

75395

TASARIMDA YAPAY ZEKA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Mustafa Nazım Emre ÖZDEĞER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Ocak 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Şubat 1998

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Teoman KURTAY

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Sait YÜCENUR

Y. Doç. Dr. Hikmet KOCABAŞ

27.2.1998

27.2.98

27.02.98

ŞUBAT 1998

ÖNSÖZ

Günümüzde uluslararası piyasalarda söz sahibi olabilmek hızlı, hesaplı ve kaliteli üretimi gerektirmektedir. Tatminkar bir üretim seviyesine ulaşmak içinse öncelikle tasarım aşamasında başarının elde edilmesi şarttır.

Bu çalışmada, tasarım işlemini bilgisayarların kullanımı yolu ile daha verimli hale getirmek için gerekli olan temel araçlar incelenmekte ve akıllı sistemlerin ana unsuru olan yapay zekanın tasarım işleminin gelişimindeki rolü pratik örneklerle izah edilmeye çalışılmaktadır.

Tasarım işlemindeki gelişmeleri yakından takip etmeyi amaçlayan bu çalışmada bana yol gösteren ve benden desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Teoman KURTAY 'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Mustafa Nazım Emre ÖZDEĞER
OCAK 1998

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖNSÖZ

ii

SEMBOL LİSTESİ

v

ŞEKİL LİSTESİ

vii

TABLO LİSTESİ

ix

ÖZET

x

SUMMARY

xi

BÖLÜM 1 GİRİŞ

1

BÖLÜM 2 TASARIM KAVRAMINA BAKIŞ

2

2.1 Tasarım İşleminin Genel Modeli

4

2.2 Gerekli Kalitede Fonksiyon Modeli

5

BÖLÜM 3 TASARIMI OTOMASYONA HAZIRLAMA

7

3.1 Kavramsal Tasarım

7

3.1.1 Tasarım Aralığının Çözümlemesi

14

3.2 Tasarımda Bilginin Düzenlenmesi

14

BÖLÜM 4 KAVRAMSAL TASARIMDA FORMÜLASYON

18

4.1 Özetleme İşleminin Formülasyonu

18

4.2 Mekanik Bağlayıcıların Formüller İfadeleri

21

BÖLÜM 5 TASARIMDA YAPAY ZEKANIN KULLANIMI	27
5.1 Mekanik Tasarımda Yapay Zeka	27
5.2 Akıllı Tasarım Seçme Sistemi	28
 BÖLÜM 6 AKILLI SİSTEMLER VASITASIYLA ÜRÜN VE PROSES TASARIMI ENTEGRASYONU	 39
6.1 Yapay Sinir Ağları	39
6.2 Otomatik Tasarım Çağırma Sistemi	42
6.3 Akıllı Paketleme Sistemi	45
6.3.1 Görüntüleme ve Nesne Tanımlama Modülü	45
6.3.2 Robot Kontrol Modülü	51
 BÖLÜM 7 CAD/CAM ENTEGRASYONUNDA İMAL EDİLEBİLİRLİK	 53
7.1 Tasarım ve İmal Edilebilirlik	53
7.2 CAD/CAM Entegrasyonundaki Problemler	54
7.3 Bir CAD/CAM Entegrasyon Modeli	56
7.3.1 Teknolojik İmal Edilebilirlik Analizi	59
7.3.2 Proses Planlamanın Önerme Aşaması	66
7.3.3 Sac Metal Parçalar İçin Takım Seçme Programı	74
 BÖLÜM 8 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	 81
 KAYNAKLAR	 83
 ÖZGEÇMİŞ	 85

SEMBOL LİSTESİ

F_i	: Fonksiyon modülleri
G_i	: Genel fiziksel tertibatlar
C_i	: Katalog bileşenleri
f^*	: Amaç fonksiyonu
f_i	: Fonksiyonlar
Sd_i	: Yapı alanları
sd_i	: Yapısal ifadeler
Pd_i	: Fiziksel aletler
B_i	: Davranış grubu
b_i	: Davranış ifadeleri
M	: İlişkilendirme fonksiyonu
c_i	: Sınırlamalar
$\exists$	: Kavramsal tasarımda soru işareti
$\forall$	: Kavramsal tasarımda cevap işareti
$\wedge$	: Kavramsal tasarımda “ve” bağlacı
$\rightarrow$	: Kavramsal tasarımda “için” bağlacı
$\supset$	: Kavramsal tasarımda “eşittir” işareti
N_m	: İlk seçilen tasarım modelleri
r_m	: Model parametreleri
n_c	: Tasarım aralığındaki karakteristik adedi
n_{cc}	: Tasarım aralığındaki kritik karakteristik adedi
n_f	: Tasarım aralığındaki faktör adedi
m_i	: Model
s_i	: Şartname

gm_i	: Şartname - Model uyum derecesi
th	: Eşik değeri
CD_i	: Karakteristik ifade
Ch_i	: Karakteristik
W_i	: Karakteristiğin önemini ifade eden ağırlık sembolü
Val_i	: Karakteristiğin çözüm değeri
Int_i	: Değer aralığı
C	: FAM sinir ağında giriş değerleri
S	: FAM sinir ağında çıkış değerleri
m_{ij}	: FAM sinir ağında belirsiz bağlantı kuvveti
$\mu_c (c_i^h)$	: FAM sinir ağında C grubunun üyelik derecesi
$\mu_s (s_j^h)$	: FAM sinir ağında S grubunun üyelik derecesi
FR_i	: Fonksiyon talepleri
g_{xy}	: Orijinal görüntünün değeri
T	: Eşik kademesi
V	: Piksel değeri
M_{ij}	: Momentler
X_{cog}, Y_{cog}	: Ağırlık merkezi x ve y koordinatları
μ_{ij}	: Merkezi momentler
θ	: Nesnelerin ana eksen açısı
$+$	: Kesme stratejilerinde “veya” bağlacı
$^{\circ}$	: Kesme stratejilerinde “ve” bağlacı

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No.</u>
Şekil 2.1	Bilimsel çalışma ışığında tasarımın evreleri	2
Şekil 2.2	Tasarım kategorileri	4
Şekil 2.3	Kalite evi - Ürün planlama	6
Şekil 3.1(a)	Bir saatin ana fonksiyonları	10
Şekil 3.1(b)	Bir saatin temel alt fonksiyonlarını gösteren fonksiyon ağı	10
Şekil 3.2	Mekanik bir saatteki temel fiziksel yapı taşları ağı	10
Şekil 3.3(a)	Sarkaçlı saatin şeması	11
Şekil 3.3(b)	Sarkaçlı saatin yapısal konfigürasyonu	11
Şekil 3.4(a)	Kuvars saatin şeması	11
Şekil 3.4(b)	Kuvars saatin yapısal konfigürasyonu	11
Şekil 3.5(a)	LCD kuvars saatin şeması	12
Şekil 3.5(b)	LCD kuvars saatin yapısal konfigürasyonu	12
Şekil 3.6(a)	Mekanik saatin şeması	12
Şekil 3.6(b)	Mekanik saatin yapısal konfigürasyonu	12
Şekil 3.7	Tasarımda bilginin düzenlenmesi	15
Şekil 4.1	Fonksiyonel ve yapısal özetleme ve ilişkilendirme işlemi	25
Şekil 4.2	Bir bağlayıcının kavramsal tasarımı	26
Şekil 5.1	IDS uzman sistem kabuğunun kullanımı ile malzeme seçimi	29
Şekil 5.2	Yedi modele ayrılmış olan iki boyutlu bir tasarım aralığı	30
Şekil 5.3	Sandalye tasarımı için üç-boyutlu parametre tasarım aralığı	31
Şekil 5.4	IDS sisteminin bilgi akış diyagramı	35

Şekil 5.5	IDS ağı	36
Şekil 5.6	IDS sisteminin bilgi akış diyagramı	38
Şekil 5.7	IDS sisteminin bilgi akış diyagramındaki son bileşenin açılımı	38
Şekil 6.1	FAM sinir ağı	40
Şekil 6.2	Geri yayılmalı sinir ağı	41
Şekil 6.3	ART1 sinir ağı	42
Şekil 6.4	Sandalıye tasarımındaki çözümler	43
Şekil 6.5	Depo alanının işlenmemiş video görüntüsü	45
Şekil 6.6	Robot kolun çalışma bölgesi ve kameranın görüntü alanı	50
Şekil 7.1	Tasarımcının maliyete etki etme ve değer biçme olasılığı	53
Şekil 7.2	İmal edilebilirlik analizini içeren bir CAD/CAM entegrasyon modeli	56
Şekil 7.3	Bir parça örneğindeki karakterler ve nitelikler	59
Şekil 7.4	İmalatı imkansız olan bir nitelik	61
Şekil 7.5	İki nitelik içeren iki örnek parça	62
Şekil 7.6	Delik kalitesi ile ilgili imal edilebilirlik kuralları	62
Şekil 7.7	Öncelikli niteliklerin belirlenmesi	63
Şekil 7.8	İmal edilebilirlik analizi prosedürü	65
Şekil 7.9	Gevşek karakter grupları	67
Şekil 7.10	Kesme stratejileri	68
Şekil 7.11	Alternatif kesme stratejileri	69
Şekil 7.12	Bir proses planı önerisi	74
Şekil 7.13	TSP 'nin kapsadığı karakter tipleri	75
Şekil 7.14	Anahtar deliğindeki segmanlar	76

Şekil 7.15	Bir yönlü şablon	76
Şekil 7.16	İki yönlü şablon	76
Şekil 7.17	Sac metal parça örneği	77
Şekil 7.18	Bir takım seçme programının kullanıcı ekranı	79
Şekil 7.19	TSP 'de geri besleme bilgisi	80

TABLO LİSTESİ

		<u>Sayfa No.</u>
Tablo 6.1	Bileşenlerin boyutları ve bunlara karşılık gelen hız kademeleri	52
Tablo 7.1	Deliklerdeki imal edilebilirlik nitelikleri	60
Tablo 7.2	Kesme stratejilerindeki işleme yönleri	70
Tablo 7.3	Kesme ve alternatif kesme stratejileri için işleme yönleri	72
Tablo 7.4	TSP 'de bir delik ve bir takımın temsil edilişleri	77
Tablo 7.5	Sac metal bir parça için veri örneği	78

ÖZET

Tasarım problemlerinin karmaşık yapısı, bu problemlerin çözülmesi için birçok alternatifin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu alternatifler arasından bilgiyi temel alan yaklaşımlar, tasarım işleminin niteliksel yapısına çok iyi uyum sağlamakta ve bu alandaki problemlerin çözümü için en uygun zemini hazırlamaktadırlar. Bu nedenle bu çalışmada, bilgi temeline oturan bir yaklaşım tarzı olan yapay zekanın tasarım işlemindeki yeri izah edilmeye çalışılmıştır.

Yapay zeka uygulamalarına geçmeden önce, oldukça geniş bir alana yayılan tasarım problemlerinin bilgisayara aktarılabilmesi için düzenlenmeleri gereklidir. Bu çalışmanın ikinci, üçüncü ve dördüncü bölümleri bu konuyla ilgili açıklamaları kapsamaktadır.

İkinci bölümde birçok bilim adamının tasarım kavramıyla ilgili görüşleri aktararak bu kavram izah edilmeye çalışılmış ve tasarımdaki belirsiz fonksiyonel talepleri değerlendirmeye katarak kaliteli üretimi hedefleyen gerekli kalitede fonksiyon modeli ele alınmıştır.

Üçüncü bölüm tasarım işleminin ilk aşamalarında çözüm aralığının daraltılması için kavramsal tasarım modellerinin kullanımını incelemektedir. Bu aşamada tasarımcılar arasındaki iletişim, uygun tasarım dilinin eksikliği nedeniyle çok kısıtlıdır. Kavramsal tasarım dili; "fonksiyonel konfigürasyon", "fonksiyonel analiz", "tasarım aralığının çözümlenmesi" gibi kavramların kullanımıyla geliştirilmiştir.

Bu kavramlar dördüncü bölümde daha detaylı izah edilerek kavramsal tasarım modellerindeki iletişim dili formüle edilmiştir. Kavramsal tasarım modeli, fonksiyon, yapı ve davranış arasındaki ilişkilere dayanarak temsil edilmiştir. Tasarım, ana fonksiyonel talepleri fiziksel bir aleti tarif eden yapısal ifadelerle dönüştürme işlemi olarak değerlendirilmiştir.

Tüm bu açıklamalardan sonra beşinci, altıncı ve yedinci bölümlerde tasarımdaki yapay zeka uygulamalarından bahsedilmiştir. Beşinci bölüm veri tabanlarını kullanarak tasarım problemlerine uygun modelleri belirleyen ve bu şekilde tasarımda otomasyonu sağlayan Akıllı Tasarım Seçme Sistemini ele alarak, tasarımda yapay zeka tekniklerinin kullanımını izah etmektedir.

Yapay zeka, (1) kurallar halinde sistemde yer alan bilgi, (2) biyolojik sınırları taklit eden yapay sinir ağları vasıtasıyla akıllı sistemlerde yer almaktadır. Altıncı bölüm ortak çalışan üç yapay sinir ağı uygulamasını ele almaktadır. Bunlardan belirsiz birleşik hafıza, pazarda yer alan karakteristiklerle önceden tasarımı yapılmış olan ürünleri eşleme işleminin otomasyonunda; ikili adaptif rezonans teorisi nesne tanımlamada; geri yayılmalı sinir ağları ise kamera kalibrasyonu ve robot kol hızının ayarlanması işlemlerinde kullanılmıştır.

Ve son olarak yedinci bölümde tasarımın imalat maliyeti ve imal edilebilirlik kavramı üzerindeki etkisi ele alınmıştır. İmal edilebilirlik kavramı, proses planlama problemleriyle birlikte ele alınmış ve bu kavram bir CAD/CAM entegrasyon modeli göz önünde bulundurularak izah edilmeye çalışılmıştır.

SUMMARY

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DESIGN

Becoming and remaining competitive in global markets today depends on a number of abilities : to respond quickly to market changes, to have short product life cycles, to get the first product right, and to maintain large product variety. Methods used for product design have a definite impact on these attributes as the final design makes up sixty to eighty-five percent of the total manufacturing cost. This thesis, introduces the reader to various problems in engineering design and basic tools for the improvement of design processes, stresses the need for intelligent systems, demonstrates their performance in design using practical examples, and examines the basic tools for building such systems.

Since design problems are complex and not well understood, it is not to be expected that they can be solved with one set of tools. Many aspects of design problems are of a qualitative nature, and thus a knowledge-based approach is well-crafted for solving them. Therefore, a knowledge-based approach, neural networks and other artificial intelligence tools are emphasized throughout the thesis.

Engineering design is essentially the process of converting the desires and needs of the costumer into detailed specifications for a usable end product. It is a highly knowledge intensive and time-consuming activity which requires a great many decisions and judgements on the part of the human designer. It is also an imprecise art, since each designer differs in background, experience, preferences, and formal training. The more knowledge and experience the designers have, the better the chances for generating creative designs.

Many researchers have been trying to develop a scientific theory or at least a model of design. Their perspectives and views on the nature of design can be visualized as a feedback loop of synthesis, evaluation, and analysis. The general model of the design process is inherently iterative and requires refinements and improvements until requirements are satisfied. These issues are examined in Chapter 1 through 5. These chapters introduce the problem of engineering design and the basic tools of the design process.

In Chapter 2, basic design concepts are discussed. After introducing the problem of engineering design, various classifications of design process are discussed and design models proposed in literature are surveyed. The use of quality function deployment method for capturing fuzzy functional requirements of design is examined and the procedure to integrate quality into the design process is covered.

Chapter 3 examines the use of conceptual design models in early stages of the design process for reducing the search space of feasible design solutions. This approach is commonly used by designers. Once a conceptual design is selected, the later stages of design are more routine as the design space gets progressively narrower downstream. This activity is more intuitive rather than scientific. Communication between designers at this stage is very limited due to the lack of appropriate language and an organized modeling effort.

between designers at this stage is very limited due to the lack of appropriate language and an organized modeling effort.

Development of computational models for generating conceptual design models are explained in detail using time-measuring devices as example. Language of conceptual design is developed through concepts as "functional configurations", "functional analysis", and "design space discretization".

These concepts are further investigated in Chapter 4 in defining the language of the conceptual design models. The conceptual design model is represented in terms of the relationships between function, structure and behaviour, with an attempt to delineate them in the process. Design is considered as a process of evolution, starting by identifying, refining, and transforming the basic functional requirements to structural descriptions that would ultimately define a physical device. In conceptual design model development, design is perceived as being guided by the functional specifications and constraints that would lead to the systems of the structure. Design language that could be used for this process for representing functional, structural, and behavioral abstractions are explained in this chapter.

Once a conceptual design selected the task of converting the solution, configuration into the final design is much simpler and does not require any abstract description of concepts and structures. These tasks, identified as routine design, lend themselves well to the methods of artificial intelligence. In Chapter 5, computational models of routine design are explained in the context of an Intelligent Design System (IDS).

Products introduced to the marketplace are getting more complicated, which means that design and manufacturing of these products becomes involved. The increase in demand for high quality places an extra burden on the manufacturing processes, demanding tight control with minimum variance between products being produced. The minimization of variance from the increasingly complicated manufacturing processes must be done through improved manufacturing procedures and automation of the manufacturing processes themselves.

One of the most successful methods employed to shorten the development cycle, from design concept to market, is concurrent engineering. Concurrent engineering abandons the traditional "serial" approach to product design. After the product specifications are completed, the design team is charged with designing a product that conforms to the specifications. When the design team has completed the design, it is turned over to the manufacturing department so the processes for producing the parts for the design product can be defined. Next, the design and process plans are turned over to the production department where assembly plans are created. Also, at this time the service department is given the designs so that plans are initiated on how to service the product once it has reached the customer. It is not until the product reaches the customer that the true test of customer satisfaction is done. In the traditional product design process, first the "functionality" is designed in, then the "manufacturability" is determined, then the "assembleability" is analyzed, along with the "serviceability". Finally, and only when the product is shipped to the customer, the most important aspect of the design, the "satisfiability", is determined.

Concurrent engineering is a methodology for shortening the development cycle. A useful approach of implementing concurrent engineering is through automation of the product design and manufacturing processes. This automation can range from the automated generation of process flow charts to systems that automatically design, manufacture, and package products.

task. The fuzzy associative memory approach is utilized for automation of mapping marketing characteristics into predesigned structures. Adaptive resonance theory is utilized for object identification. A backpropagation neural network is used for camera calibration and another backpropagation neural network is used to control the speed of the robot arm based on the size of a workpiece. This unique application of neural networks in design and manufacturing can be extended to more sophisticated tools for concurrent engineering.

The example selected in Chapter 6 demonstrates the integration issues and the use of intelligent systems to automate the process using neural networks. The concepts introduced in this chapter reinforce the need for the application of concurrent engineering methodologies and specific technologies based on artificial intelligence.

Chapter 7 examines the impact of the design on manufacturability and manufacturing costs. Therefore, the check for manufacturing friendliness of a design solution should be done as early as possible. To obtain a manufacturing friendly product, one should design it for manufacturing, i.e., consider the factory dependent restrictions into account in an early design phase. Another approach is not to restrict a designer but to analyze the design solution afterwards. The first case study uses a hybrid of these two approaches, while the last two cases analyze manufacturability after the design has been completed.

The knowledge associated with process plans should be implemented in such a form that it could be reused for manufacturability evaluation. An extra effort is required and it may be frustrating to implement a module that performs just manufacturability analysis. Furthermore, when the manufacturing methods are continuously developed on the shop floor, it is difficult to maintain the knowledge. Hence it is firmly believed that it is most reasonable to use the knowledge stored in the process planning system.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde uluslararası pazarlara kalıcı olarak girebilmek için pazar değişimlerine çabuk adapte olabilmek, kısa üretim döngüsüne ve geniş üretim çeşitliliğine sahip olmak gerekmektedir. Tasarımda kullanılan metodların bu saydığımız faktörler üzerinde büyük bir etkisi vardır.

Mühendislikte tasarım, esas olarak, müşterinin ihtiyaç ve isteklerini kullanışlı bir ürün elde etmek amacıyla detaylı bir şartnameye dönüştürmektir. Tasarım yüksek bir bilgi birikimi gerektirmekle beraber, icrası esnasında bir hayli zamana ihtiyaç duyulan ve tasarımcının da birçok karar almasını gerektiren bir aktivitedir. Her tasarımcının bilgi birikimi, tecrübesi ve çalışma alanı birbirinden farklı olduğu için tasarımın belirli bir yöntemi yoktur. Tasarımcının tecrübesi ve bilgi birikiminin fazlalığı tasarımın yaratıcı olma şansını arttırmaktadır. Final tasarımı toplam üretim maliyetinin %60-85'ini belirlediği için tasarım alternatiflerinin analizi büyük önem taşımaktadır.

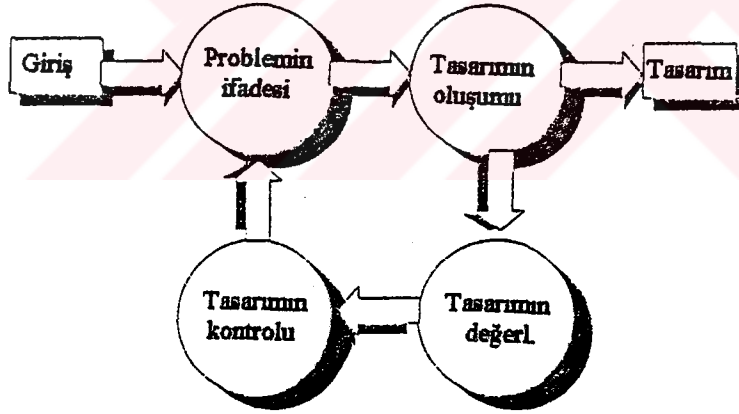
Bu çalışmada mühendislik tasarımındaki çeşitli problemler ve tasarım prosesinin gelişimi için gerekli temel araçlar incelenmekte; akıllı sistemlere duyulan ihtiyaç vurgulanmakta; bu sistemlerin tasarımdaki performansları pratik örneklerle gösterilmekte ve bu tip sistemleri inşa etmek için gerekli temel araçlardan bazıları ortaya konmaktadır.

BÖLÜM 2. TASARIM KAVRAMINA BAKIŞ

Tasarımın insan yaşamında kapladığı büyük bir yer olmasına rağmen, tasarımın oluşturulması işlemini tarif etmek çok zordur. Bunun nedeni ise mühendislikte tasarımın bilimsel bulgular yönünden eksik olmasıdır. Yeterli sayıda bilimsel prensip oluşturulmadıkça mühendislikte tasarım eğitimi ve pratiği kişiye özel sezgi ve tecrübelerin etkisinden kurtulamayacaktır.

Suh (1990) tasarımı mühendislik ve bilimsel çalışmanın dört belirgin haliyle ifade etmiştir (Şekil 2.1) :

- (1) Problemin ifadesi
- (2) Tasarımın oluşturulması
- (3) Tasarımın değerlendirilmesi
- (4) Tasarımın istenilenlere uygunluğunun kontrolü



Şekil 2.1. Bilimsel çalışma ışığında tasarımın evreleri

Simon (1969) tasarım biliminin mümkün olduğunu öne sürmüştü ve tasarımın günümüzde bilim öncesi bir evrede bulunduğunu, zamanla birçok evreden geçerek olgunlaşacağını ve tamamıyla bilimsel hale geleceğini söylemiştir. Coyne ve diğ. (1990) ise bu olgunluğa erişebilmek için tamamıyla bilimsel hale gelmiş diğer disiplinlerin metodolojilerini örnek almamız gerektiğini ifade etmişlerdir. Temelde bilimsel teorilerden yoksun disiplinleri kavrayabilmek için kullanılan iki yaklaşım tarzı vardır : Durum tahlili ve modelleme. Durum tahlili tekniği bilimsel teorilerin sağlam

temellerinden yoksun ve daha çok yoruma dayalı olan mühendislik tasarımı disiplini kavramada daha baskın olan metoddur. Tasarım işlemini kavrama ve ifadede kullanılan ikinci yaklaşım tarzı ise bir model kullanmaktır.

Birçok durumda yararlı bir model oluşturabilmek için bileşenler arasındaki matematiksel ilişkilere ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat tasarımcı, tasarımı nasıl oluşturduğunu ifade edebilse bile kendi davranışlarının matematiksel bir modele dönüştürülebilmesi, bu iş için gerekli bilimsel teoriler geliştirilmedikçe mümkün değildir. Coyne ve diğ. (1990) modelleme ile ilgili olarak şunu ifade etmişlerdir :

“ Tasarımı modellemedeki amacımız tasarımın ne olduğunu veya tasarımcının neyi nasıl yaptığını söylemekten çok, tasarımın işleyişini belli bir cepheden açıklamamıza yardımcı olacak modeller temin etmektir. “

Dixon (1987) tasarımda kullanılan model tiplerini perspektif model, ortak çalışma modeli ve bilgisayar bağlantılı model olarak üçe ayırmıştır. Perspektif model yapılan işin koşullarını belirler. Bu model belli koşullar altında tasarımın nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğini ortaya koyar. Ortak çalışma modeli kişinin düşünceye dayalı vazife ve eylemleri nasıl icra ettiğini ve tasarımcıyla bilgisayar ortamı (bilgisayar destekli çizim sistemleri gibi) arasındaki ilişkileri temsil etmeye dayalıdır. Bilgisayar bağlantılı model ise modelde yeralan değişkenlerin bilgisayar yardımıyla hesaplandığı metodlarla ilgilidir.

Duvvuru ve diğ. (1989) tasarım işlemini dört kategoriye ayırmışlardır : Yaratıcı, yenilikçi, yeniden ve rutin tasarım. Bu sınıflandırma tipleri işleme bağımlı fakat türünden bağımsızdırlar :

(1) Yaratıcı tasarım : Bu tasarım tipinde problemin çözümüne ait öncelikli bir plan yeralmaz. Problem birkaç kademeye ayrılarak analiz edilir. Kademeler problemin bileşenlerine ait seçenekleri temsil ederler. Bu tasarım tipinde anahtar, bilinçaltından biliçli hale dönüşümdür.

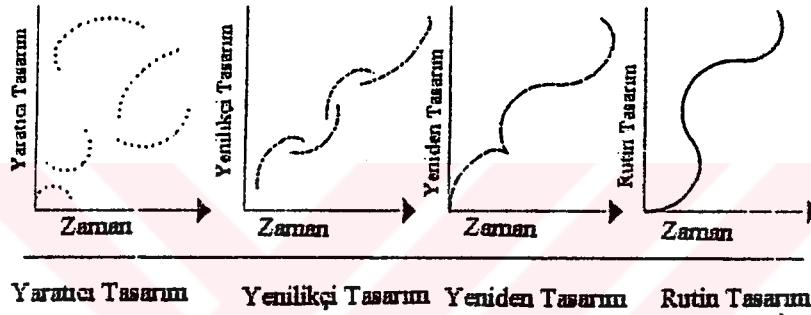
(2) Yenilikçi tasarım : Problemin analizi bilinmekte fakat alt kısımlara ait alternatiflerin sentezlenmesi gerekmektedir. Bu tasarım tipi belli bir ölçüde yaratıcılık gerektirmektedir.

(3) Yeniden tasarım : Mevcut tasarım orijinal işlevde istenilen değişikliklere göre modifiye edilir.

(4) Rutin tasarım : Bu tasarım tipinin başlangıcında, elimizde problemin çözümüne ait öncelikli bir plan mevcuttur. Alt kısımlar ve alternatifler bilinmektedir.

Bunların yaratıcı ve yenilikçi tasarımın yardımları ile elde edilmiş olmaları mümkündür. Rutin tasarım her alt kısım için istenilen şartları sağlayan uygun alternatifleri ortaya koyar.

Yaratıcı tasarımdan rutin tasarıma doğru gidildikçe, tasarım problemi belirsiz ve karmaşık bir konumdan, daha belirli, sistematik ve matematiksel bir hale dönüşür (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Tasarım kategorileri

2.1 TASARIM İŞLEMİNİN GENEL MODELİ

Tasarım işlemini tarif etmeye yeterli tek bir model ortaya koymak mümkün değildir. Bu işlemi daha iyi algılayabilmek için değişik açılardan konuya yaklaşmak gerekmektedir. Birçok araştırmacı tasarımın bilimsel bir teorisi veya modelini ortaya koymaya çalışmıştır. Bu modeller temelde birbirleriyle birçok yönden benzerlik taşımaktadırlar.

Tasarımın genel modeli sentez ve analizin geribeslemeli bir döngüsü şeklinde gösterilebilir. Tasarımcı istenilenler sağlanana kadar devamlı geri dönerek tasarımı geliştirir. Tasarım probleminin tanımı ve analizi ile başlar. Çoğu durumda ilk adım problemi alt problemlere bölmekle atılır. Daha sonra pratik çözümler tercih edilerek tasarım gerçekleştirilmelidir. Bu işlem sonucu bazı hallerde yeni ve orijinal tasarımlar ortaya çıkarken, bazı hallerde de daha önceden bulunmuş çözümler yeni probleme uygulanır (Anderson, 1977).

Tasarımın analiz, sentez ve değerlendirme olmak üzere üç değişik aşaması vardır. Analiz “NE” ‘lerin kavranma ve ifade edilmeleriyle ilgilidir. Fonksiyonel talepler tasarımcı tarafından açık ifadelere dönüştürülürler. Sentez, alternatifler arasından fizibilite açısından en uygununun bulunması aşamasıdır. Değerlendirme aşamasında ise çözümlerin orijinal fonksiyonel taleplerle uyumu gözden geçirilir. Tasarım döngüsünün ileri kolunda analiz ve sentez yer almakta, geribesleme kolunda ise değerlendirme kısmı bulunmaktadır.

2.2 GEREKLİ KALİTEDE FONKSİYON MODELİ

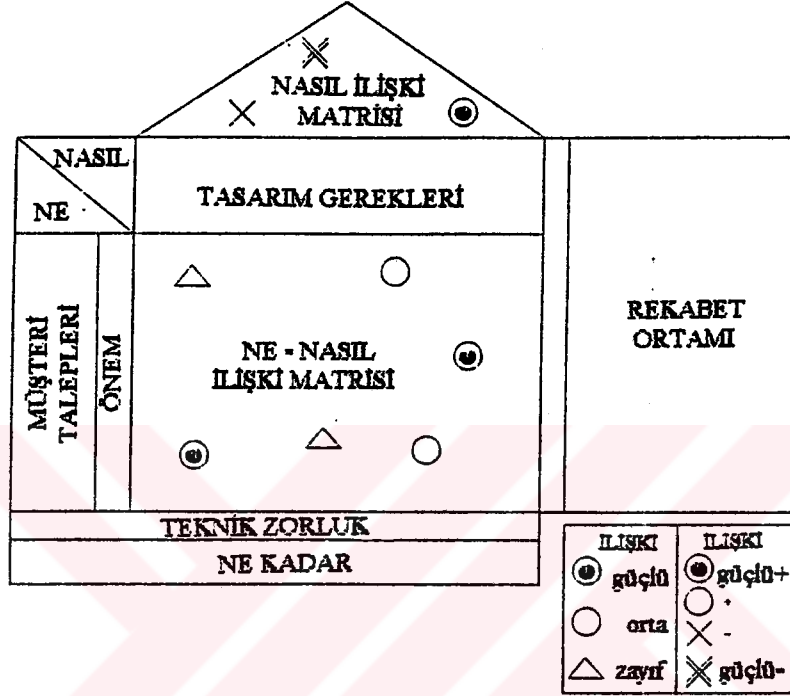
Gerekli Kalitede Fonksiyon Modeli (QFD : Quality Function Deployment), planlama, tasarım, üretim ve pazarlamanın her aşamasında müşterinin taleplerini değerlendirmeye katan tasviri bir modeldir (American Supplier Institute,1987). QFD işe müşteri istekleriyle başlar. Fakat bu talepler genelde somut bir öneri ortaya koyamazlar. Bunlar genelde ürünün iyi görünmesi, kolay kullanılması, iyi çalışması gibi müşteri için önemli fakat üretici için değerlendirilmesi zor isteklerdir. QFD tasarımcıya, tasarım ve işleve ait ürünle ilgili şirket talepleriyle, müşteriye ait taleplerin bir arada değerlendirilmesi imkanını sunar.

Gerekli Kalitede Fonksiyon Modeli birkaç çizelgenin birleşiminden oluşur. Bunlar müşteri talepleri, tasarım gerekleri, parça karakteristikleri, imalat operasyonları ve üretim talepleridir. Başlangıç listesi nesnelerden veya yeni bir ürün geliştirmek için gerekli “NE” ‘lerden ibarettir. Müşteri istekleri listesindeki maddeler genelde direkt olarak uygulanması zor olan ve daha fazla açıklama gerektiren soyuta yakın kavramlardır.

İlk tablo (ürün planlama) tepedeki çatıya benzer yapı nedeniyle “Kalite Evi” olarak adlandırılır (Şekil 2.3). Kalite Evi, sıraları (müşteri talepleri) oluşturan NE ‘ler ve kolonları (teknik ve fonksiyonel gerekler) oluşturan NASIL ‘lar arasındaki ilişkiyi temsil eder. NE ‘ler ve NASIL ‘lar arasındaki ilişkiden bir matris oluşturulur. NASIL ‘lar birbirleriyle ilişkilendirilir ve karşılıklı bağlantılar bu şekilde kurulmuş olur.

Başlangıçta NE ‘lerin herbiri daha fazla açıklama gerektirir. Listenin bir öte kademeye geçmesi her NE için bir veya daha fazla NASIL ‘ın saptanmasıyla sağlanır. NASIL listesindeki maddeler orijinal NE listesine göre daha fazla detay içerirler. NE listesine daha fazla açıklama getirebilmek için her NASIL bir NE olarak düşünülür ve

bunlar için daha detaylı bir NASIL listesi oluşturularak NE 'ler desteklenir. Bu işi gerçekleştirmek için, bir önceki tablodaki NASIL 'lar yeni oluşturulan tabloda NE 'lerin yerlerini alırlar. NE KADAR değerleri genelde bağlantıyı kolay sağlayabilmek ve objektif değerlerin kaybolmamasını temin etmek amacıyla yeni tabloya taşınır.



Şekil 2.3. Kalite evi - Ürün Planlama

Gerekli Kalitede Fonksiyon Modeli 'nin her kademesinde birkaç NASIL bir NE 'den fazla etkili, hatta bazen bozucu şekilde etkili olabilir. Bu nedenle tasarımcı NASIL 'ların ters etkilerini azaltmak amacıyla bunların uyumlu olanlarını ve aynı zamanda müşteri taleplerini de en iyi şekilde karşılayanlarını seçmek durumundadır. QFD 'nin en yararlı olduğu konu müşteri isteklerini en iyi şekilde algılamayı ve imalat ve tasarıma en iyi şekilde yansıtabilmeyi sağlamasıdır. Bu nedenle QFD; pazarlama, tasarım, üretim ve proses mühendislerinin bir takım halinde çalıştıkları eşzamanlı mühendislik ile çok iyi uyum sağlayan bir modeldir.

BÖLÜM 3 TASARIMI OTOMASYONA HAZIRLAMA

Tasarım, bir düşünce veya kavramı fiziksel bir sisteme dönüştürme işlemi olarak ifade edilebilir. Tasarım prosesi başlamadan önce bir tasarım kavramı oluşturulmalıdır. Bu aşama kavramsal tasarım olarak adlandırılır ve tüm tasarım prosesinin en zor bölümüdür. Zorluk, alternatifleri sıralamak ve değerlendirmek için kurulmuş olan sistematik metodlara sahip olmadan birkaç alternatif arasından seçim yapmak mecburiyetinden kaynaklanır. Bu aşama bilimsel olmaktan çok sezgisel bir temele oturduğu için, hem tasarımcılar arasındaki iletişimi sağlamak, hem de bilgisayar bağlantılı bir konstrüksiyon meydana getirmek için organize bilgi elde etmek zorlaşır. Bu nedenle otomasyona geçmeden evvel etkili bilgi akışını sağlayacak bir vasıta, yani bir “tasarım dili” oluşturulmalıdır.

Kavramsal aşamada problemleri ifade etmek ve çözmek amacıyla “fonksiyon dili” kullanılır. Burada fonksiyon kelimesi, tasarımın amacını (giriş ve çıkışlar arasındaki ilişki) ifade etmektedir. Kavramsal tasarımda esas fonksiyonu ve alt fonksiyonları içeren bir fonksiyon diyagramı kurulur. Fonksiyon diyagramları ayrıntılı bir fonksiyonun “nasıl” oluşturulması gerektiğine göz atmaya ihtiyaç duymadan “ne” yapılması gerektiğini ifade eder (Pahl ve Beitz, 1984). Bu bölümde tasarım aralığının çözümlenmesi ve fonksiyon diyagramlarının (fonksiyon konfigürasyonu diye de adlandırılır) kurulması gibi iki önemli tasarım kavramı aydınlatılmakta ve bu kavramların tasarım prosesinin otomasyonuna uygulanışı için yapılması gerekenler izah edilmektedir.

3.1 KAVRAMSAL TASARIM

Tasarım prosesinin kavramlaştırma aşaması üç kısımdan ibarettir (Pahl ve Beitz, 1984):

- (1) Tasarım taleplerinin esasının anlaşılması
- (2) Ana problemlerin tanımlanması
- (3) Uygun çözüm prensiplerini saptamak amacıyla fonksiyonel diyagramların oluşturulması

İlk adım, tasarım şartnamesinin genel fonksiyon ve global zorlamalar cinsinden ifade edilmesidir. Genel fonksiyon anlaşıldıktan sonra kompleks fonksiyonlar daha basit alt fonksiyonlara bölünür. Tek tek alt fonksiyonların kombinasyonu, fonksiyon konfigürasyonunda genel fonksiyonu temsil eder. Bir genel fonksiyonu optimum şekilde bölme metodu (optimum alt fonksiyon kademe sayısının ve her kademedeki alt fonksiyonun belirlenmesi) problem tipinin yeniliğine ve çözüm metoduna bağlıdır.

Tasarım problemlerini orijinal tasarım, adaptif tasarım ve değişken tasarımı olarak üç sınıfa ayırabiliriz. Orijinal tasarım alt fonksiyonlar ve bunların birbirleriyle ilişkilerinin çözülmesidir. Adaptif tasarımda bilinen bir çözüm prensibi yeni talepleri karşılamak üzere adapte edilir. Değişken tasarımı veya parametre tasarımında ise konfigürasyon ve bileşenleri bilinmektedir ve istenen bileşenlerin ölçülendirilmesidir.

Orijinal tasarım tipinde alt fonksiyonlar ve bunların birbirleriyle ilişkileri bilinmediği için optimum fonksiyonel konfigürasyonun oluşturulması, bu tipte kavramsal tasarım aşamasının en önemli adımını teşkil etmektedir. Adaptif tasarım söz konusu olduğunda ise genel yapı, tüm parça ve bileşenleriyle birlikte daha iyi tanındığı için imal edilecek ürünün analizi yoluyla fonksiyonel konfigürasyon gerçekleştirilebilir. Özel isteklere göre fonksiyonel konfigürasyon, alt fonksiyonların varyasyon, toplama ve ihmal etme yöntemleri veya bunların kombinasyonlarında yapılacak değişikliklerle modifiye edilebilir. Fonksiyonel konfigürasyonlar sadece çözüme yardımcı olabilirler. Bunlarda yapılan değişiklikler farklı çözümlere ulaşılmasına yol açtığından fonksiyonel konfigürasyonların oluşturulması çözüm aralığında sadece bir ilk adımdır. Varolan tasarımların fonksiyonel analizi başka çözümlere ulaşmak için gerekli değişkenlerin oluşturulmasına yardımcı olur. Bu değişkenler optimizasyonda ve modüller ürünlerin imalinde kullanılırlar.

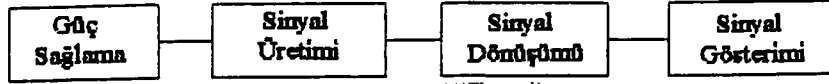
Her alt fonksiyonun çalışma prensibi tanımlanmalı ve bu prensipler uygun bir şekilde kombine edilmelidir. Bir çalışma prensibi, verilen bir fonksiyonun yerine getirilmesi için gerekli fiziksel etkiyi ve fonksiyonun şekil karakteristiğini yansıtmalıdır. Belirlenmiş bir tasarım görevinde alternatifli çalışan çözümlerin kavramlaştırılması için çözüm prensiplerinin özetleme (kısa ve öz hale getirme) yoluyla sistematik şekilde sınıflandırılmaları gerekmektedir. Çözüm aşaması esnasında fiziksel etki ve şekil karakteristiklerini birbirinden ayırmak genelde çok zordur. Çözüm alanı bunların varyasyonu sayesinde elde edilir.

Tamamlanmış bir fonksiyonel konfigürasyon, alt fonksiyonların mantıksal ve fiziksel olarak kullanılabilir durumdaki kombinasyonlarını içerir. Alt fonksiyonlar birleştirilirken çözüm prensiplerinin fiziksel ve geometrik olarak birbirlerine uygunluğunu sağlamak ve teknik ve ekonomik olarak en avantajlı kombinasyonları seçmek büyük önem teşkil eder. Büyük ölçüde soyut bir temele dayalı bu aşama esnasında, karar verme işlemi için bilgisayara başvurmak her zaman mümkün olmayabilir. Elektronik ve hidrolik devrelerde alt fonksiyonların birleştirilmeleri için bilgisayar kullanmak büyük bir avantaj sağlamakta, fakat mekanik temelli problemlerde bu tip tasarımların üç boyutlu yapıları ve elemanlarının modüler olmayan özellikleri nedeniyle bilgisayar kullanımı bir hayli zorlaşmaktadır. Mekanik bileşenlerde giriş-çıkış ilişkileri modüler dijital sistemlerde olduğu kadar kullanışlı değildir.

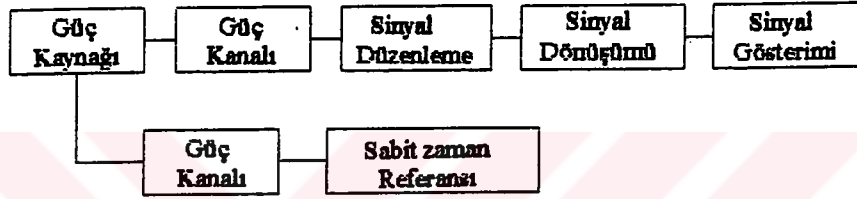
Bir fonksiyonel konfigürasyonu; özetleme, değişik çalışma prensiplerinin sistematik bir şekilde sıralandırılması ve alt fonksiyonların fiziksel olarak uygun bir şekilde kombine edilmeleri yoluyla oluşturmak; bunların hepsi “ yanlış elde etme riskini “, yani kavramsal yanılabilirliği azaltır. Bu sistematik metodlar probleme yaklaşma yollarını çeşitlendirmekle beraber yaratıcılığı da teşvik ederler. Bilgisayar temeline dayanan modeller oluşturmaktaki amaç, içinde mevcut tasarımlarla ilgili özetlenmiş, sınıflandırılmış ve bir bilgisayar programının çeşitli çözüm önerileri sunabileceği ve uyumsuzlukları tasarımın erken aşamalarında saptayabileceği şekilde derlenmiş bir yapı oluşturmaktır.

Fonksiyonel Konfigürasyonlara Bir Örnek : Zaman Ölçme Aletleri

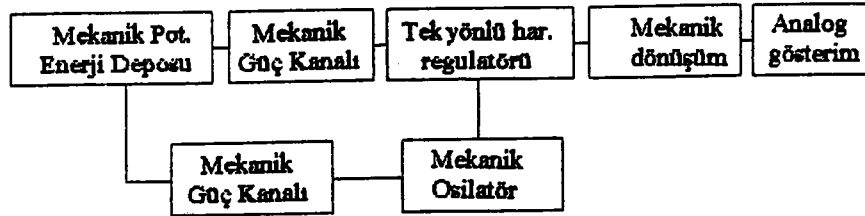
Saatin icad edildiği tarihten bugüne kadar birçok değişik model üretilmiştir. Bunların yapıları farklı fakat çalışma prensipleri aynıdır. Hepsi için gerekli olan iki temel yapı vardır : Bir düzenli hareket kaynağı ve bu hareketi saymak için gerekli bir araç. Değişik saat tipleri arasındaki ortak fonksiyon ve özellikler bir saatin ana fonksiyonunun ifade edilmesi ile ortaya konulabilir. Değişik tasarımların bu ortak modeli, değişik alt fonksiyonlar ve bunların birbirleriyle ilişkilerini sergileyen bir fonksiyonel konfigürasyon vasıtasıyla temsil edilebilir.



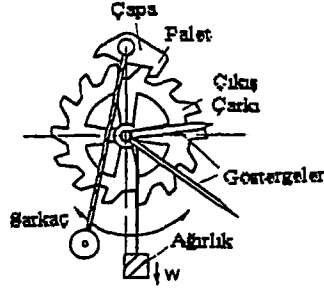
Şekil 3.1(a). Bir saatin ana fonksiyonları



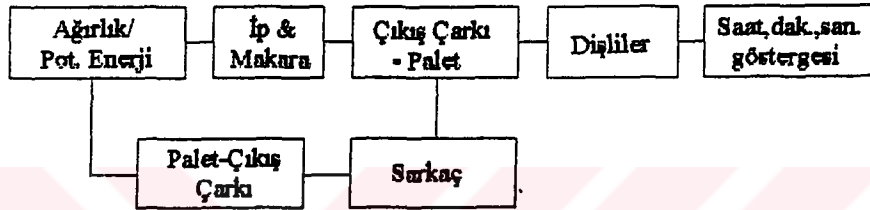
Şekil 3.1(b). Bir saatin temel alt fonksiyonlarını gösteren fonksiyon ağı



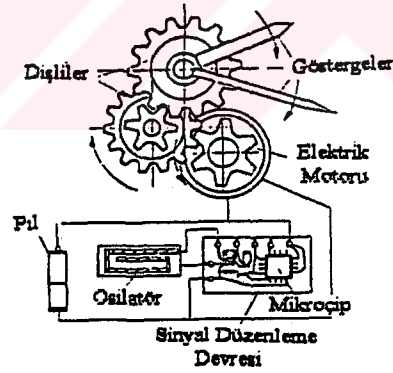
Şekil 3.2. Mekanik bir saatteki temel fiziksel yapı taşları ağı



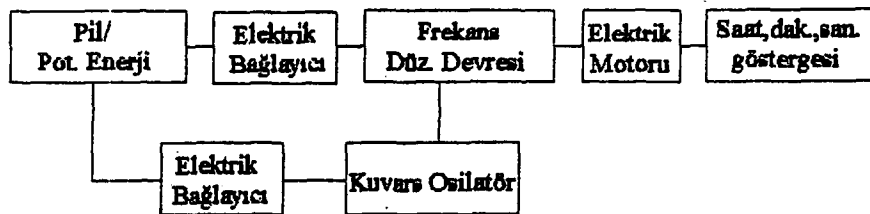
Şekil 3.3(a). Sarkaçlı saatin şeması



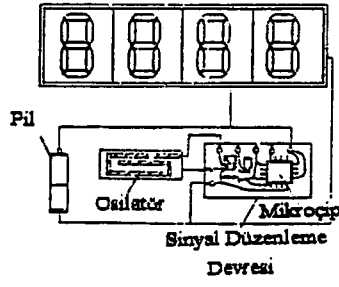
Şekil 3.3(b). Sarkaçlı saatin yapısal konfigürasyonu



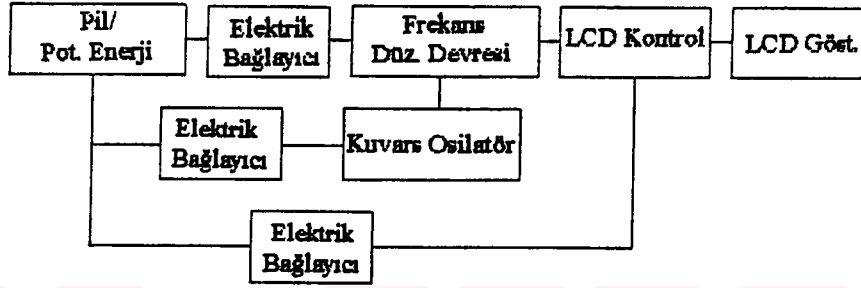
Şekil 3.4(a). Kuvars saatin şeması



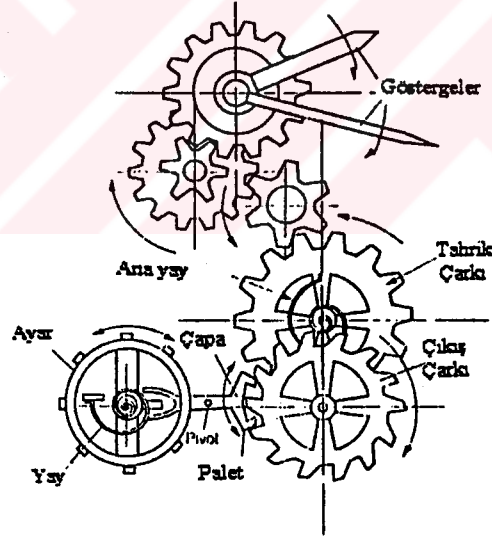
Şekil 3.4(b) Kuvars saatin yapısal konfigürasyonu



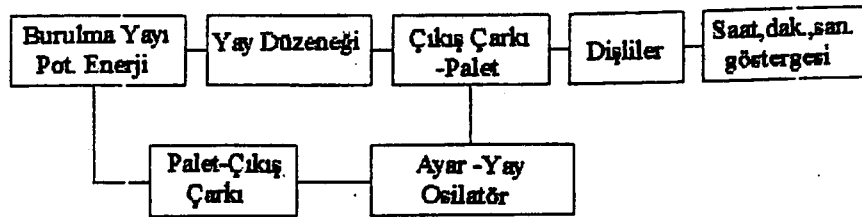
Şekil 3.5(a) LCD kuvars saatin şeması



Şekil 3.5(b). LCD kuvars saatin yapısal konfigürasyonu



Şekil 3.6(a). Mekanik saatin şeması



Şekil 3.6(b). Mekanik saatin yapısal konfigürasyonu

Şekil 3.1(a) bir saatin temel fonksiyonel konfigürasyonunu göstermektedir. Burada genel fonksiyon alt fonksiyonlar cinsinden özet olarak ifade edilmiştir. İkinci kutudaki sinyal kelimesi, elektriksel sinyali değil de herhangi bir düzenli hareket veya değişim kaynağını anlatır. Daha detaylı bir ayrıştırma Şekil 3.1(b) 'de yer almaktadır. Şekil 3.2 mekanik çalışma prensiplerini kullanan yapısal bir konfigürasyonu göstermektedir. Şekil 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6 sırasıyla sarkaçlı, kuvars, kuvars LCD ve mekanik saatlerin fiziksel konfigürasyonlarını ihtiva etmektedirler. Bütün bu fiziksel konfigürasyonların, orijinal fonksiyonel konfigürasyondan yola çıkılarak elde edilmelerinin mümkün olduğu gibi, orijinal fonksiyonun da fiziksel konfigürasyonların herhangi biri vasıtasıyla türetilmesi mümkündür. Saatin gelişimi, her saatte, alt fonksiyonları yerine getiren birbirinden farklı araçlara bakılarak açıklanabilir. Örneğin su saatinde enerji depolama alt fonksiyonu için kullanılan su kafası, sarkaçlı saatte yerini ağırlığa, portatif saatte ana yaya, son olarak da elektrik piline bırakmıştır. Mevcut tasarımlarda yer alan parçaların fonksiyonlarının özetlenmesindeki ana hedef, bunlara alternatif teşkil edebilecek yeni yapıların kurulmasına yardımcı fonksiyonel konfigürasyonların oluşturulmasının sağlanmasıdır. Özetleme, bilgiye ve çözüme ulaşmayı kolaylaştırır.

Saatin analizi yoluyla, genel fonksiyonu yerine getirmek için gerekli temel fonksiyonlar tanımlanmış olur. Bu temel fonksiyonlar, fonksiyonel yapı taşları olarak adlandırılırlar. Elimizdeki örnekte fonksiyonel yapı taşları; güç sağlama, sinyal üretme, sinyal düzenleme, sinyal dönüşümü (gösterim için) ve sinyal gösterimidir. Bu fonksiyonel yapı taşlarına birçok değişik yolla fiziksel yapı kazandırılabilir. Örneğin sinyal üretim fonksiyonu, sarkaç veya kristal osilatör (kuvars saat) veya ölçülü akış (su saati) şeklinde fiziksel yapıya dönüştürülebilir. Bu fiziksel bileşenler ise fiziksel yapı taşları olarak adlandırılırlar. Aşağıda bir mekanik saatteki fiziksel yapı taşları ve bunlara ait örnekler yer almaktadır :

Fiziksel Yapı Taşları

Enerji depolama aletleri
Güç kanalı
Osilatör
Aralıklı hareket aleti
Transmisyon

Fiziksel Bileşenleri

Ağırlıklar,yaylar
Şaft (rijit veya esnek)
Sarkaç
Dişli çark mandalı
Vites, kayış-kasnak

3.1.1 TASARIM ARALIĞININ ÇÖZÜMLENMESİ

Sistematik tasarım için bilgisayar bağlantılı modeller oluşturma işleminin ilk adımı tasarım aralığının çözülmesidir. Kavramsal tasarımda çözümleme; tanımlama, temsil etme ve tasarım yapı taşları (fonksiyonel ve fiziksel yapı taşları) yoluyla sonuca gitme anlamını taşırken; parametrik tasarımda bu terim tanımlama, temsil etme ve tasarım alt aralıklarının oluşturulması işlemini tarif eder.

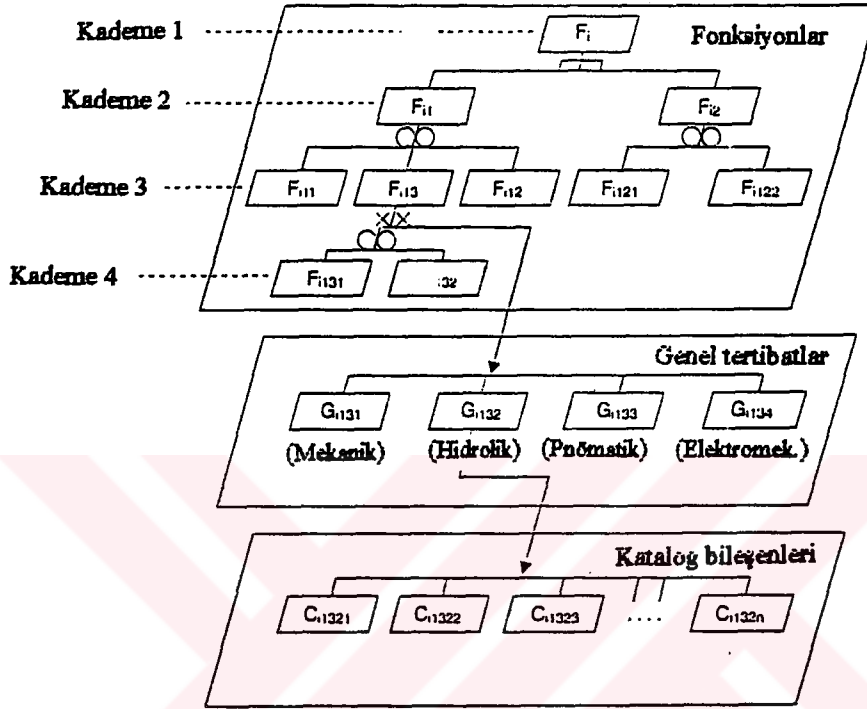
Her yapı taşı tasarım aralığında bir alt aralığı temsil eder. Tasarım aralığı çözümlendikten sonra bu yapı taşları yeni konfigürasyonlar oluşturmak amacıyla birleştirilir. İşte bu çözümleme ve yeniden birleştirme kavramsal tasarımda bilgisayar modelleri oluşturmak için temel noktadır (Kota, 1990; Kota ve Lee, 1990).

Tasarımda otomasyonu sağlayan tasarım aralığının alt aralıklara bölünme işleminin başarısı, tasarım aralığının modülerliğine bağlıdır. Fakat mekanik tasarım ortamının sürekliliği çözümlemeyi zorlaştırmaktadır. Tasarım parametreleri değiştikçe mekanik sistemlerin davranışı her zaman düzenli bir yapı teşkil etmez. Mekanik tasarımlarda fonksiyonel ve fiziksel yapı taşlarının oluşturulmasındaki en büyük zorluklardan biri, fonksiyonların çakışmasıdır. Örneğin mekanik saat örneğinde çıkış çarkı hem sinyal düzenleme, hem de aktarma görevini üstlenmektedir. Çok fonksiyonlu, yani birden fazla fonksiyonu üstlenen bir elemandır. Bu gibi hallerde her elemanın öncelikli fonksiyonu belirlenmeli ve o elemanla ilişkilendirilmelidir.

3.2 TASARIMDA BİLGİNİN DÜZENLENMESİ

Kavramlaştırma işleminin bilgisayarlarda kullanılabilmesi için düzenlenmesi gerekir. Kota ve Lee (1990) tarafından geliştirilen fonksiyonel bir çatıda tasarım şartnamesi; fonksiyonel gerekler (sayı, giriş ve çıkışların sırası , vb.), performans gerekleri (çıkış kuvveti, hız, emniyet, vb.) ve sınırlamalar (maliyet, ağırlık, boyut, vb.) olarak ayrılmıştır. Tasarımda bilginin organizasyonu üç basamakta gerçekleştirilebilir. En üst basamakta aşama sırasına göre düzenlenmiş olan fonksiyonlar yer alırlar. Orta basamakta her biri tasarımın bir alt aralığını temsil eden genel fiziksel araçlar bulunurlar. En alt basamakta ise katalog bileşenleri (verilen bir tasarım alt aralığındaki noktalar) yer alırlar (Şekil 3.7). Sistemdeki sınırlamalar hesaba katılmadan önce temel fonksiyonlar tanımlanır ve istenen performansa uygun bir veya daha fazla genel

tertibatla ilişkilendirilir. Her genel tertibat için gerekli katalog bileşenleri ise sınırlamalar ve toleranslar gözönüne alınarak tanımlanır.



Şekil 3.7. Tasarımda bilginin düzenlenmesi

Temel fonksiyonların aşama sırasına göre düzenlenmeleri için her fonksiyon alt fonksiyonlara bölünür. Bu bölünme her alt fonksiyon bir katalog elemanı ile ilişkilendirilene kadar devam eder. Genel tertibatlar ise çalışma prensiplerine göre sınıflandırılırlar. Her genel tertibat katalog bileşenlerinin bir sınıfıdır. Örneğin bir solenoid elektromanyetik prensiplere dayanan, hidrolik silindir ise hidrostatik prensipleri hayata geçiren bir genel fiziksel tertibattır.

Her bir genel tertibatın bir alt aralığı temsil etmesi fikri, bilgisayar modelinde her tasarım parametresi için fizibilite açısından uygun bir alan tanımlanmasıyla gerçekleştirilir (parametrik tasarım). Hidroliklerin dünyasında her genel tertibat ve özellik kendi değeri cinsinden ifade edilebilir. Her karakteristiğin değerlerinin sınırlandırıldığı bir alan vardır. Aralıklı ve nokta alan olarak adlandırılmak üzere iki tip alan mevcuttur. Aralıklı alan tipinde, bu alan içindeki bir değer, kendisinin içinde bulunduğu bir değerler aralığı ile ilişkilidir. Örneğin "sistem basıncı" gibi

karakteristikler, basıncın belli bir aralık içinde yer alması zorunluluğu nedeniyle aralıklı alan sahibidirler. Bu tip karakteristikler aralık içinde erişilmesi arzu edilen bir değerle ifade edilirler. Nokta alan tipinde ise değerler aralıklarla ilişkilendirilmez. Örneğin “akış tipi” gibi karakteristiklerde nokta alanlar bulunur. Karakteristikler bir tasarım aralığının boyutlarını teşkil ederler. Karakteristiklerin N_c sembolü ile gösterilmesi, karakteristik alanının kartezyen çarpımı gibi düşünülebilen n_c boyutlu bir tasarım alanını ifade eder. Tasarım aralığının boyutları kritik elemanların saptanıp elenmeleriyle azaltılır. Daha sonra bu daraltılmış alanda, istenen şartlara en uygun genel tertibat aranır. Aşağıda anlatılanlarla ilgili bir örnek yer almaktadır :

Genel Fiziksel Tertibat : Çok yollu hidrolik valfler

Örnek : Çok yollu makara valfi

<u>Karakteristikler ($n_c = 9$)</u>	<u>Alan tipi</u>	<u>Değerler</u>
Pozisyon sayısı	nokta	tamsayı (2,3,4 veya 5)
Giriş sayısı	nokta	tamsayı (2 veya 3)
Çıkış sayısı	nokta	tamsayı (2,3,4,6 veya 8)
Operasyon tipi	nokta	sembol (solenoid, manuel,vb.)
Akış tipi	nokta	sembol (kapalı, açık mer.)
Basınç düşüşü	aralık	reel sayı alanı
Akış kapasitesi	aralık	reel sayı alanı
Yol genişliği	nokta	reel sayı
Montaj tipi	nokta	sembol (yan, ön, vb.)

Bu açıklamalardan sonra tasarım işlemini şu şekilde özetleyebiliriz :

1. Fonksiyonel gerekleri tasarımdaki sınırlamalardan ayır ve fonksiyonel gerekleri esas alan F_i fonksiyon modülleriyle bir ana ağ kur.

2. Her F_i fonksiyonel modülü için :

(a) Performans gereklerini karşılayabilen, sınırlamalar ve fizibilite açısından uygun bir G_{ij} genel fiziksel tertibatı tanımla, veya

(b) Daha basit F_{ik} alt fonksiyonlarına bölerek (a) şikkını tekrarla

3. Her G_{ij} için tüm sınırlamaları karşılayabilecek bir katalog elemanı tanımlanmıştır. Fizibiliteye uygun her genel tertibat için en uyumlu katalog bileşeni

bir bilgisayar ağı kullanılarak tesbit edilir. Bilgisayar ağı her fonksiyonel ve yapısal karakteristik için bir uyum derecesi hesaplar ve en iyi bileşeni seçer. Bilgisayar ağı hesaplamaları sonucunda uygun bir bileşen saptayamazsa 2 numaralı işleme geri dönülerek proses devam ettirilir.



BÖLÜM 4 KAVRAMSAL TASARIMDA FORMÜLASYON

Tasarım işlemini anlamak için gerekli olan en önemli faktörlerden biri, tasarımdaki fonksiyon - davranış - yapı ilişkisinin kavranması ve bu ilişkinin yapay zekaya dayalı bir modelinin oluşturulmasıdır. Eşzamanlı mühendislik modelleri için gerekli iletişim hatlarının temin edilmesi bu şekilde mümkün olur.

Fonksiyon ve davranış kavramları çoğu yerde birbirlerine yakın anlamda kullanıldıkları için ilk olarak iki kavram arasındaki farkı ortaya koymak gerekir. Saat örneğini ele alırsak; burada sistem elemanlarından biri olan akrebin davranışı sabit bir nokta etrafında dönmek olarak tarif edilebilirken, elemanın fonksiyonu zamanı göstermek olarak tanımlanabilir.

Fonksiyon - davranış - yapı modelinin oluşturulmasında özetlemenin formüle edilmesi büyük önem taşır. Çünkü özetleme birimler arasındaki bilgi akışını kolaylaştırma özelliğiyle, tasarım işlemiyle üretimin planlanmasının eşzamanlı olarak yürütülmesine olanak sağlar (Kumara ve diğ., 1989).

4.1 ÖZETLEME İŞLEMİNİN FORMÜLASYONU

Fonksiyonel Özetleme :

Tasarım işlemi genelde tek bir ihtiyaçtan doğar. Bu ihtiyaç ana fonksiyonu oluşturur ve gösterimi de f^* şeklindedir. Birçok durumda ihtiyacın kendisi fonksiyonel gerekleri ifade etmekten uzaktır. Bu nedenle tasarımcı bu kavramı, tasarımın durumuna ve sistemdeki sınırlamalara dayalı olarak açık fonksiyonel gereklere (F) çevirmek zorundadır. Genelde esas arzulanan fonksiyon diğer fonksiyonlar cinsinden ifade edilir. Bu adım tasarım işleminin başlangıcını teşkil eder :

$$\text{İhtiyaç - değişim} \rightarrow F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$$

Yapısal Özetlemenin Formülasyonu :

Herhangi bir yapının tarifi için yapısal semboller veya yapısal ifadeler kullanılabilir (sd). Herhangi bir Sd_i yapı alanı sonsuz sayıda sembol veya ifade içerir :

$$Sd_i = \{sd_{i1}, sd_{i2}, sd_{i3}, \dots\}$$

Bu semboller bu yapıyı tam manasıyla ifade eder ve diğerlerinden ayrılmasını sağlarlar. Tasarlanmış bir makina, istenen fonksiyonu elde etmek için belli bir tarzda birbirine bağlanmış olan yapısal ifadelerin birleşiminden ibarettir. Bu sebeple bir (Pd_i) fiziksel aleti aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

$$sd_1 \wedge sd_2 \wedge \dots \wedge sd_k \rightarrow Pd_1$$

Bu yapısal ifadelerin herhangi birinin değiştirilmesi ortaya değişik bir makina çıkmasına neden olur :

$$sd_1 \wedge sd_3 \wedge \dots \wedge sd_m \rightarrow Pd_2$$

Davranış özetlemesinin formülasyonu :

Çevresiyle etkileşimde olan herhangi bir Pd_i aletinin her sembolü belli şartlar altında belli bir b_i davranış biçimi gösterir. Alet bir davranış biçiminden fazlasını içeriyorsa, davranış ifadesi bir $\{b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{in}\}$ grubunu içerir.

$$F(Pd_i) \rightarrow B_i = \{b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{in}\}$$

Burada $F(Pd_i)$ bir Pd_i fiziksel aletinin fonksiyon grubudur.

$$F(Pd_i) = \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{iks}, f^*, f_{in}\}$$

olduğu için ilişkilendirme işlemi :

$$\{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{ik}, f^*, \dots, f_{in}\} M \{B_i = \{b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{in}\}\}$$

şeklinde temsil edilir. Burada M ilişkilendirme fonksiyonudur.

Aletin sergilediği davranış, çevresiyle olan etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Belirli bir t zamanında çevrenin durumu bir $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ grubuyla ifade edilir. Şu ana kadar yaptığımız tanımlamalar yardımıyla özetleme işlemini aşağıdaki şekilde temsil edebilirsiniz :

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f^*, f_n\}$$

$$S = \{sd_1, sd_2, \dots, sd_n\}$$

$$B_i = \{b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{in}\}$$

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$$

Burada f^* sembolü amaç fonksiyonunu, f_i sembolleri fonksiyonları, sd_i sembolleri yapıları, b_i sembolleri davranışları ve c_i sembolleri ise sınırlamaları temsil etmektedir.

Tasarım probleminin esasını fonksiyonların özetlenmesi ve yapısal ifadelerle ilişkilendirilmeleri teşkil eder. İlişkilendirme fonksiyonu $M_1, M_2, \dots$ şeklinde gösterilmiştir. Burada M_i herhangi bir proses, makina veya bunlara benzer bir şeye karşılık gelebilir.

Bu ilişkilendirme işleminin özellikleri arasında bir fonksiyonu birden fazla yapı yolu ile elde etme olasılığı vardır :

$$f^* \rightarrow \{sd_i\}$$

$$f^* \rightarrow \{sd_j\}$$

$$f^* \rightarrow \{sd_k\}$$

Bu çoklu ilişkilendirmeden çıkarabileceğimiz anlam farklı yapısal ifadelerin çeşitli kombinasyonları yolu ile aynı aleti elde edebileceğimizdir. Aynı zamanda bir fonksiyonu temin eden bazı yapıların değişik bileşenlerle birlikte kullanılmaları da farklı aletlerin ortaya çıkmasına yol açar :

$$sd_1 \wedge sd_2 \wedge sd_3 \wedge \dots sd_k \rightarrow Pd_1$$

$$sd_1 \wedge sd_3 \wedge sd_5 \wedge \dots sd_n \rightarrow Pd_2$$

$$sd_1 \wedge sd_3 \wedge sd_4 \wedge \dots sd_j \rightarrow Pd_3$$

Bir çevresel durum grubunun yapısal ifadeler yolu ile temsil edilmekte olan bir aletle karşılıklı etkileşimi aletin belli bir davranış grubunu sergilemesine yol açar :

$$\{c_1, c_2, \dots, c_n\} m_1 \{sd_1 \wedge sd_2 \wedge sd_3 \wedge \dots sd_n\} \rightarrow B_i$$

$$\{c_1, c_2, \dots, c_n\} M_2 \{sd_1 \wedge sd_3 \wedge sd_5 \wedge \dots sd_k\} \rightarrow B_j$$

$$\vdots$$

$$\{c_1, c_2, \dots, c_m\} M_1 \{sd_1 \wedge sd_2 \wedge sd_3 \wedge \dots sd_k\} \rightarrow B_k$$

Başarılı bir tasarımda B_i davranış grubu esas arzulan f^* fonksiyonuyla eşlenen en az bir b_{ij} elemanı içermelidir. B_i böyle bir elemana sahip değilse tasarlanan alet istenen fonksiyonu sağlayamaz. Böyle bir durumda ise prosesin kavramsal aşamadaki yeniden tasarım aşamasına geri dönmesi gerekir.

4.2 MEKANİK BAĞLAYICILARIN FORMÜLER İFADELERİ

Birçok tasarım elemanı genelde belli bir tarzda birleştirilmesi gereken parçalardan oluşur. Bir bileşenden oluşan nesnelerin bile şekil ve büyüklükteki sınırlamalar nedeniyle birkaç parçaya bölünmeleri gerekebilir.

Bilinen birleştirme işlemleri mekanik bağlayıcılar, metalurjik işlemler ve adhesif bağlayıcılar olmak üzere üçe ayrılır (Ray, 1985). Metalurjik işlemlerde metaller birleştirilirken; adhesif bağlayıcılarda polimerler kullanılarak daha hafif ve ekonomik yapıların elde edilmesi hedeflenir. Mühendislik tasarımında en çok kullanılan birleştirme yöntemi ise mekanik bağlayıcılardır.

Bir tasarım probleminde y ve z elemanlarının bir Pd_i fiziksel aletini oluşturmak veya bunun bir parçası olmak için birleştirilmeleri gerekiyorsa, A_i bileşeninin ve/veya Pd_i aletinin genel kullanımları birleştirme fonksiyonunun dönüşümünü etkiler.

$$\text{nesne } (x) \wedge \text{eleman } (y) \wedge \text{eleman } (z) \wedge \text{birleştirme } (x, y, z) \rightarrow \text{bileşen } (A_i) \in Pd_1 \wedge Pd_2$$

X elemanın fonksiyonel temsili aşağıdaki şekildedir :

$$F(x) = \{f^*\}$$

$F = x$ elemanın kavramsal fonksiyonel özellikler grubu

$f^* = \text{birleştirme}$

Bu aşamadan sonra problem, “ Y elemanı z elemanı ile birleştirecek bir x elemanı mevcut mudur ? ” şekline dönüştürülebilir. Ve bu problemin formül ifadesi de aşağıdaki şekildedir :

$$\exists x \forall y \forall z \{ \text{nesne}(x) \wedge \text{birleştirme}(x, y, z) \rightarrow \text{birleştirme}(x, y, z) \} ?$$

şeklinde gösterilebilir. Ve çözümü de bir işlem, katalitik bir bileşen veya fiziksel bir nesne olabilir. Tasarımcı iki faktörü dikkate alarak kavramsal özetlemeyi gerçekleştirmelidir. İlk faktör çevre koşulları ve birleştirme maliyeti gibi sınırlamalardır. İkinci faktör ise fonksiyonlar ve birleştirmenin hayata geçirilebilme olasılığıdır. Birleştirmede aranan fonksiyonlara örnek olarak dayanıklılık ve tekrar kullanım gösterilebilir. Hayata geçirilebilme olasılığına örnek olarak ise bakım ve üretim kabiliyetleri gösterilebilir. Fonksiyonel özellikler ve sınırlamalar son kullanım yerine bağlı oldukları için birleştirmenin kullanımı ve yeri kendine özgü bir hal aldıkça özetleme de daha detaylı bir şekle girer (Al Hamando, 1990).

Örneğin bağlayıcının bir taşıt aracında kullanıldığını düşünelim. Bu takdirde aracın kullanımı, f^* ‘ı, aletin ömrü, birleştirmenin mukavemeti ve çevre şartları gibi birçok fonksiyonel sınırlama faktörüne maruz bırakacaktır. Başka bir örnek olarak, bir hava aracı içindeki fiziksel bir aletin elemanı olmak üzere birleştirilen iki parçayı göz önüne alalım. Bu tür bir alet genelde kısa bir süre için yüklenme fakat uzun süre kullanılabilme özelliğine sahip olmalıdır. Bu ise aletin ve bileşenlerinin bakımının sık aralıklarla yapılmasını gerektirir. Böyle bir durumda birleştirme elemanı kuvvetli ve parçalara ayrılabilir olmalıdır. Böylece saptarılan özellikler fonksiyonel şartnameye eklenir :

$$\exists x \forall y \forall z \{ \text{nesne}(x) \wedge \text{birl.}(x,y,z) \wedge \text{kuvvetli-birl.}(x) \wedge \text{hareketli}(x) \rightarrow \text{birl.}(x,y,z) \}$$

Elimizdeki örnekte istenilenleri sadece mekanik bir bağlayıcı sağlayabilir :

$\forall x \forall y \forall z \{ \text{nesne}(x) \wedge \text{birl.}(x,y,z) \wedge \text{kuvvetli-birl.}(x) \wedge \text{hareketli}(x) \rightarrow$
mekanik bağlayıcı $(x) \}$

Birleştirme elemanı olarak mekanik bağlayıcı seçildikten sonra fonksiyonel ve yapısal özellikler ve davranış özellikleri saptanır. Birleştirme ile ilgili fonksiyonlardan bazıları bağlayıcının tekrar kullanılabilirliği, bağlayıcı ve birleştirmenin mukavemetleri ve üretilebilirlikleridir. Bu özellikler $F(x)$ fonksiyonel grubuna eklenirler :

$$F(x) = \{f^*, f_1, f_2, f_3\}$$

F = kavramsal fonksiyonel özellikler grubu

f^* = birleştirme

f_1 = tekrar kullanılabilme

f_2 = mukavemet

f_3 = üretilebilirlik

Bağlayıcıların yapısal nitelikleri ise tahrik (sd_t), kafa (sd_k), gövde (sd_g), uç (sd_u) ve kilitleme aletidir (sd_{ka}). Bu sembollerde Sd yapı grubuna eklenir :

$$Sd = \{sd_t, sd_k, sd_g, sd_u, sd_{ka}\}$$

Taşıt araçlarındaki birleştirmelerde mevcut olan sınırlamalar, üretim maliyeti (c_1) ve çevresel koşullardır. Çevresel koşullar, ısı kapasitesi, (c_2), akışkan uyumu (c_3), korozyon dayanımı (c_4), titreşim dayanımı (c_5), negatif basınç (c_6) ve malzeme uyumudur (c_7) :

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7\}$$

Bu aşamadan sonra prototipin tanımlanmasına geçilir. Tasarımcının fonksiyonları daha fazla ayrıştırması gereklidir. Örneğimizdeki ilk fonksiyon bağlayıcının yeniden kullanılabilme özelliğidir. Bu fonksiyon açık bir gruba eklenir.

Elde edilen değer, fonksiyonu daha ileri bir özetleme kademesine ayrıştırarak olan ikinci kademedен bir dönüşüm fonksiyonuna iletilir. Bu şekilde yapısal ifadelerle bağlantı sağlanır.

Burada kullanılan gösterim şekli fonksiyon ve yapının hiyerarşik bölünmesini sergilemek amacıyla tasarlanmıştır. Bir f_n fonksiyonu ayrıştırıldığı zaman birden çok hale gelir. Fonksiyonların türetilişini belirtmek amacıyla alt kademe fonksiyonu f_{ni} şeklinde gösterilir. Buradan türetilen fonksiyonlar ise f_{nij} şeklinde gösterilirler.

Bir bağlayıcının yeniden kullanılabilme özelliği; ulaşılabilir olmasına, hareket kabiliyetine ve çalışma kuvvetine bağlıdır. Bu nedenle f_1 ' in ayrıştırılması aşağıdaki şekildedir :

$$f_1 = \{f_{11}, f_{12}, f_{13}\}$$

f_1 = bağlayıcının yeniden kullanımıyla ilgili fonksiyonlar grubu

f_{11} = ulaşılabilirlik

f_{12} = hareket kabiliyeti

f_{13} = çalışma kuvveti

Tekrar sıralarsak, bağlayıcının yeniden kullanılabilmesi için ulaşılabilir olması; temel birleşme konfigürasyonunu ve mukavemetini etkilemeyecek şekilde hareketli olması ve uygun bir şekilde hareketliliğini sağlayacak uygun bir kuvvetle yerleştirilmesi gerekir.

$$\forall x \{ \text{bağlayıcı} (x) \wedge f_1 (x, \text{yüksek}) \rightarrow f_{11} (x, \text{yüksek}) \wedge f_{12} (x, \text{yüksek}) \wedge f_{13} (x, \text{min}) \}$$

Yeni kademe fonksiyonlar açık gruba eklenirler, buradan elde edilen değerler gerekli görülürse daha fazla ayrıştırılırlar veya yapısal sembollerle ilişkilendirilirler.

Bir bağlayıcının ulaşılabilirliği kafasının, uç kısmının ve kilitleme aletinin ulaşılabilirliklerine bağlıdır.

$$f_{11} = \{f_{111}, f_{112}, f_{113}\}$$

f_{11} = bağlayıcının ulaşılabilirliğiyle ilgili fonksiyonlar grubu

f_{111} = kafanın ulaşılabilirliği

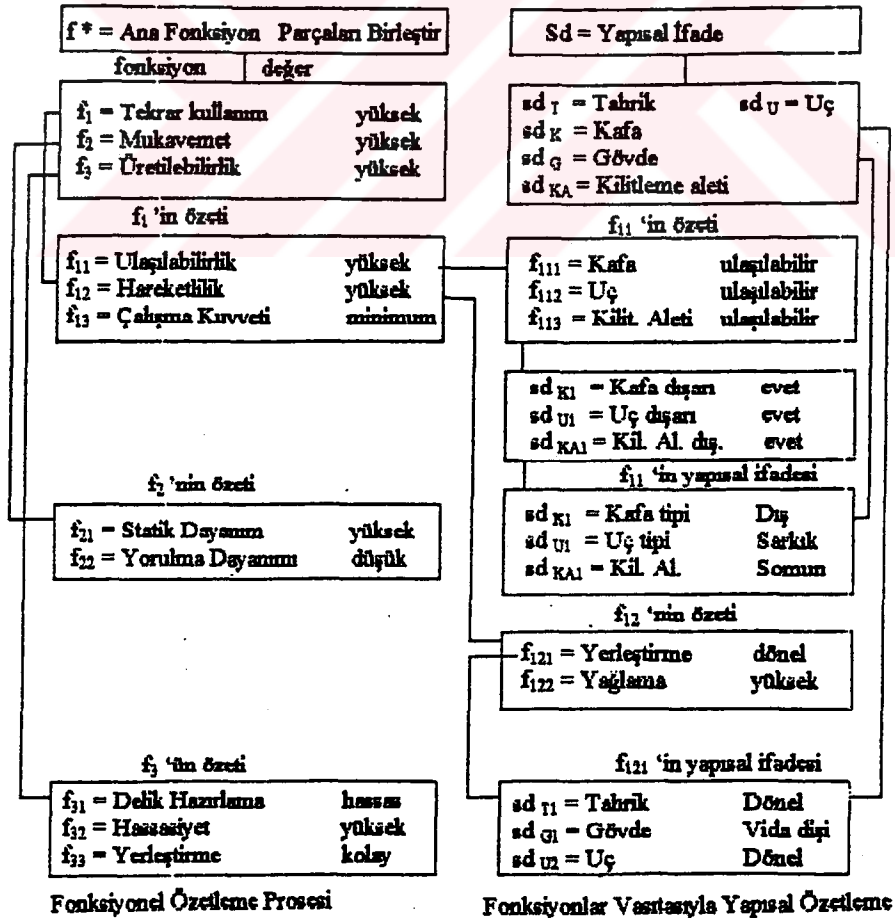
f_{112} = uç kısmın ulaşılabilirliği

f_{113} = kilitleme aletinin ulaşılabilirliği

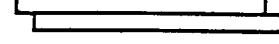
Bağlayıcının yüksek seviyede ulaşılabilirliğe sahip olması için kafasının, uç kısmının ve kilitleme aletinin ulaşılabilir olmaları gerekir. Bu semboller açık gruba eklenir ve yapısal nitelikleri elde etmek amacıyla ilişkilendirme fonksiyonuna iletilirler. Örneğin bağlayıcı kafasının ulaşılabilirliği f_{111} , kafanın yapısal ifadesini etkiler ve başka etkenlerle birlikte kafa tipini belirler :

$$\forall x \{ \text{bağlayıcı}(x) \wedge f_{111}(x, \text{yüksek}) \rightarrow sd_{k1}(x, \text{dış}) \}$$

Bu formülde sd_{k1} bağlayıcının kafa tipidir. Benzer bir şekilde, uç kısmın ve eğer varsa kilitleme aletinin ulaşılabilirlikleri de uç kısmın yapısal ifadesi sd_{u1} 'i ve kilitleme aletinin yapısal ifadesi sd_{ka} 'yı etkilerler. İlişkilendirme işlemleri bittikten sonra açık gruptaki f_{12} fonksiyonuna geçilir ve işlemler bu şekilde devam eder.



Şekil 4.1. Fonksiyonel ve yapısal özetleme ve ilişkilendirme işlemi



$\exists x \{ \text{nesne}(x) \wedge \text{birleştirme}(x, y, z) \rightarrow \text{birleştirme}(x, y, z) \}$

$\exists x \{ \text{nesne}(x) \wedge \text{kuvvetli}(x) \rightarrow \text{birleştirme}(x, y, z) \}$

$\exists x \{ \text{nesne}(x) \wedge \text{kuvvetli}(x) \wedge \text{har.-birleştirme}(x, y, z) \rightarrow \text{birleştirme}(x, y, z) \}$

$\forall x \{ \text{nesne}(x) \wedge \text{kuvvetli}(x) \wedge \text{har.-birleştirme}(x, y, z) \supset \text{bağlayıcı}(x) \}$



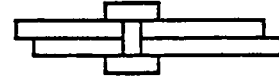
$\exists x \{ \text{bağlayıcı}(x) \wedge \text{yeniden kullanılabilir}(x) \rightarrow \text{birleştirme}(x, y, z) \}$

$\forall x \{ \text{bağlayıcı}(x) \wedge \text{yen. kul.}(x) \supset \text{har.}(x) \wedge \text{ulaşılabilir}(x) \}$

$\forall x \{ \text{bağlayıcı}(x) \wedge \text{yen. kul.}(x) \wedge \text{har.}(x) \supset \text{ulaş.}(t) \wedge \text{ulaş.}(u) \wedge \text{döner}(\phi) \wedge \text{ulaş.}(x) \}$

$\forall x \{ \text{bağlayıcı}(x) \wedge \text{yen. kul.}(x) \wedge \text{har.}(x) \wedge \text{ulaş.}(t) \supset \text{dış}(t) \wedge \text{dış}(k) \wedge \text{ulaş.}(t) \wedge \text{ulaş.}(u) \wedge \text{döner}(\phi) \wedge \text{ulaş.}(x) \}$

$\forall x \{ \text{bağlayıcı}(x) \wedge \text{yen. kul.}(x) \wedge \text{har.}(x) \wedge \text{ulaş.}(t) \wedge \text{ulaş.}(x) \supset \dots \}$



$\exists x \{ \text{bağlayıcı}(x) \wedge \text{dış}(t) \wedge \text{dış}(k) \wedge \dots \supset \text{birleştirme}(x, y, z) \}$

$\forall x \{ \text{bağlayıcı}(x) \wedge \dots \supset \text{dış-iç}(t) \wedge \text{döner}(\phi) \wedge \dots \}$



Şekil 4.2. Bir bağlayıcının kavramsal tasarımı

BÖLÜM 5 TASARIMDA YAPAY ZEKANIN KULLANIMI

5.1 MEKANİK TASARIMDA YAPAY ZEKA

Bilgisayar destekli tasarım ilk olarak çizim alanında ortaya çıkmıştır. Programlama teknikleri geliştikçe sonlu elemanlar metodu gibi yazılım ve kinematik/dinamik modelleme paketlerine geçilmiştir. Fakat bu paketler tasarım için değil de tasarımın oluşumundan sonraki analiz kısmı için kullanılmaktadır. İyi tasarım için iyi analiz gerekir. Fakat sadece analiz yöntemleriyle tasarımın oluşturulması mümkün değildir (Dixon,1986).

Yapay zekanın (AI : Artificial Intelligence) ilk amacı akıllı bir makina inşa etmektir. İkinci amacı ise zekanın doğasını ortaya çıkarmaktır (Shank,1987). Yapay zeka kendi tecrübelerine dayanarak en iyi sonucu elde etmek amacıyla kendi kendini değiştirebilen programlar oluşturma bilimi olarak ifade edilebilir (Shank,1987). Mekanik tasarımın ana tabiatı iteratif olmasıdır. Bu nedenle tasarım yapabilen bir AI programı geliştirebilmek için iteratif işlemlerin akıllı bir şekilde yönlendirilmeleri gerekir. Tasarım problemlerini formüle etmek ve tasarım bilgisini uygun bir şekilde temsil etmek için tasarım işleminin bir modeli oluşturulmalıdır.

Dikkate alınması gereken bir başka faktör ise mekanik tasarım işleminde geometrinin önemidir. Mekanik tasarımın doğal lisanı geometridir. Mekanik tasarımcılar üç boyutlu geometrik şekillerden oluşan terimlerle düşünürler. Tasarımdaki bir düşünce veya kavram ile bunun çizimdeki görsel temsili arasında hiçbir bağ yoktur. Mekanik tasarımda çözüm daima üç boyutlu bir nesnenin ifadesinden ibaret olduğu için yapay zekayı tasarıma uygulamakta etken rol oynayan en önemli faktörlerden biri tasarımda geometrinin nasıl temsil edileceğinin öğrenilmesidir.

Mekanik tasarımda önemli yer teşkil eden diğer bir faktör ise malzeme seçimidir. Malzeme bilgisi niceliksel özellikler taşımasına rağmen, malzeme seçimi matematiksel bir prosedüre bağlı değildir. Mekanik tasarımda kritik bir rol oynayan imalat bilgisi ise genelde niteliksel ve semboliktir, nümerik olmaktan uzaktır. Bu nedenle bir AI tasarım programı oluşturulurken malzeme ve imalat bilgileri uygun

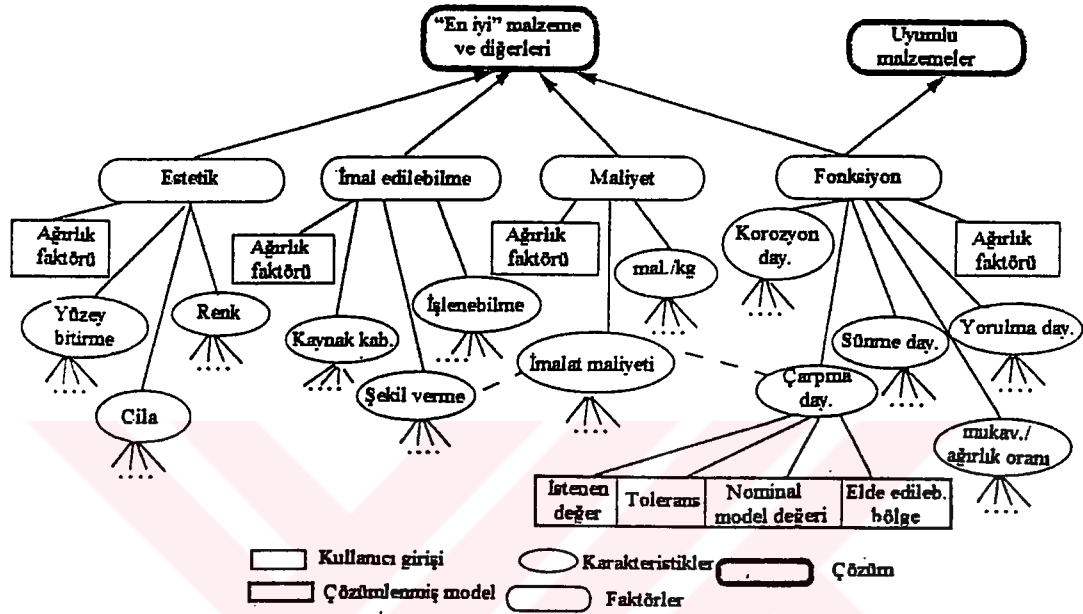
şekilde düzenlenmelidir. Malzeme, bilgisayar programlarının bir sonuca varabileceği şekilde, imalat işlemleri ve makinalar ise programların tasarımın imal edilebilirliğini gözden geçirebilecekleri ve üretimi planlayabilecekleri şekilde temsil edilmelidir.

5.2 AKILLI TASARIM SEÇME SİSTEMİ

Akıllı Tasarım Seçme (IDS : Intelligent Design Selection) Sistemi , Esterline ve Kota tarafından 1992 yılında gerçekleştirilmiş olan bir uzman sistem kabuğudur. IDS sisteminin kullanıldığı tasarım alanlarına örnek olarak mekanizma tasarımı ve hidrolik bileşen seçimi gösterilebilir. Bir tasarım alanı, bir fonksiyon tipi ve bir çalışma prensibi ile karakterize edilebilir. IDS sisteminin bir temel, bir de bunun uzantısı olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. Temel sistem, verilen şartnameye uygun bir veya daha fazla model ortaya koyarak ilk seçimi gerçekleştirir. Uzantı sistemi ise verilen modeli istenen şartlara daha iyi uyum sağlayacak şekilde değiştirir. Söz konusu modeller tasarım alanındaki yüzeysel modellerdir ve karakteristik-değer çiftleri gruplarıyla temsil edilirler. Bu modeller, aletlerin ,sistemlerin ve proseslerin yapılarını ve karakteristiklerin değerleri arasındaki bağıntıları kapsamadıkları için yüzeysel kalırlar. Fakat her yüzeysel model, gerekli bilgileri içeren tek bir derin modelle bağlantılıdır. Ürünü oluşturmak veya ilk tasarımı yeniden düzenlemek için gerekli olan esas bilgiyi elde edebilmek amacıyla bu modeller de gözden geçirilmelidir.

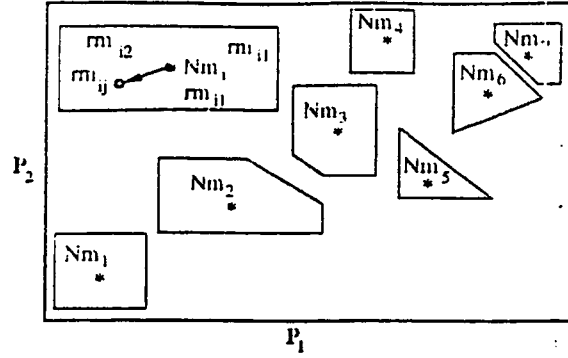
Tasarımda mühendislik malzemelerinin seçimiyle ilgili örneği kullanarak IDS' in terminolojisini açıklamaya çalışalım (Şekil 5.1). Burada elipsler karakteristikleri belirtir. Bunlara örnek olarak renk, kaynak kabiliyeti ve korozyon dayanımı gösterilebilir. Her karakteristik değerinin sınırlı olduğu bir alan vardır. Karakteristiklerin ifade edilmelerinde kullanılan iki alan tipi mevcuttur. Bir alan tipinde alanın içindeki değer, yine alanın içinde yer alan bir değer aralığıyla ilişkilidir. Buna örnek olarak reel sayılar topluluğu veya bu topluluk içinde $\leq$ işaretinin kullanımıyla elde edilmiş olan bir alt grubu gösterebiliriz. Diğer alan tipinde ise değerlerin, değer aralıklarıyla ilişkisi yoktur. İlk alan tipi aralıklı, ikincisi ise nokta olarak adlandırılır. Yüzey bitirme işlemi veya imalat maliyeti aralıklı alan tipine girerken, ürün rengi gibi karakteristikler nokta alan tipine girer. Malzemede kullanılabilecek belli sayıda renk vardır. Örneğin bir malzeme için üç renk çeşidi söz

konusu ise alan üç-noktalı alan olarak adlandırılır. Kullanıcı karakteristikler için istenen değeri ve tolerans sınırlarını sisteme girmek durumundadır.



Şekil 5.1. IDS uzman sistem kabuğunun kullanımı yoluyla malzeme seçimi

N_c karakteristikleri, n_c boyutlu tasarım aralığını ifade eder. Bu aralık karakteristik alanının kartezyen çarpımı olarak düşünülebilir. Şimdi her tasarım aralığının bölgelere ayrıldığını düşünelim. Her bölgenin merkezi yakınında bölgeyi temsil eden bir prototip olsun (Şekil 5.2). Her prototip yüzeysel bir modeldir. Böyle bir model her karakteristik için bir değer teşkil ettiğinden tasarım aralığında bir noktayı ifade eder. Aynı zamanda bu model, aralıklı alan tipine sahip olan her karakteristik için bir aralığı teşkil ettiğinden dolayı bir bölgenin de temsilcisidir. Bir modelle ilişkili her aralık “elde edilebilir aralık” olarak adlandırılır. Daha kesin bir dille açıklamak gerekirse; elde edilebilir bir aralık, bağlı bulundukları derin modelin “yeniden tasarımı” yolu ile elde edilebilecek olan karakteristik değerlerini içerir. Örneğin, bir yüksek karbonlu çelik modelinde “sertlik” niteliği, modelin aralıklı karakteristiklerinden biridir. Malzemeye uygulanacak olan ısıtılma yöntemleriyle (yeniden tasarımı) çeşitli sertlik dereceleri elde edilebilir.



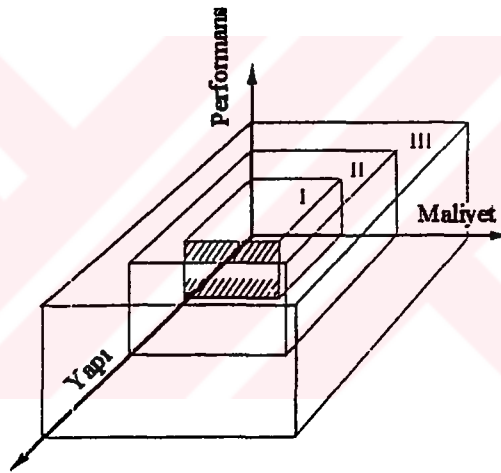
Şekil 5.2. Yedi modele (veya alt aralık) ayrılmış olan iki boyutlu bir tasarım aralığı. (Nm sembolleri ilk seçilen tasarım modellerini, m sembolleri yeniden tasarım yolu ile elde edilen parametreleri temsil etmektedir.)

Birçok uygulamada n_c , tasarım aralığının yapısını ve bölgelere ayrılışını güçleştirecek ölçüde geniştir. Bu sebeple tasarım aralığının boyutları iki yöntem kullanılarak azaltılır. İlk olarak belli karakteristikler kritik olarak belirlenir. Seçilen bir modelin, bir şartnameyle kritik bir karakteristikte uyum sağlayamaması, bu modelin mevcut şartname için yetersiz olduğunu gösterir. Bir malzeme için kritik karakteristikler; arzu edilen korozyon dayanımı, yorulma dayanımı veya ısı genişleme kapasitesi olabilir. IDS sistemi bir şartname verildiğinde ilk olarak şartnameyle bazı karakteristiklerde uyum sağlamayı beceremeyen modelleri eler. Kalan modeller bu karakteristiklerle çok iyi uyum sağladıkları için kritik karakteristikleri daha fazla dikkate almaya gerek kalmaz. Böylece eğer n_c adet kritik karakteristik mevcutsa ilk adımda tasarım aralığının boyutu n_c 'den $(n_c - n_{cc})$ 'ye düşer. Boyutların azaltılmasına geriye kalan karakteristiklerin "faktör" adı verilen alt gruplara ayrılmalarıyla devam edilir. Faktörlere, problemlerin yapısına ve analizi kolaylaştırıp kolaylaştırmadıklarına bağlı olarak yön verilir. Şekil 5.1 malzeme seçimi problemi için çözümü sağlayan karakteristik ve faktör ağını göstermektedir. Burada seçilen faktörler estetik, imal edilebilme kabiliyeti, maliyet ve fonksiyon kavramlarıdır.

Sandalye Tasarımı Örneği :

Bir sandalyenin tasarımında dikkate alınması gereken birçok değişik karakteristik vardır (Şekil 5.3). Örneğin sandalyeye kol yeri veya tekerlek konulması;

değerleri sadece EVET veya HAYIR olabilecek iki-noktalı alan sahibi karakteristiklerdir. Konfor, estetik ve dayanıklılık ise sürekli olmayan aralıklı alan tipinin karakteristikleridir ve değerleri (1,10) aralığı arasında değişir. Fakat sadece belli bir değeri, elimizdeki örnek için bir tamsayıyı teşkil ederler. Yükseklik ve ağırlık sürekli aralıklı alan tipinin karakteristikleridir ve değerleri saptanan alan içinde herhangi bir yerde bulunabilir. Elimizde ilk olarak 11-boyutlu bir tasarım aralığı mevcuttur. Sandalyenin kol dayanağına sahip olması, tekerleklerinin olması ve sallanan tipte olması kritik karakteristikler olarak seçilmiştir. Böylece boyut sayısı sekize iner. Bunlar da karakteristik çeşitlerine göre üç faktörde toplanırlar : performans, yapı ve ekonomi. Aşağıda muhtemel modellerin listesi yer almaktadır.



Şekil 5.3. Sandalye tasarımı için üç-boyutlu parametre tasarım aralığı

Karakteristikler ($n_c = 11$)

Değerler

Kol yeri	Evet/Hayır
Tekerlekler	Evet/Hayır
Sallanan tip	Evet/Hayır
Konfor endeksi	1 ve 10 arasında tamsayı
Estetik endeksi	1 ve 10 arasında tamsayı
Dayanıklılık endeksi	1 ve 10 arasında tamsayı
Yükseklik	aralık (45 cm - 60 cm)
Ağırlık	aralık (4,5 kg - 15 kg)
Oturma alanı	aralık (0,2 m ² - 0,4 m ²)
Maliyet	aralık (8.000.000 TL - 14.000.000 TL.)
Garanti Periyodu	aralık (6 ay - 1 yıl)

Kritik karakteristikler ($n_{cc}=3$)

Kol yeri, tekerlekler, sallanan tip

Faktörler ($n_f = 3$)

Performans (komfor, dayanıklılık, estetik)

Yapı (yükseklik, ağırlık, oturma alanı)

Ekonomi (maliyet ve garanti periyodu)

Modeller

Sınıf sandalyesi (kol yeri yok, tekerlek yok, sallanmaz, yapısı küçük, ekonomi düşük, performans düşük)

Oturma odası sandalyesi (kol yeri var, tekerlek yok, sallanmaz, yapısı geniş, ekonomi orta ve yüksek arası, performans yüksek)

Ofis sandalyesi (kol yeri var, tekerlek var, yapısı orta, ekonomi yüksek performans yüksek)

Şartnameler ve Modeller :

Bir şartname, tasarımı sınırlayan istekler grubu olarak ifade edilebilir. IDS sistemi her şartnameyi daha basit şartlara veya şartlar grubuna ayırır. Basit bir şartnamenin çözümü aranırken, IDS sistemi bu şartnameyle benzer özellikler taşıyan önceden çözülmüş bir şartname bulursa bu hazır çözümü gündeme getirir. Aksi takdirde (m_i, gm_i) çiftlerinden oluşan bir liste sunar. Burada m_i bir model, gm_i ise değeri $0 \leq gm_i \leq 1$ olmak üzere, modelin söz konusu basit şartnameye ne kadar uyum sağladığını gösteren “uyum derecesidir”. Genelde sistemde bir “th” eşiği mevcuttur. Eğer $gm_i < th$ ise, (m_i, gm_i) çifti sonuç listesinde yer almaz. Ve eğer sonuç listesi boşsa, yürürlükteki model için basit şartname çözümsüzdür. IDS sisteminde farklı modeller gm_i tarafından en iyiden en kötüye doğru sıralanırlar. Ve eğer IDS sistemi, yürürlükteki S_1 şartnamesiyle benzer özellikler taşıyan daha önceden çözülmüş bir S_2 şartnamesi bulursa, gündeme getirdiği çözüm S_2 için bulunmuş (m_i, gm_i) çiftlerinin listesinden ibaret olur.

IDS 'te şartname ve modelin aynı kategoriye ait olması en kolay ele alınacak durumdur. Örneğin bir model aralıklı bir hareket mekanizmasının modeli ve bir

şartname de tasarımı yapılacak aralıklı bir hareket modelinin kısmi ifadesi olabilir. Bu kısmi ifade problemi çözecek herhangi bir tasarım tarafından yerine getirilmesi gerekenler olarak düşünülebilir. IDS temeline dayanan sistem bu model için (m_i, gm_i) çiftlerinin listesini ortaya koyar. Burada m_i modelleri, problemin çözümüne aday aralıklı hareket mekanizması modelleridir. Gm_i ne kadar büyük olursa, modelin başarı şansı o kadar yüksek olur. Bazı hallerde ise şartname ve modeller aynı kategorilere ait olabilirler. Örneğin model için bir hasar test yöntemi, şartname için de bileşen-çatlak çifti düşünülebilir. Burada sistemin ortaya koyacağı (m_i, gm_i) çiftleri için, m_i belirlenen elemanda saptanan çatlak ortaya koyacak testleri ifade ederken, gm_i de testin elimizdeki probleme ne ölçüde uyum sağlayacağını gösteren değeri temsil eder.

Basit bir şartname, (CD_i, W_i) düzenlenmiş çiftler grubu ile karakterize edilir. Burada W_i , “ağırlık” olarak adlandırılır ve değeri $0 \leq W_i \leq 10$ arasında değişen bir tamsayıdır. CD_i ise “karakteristik ifade” olarak adlandırılır ve kendisi de düzenlenmiş bir çift veya üçlüdür. Eğer bir karakteristiğin alanı nokta alan ise bununla ilgili CD_i bir (Ch_i, Val_i) çiftidir. Burada Ch_i söz konusu karakteristik, Val_i ise bu karakteristiğin şartnamenin ortaya koyduğu problemdeki çözüm değeridir. Öte yandan, eğer karakteristiğin alanı aralıklı tipte ise, CD_i bir (Ch_i, Val_i, Int_i) üçlüsüdür. Burada Ch_i yine karakteristiği, Int_i ise değer aralığını ifade eder. Çözüm ancak değeri bu aralık içinde yer alırsa kabul edilebilir bir hal alır. Bu aralık ise “uygun aralık” olarak adlandırılır. Val_i , Ch_i ’nin tercih edilen değeridir. Ağırlık W_i , eldeki problem için Ch_i karakteristiğinin önemini gösterir. Eğer $W_i = 0$ ise Ch_i ile ilgili hiçbir şey istenmiyor demektir. W_i ’nin değeri 0 ile 10 arasında değişir. Eğer kullanıcı karakteristiğin önemini daha hassas bir şekilde ifade etmek isterse, W_i virgüllü değerler alabilir.

Buna benzer olarak bir model de her karakteristik için bir eleman tayin etmek şartıyla bir eleman grubuyla karakterize edilebilir. Fakat burada ağırlık kavramı yoktur ve elemanlar sadece karakteristik ifadelerden ibarettir. Bu ifadelerin bazı bileşenleri de değişik şekilde yorumlanır. Örneğin Val_i , modelin bir örneğinin Ch_i karakteristiği için saptayabileceği tek değerdir (nokta alan için). Eğer Ch_i aralıklı alan tipinde ise değer aralığı Int_i , “elde edilebilir aralık” olarak adlandırılır. Bu aralık, Ch_i ile ilgili modelle özdeş olmasa bile buna makul biçimde uyum sağlayabilen örnekler tarafından ortaya konabilir. Bu durumda Val_i , modeli Ch_i ’den sapma göstermeden takip eden bir örnekteki Ch_i karakteristiğinin değeri olarak yorumlanır.

Böylece bir model, karakteristik terimleriyle ifade edilen bir prototip olarak düşünülebilir. Herhangi bir tasarım probleminde şartnameler ve modeller aynı sayıda (n) karakteristiğe sahiptirler. Bu şekilde karakteristikler tasarım aralığı olarak adlandırılan n -boyutlu bir aralık teşkil ederler. Şimdi sabit bir model düşünelim. Bu modelin alanı nokta alan olan herhangi bir karakteristiği için fazla önem teşkil etmeyen elde edilebilir bir aralık tayin edelim. Bu aralık tek elemanı bu karakteristikle ilgili değer olan tek bir grup olsun. Bu şekilde n sayıdaki karakteristiklerin herbiri için bir elde edilebilir aralığı garanti etmiş oluruz. N sayıdaki bu elde edilebilir aralıkların kartezyen çarpımı, tasarım aralığında onunla aynı sayıda boyut ihtiva eden konveks bir grup oluşturur. Bu grup modeldeki “elde edilebilir” bölge olarak adlandırılır. Model tarafından ortaya konan karakteristik değerlerinden n 'incisi elde edilebilir bölge içinde bir noktadır ve “kusur noktası” olarak adlandırılır. Kusur noktasından, elde edilebilir bölgedeki herhangi bir “ p ” noktasına olan uzaklık ise modeli yeniden tasarlamak için gerekli eforu gösterir.

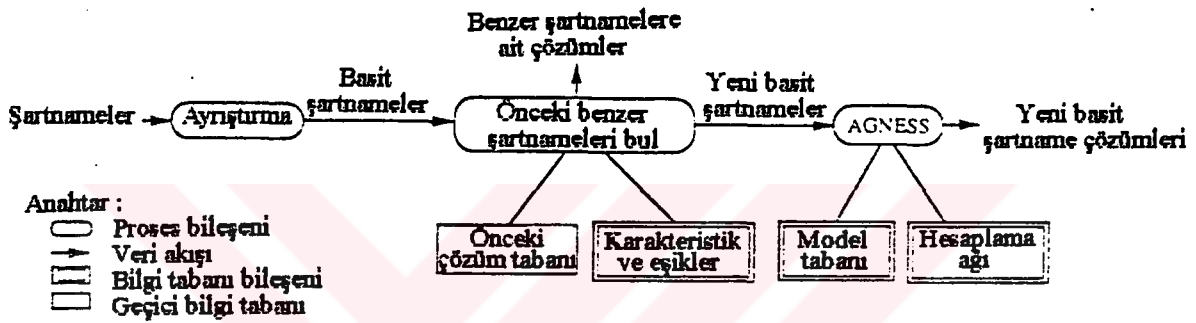
Ağırlıkları ihmal ettiğimizde basit bir şartname tasarım aralığında benzer şekilde ifade edilebilir. Uygun aralıkların kartezyen çarpımı “uygun bölge” olarak adlandırılır ve değerler tarafından tarif edilen uygun bölge içindeki bir nokta da “optimum nokta” olarak adlandırılır.

Uyum derecesi ile ilgili birçok terim mevcuttur. Bunlardan biri optimum noktanın kusur noktasına yakınlığıdır. Bu hesaplama için her boyutta iki nokta arasındaki “ d ” uzaklığı ölçülür ve $(0,1)$ aralığına getirilir. Her biri için $(1-d)$ tümleyicisi hesaplanır ve basit şartname tarafından ortaya konan ağırlık değerleri kullanılarak sonuçların ağırlıklı toplamı bulunur. Buna benzer bir şekilde, kusur noktasının uygun bölgenin merkezine yakınlığı, optimum noktanın elde edilebilir bölgenin merkezine yakınlığı ve uygun ve elde edilebilir bölgelerin ne oranda çakıştıkları da hesaplanır. Uyum derecesi, prototipin şartnameyi yerine getirmek için hangi kolaylıkta yeniden tasarlanabileceğinin göstergesidir.

IDS Sisteminin Temel Yapısı :

Şekil 5.4 temel IDS sisteminin veri akış diyagramını göstermektedir. Oklar verinin şartname (giriş) formundan çözüm formuna (çıkış) geçişini göstermektedir. Oval çerçeveler proses bileşenlerini temsil etmektedir. IDS sistemi bir kabuk sistemi

olduğu için bir bilgi tabanıyla desteklenmelidir. Bilgi tabanının bileşenleri Şekil 5.4'te çift çizgili dikdörtgenlerle temsil edilmektedir. IDS temeline dayanan bir sistem, yeni problemlerde kullanılmak üzere, daha önceden karşılaşılmış problemlerin çözümleri ile ilgili bir veri tabanını muhafaza eder. Bu veri tabanı ise tek çizgili dikdörtgenle temsil edilir.

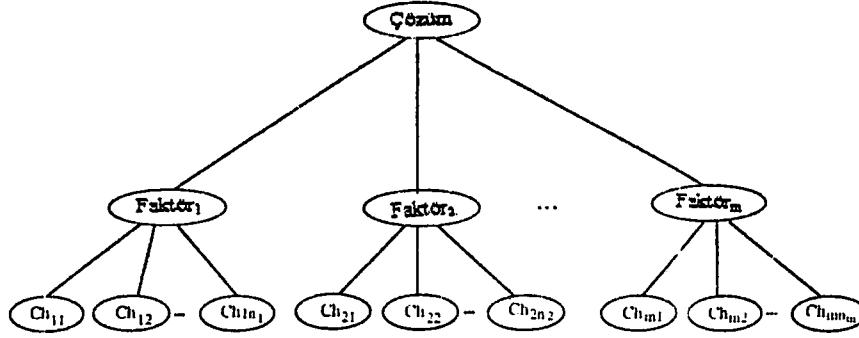


Şekil 5.4. IDS sisteminin bilgi akış diyagramı

Şekil 5.4'deki ilk proses bileşeni şartnameleri daha basit şartlara veya şartlar grubuna ayırır. Bu işlem karakteristiklerin her değer grubundan bir eleman seçilerek gerçekleştirilir. Şekildeki son bileşen ise AGNESS uzman sistem kabuğudur. AGNESS giriş konumundaki basit şartnameleri bilgi tabanında mevcut olan modellerle eşler (Slagle ve diğ., 1986). Her S basit şartnamesi için (m_i , g_m) çiftlerinin listesi AGNESS tarafından sunulur.

Şekil 5.5'te gösterildiği gibi IDS ağı ağaç formundadır. Ağın nasıl işlediğini göstermek için N sayıda şartname ve M sayıda model olduğunu düşünelim. $N \times M$ şartname-model çiftleri için IDS uyum değerlerini bulsun. Öyle bir s-m çifti düşünelim ki bilgi ağındaki her nokta için geçerli olsun. Başlangıçta her düğüm noktasında s-m çiftinin kopyaları vardır. Her düğüm noktası bir Ch karakteristiğiyle ilişkilidir ve bu karakteristik için s-m uyum derecesini hesaplar. Tüm karakteristik düğüm noktalarının birbirlerine paralel oldukları düşünülür. S-m çiftinin kopyaları paralel bir şekilde ilerleyerek ara düğüm noktalarında birleşirler. Bu düğüm noktalarına faktör adı verilir ve her biri evvelki karakteristiklere ait s-m uyum

derecelerini bir araya getirerek s-m çifti için bir uyum derecesi hesaplar. Faktörlerdeki s-m çiftinin kopyaları kök çözüm noktasında birleşmek üzere paralel bir şekilde ilerlerler. Ve burada faktörlerdeki s-m uyum dereceleri bir araya getirilerek s-m çifti için toplam uyum derecesi hesaplanır.



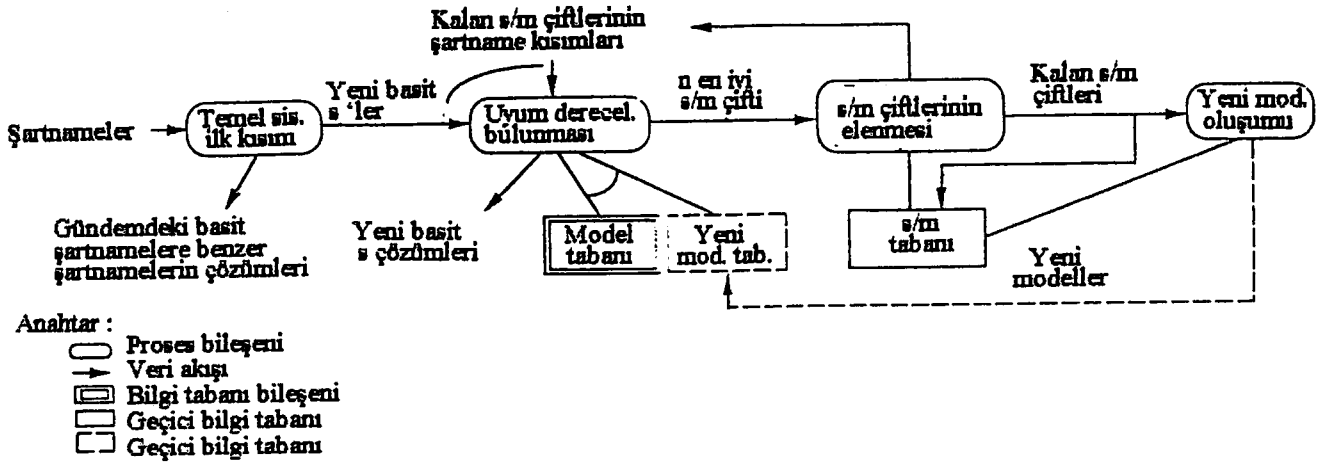
Şekil 5.5. IDS ağı

Tekrarlı İyileştirme :

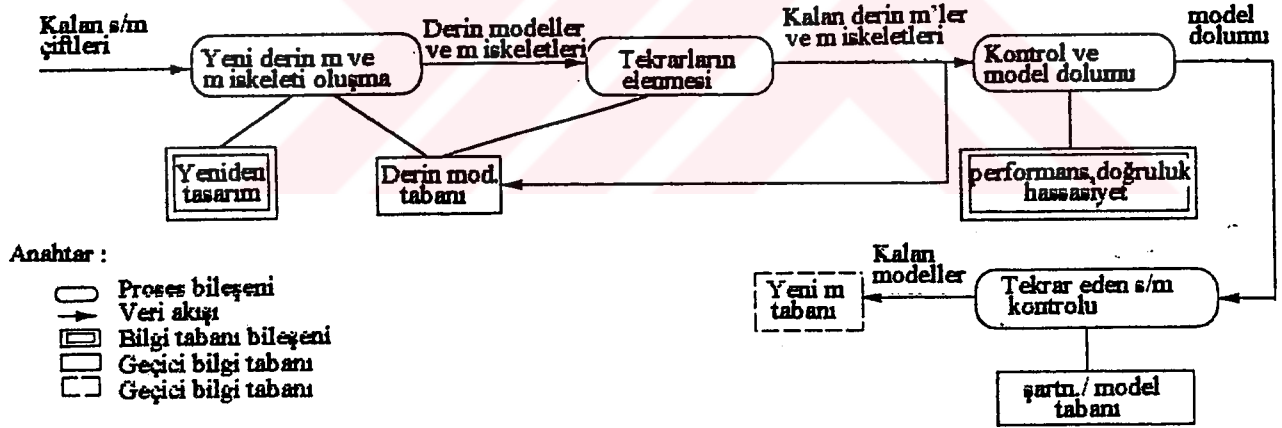
Bundan sonraki aşama ilk tesbit edilen modellerin yanısıra yeni modeller üretilebilmesi için IDS sisteminin geliştirilmesidir. Bu işlem bir tırmanma karakteri sergiler. Modellerin orijinal grubu oldukça düzenli bir şekilde tasarım aralığına dağıtılmıştır. Yüksek uyum derecesine sahip fakat eşik değerini aşamamış modeller olduğunu farzedelim. Bu takdirde sistem ilk modellerde bazı değişiklikler yapar. Yeni model grubu IDS sisteminin diğer bir uygulamasında model tabanı olarak kullanılır ve yeni uyum dereceleri hesaplanır. Bu üretme ve test etme metodu (1) bazı şartname-model çiftleri uygun eşik değerine erişene kadar veya (2) tüm yeni modeller belli bir tekrar sayısında en iyi gelişimi gösterene kadar veya (3) önceden belirlenmiş bir maksimum tekrar sayısına erişilinceye kadar devam eder. Böyle bir işlemin uygulanması, ancak orijinal model grubunun tasarım aralığını ilk tekrarda yerel maksimum noktasının ayırdedilebileceği şekilde örnekleyebilmesi durumunda tercih edilmelidir. Çünkü daha sonra gelen iterasyonlar kendilerinin tanımlanmalarına ve karşılaştırılmalarına olanak sağlayan bu yerel maksimum noktadan hareketle yola çıkarlar.

Bu iteratif yaklaşım sadece bazı problem tipleri için uygundur. Karakteristiklerle ilgili gerekli kararları verebilmek için yüzeysel modellerin yanısıra problem alanının ana prensiplerini içeren derin modellere de ihtiyaç vardır. Sistemin pratik bir hal alması için yeniden tasarım (değişiklikler) metodları derin modele basit değişimler uygulayabilmeli ve ilgili her karakteristik için kusur değerlerini saptamanın kolay bir yolu olması gereklidir. Aynı zamanda tasarım aralığı bu iteratif yaklaşımın kullanılmasını mazur gösterecek oranda önceden kestirelemeyen bir karaktere sahip olduğu gibi bu karakter tutarlılığı da engellemeyecek düzeyde olmalıdır. Bu geliştirilmiş sistemin kullanılabilmesi için en kolay işlenebilen tasarım alanında bile geniş bir bilgi tabanına ihtiyaç vardır.

Şekil 5.6 geliştirilmiş sistemin bilgi akış diyagramını göstermektedir. Son bileşen yeniden tasarım ve derin modellemenin tüm ayrıntılarını içermektedir. İlk iki bileşen temel sistemi temsil eder (Şekil 5.4). Temel sistem eşik değerinin üstünde bir uyum derecesi saptadığında işlem sona erer. Aksi takdirde n sayıdaki en iyi şartname-model çifti gelişim kısmına aktarılır. Kolaylık için bir tek s şartnamesi olduğu farzedilir. Eğer $m > 1$ adet şartname mevcutsa, herbiri için aday konumdaki modeller hariç tutulmak üzere, m adet bağımsız problem var demektir. N parametresinin işlevi şartnameler için üretilen modellerin sayısının sınırlı tutulmasıdır. Şekil 5.7, Şekil 5.6'daki son bileşenin açılımını göstermektedir. Burada her yüzeysel model; bir alet, sistem veya bir proses olması mümkün olan bir derin modelle ilişkilidir. Fakat birçok problemde, aynı yüzeysel modelle eşlenebilecek birkaç derin model mevcuttur. Bunu önlemek için yüzeysel modeller yeterli sayıda ayırtedici karakteristik içermelidir.



Şekil 5.6. IDS sisteminin bilgi akış diyagramı



Şekil 5.7. IDS sisteminin bilgi akış diyagramındaki son bileşenin açılımı

BÖLÜM 6 AKILLI SİSTEMLER VASITASIYLA ÜRÜN VE PROSES TASARIMI ENTEGRASYONU

6.1 YAPAY SINIR AĞLARI

Akıllı sistemlerde yer alan “zeka” birçok şekle girebilir. Geleneksel akıllı sistemlerde kurallar halinde yer alan bilgi, zeka kavramını oluşturur. Bu kurallar, her sahanın kendi uzmanı tarafından temin edilir ve bu nedenle bu tip sistemler uzman sistemler olarak adlandırılırlar.

Akıllı sistemlerin diğer bir şekli ise yapay sinir ağları kullanılarak ortaya konmuştur. Zeka, proses elemanlarını veya yapay sinir ağının nöronlarını birbirine bağlayan yollar boyunca sisteme yayılmıştır. Bilgi ağı bir alıştırma işlemi vasıtasıyla yüklenir. Doğru kararlarla ilgili birçok örnek ağı gösterilir ve iyi ve kötü kararları ayırtedebilmesi için gerekli bilgileri öğrenmesi sağlanır.

Yapay sinir ağı (ANN : Artificial Neural Network), bilgisayar programlarını kullanarak biyolojik sinirleri taklit eden yeni bir bilgi işleme tekniğidir. ANN, teorik düşünce sisteminin ve beyin aktivitesinin matematiksel modeli olarak düşünülebilir. Sinir ağları, geniş bir veri miktarı içinden az sayıda kararın saptanması gerektiğinde veya lineer olmayan kompleks bir planlamanın öğrenilmesinde kullanılabilir. Bu bölümde üç ANN örneği incelenmiştir. Bunlar Belirsiz Birleşik Hafıza (FAM : Fuzzy Associative Memory), Geri Yayılmalı Sinir Ağları (BP : Backpropagation Neural Networks) ve İkili Adaptif Rezonans Teorisidir (ART1 : Binary Adaptive Resonance Theory).

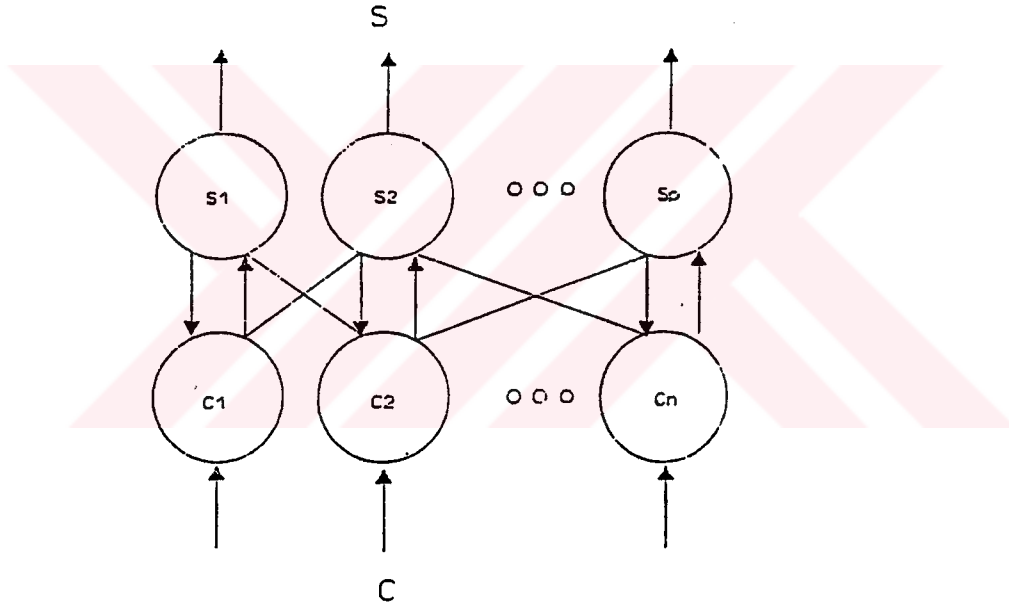
Belirsiz Birleşik Hafıza (FAM) :

Belirsiz Birleşik Hafıza sistemleri bilgi işleme sistemleridir (Kosko, 1987). Uzman sistemlerden farklı olarak nümerik yapıdadırlar. FAM iki katmanlı ileri beslemeli bir ağıdır (sinyaller bilginin proses elemanları arasında sadece bir doğrultuda hareketine olanak verir) (Şekil 6.1). FAM örnek çiftlerinden oluştuğu için karışık bir

yapıya sahiptir $[(C_1, S_1) \dots (C_m, S_n)]$. Belirsiz kompozisyon noktasal gösterim tipinde (Simpson, 1990) aşağıdaki şekilde ifade edilir :

$$m_{ij} = \min [\mu_C(c_i^k), \mu_S(s_j^k)]$$

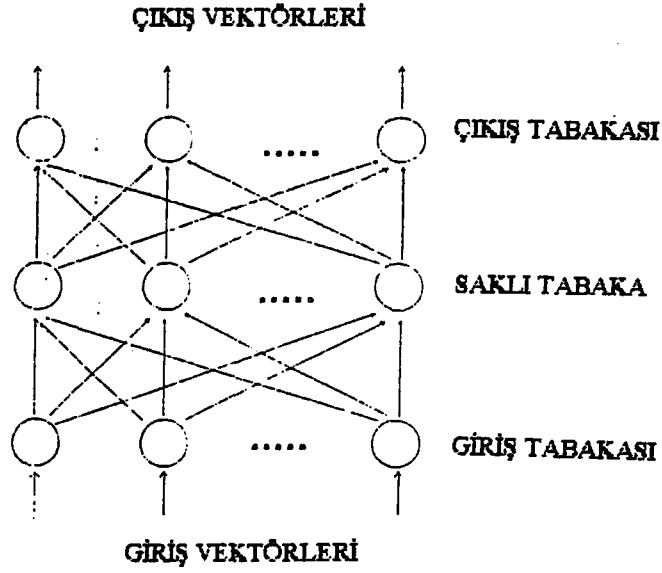
Burada $\mu_C(c_i^k)$, belirsiz C grubunun i ' inci üyesinin üyelik derecesi (değeri 0 ile 1 arasında değişir), m_{ij} ise i ' inci sinirden j ' inci sinire kadar olan belirsiz bağlantı kuvvetidir. Belirsiz ağlarda üyelik derecesi 0 ise nesne kesinlikle bu grubun bir üyesi değildir. Üyelik derecesinin 1 olması ise nesnenin tam anlamıyla grubun bir üyesi olduğunu gösterir.



Şekil 6.1. FAM sinir ağı

Geri Yayılımlı Sinir Ağları (BP) :

Geri Yayılımlı sinir ağı en yaygın ANN tipidir. Temel geri yayılımlı ağ üç tabakadan oluşur. Giriş tabakasından saklı tabakaya ve saklı tabakadan çıkış tabakasına ileri besleme bağlantıları vardır. Şekil 6.2 geri yayılımlı sinir ağının bir örneğini göstermektedir. Genelde birkaç saklı tabaka olması, katmanların üstünden geçen bağlantıların ve yan bağlantıların olması mümkündür.



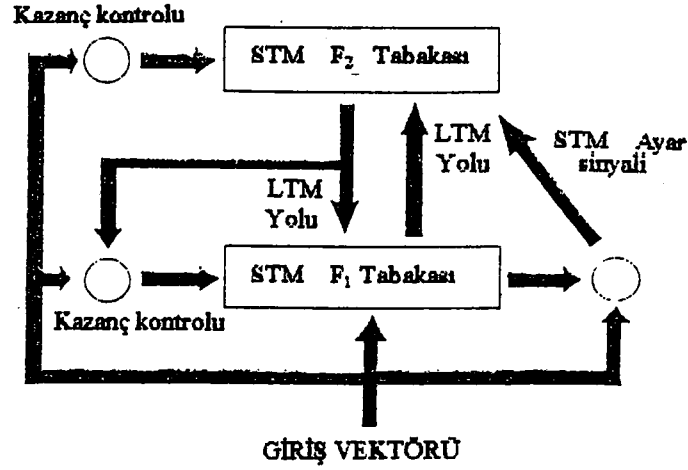
Şekil 6.2. Geri Yayılmalı Sinir Ağı

Ağa alıştırma bilgisine doğru karşılık vermesi öğretilir. Alıştırma bilgisi giriş vektörleri ve çıkış sınıflama kodlarından oluşur.

İkili Adaptif Rezonans Teorisi (ART1)

İkili Adaptif rezonans teorisi sinir ağları iki katmanlı ağlardır (Simpson, 1990). Ağa alıştırılmaya ihtiyacı yoktur. Ağa ikili bir örnek gösterildiğinde, hafızasında mevcut olan örneklerle bu örnek arasında karşılaştırma yapar. Eğer giriş, kayıtlı örneklerden birine makul oranda benzer nitelikler taşıyorsa uyum sağlanmış demektir. Aksi takdirde yeni giriş örneği ağ içinde bir yerde depolanır.

Giriş bilgileri ilk katmandan ikincisine doğru yayılır. İkinci tabakada tüm sinirler ortak çıkışlı tek bir sinir üretmek için mücadeleye girerler. Kazanan sinir en başa bir sinyal göndererek X isimli yeni bir vektörün oluşmasını sağlar. X vektörü giriş vektörüyle karşılaştırılır ve aralarındaki fark, giriş vektörünün bileşenleri toplamına bölünür. Sonuç "ihtiyat faktörü" adı verilen bir parametreyle karşılaştırılır. Eğer sonuç değeri ihtiyat faktörünü aşarsa, giriş vektörü hafızadaki bir örnek ile uyum sağlar. Aksi takdirde kazanan sinir olasılıklar arasından çıkarılarak, uyum sağlanıncaya veya giriş örneği yeni bir örnek olarak hafızadaki yerini alıncaya kadar işleme devam edilir. İhtiyat faktörünün başlangıçta belirlenen değeri benzerliğin ölçüsünü belirler.



Şekil 6.3. ART1 Sinir Ağı

6.2 OTOMATİK TASARIM ÇAĞIRMA SİSTEMİ

Tasarımcılar genelde belirsiz fonksiyonel talepleri fiziksel yapı gruplarına dönüştürmeye çalışırlar. Ve tasarım işlemi boyunca hafızada kayıtlı olan çözümleri çağırarak problemi çözmeye çalışırlar.

Müşteri ve tasarımcı arasındaki haberleşme genelde doğal ve bir yönden de belirsiz anlamlı bir dil vasıtasıyla sağlanır. Belirsiz gruplar, tasarımcı ve kullanıcı arasındaki bağlantı kopukluğundan kaynaklanan bu karmaşa ve belirsizliği işler hale getirerek, bunları uygun problem alanlarına dönüştürürler. Örneğin konforlu sandalyeler sınıfı belirsiz bir grup olarak görülebilir. Bir yönetici sandalyesi kesinlikle bu grubun yüksek üyelik derecesine (1'e yakın) sahip bir üyesidir. Bir sınıf sandalyesi ise grubun içinde olmaktan çok dışındadır. Tasarım parametrelerinin ve fonksiyonel isteklerin belirsiz karakteristiklerinden ötürü Otomatik Tasarım Çağırma Sistemi (ADRS : Automatic Design Retrieval System) için FAM yapay sinir ağı seçilmiştir. (Bahrami ve Dagli, 1992).

Verilen belirsiz fonksiyon talepleri (FR) ve tasarımdaki sınırlamalar (C), giriş taleplerini tatmin edici tasarım çözümlerini üretirler. Örneğin bir sandalyenin tasarımı için verilen giriş talebi aşağıdaki şekilde olabilir :

Az çok kamuda kullanılacak çok konforlu bir sandalye tasarımı :

FR₁ = Sandalye çok konforlu olmalı

C₁ = Az çok kamuda kullanılmalı

Tasarımdaki sınırlamalar fonksiyonel isteklerden farklı yapıdadırlar. Çünkü sınırlamalar temelde boyut, ağırlık, maliyet (girişteki sınırlamalar) veya kapasite, geometrik şekil ve kullanım (sistemdeki sınırlamalar) gibi kavramlarla tasarımın sınırlarını çizerler (Suh, 1990).

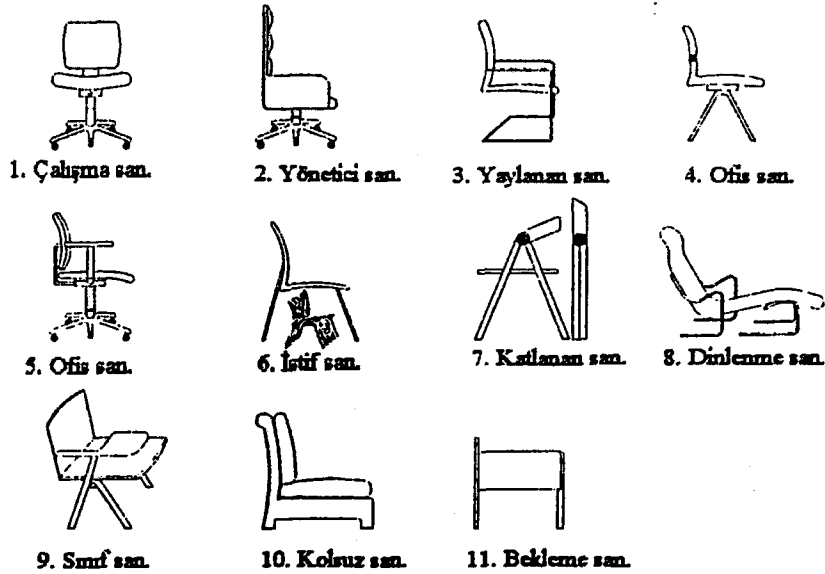
Çeşitli sınıflarda sandalye tasarımı için altı adet fonksiyonel talep ve onbir adet sınırlama tesbit edilmiştir. Fonksiyonel talepler aşağıdaki şekildedir :

- (1) Sandalyenin ayarlanabilme kabiliyeti (FR_1)
- (2) Sandalyenin hareket edebilme kabiliyeti (FR_2)
- (3) Sandalyenin katlanma kabiliyeti (FR_3)
- (4) Stabilite (FR_4)
- (5) Sandalyenin istiflenme kabiliyeti (FR_5)
- (6) Konfor (FR_6)

Tasarımdaki sınırlamalar ise maliyet (C_1), boyut (C_2), ağırlık (C_3), yemek için kullanım (C_4), ofiste kullanım (C_5), dinlenmek için kullanım (C_6), evde kullanım (C_7), sınıfta kullanım (C_8), kamuda kullanım (C_9), yazmak için kullanım (C_{10}) ve estetik görüntüdür (C_{11}) :

$$FR'ler = \{FR_1, FR_2, FR_3, FR_4, FR_5, FR_6\}$$

$$C'ler = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}\}$$



Şekil 6.4. Sandalye tasarımındaki çözümler

Şekil 6.4 'te görüldüğü gibi onbir adet değişik çözümden meydana gelen bir veri tabanı oluşturulmuştur. Her tasarım çözümü (sandalye), belli bir fonksiyonel istekler ve tasarımdaki sınırlamalar grubunu tatmin eder. Örneğin bir yönetici koltuğu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

$$FR'ler (sandalye2) = \{1.0/FR_1, 1.0/FR_2, 1.0/FR_6\}$$

$$C'ler (sandalye2) = \{1.0/C_5, 0.7/C_6, 0.3/C_7, 1.0/C_{11}\}$$

Yukarıdaki belirsiz gruplar şu şekilde kelimeye dökülebilir : Bir yönetici koltuğu çok konforlu, yüksek derecede ayarlanabilme ve hareket kabiliyetine sahip olan ve evden çok ofiste kullanılan, dinlenme amacıyla da kullanılabilen ve sonuçta görünüşü de çok önemli olan bir sandalyedir.

Örneğimizde de görüldüğü gibi giriş iki belirsiz gruptan oluşmaktadır : FR 'ler ve C 'ler. Kolaylık açısından bu iki grup bir liste halinde gösterilir. Listede sembolik gösterim yerine üyelik dereceleri yer alır. Giriş katmanı her fonksiyonel talep ve tasarımdaki her sınırlama için bir sınır ayrılmak üzere, toplam onyedi sınırdan oluşmak üzere tasarlanmıştır. Örneğin yönetici koltuğu için (sandalye2) fonksiyonel talepler ve tasarımdaki sınırlamalar aşağıdaki şekilde temsil edilir :

$$C_2 = (1.0 \ 1.0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1.0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1.0 \ 0.7 \ 0.3 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1.0)$$

İlk değer FR_1 'e (ayarlanabilme kabiliyetine), ikinci değer FR_2 'ye (hareket edebilme kabiliyetine) karşılık gelmek üzere, liste bu şekilde devam eder. Her üyelik derecesi farklı bir sinire bağlanmıştır.

Çıkış (ikinci) tabakası ise her biri bir sandalye tipine ayrılmış olan onbir adet sınırdan oluşur. Örneğin 2 numaralı sandalye aşağıdaki şekilde temsil edilir :

$$S_2 = (0 \ 1.0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

6.3 AKILLI PAKETLEME SİSTEMİ

6.3.1 GÖRÜNTÜLEME VE NESNE TANIMLAMA MODÜLÜ

Akıllı paketleme sisteminin (IPS : Intelligent Packaging System) alt sistemlerinden biri olan görüntüleme sisteminin iki fonksiyonu vardır. İlk fonksiyon, parçaların depolandıkları alandaki standart sandalye parçalarının tanımlanmaları ve yerleşim ve oryantasyonlarının belirlenmesidir. İkinci fonksiyon ise paketleme bölgesinin görüntülenmesiyle, parçaların doğru şekilde hareket ettirilmeleri ve doğru şekilde paketlenmelerinin garanti altına alınmasıdır.



Şekil 6.5. Depo alanının işlenmemiş video görüntüsü

Standart parçaların yerleşim ve oryantasyonlarını tesbit etmek için görüntüleme sistemi, parça istif alanının video görüntüsünü temin eder (Şekil 6.5). Görüntü, her biri 512 piksel içeren 480 piksel çizgisinden ibarettir. Her pikselin yoğunluğu, değeri 0 (en karanlık) ile 255 (en açık) arasında değişen bir sayı ile temsil edilir. Bu video görüntüsü, depo bölgesinde bulunan her parçanın tanımlanması ve pozisyon ve oryantasyonunun elde edilmesi amacıyla işlenir. İstenen parçaların yerleşim ve oryantasyonları, paketleme yerleriyle birlikte robot alt sistemine aktarılır. Burada son yükleme için parçalar paketlenir.

Paketleme alanının görüntülenmesi, ambalajın son bölümünde doğru parçaların yer almasını garanti eder. Kamera vasıtasıyla elde edilen görüntü, sandalye

parçalarının paketleneceği konteynırın yerini ve paketlenme gerçekleştikten sonra paket içindeki standart parçaların yerlerinin tayini için kullanılır.

Sinir ağı uygulamalarının çoğu, nesne tanımlama sistemleri için kullanılmaktadır (Barnard ve Casasent, 1989). Bu uygulamalarda, görüntüde yer alan nesnelerin tam manasıyla sınıflandırılabilmesi için görüntü işlenir. Pratikteki uygulamalarda görüntüdeki nesneler, büyütme, döndürme gibi değişimlere uğrarlar. Bu yüzden sınıflandırma teknikleri, bu gibi durumlarda işlem yapabilme kabiliyetine sahip olmalıdırlar. Yapay sinir ağı uygulamalarından biri olan ART1, arında öğrenebilme kapasitesine sahip olması ve giriş numuneleri arasındaki küçük farkları bile ayırdedebilmesi özellikleri nedeniyle nesne sınıflandırma işlemleri için seçilmiştir. Nesnelerin tanımlanması iki bölümden oluşur : görüntünün işlenmesi ve nesnelerin sınıflandırılması.

Görüntünün İşlenmesi :

Kameralar yoluyla elde edilen görüntüler dijitize edilerek iki boyutlu düzenlemeler (480 satır ve 512 kolon) halinde işlenmek üzere kaydedilir. Düzenlemedeki her mevki bir bayt bilgi içerir. Bu bilgi o mevkiye karşılık gelen pikselin yoğunluk kademesini gösterir. Sıfır değeri en karanlık, ikiyüzellibeş değeri ise en açık yoğunluktaki piksel değeridir. Bundan sonra görüntünün işlenmesi için kullanılan algoritma aşağıdaki şekilde gelişir :

başla

Parçaların ikili görüntüsünü şekillendirmek amacıyla görüntüyü eşiklendir.

Eşiklendirme operasyonu nesneleri arka plandan ayırır.

Farklı nesneleri ayırmak ve etiketlemek amacıyla görüntüyü işle.

(nesne varsa) yap

Her nesneyi tanımla ve pozisyon ve oryantasyonunu hesapla.

bitir

bitir

İşleme operasyonunun sonucu sınıflandırma için ART1 ağına beslenen bir karakter vektörüdür. Bu vektör, ağı nesneler arasında ayırım yapabilmesini ve kameranın görüş alanı içinde bulunup da farklı mevki ve oryantasyonlara sahip olan aynı sınıfa ait nesneleri saptayabilmesini sağlayacak ölçüde bilgi içermelidir. Tüm parçaların tanımlanıp, yerlerinin tesbit edilmesiyle birlikte parçalara ait veri tabanı düzenlenmiş olur.

Eşiklendirmenin amacı nesneleri arka plandan ayırmaktır. Eşiklendirme sonucunda ikili görüntü olarak adlandırılan, iki kademeli bir görüntü elde edilir. Burada arka plan bir kademedede (0) ve nesneler diğer ikili kademedede (1) yer alırlar :

$$s_{xy} \geq T \rightarrow f(x,y) = 1$$

$$s_{xy} \leq T \rightarrow f(x,y) = 0$$

Burada $f(x,y)$ sonuçtaki ikili görüntü, s_{xy} orjinal görüntü ve T sembolü de eşik kademesidir.

Nesnelerin arka plandan ayrılmasından sonra gelen aşama, bunların birbirlerinden ayrılmasıdır. Genelde ayırdetme ve etiketleme için tekrarlı ve sıralı olmak üzere iki algoritma tipi kullanılır (Horn, 1986). Sıralı uygulama tipi daha az hafıza kapladığı için tercih edilmiştir. Sıralı algoritmada görüntü sırayla taranır ve bileşenler bir seferde etiketlenir. Bu algoritmada bir piksel; solundaki, tepesindeki ve sol yukarısındaki (diyagonalindeki) olmak üzere en yakın üç komşusuyla birlikte analiz edilir :

başla

V_A : = etiketleme için incelenen pikselin değeri

V_B : = A pikselinin üstündeki pikselin değeri

V_C : = A pikselinin solundaki pikselin değeri

V_D : = A pikselinin sol üst köşesindeki pikselin değeri

(piksel varsa) yap

başla

$V_A = 0$ ise devam et

$V_A = 1$ ve V_D etiketlenmişse V_A : = V_D

V_B etiketlenmişse V_A : = V_B

V_C etiketlenmişse $V_A := V_C$

$V_B = V_C$ ise ve ikisi de etiketlenmişse ($V_A := V_B$ veya V_C)

$V_B \leftrightarrow V_C$ ise ve ikisi de etiketlenmişse $V_A := V_B$ veya $V_A := V_C$

(iki etikette eşit ve aynı nesneye aittir)

bitir

bitir

Algoritma, nesneleri pozisyon ve oryantasyonlarını dikkate almadan başarılı bir şekilde etiketlemiştir. Tüm bileşenler etiketlendikten sonra kütle merkezi, ana eksenin açısı, ana eksen boyunca uzunluk ve ana eksene dik bir çizginin uzunluğu hesaplanır. Aşağıdaki formül her obje için moment hesaplarını göstermektedir :

$$M_{ij} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} x^i y^j f(x,y) dx dy$$

Burada j ve k sıfır olmayan tüm değerleri alabilirler. $F(x,y)$ ise ikili görüntüyü ifade eder. İki adet birinci dereceden moment mevcuttur : M_{10} ve M_{01} . Alandaki momentler her nesnenin ağırlık merkezinin hesaplanması için kullanılırlar. Ağırlık merkezleri (X_{cog} , Y_{cog}) aşağıdaki formüllerle hesaplanır :

$$X_{cog} = M_{10}/M_{00} \quad Y_{cog} = M_{01}/M_{00}$$

Ağırlık merkezi kamera koordinatları içindeki her nesnenin yer tayini için kullanılır.

Merkezi momentler nesnelerin oryantasyonunun hesaplanması için kullanılırlar. Aşağıdaki formül bunu ifade etmektedir :

$$\mu_{ij} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - x_{cog})^i (y - y_{cog})^j f(x,y) dx dy$$

Oryantasyonun gösterimi için ana eksenin açısı aşağıdaki formülle hesaplanır :

$$\tan 2\theta = 2 \mu_{11} / (\mu_{20} - \mu_{02})$$

Oryantasyon açısının hesaplanmasıyla birlikte nesnenin ana eksen doğrultusundaki uzunluğunun belirlenmesi mümkün olur. Bunun için ağırlık merkezinden ana eksen boyunca bir yönde hareket edilerek nesnenin sınırı tesbit edilir. Bu nokta kaydedildikten sonra diğer yönde harekete geçilerek nesnenin diğer uçtaki sınırına ulaşılır. İki köşe noktası arasındaki mesafe nesnenin ana eksen doğrultusundaki uzunluğunu verir. Ana eksene dik doğrultudaki uzunluk da buna benzer bir şekilde hesaplanır. Tek fark ana eksen doğrultusu yerine buna dik olarak yansıtılan bir çizgi üzerinde hareket edilmesidir.

ART1 Yoluyla Nesnelerin Sınıflandırılması :

Parçaların sınıflandırılmasında ART1 sinir ağı kullanılır. Her nesnenin karakter vektörü oluşturulur ve ART1 sinir ağına iletilir. Eğer karakter vektörü, ağda kayıtlı olan örneklerden hiçbirine uymuyorsa yeni bir sınıf oluşturulur ve sinir ağı sınıflandırıcısına yeni parça bildirilir.

Karakter vektörü, nesnenin alanı ve ana eksen boyundaki uzunluğu olmak üzere iki nitelik taşır. Bütün standart parçalar dikdörtgen formunda oldukları için bu iki karakter parçanın tanımlanmasına yeter. Hesaplamaların çoğu görüntünün işlenmesi aşamasında yapıldığı için her nesnedeki bu iki karakter hızlı bir şekilde belirlenir. Nesne ağa ilk defa gösteriliyorsa sistem veri tabanını göz önünde bulundurarak nesne için yeni bir sınıf açar. Eğer nesne daha önceden sınıflandırılmış ise sistem parçayı ait olduğu sınıfa ekler ve adını ait olduğu sınıfın renginde gösterir.

Geri Yayılmalı Sinir Ağı Vasıtasıyla Sistem Kalibrasyonu :

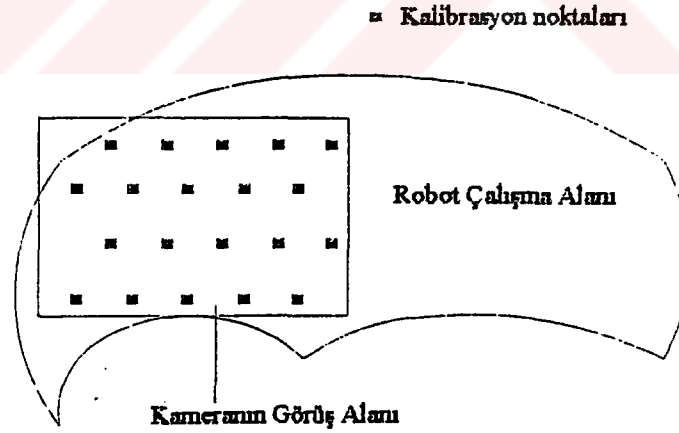
Sistem kalibrasyonu, görüntüleme uygulamalarında önemli bir yer teşkil eder. Ölçüm ve mevki bilgileri tam olarak elde edilmeden önce görüntü sisteminin kameraları global koordinat sistemine göre kalibre edilmelidir. Nesneler robot kol vasıtasıyla hareket ettirilecekleri için robot kolun koordinat sistemini global koordinat sistemi olarak tayin etmek en uygunudur. Kalibrasyon işlemi, noktaların görüntü koordinatlarından global koordinatlara dönüşümünü sağlar.

Geri yayılmalı sinir ağı ile kalibrasyonun gerçekleştirilmesinin diğer tekniklere göre birçok avantajı vardır. En önemli avantajlarından biri, bu teknikte görüntü

sisteminin özenle hazırlanmış bir modeline ihtiyaç duyulmamasıdır. Ayrıca bu sistemde kameranın yerleşimi için bir ön bilgiye sahip olmaya, kamera merceğinin odak uzunluğunun ve piksel aralıklarının da bilinmesine gerek yoktur. Diğer tekniklerde kamera ve robot koordinatları arasındaki ilişkiyi kurmak için bu bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Sinir ağı bu parametreleri görüntü koordinatlarından robot koordinatlarına geçiş alıştırmaları esnasında öğrenir.

Bu tip kalibrasyonun avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Ağın hassasiyeti bu teknikte milimetrik boyut seviyesindeyken, diğer tekniklerde bu birimin altında da ölçüm yapılabilmektedir. Ağın ikinci dezavantajı ise anında kalibrasyon yapamamasıdır. Fakat kamera devamlı sabit bir pozisyonda bulunduğu için bu dezavantaj hayati önem teşkil etmez. Kalibrasyon sadece kameranın robot kola göre hareket ettirildiği durumlarda gereklidir.

Kalibrasyon işleminin ilk aşaması nesneleri kameranın görüş alanı içindeki belli mevkilere yerleştirmektir. Bu organizasyonda yirmi adet pleksiglas blok, robot kollar vasıtasıyla kameranın görüş alanına düzenli olarak yerleştirilir. Kameranın görüş alanı içinde fakat robot kolun çalışma alanı dışında kalan noktalar ihmal edilir. Şekil 6.6 'da robot kol çalışma bölgesinin üstten görünüşü yer almaktadır.



Şekil 6.6. Robot kolun çalışma bölgesi ve kameranın görüntü alanı

Kalibrasyonun ikinci aşaması, sinir ağının görüntü koordinatlarından robot kol koordinatlarına dönüşümü öğrenmesi için alıştırmasıdır. Ağ bir giriş, iki saklı ve bir çıkış olmak üzere dört tabakadan oluşmaktadır. Giriş tabakasında, nesnenin ağırlık merkezinin kamera tarafından normalize edilmiş x ve y koordinatlarına karşılık gelen

iki giriş siniri vardır. Çıkış tabakasında ise ağırlık merkezinin robot koordinatlarına karşılık gelen iki sinir vardır. Her saklı tabaka yirmi adet sinir içermektedir. Her vektör çifti ağı gösterilerek ağı uygun biçimde modifiye edilmesi sağlanır. Alıştırma belli bir doğruluk derecesine erişilinceye kadar devam eder. Her geçişte hata payı hesaplanır. Ağıdaki hata oranı istenen ve gözlenen çıkış değerleri arasındaki farkların toplamı kadardır :

$$\text{Net hata} = \sum_{i=1}^{i=20} | \text{çıkış}_{\text{istenen}} - \text{çıkış}_{\text{ağ}} |$$

Ağın ilk alıştırma döneminde, istenen doğruluk derecesine ulaşıncaya kadar uzun bir süre geçmesine rağmen, kameranın yerinin değiştirilmesi sonucu gerekli hale gelen yeni kalibrasyon süresi, ilkinin nazaran çok daha az bir zaman gerektirmektedir.

6.3.2 ROBOT KONTROL MODÜLÜ

Robot kontrol modülü akıllı paketleme sisteminin son aşamasıdır; paketleme için kullanılan bir IBM 7335 robotu ve onu kontrol etmek için gerekli bir bilgisayardan oluşur. Modülün giriş verileri, sandalye parçalarının paketlenmeleri için gerekli tutma ve yerleştirme koordinatlarıdır. Tutma koordinatları, işleme aşamasının ardından görüntü sisteminden elde edilir. Yerleştirme koordinatları ise tasarım modülü tarafından tesbit edilir.

Modülün sıra belirleme bölümü, giriş bilgilerini okuyarak geçerli tutma ve yerleştirme sırasını tayin eder. İkinci aşamada ise robot kolun AML dilindeki dinamik programlaması yer alır. AML (A Manufacturing Language), yüksek kademeli bir robot programlama dilidir. C++ dilinde yazılmış bir program olan dinamik program üreticisi, ASCII formatında AML kodlarını üretir. İkinci aşamanın çıkışı, tutma ve yerleştirme fonksiyonlarının sırasını ve her birinin koordinatlarını içeren AML kodundan oluşur. Üçüncü aşamada başka bir C++ fonksiyonu tarafından, AML kodu robotun makina diline derlenir. Çıkış, robota aktarılmaya hazır olan makina talimatnamesini içeren başka bir dosyadır. Dördüncü aşama bir robot programı yoluyla gerçekleştirilir. Bu program makina talimatlarını içeren dosyayı, hatasız transferi garantileyen bir RS - 232 iletişim protokolü vasıtasıyla robot kontrol birimine aktarır.

Beşinci aşamanın başlangıcında robot kontrol birimi, robotu kontrol etmek için gerekli makina talimatlarının sırasını hafızasında bulundurmaktadır. Kontrol birimi bu bilgileri sırasıyla okuyarak, bunları robotu hareket ettirmek için gerekli olan elektrik sinyallerine dönüştürür. İşlem bittikten sonra robot başlangıç noktasına dönerek yeni talimatları bekler. Bu aşamanın sonucu, yüklemeye hazır vaziyette paketlenmiş bir üründür.

Robot kolun hızı yine bir geri yayılmalı sinir ağı vasıtasıyla kontrol edilir. Ağ bir giriş, bir saklı ve bir de çıkış olmak üzere üç tabakadan oluşur. Giriş tabakası sekiz, saklı tabaka onbeş ve çıkış tabakası da iki adet sinir içerir. Kolun hızı parçanın uzunluk ve genişliğine göre ayarlanır. Tablo 6.1 'de boyutlar ve bunlara uygun hız kademeleri yer almaktadır. Çok yavaş (0), yavaş (1), orta (2) ve hızlı (3) olmak üzere dört hız kademesi mevcuttur. Alistırma, kalibrasyon prosesine benzer şekilde istenilen doğruluk derecesine ulaşıncaya kadar devam eder.

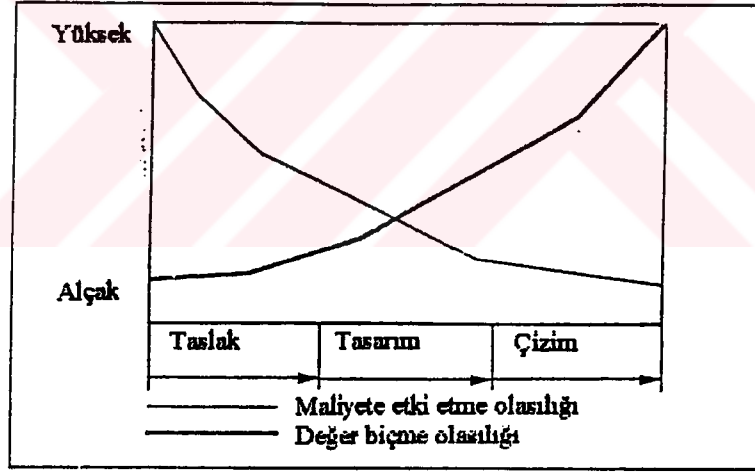
Tablo 6.1. Bileşenlerin boyutları (cm) ve bunlara karşılık gelen hız kademeleri

Uzunluk	Genişlik	Karakter vektörü	Hız	Çıkış Vektörü
15 = (0 1 1 0)	5 = (0 0 1 0)	0 1 1 0 0 0 1 0	Çok Yavaş	00
20 = (1 0 0 0)	15 = (0 1 1 0)	1 0 0 0 0 1 1 0	Yavaş	01
10 = (0 1 0 0)	5 = (0 0 1 0)	0 1 0 0 0 0 1 0	Orta	10
10 = (0 1 0 0)	10 = (0 1 0 0)	0 1 0 0 0 1 0 0	Hızlı	11

BÖLÜM 7 CAD/CAM ENTEGRASYONUNDA İMAL EDİLEBİLİRLİK

7.1 TASARIM VE İMAL EDİLEBİLİRLİK

Tasarımın başlangıcında üretimin en önemli parametreleri tesbit edilir. Tasarımın taslak çıkarma, tasarlama ve çizim aşaması olarak üç aşamaya bölündüğünü düşünelim. Bu durumda en önemli kısım taslak çıkarma aşamasıdır. Bu aşamada en önemli fiziksel özellikler, fonksiyonel prensipler ve konstrüksiyonun boyutları belirlenir. Tasarım ilerledikçe tasarımcının maliyet için değer biçme olasılığı artar ve çizim aşamasında en üst seviyeye ulaşır. Fakat bu aşamada imalat maliyetini etkileme kabiliyeti en düşük düzeydedir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Tasarımcının maliyete etki etme ve değer biçme olasılığı

Klasik uygulamalarda maliyet analizi imalattan hemen önce veya hemen sonra yapılmaktadır. Tasarımcı bu yolla geri besleme imkanına kavuşsa bile, maliyet bilincini tasarıma aktarma imkanı yoktur. İzlenecek en iyi yol, maliyete etki etme olasılığının en üst seviyede olduğu taslak aşaması esnasında imalat maliyeti hakkında bilgi edinmektir. Eğer bu bilgi sağlanırsa, maliyet analizi diğer teknik analizlerle birlikte tasarım aşamasındaki yerini alır. Tasarım aşaması esnasında, tasarımı yapılan ürünün imalatının mümkün olup olmadığının anlaşılması ve üretim

merkezimizdeki takımların bu parçanın imali için yeterliliklerinin araştırılması maliyet açısından büyük önem teşkil etmektedir. Çünkü yeni takımların imal edilmeleri veya dışardan sipariş yoluyla elde edilmeleri maliyeti arttırmaktadır. Bu noktada devreye imal edilebilirlik analizi girer. İmal edilebilirlik problemleri, proses planlama problemleriyle yakından ilişkilidir (Courtright, 1988). İmal edilebilirlik üç faktöre bağlıdır (Tuomi, 1989) :

- (1) İş parçasının tutturulması
- (2) Kalite talepleri
- (3) İş parçasının şekli ve boyutlandırılması

Bir işleme merkezinde en önemli faktör, iş parçasının tek bir organizasyonda işlenebilmesidir. Bu nedenle iş parçasına bütün işleme doğrultularından bağımsız olarak yaklaşılabilmelidir. Kalite talepleri ise gerekli operasyonların sayısını ve böylece işleme maliyetini belirler. Yüzey bitirme işleminin kalitesi, iş parçasının fonksiyonuna uygun seviyede olmalıdır. Özellikle fazla maliyet gerektiren kısımlar dikkatle gözden geçirilmelidir. İş parçasının tasarım detayları saptandıktan sonra imalat yöntemleri ve kullanılacak takımlar gözden geçirilmelidir. İşlemede standart takımlar kullanılmalı ve yuvarlatma gibi detaylar takım geometrisiyle uyumlu olmalıdır.

7.2 CAD/CAM ENTEGRASYONUNDAKİ PROBLEMLER

Tasarım, planlama ve imalatın bir bilgisayar ortamıyla bütünleşebilmesi için bazı problemlerin çözülmesi gerekir. Bu problemleri aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz :

- (1) Konvansiyonel üretim modellerinin yetersizliği
- (2) Bilgisayar destekli proses planlama (CAPP) sistemlerinin portatif özelliklerinin zayıf olması
- (3) Ortak proses planlama mantığının mevcut olmaması
- (4) CAPP sistemlerinin tamamlanmamış olması
- (5) Proses planlama hedeflerinin çelişkili yapısı

(1) Konvansiyonel bilgisayarlardaki dahili ifadeler tasarımıda yetersiz kalmaktadır. Ürünün geometrik temsili; toleranslarla, yüzey bitirmeyle ve malzeme ile ilgili bilgi içermemektedir. Modeller, iki yüzeyin paralelliği ve bir doğrultudaki delik sayısı gibi sorulara cevap vermekten uzaktırlar. Mekanik parçaları temsil eden geometrik modeller, düşük seviyedeki geometrik yapılardan oluşmaktadır. İmal edilebilirlik analizi gibi akıllı fonksiyonların CAD/CAM sistemleriyle entegrasyonu söz konusu olduğunda, imal edilecek parçaların karakteristik özelliklerini (delikler, yüzeyler, vb.) temsil etmeye yarayan araçların sistemde yer almaları gerekir. Karakter modelleme bu eksik araçları temin eder. Bir karakter kütüphanesi yoluyla tasarım ve imalat bilgisi kaydedilir ve kullanılabilir hale gelir. Karakter temeline dayanan bir CAD/CAM sistemi kullanıldığında konvansiyonel geometrik modelleyiciler de işe yarar hale gelirler.

(2) İmalat ortamı sürekli olarak değişir ve eski takım tezgahları yerini yenilerine bırakır. Aynı döngü diğer imalat teçhizatı için de geçerlidir (Eversheim, 1989). Bir proses planlama sistemi, minimum eforla yeni imalat ortamlarına taşınabilecek şekilde kurulmuş olmalıdır. En ideali, sadece fabrika modelinin ifadesinin yazılmasıyla sistemin yeni bir fabrikaya uyum sağlayabilmesidir. Bir problem de imalat teknolojisinin bir fabrikadan diğerine farklılık göstermesidir. Bazı kuruluşlarda ileri teknoloji hakimken, bazılarında aynı imalat prosesi manuel olarak gerçekleştirilmektedir.

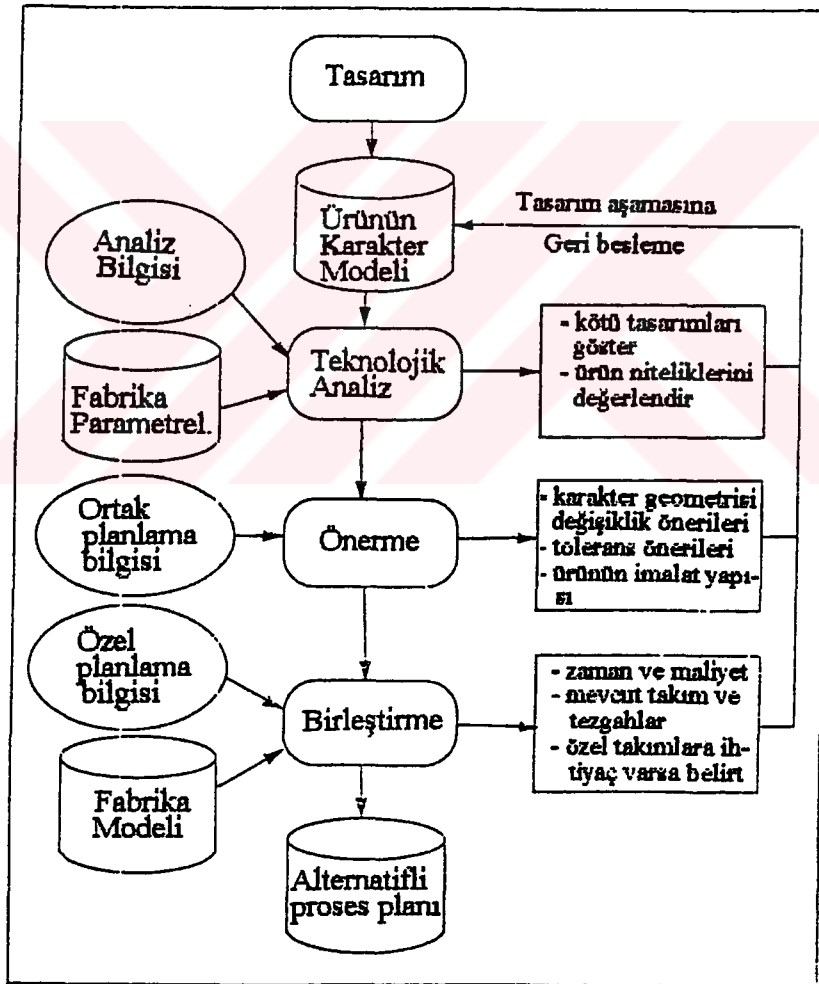
(3) Proses planlama sistemlerinin kurulmalarındaki önemli bir zorluk da planlama mantığının her parçaya göre farklılık göstermesidir. Örneğin delik delme ve frezeleme işlemlerinin planlama mantıkları, değişik niteliklere sahiptir. Bir de bunlara sac işleme gibi yöntemler eklenince ortak bir planlama prosedürü oluşturmak imkansız hale gelmektedir.

(4) CAPP sistemlerinin şu anki durumu, bir fabrikada mevcut olan tüm imalat işlemlerini kapsayacak seviyede değildir. İmalat problemlerinin %80 'ini çözebilecek durumda olan bilgisayar destekli metodları, prosesin %20 'sini kapsayacak seviyede tutmak en makuludur. İmal edilebilirlik analizinde ve proses planlamada tam otomasyona geçmek mümkün olmasa da bilgisayar destekli metodlarla tatmin edici bir noktaya gelinebilir.

(5) Bilgisayar destekli proses planlamadaki zorluklardan biri de alt görevlerin birbirleriyle çelişmesi ve bu nedenle planlama probleminin, birbirinden bağımsız alt

problemlere ayrıştırılamamasıdır. Bu zorluğa örnek olarak organizasyon planlaması ve takım seçme planlaması arasındaki çelişkileri gösterebiliriz. Organizasyon planlanmasında global amaç gerekli işleme doğrultularını minimum seviyesinde tutmaktır. İşleme merkezi, yeni bir organizasyona gerek duymadan iş parçasını değişik yönlerden işlemeye uygun olsa bile, tutturma tasarımının kolaylığı açısından az sayıda işleme yöntünün kullanılması tercih edilir. Öte yandan takım seçiminin amacı ise en uygun metodu ve bu nedenle imalat için en uygun takımı seçmektir.

7.3 BİR CAD/CAM ENTEGRASYON MODELİ



Şekil 7.2. İmal edilebilirlik analizini içeren bir CAD/CAM entegrasyon modeli

CAPP sistemleri geliştirilirken otomasyon adımlarında esnek yapıya, genişleme özelliğine sahip bilgi modellerine ve yeni esnek sistem yapılarına özel önem vermek gerekir (Eversheim, 1989). Bu bölümde, parça tasarımında imal edilebilirlik analizini ön plana çıkaran ve sonlarda yer alan planlama aşamasından, başlangıçta yer alan tasarım aşamasına geri besleme sağlamayı amaçlayan bir CAD/CAM entegrasyon modeli ele alınmıştır (Şekil 7.2).

Burada CAD/CAM entegrasyonu dört evreye bölünmüştür :

- (1) Tasarım
- (2) Teknolojik analiz
- (3) Önerme
- (4) Birleştirme

Tasarım evresinde tasarımcı yaratıcı çalışmasını gerçekleştirerek ürünle ilgili fonksiyonel tarifleri ortaya koyar. Burada önemli olan, çalışma sonucunda ürünün analiz ve planlamaya elverişli bir “karakter modeli” ‘nin ortaya konmasıdır. Aynı zamanda karakter modeli, fonksiyon haricinde imalat açısından da bir anlam ifade etmelidir.

Tasarımcı, tasarımın kalitesini mümkün olduğu kadar erken kontrol edebilme imkanına sahip olmalıdır. Bu yüzden teknolojik analiz, tasarım aşaması esnasında veya hemen tasarımın bitiminde devreye girmelidir. Tasarım tamamıyla bitmemiş olsa bile, ilk imal edilebilirlik kontrolünün yapılması mümkündür. Bu aşamada, her imalat organının kapasitesini ifade eden fabrika parametreleri kanalıyla oluşturulan ortak analiz bilgisi kullanılır. Fabrika parametrelerine örnek olarak, önceden saptanmış olan delik boyutları veya tolerans uygulamaları gösterilebilir. Ortak analiz bilgisi kaynaklarından birisi endüstriyel standartlardır. Teknolojik analiz sonucunda ürünün sıralanmış ve değerlendirilmiş nitelikleri elde edilir. İmal edilme imkanına sahip olmayan niteliklerin saptanması durumunda tasarımın değiştirilmesi gerekir.

Proses planlama, önerme ve birleştirme olmak üzere iki evreye ayrılır. Önerme proses planlamanın ön ucunu, birleştirme ise arka ucunu teşkil eder. Proses planlamanın iki evreye ayrılması, ürüne odaklı ve fabrikadan bağımsız planlama tipinden, imalat yöntemlerine odaklı ve fabrikaya özel planlama tipine geçişi sağlar.

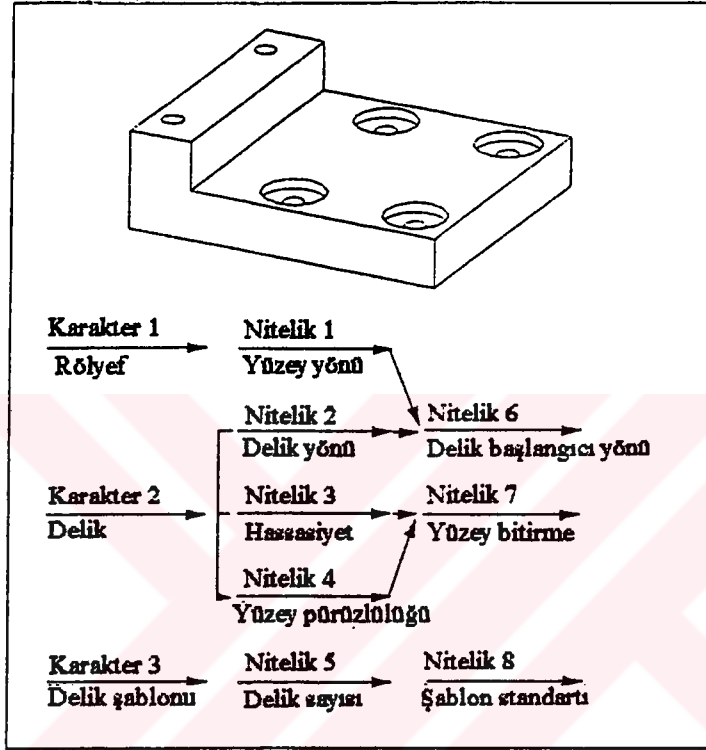
Önerme aşamasında planlama kabaca yapılarak, detaylandırmaya birleştirme evresinde geçilebilir.

Önerme evresinde ortak imalat bilgisi kullanılır. Bu aşamada, çözüm aralığının bütününde sıralama yapılır ve gerekli kesme doğrultularının sayısı minimuma indirilerek planlamaya hazırlık aşaması gerçekleştirilir. Çözüm aralığı, fizibiliteye uygun ve daha avantajlı proses planlama alternatiflerinin önerilebileceği şekilde sınırlandırılır ve bu şekilde imalatın yapısı açığa çıkar. Bu aşamada geometrik değişiklik önerileri de getirilebilir. Proses planı önerisi, alternatifler içeren esnek bir yapıya kavuşturulduğunda, tekrarlı bir şekilde ve dinamik duruma bağlı olarak değişik yorumlamalarla, birleştirme aşamasında kullanılabilir.

Birleştirme aşamasında, bir proses planı önerisi imalat tesisiyle birleştirilir. Bu nedenle fabrika modeli ve fabrikaya bağlı imalat bilgisi kullanılır. Fabrika modeli; takım tezgahları, tutturma tertibatları, kesme takımları gibi statik bilgileri ve tezgah yükü, takım aşınımı gibi dinamik bilgileri içermelidir. Fabrikaya bağımlı imalat bilgisi, zamanlama stratejisini ve NC programlama örneklerini de içerir. Birleştirme evresi vasıtasıyla, temin edilmesi mümkün olmayan kesme takımları ve imalat maliyetini açık olarak ortaya koyan gerekli işleme zamanı gibi, imal edilebilirlikle ilgili bilgiler de edinilebilir. Birleştirme evresinin sonucunda; izlenecek yolu, tezgahları, kesme takımlarını, tutturma tertibatlarını ve her imalat adımına ait NC programlarını içeren bir proses planı elde edilir. Fabrika modeli ve proses modeli, daha sonra imalat prosesini kontrol amacıyla kullanılır.

CAD/CAM entegrasyon modeli ve de özellikle imal edilebilirlik analizini modele yayma fikri, üç durum göz önünde bulundurularak incelenmiştir. İlk durum teknolojik imal edilebilirlik analizini, ikinci durum proses planlamanın önerme aşamasını, üçüncü durum ise birleştirme aşamasını ele alır. İlk iki örnek frezeleme, delme gibi takım tezgahlarında gerçekleştirilen operasyonları göz önünde bulundururken, son örnek sac işleme sonucu elde edilen parçalarla ilgilidir. İlk iki durum için oluşturulan yazılım programları birbirleriyle entegre haldeyken, son durum için ayrı bir yazılım mevcuttur.

7.3.1 TEKNOLOJİK İMAL EDİLEBİLİRLİK ANALİZİ



Şekil 7.3. Bir parça örneğindeki karakterler ve nitelikler

Nitelikler :

Nitelik, bir parçada mevcut olan ve imal edilebilirliğini etkileyen bir karakterdir. Belli bir bölgedeki yüzey bitirme, delik şablonunun şekli veya deliğin dikliği, bir nitelik olabilir. Bir karakter, bir veya daha fazla nitelik içerebilir. Şekil 7.3 'deki örnek parça önce karakterlere bölünmüş, daha sonra parça nitelikleri sıralandırılmıştır. Örnek parçada az sayıda farklı karakter vardır fakat her karakter değişik nitelikler içerir. Tablo 7.1 'de delikler için mevcut olan nitelikler ve açıklamaları yer almaktadır.

Tablo 7.1. Deliklerdeki imal edilebilirlik nitelikleri

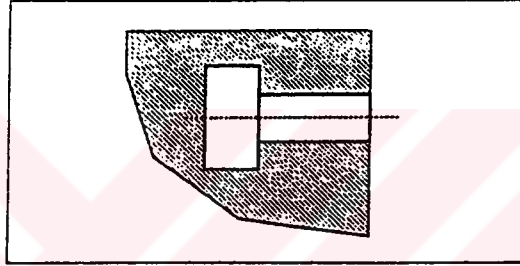
Nitelik	Açıklama
Delik doğrultusu	Gerekli tertibat sayısını arttırdığı için farklı doğrultu sayısı az olmalıdır.
Delik başlangıcı	Düz ve yüzeye dik olmalıdır. Aksi takdirde takım kırılabilir.
Delik bitimi	Düz ve başlangıç yüzeyine dik olmalıdır. Aksi takdirde takım kırılabilir.
Çap adedi	Gerekli takım sayısını arttırdığı için en az sayıda tutulmalıdır.
Delik derinliği	Özel bir takım gerektireceği için çapın 5-8 katından fazla olmamalıdır.
Delik dibi tipi	Matkap uçları konik olduğu için delik dibi de konik olmalıdır.
Delik dibi açısı	Standart matkap ucu açısıyla aynı olmalıdır.
Delik hassasiyeti	Gerekli takım sayısı üstünde büyük etkisi vardır.
Yüzey bitirme	Gerekli takım sayısı üstünde büyük etkisi vardır.
Delik çapları	Standart takımlara göre standartlaştırılmalıdır.
Delik şablonu	Dairesel delik şablonlarının yarıçapları ve bunlardaki delik sayısı standartlaştırılmalıdır.

Nitelik sınıfları ve puanlama :

Parçaların nitelikleri kalite sınıflarına ayrılmıştır. Sınıf tipleri 0 ile 4 arasında değişir. Bir niteliğin, 1 numaralı sınıfa ait olması niteliğin imalat açısından en iyi

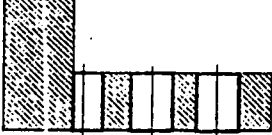
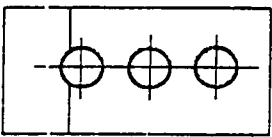
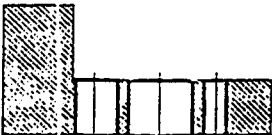
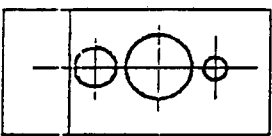
konumunda olduğunu gösterir. Sınıf numarası örneğin 3 olan bir nitelik, tasarımda yapılan değişikliklerle daha üst sınıflara çıkartılabilir. Mesela pratikte, farklı boyuttaki deliklerin sayısını üçten bire indirmek sınıf atlamayı sağlayabilir.

Niteliklerin puanlandırılması, en kötü sınıf numarasının sıfır olacağı şekilde veya en kötü sınıfın bir puana sahip olacağı şekilde gerçekleştirilir. İmal edilmesi mümkün olmayan veya maliyeti gereksiz derecede yüksek olan nitelikler, sıfır numaralı sınıf tipine girerler. Bu nitelikler mutlaka değiştirilmelidir. Şekil 7.4 'te imal edilmesi mümkün olmayan bir nitelik yer almaktadır. Delikten sonra gelen kısmın çapı, deliğe nazaran, imalatı imkansız kılacak oranda büyüktür.



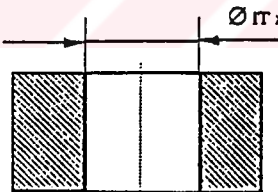
Şekil 7.4. İmalatı imkansız olan bir nitelik

Niteliklerin sınıfları, en iyiden en kötüye doğru puanlanır. İlk sınıf en yüksek puana, ikincisi daha az puana sahip olacak şekilde, puanlama alt sınıflara doğru devam eder. Puanlama sonucu nitelik ile ilgili tüm detayları ortaya koymasa bile, bir sınıftan diğerine atlarken puanlamada meydana gelen değişiklik, imal edilebilirlikteki değişimin göstergesidir. Bazı niteliklerin bir üst sınıfa çıkarılmaları, imal edilebilirlik açısından, başka niteliklerin iki veya daha çok kademe atlamalarından daha fazla avantajlıdır. Şekil 7.5 'te nitelik sınıflarının puanlandırılmalarına bir örnek yer almaktadır. Şekilde alt kısımda bulunan parça, "delik çapı adedi" niteliğinin üç numaralı sınıfa ait olmasına rağmen imalat açısından daha iyi bir konumdadır. Çünkü üst kısımdaki tasarımda spiral matkapla delik açmak neredeyse imkansızdır. Bu nedenle üstteki tasarımın puanı (40 puan), alttakinden (46 puan) bir hayli aşağıda kalmıştır.

	Nitelik : Delik başlangıcının düzlüğü
Sınıf 1 $14 p \times 2 =$	28 p
Sınıf 3 $2p \times 1 =$	2 p
	Nitelik : Delik çapı adedi
Sınıf 1 $10 p \times 1 =$	10 p
	40 p
	Nitelik : Delik başlangıcının düzlüğü
Sınıf 1 $14 p \times 3 =$	42 p
	Nitelik : Delik çapı adedi
Sınıf 3 $4 p \times 1 =$	4 p
	46 p

Şekil 7.5. İki nitelik içeren iki örnek parça

İmal Edilebilirlik Kurallarının Parametrizasyonu :


Nitelik : Delik kalitesi
Sınıf 1 $x \geq 11$ delme
2 $6 < x < 11$ delme + raybalama
3 $x \leq 6$ delme + (rayba) + honlama

Şekil 7.6. Delik kalitesi ile ilgili imal edilebilirlik kuralları

İmal edilebilirlik kuralları, delik çapları ve yüzey bitirme gibi parametrik değerleri içerir. Niteliklerin sınıflandırmasında kullanılan puanlar da imal edilebilirlik kuralları arasında yer alır. Sınıflandırma puanları parametrik listede sıralandırılır. Bu parametre listesi, herhangi bir fabrika için imal edilebilirlik analizörünün seviyesini arttırmada kullanılabilir. Örneğin tavsiye edilen çap değerleri modernize edilebilir.

Fabrikadaki takım tezgahları değıştikçe, erişilebilen delik kalitesi değeri parametre listesi vasıtasıyla güne uygun hale getirilebilir. Şekil 7.6 'da gerekli operasyonların maliyetine bağı olarak imal edilebilirlik derecesini (sınıf) belirleyen bir imal edilebilirlik kuralı (nitelik) yer almaktadır. Eğer imalat organı, IT 10 kalitesinde üretim yapabilecek takımlara sahipse parametre listesinde güncel hale getirilebilir.

Üretim ve fabrika standartizasyonu açısından parametre listesi yararlı bir veri tabanı teşkil eder. Delik çapları ve delik standartları da fabrika standartlarına dahildir. İmal edilebilirlik analizöründe, tavsiye edilen delik çapları, tavsiye edilen yarıçap değeri ve delik şablonlarındaki deliklerin sayısı gibi bilgiler kayıtlıdır. Tavsiye edilen değeri kullandığı takdirde ürünlerin imal edilebilirlikleri uygun seviyede kalır.

Nitelik : Delik başlangıcı

Sınıf 1	$14 p \times 2 =$	28 p	Sınıf 1	$14 p \times 2 =$	28 p
Sınıf 2			Sınıf 2		

Nitelik : Delik yönü

Sınıf 1			Sınıf 1		
Sınıf 2	$7 p \times 1 =$	7 p	Sınıf 2	$7 p \times 1 =$	7 p
		<u>35 p</u>			<u>35 p</u>
			DAHA İYİ		

Nitelik : Delik başlangıcı

Sınıf 1	$14 p \times 1 =$	14 p	Sınıf 1	$14 p \times 1 =$	14 p
Sınıf 2	$6 p \times 1 =$	6 p	Sınıf 2	$6 p \times 1 =$	6 p

Nitelik : Delik yönü

Sınıf 1	$17 p \times 1 =$	17 p	Sınıf 1	$12 p \times 1 =$	12 p
Sınıf 2			Sınıf 2		
		<u>37 p</u>			<u>32 p</u>
DAHA İYİ					

Şekil 7.7. Öncelikli niteliklerin belirlenmesi

Niteliklerin bir sınıftan diğerine hareket etmeleriyle birlikte puanlarında meydana gelen değişiklik, imal edilebilirlikteki değişimi ifade eder. Bu nedenle en önemli nitelikler söz konusu olduğunda, niteliğin en iyi ve en kötü sınıfları arasında büyük puan farkları ortaya çıkar. Buna uygun olarak, daha az önem taşıyan niteliklerin sınıfları arasındaki farklar daha küçüktür. Şekil 7.7 'de niteliklerin birbirlerine olan önceliğini belirlemekle ilgili bir örnek yer almaktadır. İş parçalarının imal edilebilme kabiliyetleri iki değişik puanlama yöntemiyle ortaya çıkarılmıştır. Örnek “deliklerin dikliği” niteliğiyle ilişkilidir. Birinci sınıf ile ikinci sınıf arasındaki puan farkının (12p-7p) beş puan olarak belirlenmesi durumunda, üstteki alternatif imalata daha yakın hale gelir. Eğer fark on puan (17p-7p) olarak belirlenirse otuzyedi puana sahip olan alttaki alternatif seçilir.

Nitelik listesi :

Sistem parçanın imal edilebilme kabiliyetini analiz ederken bir de nitelik listesi hazırlar. Bu liste analiz esnasında sistemin puan verdiği niteliklerden oluşur. Nitelik listesi, kullanıcı tarafından okunduğu zaman, konstrüksiyonda hangi değişikliklerin yapılabileceğinin öğrenileceği şekilde modifiye edilir. Her niteliğin imal edilebilirliği ile ilgili bilgi aşağıda gösterilen formattadır :

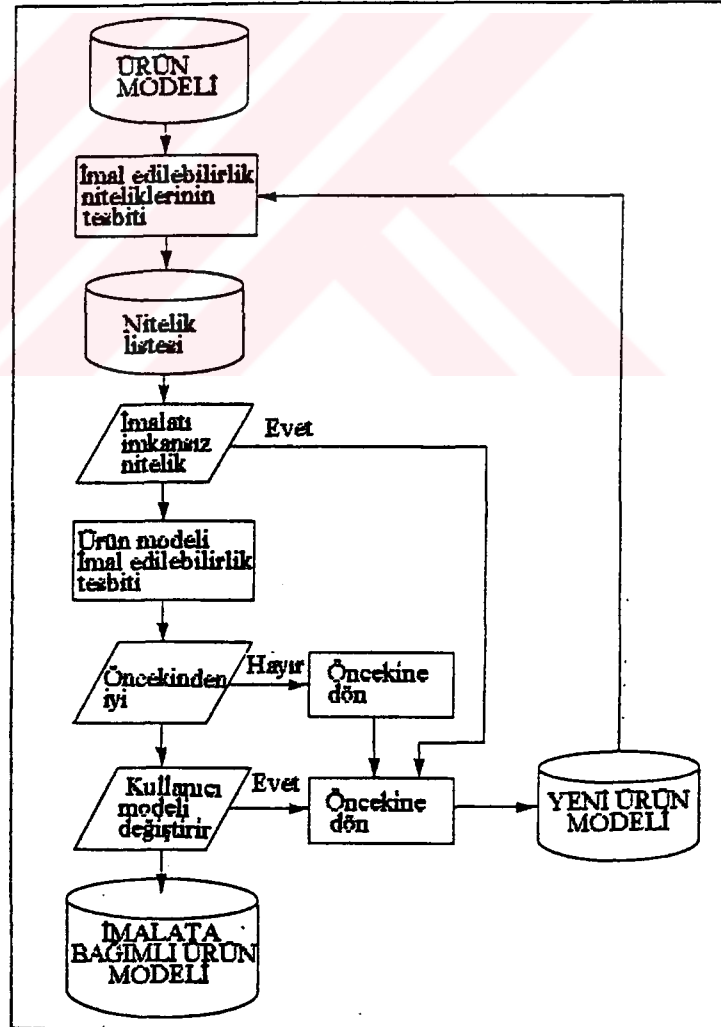
[nitelik (karakterler) sınıf skor (skorlar) (yorum ve tavsiye)]

Listenin ilk elemanı analiz edilen niteliktir. İkinci eleman (karakterler) niteliği etkileyen karakterlerin listesinden ibarettir. Üçüncü eleman niteliğin sınıfını bildirir. Skor, niteliğin sınıfıyla ilişkili olan nümerik bir değerdir. Beşinci eleman (skorlar) niteliğin daha iyi konumdaki sınıflarıyla ilişkili olan nümerik değerlerin listesidir. Aşağıda listenin son elemanı ile ilgili birkaç örnek yer almaktadır :

- Delik kalitesi imalat için mükemmel konumdadır
- Delik kalitesi tatminkar konumdadır
- Delik kalitesine ulaşmak çok zordur

Listedeki nitelikler, birinci konumdaki niteliğin üst seviyedeki bir sınıfa çıkartılmasıyla birlikte skordaki iyiye doğru değişimin en büyük miktarda meydana geleceği şekilde organize edilir. Skordaki iyiye doğru değişim miktarı, “skorlar” ın ilk elemanı ile skor arasındaki fark kadardır. Algoritma, yapılacak değişimin imalata uygunluk seviyesinde en üst düzeyde iyileşmeye neden olması temeline dayanır. Bu arayışa tırmanma algoritması adı verilir. Tırmanma algoritması her zaman yerel maksimum noktasına doğru hareket eder. Bazı hallerde bu davranış tipi bazı problemlere yol açabilir. Örneğin, sistem bulunduğu noktayı kavrayamadığı için arayışı sona erdiremeyebilir. Veya yerel maksimum noktası, her zaman global maksimum noktası olmayabilir. Söz konusu imal edilebilirlik analizöründe kullanıcı hangi geometrik değişimlerin yapılacağına kendisi karar verdiği için bu teorik problemler, tırmanma algoritmasının kullanılmasına engel teşkil etmez.

Analiz prosedürü :



Şekil 7.8. İmal edilebilirlik analizi prosedürü

Teknolojik imal edilebilirlik analizi sistemi, çalışmaya başladığında ilk olarak ürünün karakter modelini okur ve imal edilebilirlik niteliklerini sıralandırır. Nitelikler biraz önce anlatıldığı şekilde nitelik listesindeki yerlerini alırlar. Eğer sistem imal edilmesi mümkün olmayan nitelikler (skor = 0) saptarsa kullanıcıya bunların bir listesini sunar. Parça geometrisi bu niteliklerin eleneceği şekilde değiştirilmelidir. Sistem imal edilmesi mümkün olmayan nitelikler ortadan kalkıncaya kadar bu döngüde kalır.

Daha sonra sistem parçanın toplam imal edilebilirliğini bildirir. Toplam imal edilebilirlik, parça nitelikleriyle bağıntılı olan tüm skorların toplamından oluşur. Tasarımda değişiklik yapıldıktan sonra parçanın imal edilebilirliği ilk uygulamadaki halinden daha kötü bir konuma gelmişse sistem ilk hale geri döner. Eğer imal edilebilirlik daha iyi bir konuma gelmişse veya aynı konumda kalmışsa sistem değişiklikleri kabul eder ve yeni bir nitelik listesi çıkarır. Analiz prosedürünün tekrar edilmesi kullanıcıya bağlıdır.

Bu sistemin çıkışı, imalata uyumlu bir ürün modelidir. Geometrik değişiklikler, uzman imal edilebilirlik analiz sisteminin tavsiyeleri doğrultusunda kullanıcı tarafından gerçekleştirilir (Şekil 7.8).

7.3.2 PROSES PLANLAMANNIN ÖNERME AŞAMASI

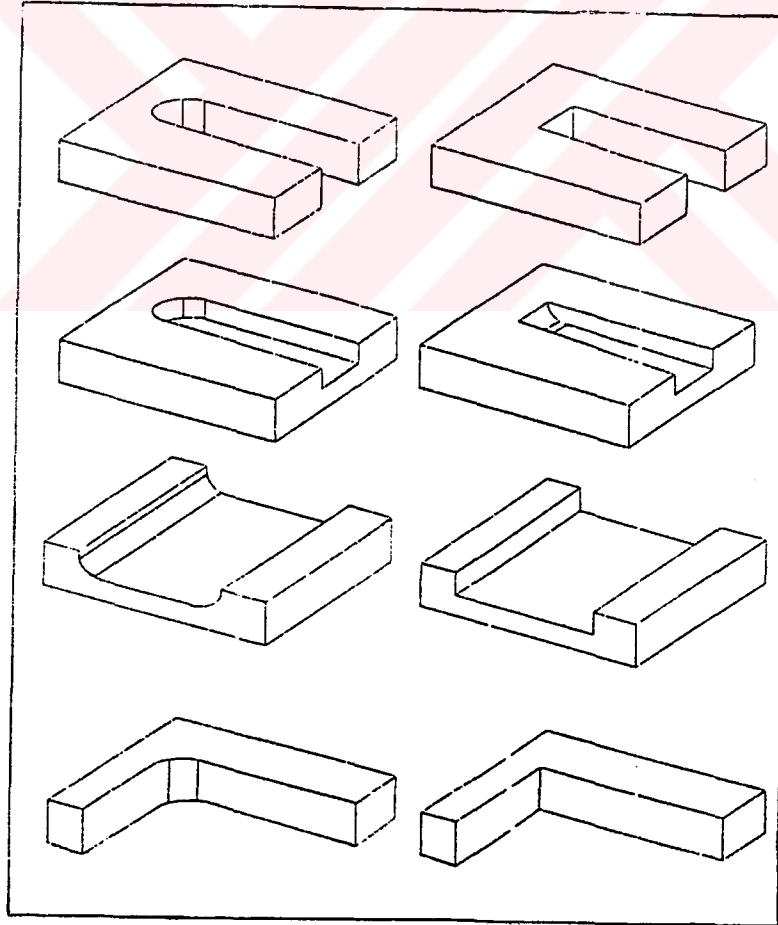
İmal edilebilirlik analizinin çıkışı, bir işleme operasyonları planlama sistemi olan HutCAPP ile karakteristik benzerlikler taşır. Aradaki fark, analiz sisteminin tasarımıda neyin değişmesi gerektiğini söylemekle beraber bu değişikliklerin nasıl yapılacağını ifade edememesi fakat HutCAPP sisteminde tasarımıla ilgili geometrik değişikliklerin önerilebilmesinden kaynaklanır. HutCAPP, “gevşek karakterleri” kullanarak, önerme aşamasında imal edilebilirlik analizi yapma imkânına sahip olur (Opas ve Mantyla, 1988). Bu aşamaya önerme aşaması denilmesinin nedeni, bu bölümde fizibiliteye uygun proses planı alternatiflerinin ve ürünün konstrüksiyonunu imalata daha yatkın hale getirecek değişikliklerin önerilmesindendir. Proses planlamayı iki aşamaya bölme nedenlerinden biri, önermenin ortak imalat bilgisini, birleştirme aşamasının ise fabrika modelini ve fabrikaya bağımlı imalat bilgisini kullanmasıdır.

Gevşek karakter modelleri :

HutCAPP sisteminin önerme aşaması imalat karakterleri terimlerini kullanır. Modeli tarif etmek için bu terimlerin kullanılmasından önce çözülmesi gereken bazı problemler vardır :

(1) Geometrik modellerden karakter tahlihi temeline dayanan proses planlama sistemlerinde geometrik modeller aşırı ayrıntılı tanımlanır. Bu da belli imalat çözümlerine erken karar verilmesine neden olur.

(2) Parçalar sıklıkla, her biri bir imalat tipine karar vermeyi gerektiren çeşitli karakter modelleriyle temsil edilirler. Tek bir yoruma dayalı olarak çalışan proses planlama sistemleri, diğer yorumlar tarafından teklif edilen imalat fırsatlarını değerlendiremezler.



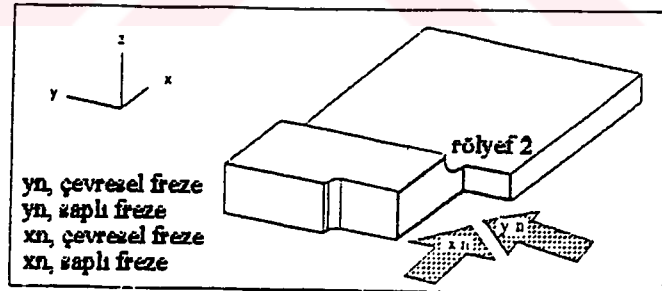
Şekil 7.9. Gevşek karakter grupları

Belli bir parça görünüşüne veya belli bir imalat tipine erken karar verme sorunu, proses planlayıcısının karakter dönüşümü kabiliyetine sahip olmasıyla aşılabılır. Bunun anlamı, planlayıcının orijinal karakter modelinin kapsamadığı imalat alternatiflerini dikkate alacak şekilde karakter modelini modifiye etme ve ilaveler yapma imkanına sahip olmasıdır.

Dönüşüm kabiliyeti, karakterlerin kendi başlarına alternatifleri dikkate alma yeteneğine sahip olmaları fikrini temel alır. Bu tip modeller “gevşek karakter modeli” olarak adlandırılırlar. Şekil 7.9 ‘da karakterlerin gevşetilmesiyle ilgili örnekler yer almaktadır. Burada, parçalardaki yuvarlak yapılar yerine köşelerin kullanılması, imalat için gerekli takım sayısının istediğiniz doğrultusunda değiştirilmesine olanak sağlar.

Karakterlerin gevşetilmesi, ürünün ifadesine belli oranda belirsizlik katar. Orijinal karakter modeline, tam anlamıyla sabit değil de geometrik detaylarının değiştirilmesi mümkün olan bir benzer parçalar grubunu içeren, gevşek olarak ifade edilmiş bir model gözüyle bakılır. Bir planlayıcı, bu benzer parçalar aralığını sistematik bir biçimde araştırarak orijinal karakter modelinde yer almayan alternatifleri gündeme getirebilir.

Kesme stratejileri :

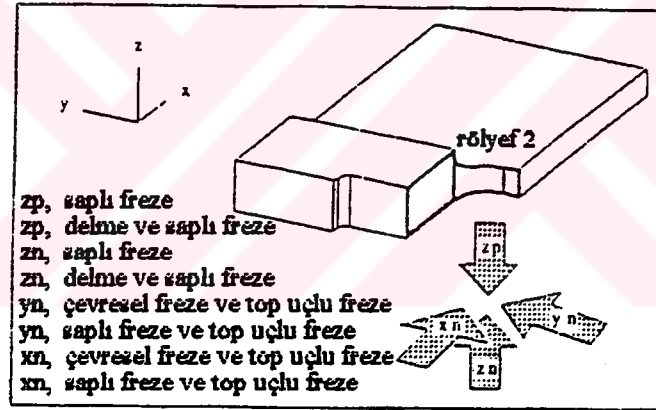


Şekil 7.10. Kesme stratejileri

HutCAPP sistemi her karakter için potansiyel işleme proseslerini gözden geçirerek toplam optimum işleme verimine yaklaşabilmeyi hedefler. Sistemin planlama prosedürünün nasıl çalıştığını ve önerme aşamasında imal edilebilirlik analizini nasıl gerçekleştirdiğini anlayabilmek için kesme stratejilerinin izah edilmesi gerekir. Bir kesme stratejisi, bir takım ve onun işleme yönünün (ana milin dönme yönü) kombinasyonundan oluşur.

Kesme stratejileri, gevşek karakter gruplarına bağlı olarak tanımlanırlar (veya tam tersi, gevşek karakter grupları kesme stratejilerine bağlı olarak ifade edilirler). Şekil 7.10 bir rölyef karakterinde mevcut olan kesme stratejilerini göstermektedir. Bir rölyef, ham mamulün işlenmesiyle türünde elde edilen bir bölgedir.

Şekil 7.10 'daki parçada üç rölyef karakteri mevcuttur. Örneğin rölyef 2 bir saplı freze vasıtasıyla negatif x eksenini doğrultusunda işlenebilir. Şekilde bu özellik (xn, saplı freze) kombinasyonu ile gösterilmiştir. Rölyef 2 için bundan başka üç adet kesme stratejisi daha mevcuttur. Eğer, karakterin geometrisi değiştirilirse, örneğin bir yuvarlatma eklenirse veya çıkarılırsa, alternatif kesme stratejileri devreye girebilir. Rölyef 2 'ye yuvarlatma uygulandığı takdirde yeni pros. s tipleri ve işleme yönleri gündeme gelir. Şekil 7.11 bu karakter için kesme stratejileri alternatiflerini göstermektedir.



Şekil 7.11. Alternatif kesme stratejileri

İmal edilebilirlik analizi prosedürü :

Uygulanması mümkün olan tüm kesme stratejilerinin sıralanmasıyla birlikte parçayı bir bütün olarak gözden geçirme ve kesme planlarını şekillendirme imkanı sağlanmış olur. Tablo 7.2 'de örnek parça rölyefleri için önerilen işleme yönleri yer almaktadır. Tablodaki bir rakamı, karakterin gösterilen yönde işlenebileceğinin işaretidir.

Tablo 7.2. Kesme stratejilerindeki işleme yönleri

	rölyef 1	rölyef 2	rölyef 3
xp	1	–	–
xn	–	1	1
yp	1	–	–
yn	1	1	1
zp	1	–	1
zn	–	–	1

Tablodaki bilgi, tüm karakterlerin işlenebileceği ve gereksiz yönlerin kullanılmasının engelleneceği minimum kapsamayı şekillendiren işleme yönü kombinasyonlarının hesaplanması için kullanılır. Bu hesaplama basit cebir kullanılarak ifade edilebilir. İlk kolona bakıldığında rölyef 1 ‘in işlenebilmesi için xp, yp, yn veya zp doğrultularından en az birinin kullanılması gerektiği görülür. Bu gereklilik aşağıdaki şekilde sembolize edilebilir :

$$xp + yp + yn + zp$$

“ + ”, işareti “ veya ” şeklinde okunur. Tüm tablo ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

$$(xp + yp + yn + zp)^\circ (xn + yn)^\circ (xn + yn + zp + zn)$$

Burada “ ° ” işareti “ ve ” olarak okunur. Sonuç ifadesi özel bir cebir yöntemiyle değerlendirildiğinde minimumu kapsayan işleme yönleri elde edilir. Bu cebir yönteminin ilk iki özelliği aşağıdaki şekildedir :

$$(7.1) \ x^\circ x = x$$

$$(7.2) \ x + x^\circ y = x$$

İlk özellik her karakterin sadece bir kere işlenmesi gerektiğini gösterir. İkinci özellik ise bir karakterin bir yönde işlenmesinin mümkün olması halinde, bu doğrultuyu kapsayan diğer doğrultuların devre dışı bırakılabileceğini gösterir. İlk iki parantezin açılımı aşağıdaki ifadeyi verir :

$$\Leftrightarrow (xp^\circ xn + xp^\circ yn + xn^\circ yp + yn^\circ yp + xn^\circ yn + yn^\circ yn + xn^\circ zp + yn^\circ zp)^\circ \\ (xn + yn + zp + zn)$$

Cebirin ilk özelliğine göre, $yn^\circ yn = yn$, olur. İkinci özelliğe bağlı olarak yn 'nin yer aldığı bütün çiftler iptal edilebilir. Sonuçta toplamaların çarpımı aşağıdaki şekilde kısaltılabilir :

$$\Leftrightarrow (xp^\circ xn + yn + xn^\circ yp + xn^\circ zp)^\circ (xn + yn + zp + zn) \\ \Leftrightarrow (xp^\circ xn^\circ xn + xp^\circ xn^\circ yn + xp^\circ xn^\circ zp + xp^\circ xn^\circ zn + xn^\circ yn + yn^\circ yn + yn^\circ zp \\ + yn^\circ zn + xn^\circ xn^\circ yp + xn^\circ yn^\circ yp + xn^\circ yp^\circ zp + xn^\circ yp^\circ zn + xn^\circ xn^\circ zp \\ + xn^\circ yn^\circ zp + xn^\circ zp^\circ zp + xn^\circ zp^\circ zn)$$

İlk özelliği uygularsak :

$$xp^\circ xn^\circ xn = xp^\circ xn$$

$$yn^\circ yn = yn$$

$$xn^\circ xn^\circ zp = xn^\circ zp$$

$$xn^\circ zp^\circ zp = xn^\circ zp$$

Bunun sonucu olarak aşağıdaki durum ortaya çıkar :

$$\Leftrightarrow xp^\circ xn + xp^\circ xn^\circ yn + xp^\circ xn^\circ zp + xp^\circ xn^\circ zn + xn^\circ yn + yn + yn^\circ zp \\ + yn^\circ zn + xn^\circ yp + xn^\circ yp^\circ yn + xn^\circ yp^\circ zp + xn^\circ yp^\circ zn + xn^\circ zp \\ + xn^\circ yn^\circ zp + xn^\circ zp + xn^\circ zp^\circ zn$$

Cebrin ikinci özelliğine göre, yn bulunduğu her çifti ve $xp^\circ xn$ bulunduğu her üçlüyü absorbe eder. Bunun yanı sıra $xn^\circ zp$ ve $xn^\circ yp^\circ zp$ iki kere yazıldıkları için bunlardan biri iptal edilir. Böylece çarpımların toplamı aşağıdaki şekli alır :

$$\Leftrightarrow xp^\circ xn + yn + xn^\circ yp + xn^\circ yp^\circ zp + xn^\circ yp^\circ zn + xn^\circ zp$$

Son olarak $xn^\circ yp$ ve $xn^\circ zp$ görüldükleri üçlüleri absorbe ederler ve toplam aşağıdaki şekilde yazılır :

$$\Leftrightarrow yn + xp^\circ xn + xn^\circ yp + xn^\circ zp$$

Bunlar örnek parça için minimumu kapsayan işleme yönleridir. Aynı hesaplama geometrik değişiklikler devreye girdiğinde de uygulanabilir. Tablo 7.3 'te rölyef 2 'ye uygulanabilecek zp ve zn alternatif strateji yönleri gösterilmektedir.

Tablo 7.3. Kesme ve alternatif kesme stratejileri için işleme yönleri

	rölyef 1	rölyef 2	rölyef 3
xp	1	–	–
xn	–	1	1
yp	1	–	–
yn	1	1	1
zp	1	1	1
zn	–	1	1

Bu tablonun temsili de aşağıdaki şekilde yapılabilir :

$$(xp + yp + yn + zp)^\circ (xn + yn + zp + zn)^\circ (xn + yn + zp + zn)$$

Parantezlerin açılmasıyla aşağıdaki durum ortaya çıkar :

$$yn + zp + xp^\circ xn + xp^\circ zn + xn^\circ yp + yp^\circ zn$$

Burada bileşik kesme işlemi için minimumu kapsayan işleme yönleri ve alternatif kesme stratejileri gösterilmektedir.

Bu işlemlerden sonra kesme planları sıraya konabilir. İlk olarak kesme stratejilerinin hesaplanması yoluyla elde edilen, bundan sonra ise bileşik kesme ve alternatif kesme stratejilerinden hesaplanan ve sadece bir doğrultu içeren planlar sıraya konur. Bundan sonra iki doğrultu içeren potansiyel kesme planları, ilk olarak minimumu kapsayan kesme stratejilerinin doğrultuları seride yer alacak şekilde yerleştirilirler :

$$(y_n, z_p, x_p^\circ x_n, x_n^\circ y_p, \dots)$$

Bundan sonra kesme kombinasyonları ve alternatif kesme stratejilerinden elde edilen kesme planı adayları serideki yerlerini alırlar :

$$(y_n, z_p, x_p^\circ x_n, x_n^\circ y_p, x_p^\circ z_n, y_p^\circ z_n, \dots)$$

Seri, y_n ve z_p doğrultularının başka herhangi bir doğrultu ile kombine edilmeleri yolu ile genişletilebilir. Bundan sonra bir veya iki işleme yönü içeren tüm aday kesme planları seriye eklenir. Bu doğrultuların veya doğrultu çiftlerinin, herhangi bir başka doğrultu ile kombine edilmeleri yolu ile mümkün olan tüm üçlüler sıralandırılabilir. Aynı mantık kullanılarak, en sonda tüm işleme doğrultularını içeren en karmaşık kesme planının yer alacağı şekilde mümkün olan tüm kombinasyonlar sıralandırılır. Serideki ilk doğrultular, burada y_n ve z_p , “optimum doğrultular” olarak adlandırılır.

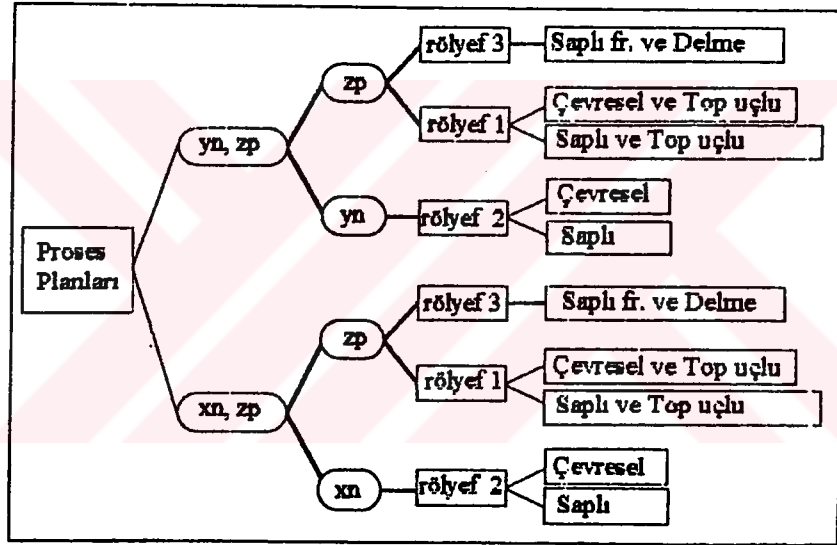
Tüm aday kesme planları seride yerlerini aldıktan sonra puanlama ve analiz yoluyla fizibilite çalışması yapılır. Fizibilite çalışması, her karakterin boyutlarının potansiyel takım tipleriyle uyum sağlayıp sağlamadığını kontrol eder.

Karakter gevşemesi sırasında daha az iş doğrultusu kullanılması gerekirse bazı karakterler için geometrik değişimler önerilir. Örneğin bir yuvarlatmanın çapının en 3,5 mm olması istenebilir. Aynı zamanda sistem, parçaların karakter modellerine otomatik olarak geometrik değişimler uygulama kabiliyetine de sahiptir. Fakat bunun için kullanıcının hangi karakterlerin gevşetileceğine işaret etmesi gerekir.

Önerme aşamasının diğer bir sonucu da parça için alternatif kesme planlarını içeren proses planı çatısıdır. Kullanıcı bu çatıya bakarak ürünün imalat yapısını, yani

işleme doğrultularını, takım tiplerini ve takım sayısını görebilir. Şekil 7.12, şekil 7.10 ve şekil 7.11 'de gösterilen parçanın gevşek karakter modeli için sistem tarafından önerilen proses planı çatısını içermektedir. Burada kalın çizgiler “ve”, ince çizgiler ise “veya” bağlaçlarını, yani alternatif proses yollarını temsil etmektedir.

Parça için bir proses planı önerisi kabul edildikten sonra seçilen takım tipine göre bu öneriye yeni sınırlamalar getirilebilir. Örneğin saplı freze takımı için arzu edilen kesme uzunlukları ve çap değerleri belirtilebilir. Görüldüğü gibi şu ana kadar işleme operasyonlarının sırası belirlenmemiştir. Takımların seçimi ve tutturma kararları sıralamayı büyük ölçüde etkilediği için bu işlem bilinçli olarak önerme aşamasının dışında bırakılmıştır.



Şekil 7.12. Bir proses planı önerisi

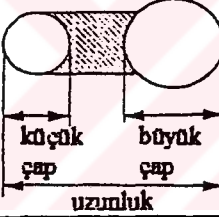
7.3.3 SAC METAL PARÇALAR İÇİN TAKIM SEÇME PROGRAMI

TSP olarak adlandırılan takım seçme programının amacı, proses planlamanın birleştirme aşamasının yerine getirilmesi ve takım seçme aşamasından planlama ve tasarım evresine geri beslemenin sağlanmasıdır. Üretim merkezinde bir karakterin işlenmesi için uygun takımın mevcut olmaması halinde yeni bir takımın ısmarlanması veya imal edilmesi gerekir. Ürün tasarımı, takım masraflarını düşük tutmak için mevcut takım magazinlerindeki sınırlamalar hesaba katılarak gerçekleştirilmelidir. Tasarlanan parçadaki bir karakter için uygun takım bulunamadığı takdirde imalat

mühendisi haberdar edilmelidir. Eğer uygun takım bulunursa bilgisayar destekli sistem yapılması gerekenleri ve kullanılacak takımları belirler.

Sac metal parçalar :

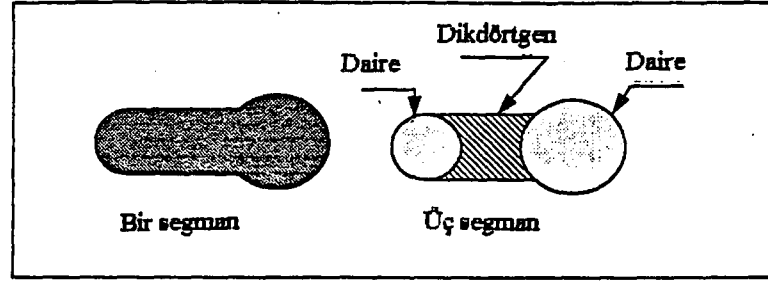
TSP 'de adreslenen parça grupları sac metal parçalardan oluşur. Sac metal parçaların dış şekilleri dikdörtgen veya dairedir. Sac parçalarda görülen karakterler deliklerdir. Takım seçme programında mevcut olan delikler daire, dikdörtgen veya anahtar şeklindedir. Bu karakterler şekil 7.13 'te gösterilmektedir.

	şekil tipi : dikdörtgen eleman tipi : karakter şekli çevre	şekil parametresi : uzunluk genişlik köşe yarıçapı
	şekil tipi : daire eleman tipi : karakter şekli çevre	şekil parametresi : çap
	şekil tipi : anahtar eleman tipi : karakter şekli	şekil parametresi : uzunluk küçük çap büyük çap

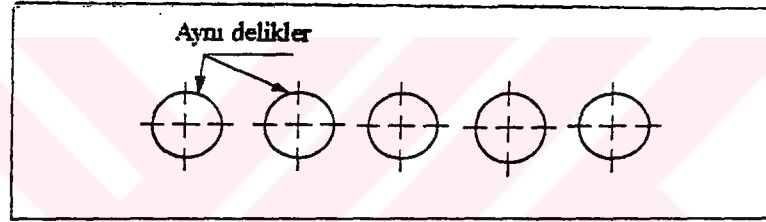
Şekil 7.13. TSP 'nin kapsadığı karakter tipleri

Sac metal parçalarda yer alan karakterlerdeki enteresan niteliklerden biri de karakterlerin içindeki "iç geometriler", segmanlardır. Şekil 7.14 'te anahtar şeklindeki bir karakterin segmanları yer almaktadır. "Tek seferde" delme yöntemlerinde anahtar şeklinde tek bir segman mevcuttur. "Sürekli delme" yönteminde ise iki daire ve bir dikdörtgen olmak üzere üç segman mevcuttur.

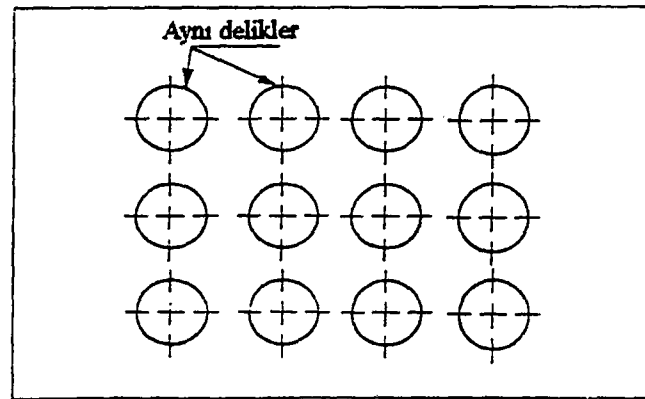
Sac metal parçalardaki delikler şablon şeklinde düzenlenebilir. Bir yönlü ve iki yönlü olmak üzere iki tipte şablon mevcuttur (Şekil 7.15 ve Şekil 7.16). İş parçalarındaki deliklerin şekli burada anlatılanlarla sınırlı değildir. İhtiyaç halinde yeni şekillerin kolayca sisteme eklenmesi mümkündür. Şekil 7.17 'de bir sac metal örneği gösterilmektedir.



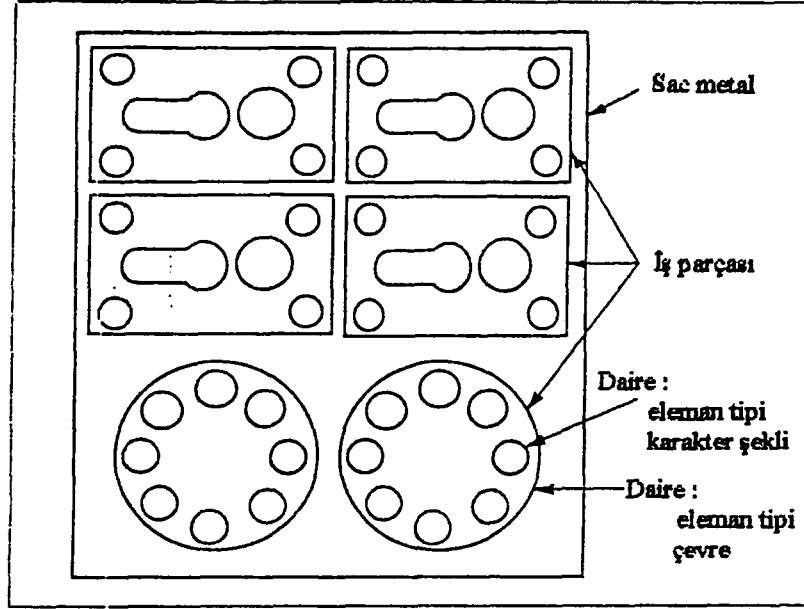
Şekil 7.14. Anahtar deliğindeki segmanlar



Şekil 7.15. Bir yönlü şablon



Şekil 7.16. İki yönlü şablon



Şekil 7.17. Sac metal parça örneği

Sac metal bir parça objelerin düzenlenmiş kümeleriyle temsil edilir. Bu objeler parçadaki deliklerdir. Delikler için karakter şekli ve çevre olmak üzere iki farklı eleman tipi mevcuttur. Karakter şekli, deliğin iç delik mi yoksa dış delik mi olduğunu ifade eder. Çevre ise iş parçasının dış hatlarını ifade eder. Bu uygulamada çevre şekilleri dikdörtgen ve dairelerle sınırlandırılmıştır. Takım seçme programında yer alan ana karakter özellikleri; eleman tipi, şekil tipi (dikdörtgen, daire, vb.), sac üstündeki konum ve delik boyutlarıdır. Tablo 7.4 'te bir delik için belirlenmiş olan veri örnekleri yer almaktadır. Deliklerin açılması için kullanılan takımlarda benzer şekilde temsil edilirler.

Tablo 7.4. TSP 'de bir delik ve bir takımın temsil edilişleri [birim (mm)]

Delik	Değer	Takım	Değer
Şekil tipi	dikdörtgen	Takım sınıfı	dik20x05
Eleman tipi	çevre	Takım tipi	dikdörtgen_cp dikdörtgen_pn
Uzunluk	150.0	Uzunluk	20.0
Genişlik	60.0	Genişlik	5.0
X-koord.	200.0	Köşe yarıçapı	0.1
Y-koord.	120.0	Olası tezgah	behrens625

Takım Seçme Yöntemi :

İlk olarak sac metal parçayla ve mevcut takımlarla ilgili bilgi sisteme yüklenir. Karakterler ve takımlarla ilgili bilgi, uzman sistemin sınıflandırma cetvelinde kaydedilir. Her deliğe bir isim verilerek deliklerin sınıflandırma cetvelinde bu isimle yer almaları sağlanabilir. Takımlar da kendi isimleriyle cetveldeki yerlerini alırlar. Bir deliğin imal edilmesi için gerekli kurallar eleman tipine ve deliğin şekline bağlıdır. Bu ikisinin mümkün olan her kombinasyonu için deliğin üretimiyle ilgili bir kural ortaya çıkar. Daha sonra koşulları yerine getirecek bir takımın olup olmadığı kontrol edilir. Genelde bir deliği imal etmek için birkaç yöntem mevcuttur. Bu nedenle mevcut yöntemler için bir aşama sırası oluşturulur. Deliklerin bir seferde açılmasına olanak veren yöntemlerin diğerlerine göre önceliği vardır. Program her zaman en öncelikli yöntemle uygun takımı saptamaya çalışır.

Deligi imal etmeye uygun bir takım bulunamazsa bütün olası yöntemler kontrol edilir ve her yöntem için ideal bir takım daha sonra araştırılır. İmalat yöntemine uygun fakat boyutları yetersiz olan takımlar, hangi parametrelerinin yetersiz olduğunun saptanması amacıyla gözden geçirilir. Bu bilgilerin ışığında takım kütüphanesine doğru takımların eklenmesi mümkün olur. Parçayı imal etmek için kullanılabilecek takımlar ile ilgili bilgi ortaya çıktıktan sonra sac metal parçanın bütünü için gerekli olan takım gruplarının en az elemandan oluşanı seçilir.

Örnekler :

Tablo 7.5. Sac metal bir parça için veri örneği

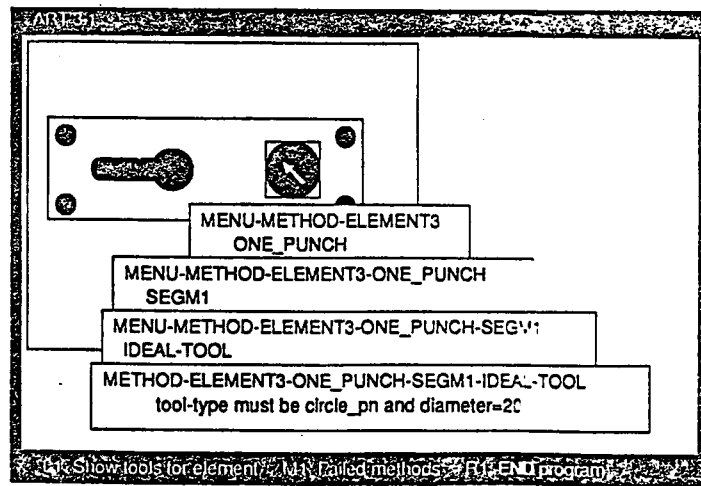
Şekil tipi	Eleman tipi	Koordinatlar	Parametreler	Şablon
Dikdörtgen	Çevre	(100 100 0)	(150 60 0)	-
Anahtar del.	Kar. şekli	(-30 0 0)	(35 15 10)	-
Daire	Kar. şekli	(-65 -20 0)	(11)	(1 40 90 1 130 0)
Daire	Kar. şekli	(30 0 0)	(20)	-

Tablo 7.5 'te bir sac metal parça için gerekli bilgiler yer almaktadır. Burada ilk satır iş parçasını ifade etmektedir. Diğer satırlar iş parçasındaki delik karakterleri

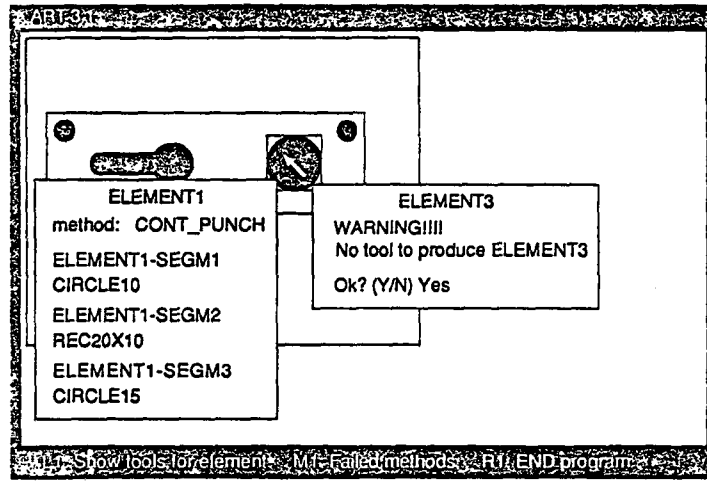
ile ilgilidir. Örnek parça Şekil 7.18 'de görülmektedir. Burada sac metal parçalar için bir takım seçme programının kullanıcı ekranı yer almaktadır.

Sol fare tuşuyla bir delik işaretlendiğinde seçilen takımı gösteren bir pencere açılır. Şekil 7.19 'daki örnekte iki delik işaretlenmiştir. Anahtar deliğiyle ilgili pencere, deliğin "cont-punch", sürekli delme yöntemi ile imal edilebileceğini göstermektedir. Her segmandan sonra buna uygun takımın ismi gösterilir.

Diğer pencere anahtar deliğinin sağındaki daire şeklindeki delikle ilgilidir. Bu delik için kütüphanede uygun takım bulunamamıştır. Bu nedenle ekranda bir uyarı mesajı belirmiştir. Devam etmeden önce kullanıcı uyarı mesajını teyid etmelidir. Teyid olumsuz olursa takım seçme programı durur. Bir karakter işaretlendiğinde, kullanıcı uygun takımın mevcut olmadığı imalat metodlarıyla ilgili bir menüye ulaşma imkanına sahip olur (Şekil 7.18). Bir yöntem seçildiğinde segman menüsü ortaya çıkar. Bundan sonra bir segman seçilirse takım menüsü ortaya çıkar. Bu menü, seçilen yöntem için kullanılması mümkün olan takımlardan meydana gelir ve bu takımların şekli seçilen segmanunkiyle aynıdır. Eğer bir takım seçilirse, uygulama bu takımın işaretlenen karakterin imalatında kullanılamama nedenini gösterir. Bunların yanında bir de "ideal takım" menüsü mevcuttur. Eğer bu menü seçilirse, işaretlenen segmanın imalatında kullanılabilecek olan ideal takımın ana boyutlarını görmek mümkün olur.



Şekil 7.18. Bir takım seçme programının kullanıcı ekranı



Şekil 7.19. TSP 'de geri besleme bilgisi

BÖLÜM 8 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Pazar alanına giren ürünlerin gittikçe daha detaylı ve karmaşık bir hal almaları, tasarım ve imalatın da gün geçtikçe daha karmaşık bir yapıya bürünmesine sebep olmaktadır. Yüksek kaliteye rağbetin artması, aynı tipteki ürünler arasındaki farkların yüksek düzeyde bir kontrol sistemi kullanılarak minimum seviyesine getirilmesini gerektirmektedir. Bu iş için gerekli olan imalat prosesleri arasındaki farkların minimuma indirilmesi ise ancak gelişmiş bir imalat prosedürüyle ve tasarım ve imalatın otomatik hale getirilmesiyle mümkün olur.

Tasarım, imalata kıyasla çok daha soyut bir temele oturmaktadır. Tasarımda otomasyonu gerçekleştirecek bilgisayar modellerinin inşa edilmesi için tasarım aralığının daraltılması, çözümlenmesi ve fizibilite açısından en uygun fiziksel seçeneklerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bahsedilen fiziksel ve fonksiyonel yapı taşları, tasarımı somut bir yapıya oturtma işleminin en önemli kısmını teşkil etmektedir. Yapı taşlarının kullanılmasıyla gerçekleştirilen özetleme işlemi, tasarımcıya başlangıçta kısa ve öz terimlerden yola çıkarak problemi kafasında netleştirme imkânını sunar. Böylece tasarımcılar mevcut modelleri bünyesinde bulunduran geniş bir veri tabanına sahip olmakta ve bu verileri değerlendirerek yeni problemleri çözmeye ve mevcut sistemler üzerinden yeni sistemlere geçme imkânına kavuşmaktadırlar.

Otomasyon, üretimde kaliteyi artırmasının yanında, tasarım aşamasının başlangıcından ürünün oluşumuna ve pazara sunuluşuna kadar geçen zamanı da kısaltmaktadır. Tasarımdan pazara kadar yer alan döngünün kısaltılmasında kullanılan en başarılı metodlardan biri eş zamanlı mühendisliktir. Eş zamanlı mühendislik, geleneksel döngü sırasını takip etmez. Geleneksel yöntemde tasarım, imalat, montaj ve servis planları sırayla gerçekleştirilir. Tasarımın en önemli kısmı olan ürünün tatminkarlığı ise ancak ürün müşterinin eline geçtikten sonra araştırılabilmektedir. Geleneksel uygulamalarda tasarım aşaması bitip imalata geçtikten sonra yapılacak değişikliklerin maliyeti yüksek olmakta ve her uzman ancak kendi sırası geldiğinde üretime katılabilmektedir. Eş zamanlı mühendislikte ise değişik alanların uzmanları (tasarım, imalat, montaj, servis, vb.) ve hatta müşteri talepleri bile başlangıçtan

itibaren prosese katılabilmektedir. Eş zamanlı mühendislik tasarım ve imalatı otomatik hale getirerek üretim için gerekli olan zamanı kısaltır. Bu otomasyon, otomatik olarak üretilen proses akış grafiklerinden, otomatik olarak tasarım, imalat ve paketleme yapabilen sistemlere kadar değişebilir.

Global pazar, dünyamızın bütününe yayılmış olan şirketlerle ilişkiye girebilmek açısından imalatla esneklik gerektirmektedir. İmalatta esneklik, üretimde yüksek kalite ve düşük maliyet gerektirir. Bu ise ancak tasarım ve proses planlamanın otomasyonu ve iyi derecede entegre edilmiş imalat bilgi sistemleriyle mümkün olur. Başka bir ifadeyle esneklik “zeka” gerektirir.

Akıllı sistemlerde yapay zeka iki şekilde yer alır. Bunlardan biri, her sahanın kendi uzmanı tarafından belirlenmiş olan kurallar halinde sistemlerde yer alan bilgidir. Bu şekilde bünyelerinde yapay zeka bulunduran akıllı sistemler uzman sistemler olarak adlandırılırlar. Bu çalışmada bahsi geçen Akıllı Tasarım Seçme Sistemi uzman sistemlere bir örnek olarak gösterilebilir. Yapay zekanın diğer bir şekli ise bilgisayar programlarını kullanarak biyolojik sınırları taklit eden yapay sinir ağları vasıtasıyla akıllı sistemlerde yer almaktadır. Otomatik Tasarım Çağırma Sistemi ve Akıllı Paketleme Sistemi, yapay sinir ağlarının kullanıldığı akıllı sistemlere örnek olarak bu çalışmada yer almaktadırlar.

Bu çalışma, esas olarak tasarımda otomasyonu ve tasarım aşamasının üretimin diğer aşamalarıyla irtibatını sağlayan temel araçları ve bunların uygulamalarıyla ilgili bazı örnekleri ortaya koymaktadır. Her tasarımcı kendi çalışma alanında bu araçlardan yararlanma imkanına sahiptir. Önemli olan yapay zekanın esas hakimi olan insan zekasının, pratikte karşılaşılan problemlerin çözümünde yapay zekayı maksimum verimin elde edileceği şekilde yönlendirebilmesidir.

KAYNAKLAR

- AL HAMANDO, M. (1990), A design methodology for mechanical fasteners based on functional and causal reasoning, M.S. thesis in Industrial and Management Systems Engineering, Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania.
- AMERICAN SUPPLIER INSTITUTE (1987), Quality Function Deployment Manual. Dearborn, Michigan.
- ANDERSON, J.R. (1977), Induction of augmented transition network. *Cognitive Science* 1 (2) : 125 - 157
- BAHRAMI, A., DAGLI, C.H. (1992), From fuzzy input requirements to crisp design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 8 : 52 - 60.
- BARNARD, E., CASASENT, D. (1989), Image processing for image understanding with neural nets. *Proc. of IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, I, 183 - 188, Seattle, Washington.
- COYNE, R.D., ROSENMAN, M.A., RADFORD, A.D., BALACHANDRAN, M., GERO, J.S. (1990), *Knowledge Based Design Systems*. Reading, Massachusetts : Addison - Wesley.
- DIXON, J.R. (1986), Artificial intelligence applied to design - A mechanical engineering view. *Proc., AAAI 86, 5th. National Conference on Artificial Intelligence*.
- DIXON, J.R. (1987), On research methodology towards a scientific theory of engineering design. *AI EDAM* 1 (3) : 145 - 157
- DUVVURU, S., STEPHANOPOULS, G., LOYCHEV, R. (1989), Knowledge based system applications in engineering design : Research at MIT. *AI Magazine* 10 (3) : 79 - 96
- ESTERLINE, A., KOTA, S. A. (1992), A general paradigm for routine design. Theory and implementation. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 6 (2) : 73 - 93.
- EVERSHEIM, W. (1989), Process planning in computer integrated manufacturing - developments and experiences, *Industrie Anzeiger* 85/89.
- HORN, B. (1986), *Robot Vision*. Cambridge : MIT Press

- KOSKO, B. (1987), *Fuzzy associative memories in fuzzy expert systems*, ed. A. Kandel Reading : Addison - Wesley.
- KOTA, S. (1990), A qualitative matrix representation scheme for the conceptual design of mechanisms. 1990 ASME Design Technical Conferences, 21st Biennial Mechanisms Conference New York : ASME
- KOTA, S., LEE, C. (1990), A functional framework for hydraulic systems design using abstraction/decomposition hierarchies. Proc. 1990 ASME International Computers in Engineering Conf. New York : ASME
- KUMARA, S., HAM, I., AL HAMANDO, M. GOODNOW, K. (1989), Causal Reasoning and Data Abstraction in Component Design. CIRP Annals 38 (1) : 145 - 148.
- OPAS, J., MANTYLA, M. (1988), *HutCapp. A machining operations planner. Robotics and Manufacturing, Volume 2.* New York : ASME Press, pp. 901 - 910.
- PAHL, G., BEITZ, W. (1984), *Engineering Design.* London : Springer -Verlag
- RAY, MARTYN S. (1985), *Elements of Engineering Design : An Integrated Approach.* Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall.
- SHANK, R.C. (1987), What is AI anyway ? AI Magazine Volume 8, No. 4.
- SIMON, H.A. (1969), *The Science of the Artificial.* Cambridge, Massachusetts MIT Press
- SIMPSON, D. (1990), *Artificial Neural Systems.* New York : Pergamon Press
- SLAGLE, J., WICK, M., POLIACK, M. (1986), AGNESS : A generalized network - based expert system shell. Proc. of the 5th. National Conf. on Artificial Intelligence, Philadelphia.
- SUH, N. P. (1990), *The Principles of Design.* New York : Oxford University Press.
- TUOMI, J. (1989), *Manufacturability analysis in a feature - based CAD/CAM system, Master's thesis, Espoo, Finland. Laboratory of Mechanical Engineering, Helsinki University of Technology.*

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Nazım Emre Özdeğer 1972 yılında İstanbul’ da dünyaya gelmiştir. Orta okul ve lise tahsilini İstanbul Alman Lisesi’nde tamamladıktan sonra, 1990 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Fakültesine girmiş ve bu fakültenin Otomotiv Bölümünden 1994 yılında mezun olmuştur. Yine 1994 yılında, açılan sınavları kazanarak, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konstrüksiyon Programına kaydolmaya hak kazanmıştır.

