CAD/CAM ile Proje Üreten İşyerlerinde Büro Organizasyonu", İşletmelerde CAD/CAM Yazılımlarının Etkin Kullanımı Semineri, Ankara (28-29 Kasım 1997)
- [19] "Softdesk Imaging Ürün Grubu Raster Düzenleme ve Vektör Dönüştürme Yazılımları", Sanal Gazete, Sf.14-15 (Haziran 1996)
- [20] GÖRÜCÜ, B., "ACIS, Mekanik Modellemenin Geleceği ve AMD R2.0", Sanal Gazete, Sf.9 (Haziran 1997)
- [21] www.Gartner.com
- [22] ÖĞÜT, T., "Yüksek Teknolojiye Geçmek Zor Değil", Sanal Gazete, Sf.4 (Eylül 1996)
- [23] DRUST, J., "Bilgisayar Destekli Tasarımın İş Dünyasına Katkısında Dört Aşama", Sanal Gazete (Mart 1997)
- [24] PARMAKERLİ, E., "Bilgisayar Destekli Tasarım ve Çizim Sistemi Eğitimi", Sanal Gazete, Sf.2 (Aralık 1996)
- [25] STARK, J., Managing CAD/CAM Implementation, Organization and Integration, McGraw Hill Inc., USA
- [26] AKMEHMET, A., "Makina Mühendisliğinde CAD Yazılımları", Otomasyon Dergisi Sf. 28-30 (Mart 1993)

- [27] Unigraphics, Pro/ENGINEER, I-DEAS, SurfCAM, MDT R2.0 Yazılımlarının Tanıtım Katalogları
- [28] DEMİRTEL, G., "CAD/CAM Market Pazar Araştırması", Makina Tek Aylık İmalat ve Metal İşleme Teknolojileri Dergisi, Sayı 31, Sf.68-74 (Ekim 1997)
- [29] MACHOVER, C., The CAD/CAM Handbook, McGraw Hill Inc., USA, Sf.87-95, 371-382, (1995)
- [30] Gartner Group Research, Advisory, and Strategic Planning Service
- [31] EVERSHEIM, W., "A Methodology for an Integrated Design and Process Planning Based on a Concurrent Engineering Reference Model", CIRP Annals Manufacturing Technology, Sf.403-406 (1995)
- [32] www.sdrc.com
- [33] MARKS, P., Aligning Technology For Best Business Results, USA, Sf.1-5 (1995)



ÖZGEÇMİŞ

Mete Yakın, 1973 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Yalova ' da tamamladıktan sonra, 1991 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi (İ.T.Ü.) Gemi İnşaatı ve Makinaları Mühendisliği Bölümü ' nde yüksek öğrenime başladı. 1995 ' te fakülte üçüncüsü olarak mezun oldu ve aynı sene İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İşletme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İşletme Mühendisliği Programı ' na girdi. 1997-1998 öğretim yılı kış yarıyılında, yüksek lisans derslerini tamamladıktan sonra, yaz yarıyılında Dr. Müh. Halefşan Sümen danışmanlığında "Mekanik Endüstride CAD/CAM Sistemlerinin Seçimi ve Etkin Kullanımı" konulu tez çalışmasına başladı.

