

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER VE YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**REKABETÇİ İŞLETMELERDE
ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN AVANTAJLARI VE
ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN KULLANILMASI**

Esin Tuba AKGÜNDÜZ

Danışman
Prof. Dr. Şevkinaz GÜMÜŞOĞLU

2008

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER VE YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**REKABETÇİ İŞLETMELERDE
ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN AVANTAJLARI VE
ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN KULLANILMASI**

Esin Tuba AKGÜNDÜZ

Danışman
Prof. Dr. Şevkinaz GÜMÜŞOĞLU

2008

Yemin Metni

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Rekabetçi İşletmelerde Esnek Üretim Sistemlerinin Avantajları ve Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanılması**” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

..../..../2008

Esin Tuba AKGÜNDÜZ

İmza

YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI

Öğrencinin

Adı ve Soyadı :Esin Tuba AKGÜNDÜZ
Anabilim Dalı :İşletme
Programı :Sayısal Yöntemler ve Yönetim Bilimi
Tez Konusu :Rekabetçi İşletmelerde Esnek Üretim Sistemlerinin Avantajları ve Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanılması

Sınav Tarihi ve Saati:

Yukarıda kimlik bilgileri belirtilen öğrenci Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Lisansüstü Yönetmeliği'nin 18. maddesi gereğince yüksek lisans tez sınavına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini dakikalık süre içinde savunmasından sonra jüri üyelerince gerek tez konusu gerekse tezin dayanağı olan Anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI OLDUĞUNA	<input type="radio"/>	OY BİRLİĞİ	<input type="radio"/>
DÜZELTİLMESİNE	<input type="radio"/>	OY ÇOKLUĞU	<input type="radio"/>
REDDİNE	<input type="radio"/>		

ile karar verilmiştir.

Jüri teşkil edilmediği için sınav yapılamamıştır. ***
Öğrenci sınava gelmemiştir. **

- * Bu halde adaya 3 ay süre verilir.
** Bu halde adayın kaydı silinir.
*** Bu halde sınav için yeni bir tarih belirlenir.

Tez burs, ödül veya teşvik programlarına (Tüba, Fulbright vb.) aday olabilir.	Evet
Tez mevcut hali ile basılabilir.	<input type="radio"/>
Tez gözden geçirildikten sonra basılabilir.	<input type="radio"/>
Tezin basımı gerekliliği yoktur.	<input type="radio"/>

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red
.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red
.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red

ÖZET

Tezli Yüksek Lisans Tezi

REKABETÇİ İŞLETMELERDE ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN AVANTAJLARI VE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN KULLANILMASI

Esin Tuba AKGÜNDÜZ

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimleri Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Sayısal Yöntemler ve Yönetim Bilimi Programı

Rekabetçi işletmelerin iç ve dış çevrelerinde meydana gelen hızlı değişimler karşısında ayakta kalabilmeleri ve dolayısıyla rekabet edebilmeleri, üretim ve yönetim teknolojilerini başarıyla kullanmalarına bağlıdır. Bu tür işletmeler sahip oldukları avantajların yanı sıra dezavantajları da birer fırsat haline dönüştürebilen bir yapıya sahiptirler. Günümüzde işletmelerin değişimlere hızlı cevap verebilmeleri için hızlı kararlar alabilmeleri çok önemlidir. Bu doğrultuda karar alırken rekabetçi üstünlük sağlayacak faktörlerin göz önünde bulundurulması ve işletmelerin, rekabet kavramını üretim süreçlerine yansıtabilecek ekipmanlara, tezgahlara, kısacası Esnek Üretim Sistemlerine sahip olması gerekmektedir.

Bu esnekliği ve dolayısıyla hızlı kararı elde edebilmek için, işletmelerin sahip olduğu ya da olmayı düşündüğü varlıkları değerlendirirken, modern bilimin ortaya koyduğu yöntem ve teknikleri uygulaması yol gösterici bir anlayış olacaktır. Literatürde çok kriterli karar verme sürecini kolaylaştırıp, etkinleştirici bir yöntem olarak yerini alan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS); karar vericilerin karşısına çıkan problemleri hiyerarşik bir şekilde bileşenlerine ayırmaları ve bu bileşenler arasındaki ilişkiyi ve etkileşimi görmelerini sağlayan yararlı bir araçtır. Bu çalışmanın amacı, eğitim sektöründeki rekabetçi bir işletmenin, CNC torna tezgahı satın alma kararını etkin bir şekilde verilebilmesini, AHS'nin kullanılmasıyla sağlamaktır.

Anahtar Kelimeler: Esneklik, Esnek Üretim Sistemleri, Rekabetçi İşletmeler, Analitik Hiyerarşi Süreci, Delphi Tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci.

ABSTRACT

Master Thesis

Advantages of Flexible Manufacturing Systems in Competitive Businesses and the Usage of Analytic Hierarchy Process

Esin Tuba AKGÜNDÜZ

Dokuz Eylül University

Institute Of Social Sciences

Department of Business Administration

Numerical Methods ve Management Science Program

To continue its existence after fast changes occurring inside and outside of competitive companies and thus to compete with competitors, they have to take advantages of manufacture and management effectively. So called companies, apart from their advantages, can turn their disadvantages into opportunity. Today it is important for the companies to react immediately to the changes in order to make quick decisions. In order to make quick decisions, it is necessary to have machines and equipments which can adapt competitiveness of companies into the process of manufacture and to consider the factors which can ensure advantages; in short they should have Flexible Manufacturing System.

To obtain the flexibility and the quick decision, it is advisable to perform the modern techniques and methods while considering the circumstances that companies have or are likely to have. Analytic Hierarchy Process (AHP) is an organ which helps the policy maker separate problems into components hierarchically and notice the interaction among the components. The aim of the paper is to allow a competitive company in the education sector to make exact decision of buying a CNC lathe by using AHP.

Key Words: Flexibility, Flexible Manufacturing Systems, Competitive Businesses, Analytic Hierarchy Process, Delphi Based Analytic Hierarchy Process.

REKABETÇİ İŞLETMELERDE ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN AVANTAJLARI VE AHS'NİN KULLANILMASI

YEMİN METNİ	ii
TUTANAK	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	x
TABLOLAR LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
EKLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ

1.1. İŞLETMELER VE REKABET BAĞINTISI	3
1.2. ESNEKLİK KAVRAMI	7
1.2.1. Esnekliğin Tanımı	7
1.2.2. Esnekliğe Etki Eden Faktörler	7
1.2.2.1.Reaksiyon Süresi	8
1.2.2.2.Hiyerarşik Kademelerin Sayısı	8
1.2.2.3.Fonksiyonel Organizasyon	9
1.2.2.4.Geri Besleme	9
1.2.2.5.Komplekslik	10
1.2.3. Esneklik Türleri	11
1.2.4. Esneklik ile Otomasyon Arasındaki İlişki	12
1.2.5. Esnekliğin Rekabet Gücüne Etkisi	15
1.3. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ	18
1.4. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ	20
1.5. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	23
1.5.1. Esnek Üretim Modülü (Tek Esnek Tezgah)	23
1.5.2. Esnek Üretim Hücresi	24
1.5.3. Esnek Üretim Grubu (Çok Tezgahlı EÜS)	24

1.5.4.	Esnek Üretim Sistemi (Çok Hücreli EÜS)	25
1.5.5.	Esnek Üretim Hattı	26
1.6.	ESNEK ÜRETİM SİSTEMİNİN ELEMAN VE TEKNOLOJİLERİ	27
1.6.1.	Temel Eleman ve Teknolojileri	28
1.6.1.1.	Malzeme İşleme Eleman ve Teknolojileri	29
1.6.1.2.	Malzeme Taşıma / Stoklama Eleman ve Teknolojileri	31
1.6.1.3.	Enformasyon Teknolojileri	34
1.6.1.3.1.	Bilgisayarla Tümlleşik Üretim	35
1.6.2.	Yardımcı Eleman ve Diğer Teknolojiler	39
1.6.3.	Grup Teknolojisi ve Hücresel Üretim Sistemi	41
1.7.	ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN MODERN SİSTEMLERLE OLAN BAĞLANTISI	48
1.8.	ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN UYGULANMASI	51
1.8.1.	Esnek Üretim Sistemlerinin Yapısı ve İşleyişi	51
1.8.2.	Esnek Üretim Sistemlerinin Kurulması	53
1.9.	ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN UYGULANMA ALANLARI VE ÖRNEKLERİ	56
1.10.	ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI	59

İKİNCİ BÖLÜM

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

2.1.	ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN TANIMI	65
2.2.	ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN UYGULAMA ALANLARI	68
2.2.1.	Esnek Üretim Sistemlerinin Belirlenmesinde AHS'nin Etkisi	70
2.3.	ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN TEMEL UNSURLARI	71
2.3.1.	İkili Karşılaştırma Matrisi	71
2.3.2.	Analitik Hiyerarşi Sürecinin Aksiyomları	73
2.3.3.	1–9 Temel Ölçeği	73
2.4.	ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN ÇÖZÜMÜ	78
2.4.1.	Hiyerarşinin Kurulması	78
2.4.2.	İkili Karşılaştırmaların Yapılması	81
2.4.3.	Özvektörün Belirlenmesi	82
2.4.4.	Sonuçların Sentezlenmesi	84
2.4.5.	İkili Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılığının Ölçülmesi	85

2.5.	DELPHİ TABANLI ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ	97
2.6.	ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNDE GRUP KARARI	101
2.7.	ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNDE DUYARLILIK ANALİZİ	103
2.8.	ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN AVANTAJLARI	104

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN BELİRLENMESİNDE DELPHİ TABANLI ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN KULLANILMASI

3.1.	DEÜ İMYO MAKİNE ATÖLYESİ İÇİN DELPHİ TABANLI AHS MODELİ	107
3.1.1.	Modelin Amacı	107
3.1.2.	Kriter ve Alternatifler	107
3.1.2.1.	Birinci Tur: Kriterlerin Belirlenmesi	108
3.1.2.2.	İkinci Tur: Kriterlerin Puanlanması	110
3.1.2.3.	Üçüncü Tur: Kriterlerin ikinci Kez Puanlanması	110
3.1.2.4.	Dördüncü Tur: Karşılaştırma Matrislerinin Yapılması	114
3.1.3.	Kriterlerin Karşılaştırılması	117
3.1.4.	Alternatiflerin Karşılaştırılması	119
3.1.5.	Final Sonuçlarının Değerlendirilmesi	121
3.1.6.	Duyarlılık Analizleri ve Yorumları	124
	SONUÇ	141
	KAYNAKLAR	150
	EKLER	166

KISALTMALAR

MRP	: Malzeme İhtiyaçları Planlaması
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması
EÜS	: Esnek Üretim Sistemi
CAE	: Bilgisayar Destekli Mühendislik
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CAP	: Bilgisayar Destekli Planlama
CAQ	: Bilgisayar Destekli Kalite
CAPP	: Bilgisayar Destekli Süreç Planlama
NC	: Sayısal Kontrollü Tezgah
CNC	: Bilgisayar Sayısal Kontrollü Tezgah
DNC	: Direkt Sayısal Kontrollü Tezgah
HÜS	: Hücresel Üretim Sistemi
EÜH	: Esnek Üretim Hücresi
AGVS	: Otomatik Yönlendirmeli Araç Sistemleri
AS/RS	: Otomatik Depolama ve Çekme sistemleri
ÇHEÜS	: Çok Hücreli Esnek Üretim Sistemleri
MTS	: Malzeme Taşıma Sistemleri
CIM	: Bilgisayarla Tümüleşik Üretim
CASA/SME	: Computer and Automated Systems Association of the Society of Manufacturing Engineers
GT	: Grup Teknolojisi
TTF	: Türk Traktör Fabrikası
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
CI	: Tutarlılık İndeksi
CR	: Tutarlılık Oranı
RI	: Rastsal İndeks
EM	: Özdeğer Metodu
LLSM	: En küçük kareler yöntemi
İMYO	: İzmir Meslek Yüksekokulu
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
DTAHP	: Delphi Tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci
EC	: Expert Choice
v.d.	: ve diğerleri

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Otomasyon Seviyeleri	s.13
Tablo 2: EÜS'lerinin Bileşenleri	s.28
Tablo 3:MTS Sınıflaması	s.32
Tablo 4: HÜS'nin Özellikleri	s.42
Tablo 5:Fonksiyonel ve Hücreyel Yerleşim Arasındaki Farklar	s.44
Tablo 6: GT ve HÜS'nin Problemlerini Çözmede Kullanılan Teknikler	s.45
Tablo 7: İş Parçasının Klasik ve EÜS Süreç Plan Örnekleri	s.55
Tablo 8: EÜS'lerinin Sektör ve Ülke Bazında Dağılımı	s.56
Tablo 9:Amerika ve Japonya EÜS'lerinin Karşılaştırılması	s.57
Tablo 10:Performans Karşılaştırması	s.58
Tablo 11: İşleme Sürelerinin Üretim Zamanı İçerisindeki Verimli Kullanımı	s.62
Tablo 12: Entegrasyon Düzeyi ile Verimlilik Arasındaki İlişki	s.62
Tablo 13: AHS ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	s.69
Tablo 14: Ölçek Türleri	s.75
Tablo 15: 1–9 Temel Ölçeği	s.77
Tablo 16: Birinci Tur Sonunda Elde Edilen Kriterler	s.109
Tablo 17: Üçüncü Tur sonunda Elde Edilen Kriterler	s.111
Tablo 18: Yargıların Tutarsızlığının Giderilmesi Tablosu	s.118
Tablo 19: Karar Vericilerin Öncelik Değerleri Tablosu	s.118
Tablo 20: Alternatif Karşılaştırma Tablosu	s.120
Tablo 21: Birinci Karar Vericinin Final Sonuçları Tablosu	s.121
Tablo 22: İkinci Karar Vericinin Final Sonuçları Tablosu	s.121
Tablo 23: Üçüncü Karar Vericinin Final Sonuçları Tablosu	s.122
Tablo 24: Dördüncü Karar Vericinin Final Sonuçları Tablosu	s.122
Tablo 25: Beşinci Karar Vericinin Final Sonuçları Tablosu	s.123
Tablo 26: Grup Kararının Elde Edilme Tablosu	s.123
Tablo 27:Gerçek Durumla Senaryoların Karşılaştırılması	s.139
Tablo 28: Senaryo 1 İçin Grup Kararı Tablosu	s.139
Tablo 29: Senaryo 2 İçin Grup Kararı Tablosu	s.140
Tablo 30: Üç Durum İçin Grup Kararlarının Karşılaştırılması	s.140

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Performans Kriterleri ve İdeal İşletme Tipleri	s.4
Şekil 2: Esneklik ile Reaksiyon Süresi Arasındaki İlişki	s.8
Şekil 3: Esneklik ile Hiyerarşik Kademe Arasındaki İlişki	s.9
Şekil 4: a) Geri Bildirim Organizasyonu	s.10
b) Esneklik ile Proses Zamanı Arasındaki İlişki	s.10
Şekil 5: Esneklik ve Komplekslik Arasındaki İlişki	s.10
Şekil 6: Otomasyon ile Rekabet Gücü Arasındaki İlişki	s.14
Şekil 7: EÜS'nin Diğer Üretim Sistemlerine Göre Konumu	s.15
Şekil 8: Esnekliğin Rekabet Gücüne Olan Etkisi	s.17
Şekil 9: Esnek Üretim Sistemlerinin Evrimi	s.22
Şekil 10: Esnek Üretim Modülü Örneği	s.24
Şekil 11: Esnek Üretim Hücresi Örneği	s.24
Şekil 12: Esnek Üretim Grubu Örneği	s.25
Şekil 13: Çok Hücreli Esnek Üretim Hücresi Örneği	s.25
Şekil 14: Esnek Üretim Hattı	s.26
Şekil 15: EÜS Seçenek Gruplarında Hacim-Değişkenlik İlişkisi	s.28
Şekil 16: a)CNC Freze Tezgahı	s.30
b)CNC Torna Tezgahı	s.30
Şekil 17: Bir EÜS Yerleşim Düzenlemesi Örneği	s.32
Şekil 18: CASA Çemberi	s.38
Şekil 19: Atölyede Makinelerin Fonksiyonel Yerleşimi	s.43
Şekil 20: Hücresel Üretim Sisteminde Makinelerin Yerleşimi	s.43
Şekil 21: Tek Makineli Bir Üretim Hücresi	s.46
Şekil 22: Üç Sistem Arasındaki Bağlantı	s.50
Şekil 23: Basit Bir Esnek Üretim Sistemi Modellemesi	s.51
Şekil 24: Basit Bir Esnek Üretim Sisteminin Genel Yapısı	s.52
Şekil 25: İşlenecek Parçadan Ayrılacak $V_1...V_8$ Malzeme Hacimleri	s.54
Şekil 26: Ortalama Olarak Bir Parçanın Atölyedeki Kalış Süreleri	s.60
Şekil 27: Örnek Bir Analitik Hiyerarşi Modeli	s.79
Şekil 28: İkili Karşılaştırma Yargı Sürecinin Akış Diyagramı	s.86
Şekil 29: Delphi Konsepti	s.97
Şekil 30: Delphi Tabanlı AHS'nin Uygulama Aşamaları	s.115
Şekil 31: AHS Modelinin Ana Yapısı	s.116

Şekil 32: Kriter ve Alt Kriterlerin Expert Choice'daki Görüntüsü	s.117
Şekil 33: Alternatif Karşılaştırmaları Sonucu Alternatifin Belirlenmesi	s.120
Şekil 34: Birinci Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri	s.124
Şekil 35: İkinci Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri	s.125
Şekil 36: Üçüncü Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri	s.126
Şekil 37: Dördüncü Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri	s.127
Şekil 38: Beşinci Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri	s.128
Şekil 39: Birinci Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu	s.129
Şekil 40: İkinci Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu	s.130
Şekil 41: Üçüncü Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu	s.131
Şekil 42: Dördüncü Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu	s.132
Şekil 43: Beşinci Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu	s.133
Şekil 44: Birinci Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu	s.134
Şekil 45: İkinci Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu	s.135
Şekil 46: Üçüncü Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu	s.136
Şekil 47: Dördüncü Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu	s.137
Şekil 48: Beşinci Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu	s.138

EKLER LİSTESİ

- EK 1 :Birinci Tur İçin Bilgi Toplama Formu
- EK 2 :İkinci Tur İçin Kriter Puanlama Formu
- EK 3 :Üçüncü Tur İçin Kriter Puanlama Formu
- EK 4 :Karşılaştırmaları Yapılacak Kriterlerin Aldıkları Puanların Listesi
- EK 5 :Kriterler İçin Karşılaştırma Matrisleri
- EK 6 :Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirilme Matrisleri
- EK 7 :Expert Choice Çıktıları

GİRİŞ

Rekabetçi bir işletme olabilmek için anahtar faktör, hızlı karar alabilmektir. İşletmelerin müşteri taleplerine en uygun ve en hızlı ürünü sunabilmeleri sadece hızlı değil aynı zamanda doğru ve etkin kararlar alabilmelerine bağlıdır. Alınan bu hızlı ve doğru kararları üretime uygulayabilmek için bu hızlılığı kaldıracak üretim faktörlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu faktörler, doğru ve hızlı kararı uygulayacak kişi, doğru ve hızlı kararın uygulanacağı makine, yer, zaman ve hammadde olarak sıralanabilir. Günümüz teknolojisinde bu hızlılığa ayak uyduracak, önceden programlanarak üretimi gerçekleştirecek bilgisayar sayısal destekli tezgahlar (CNC) vardır. CNC tezgahları sayesinde, müşterinin talebi doğrultusunda ürün, esnek bir şekilde programlanır. Bu esneklik, ürünün işletmeden çıkıp, müşterinin eline ulaşmaya kadarki bütün aşamalara yansımaktadır. Bu yansımayı gerçekleştirebilen işletmeler rekabetçi işletme olma yolunda ilerlemektedir.

Günümüz rekabet piyasası savaşında hayatta kalma mücadelesini çeşitli belirsizlikler altında etkin bir şekilde başarabilen işletmeler karar verme sürecine önem veren rekabetçi işletmeler olarak tanımlanabilir. Literatürde karar verme sürecini kolaylaştırarak etkinleştirici bir yöntem olarak yerini alan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS); karar vericilerin karşılıklarına çıkan problemleri hiyerarşik bir şekilde bileşenlerine ayırmalarını ve bu bileşenler arasındaki ilişkiyi ve etkileşimi açık bir şekilde görmesini sağlayan yararlı bir araçtır. AHS, karar vericilerin problemlerini, göz kusuru olan bir kişinin gözlük takmasıyla elde ettiği netlikte görmesini sağlar. Problemi açık bir şekilde yapılandırdıktan sonra karar vericiler, hem fikir ve düşüncelerini hem de sayısal verileri kullanarak analizde bulunurlar. AHS'nin bu yapısı sayesinde problemler, bileşenleri ve alt bileşenleri birbirinden bağımsız olarak alternatiflere göre tek tek değerlendirilir ve alternatif seçeneklere olan nispi önemlerine göre tercihte bulunarak karara varılır.

Rekabetçi bir ortamda varlığını sürdürmeye çalışan işletmeler için karar verme sürecinin artan önemi doğrultusunda, rekabetçi bir üstünlük sağlayacak faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiği aşikardır. Bu nedenle işletmelerin, rekabet kavramını üretim süreçlerine yansıtabilmeleri için bunu sağlayacak ekipmanlara ve makinelere ihtiyaçları vardır. Bu yansıma sonucunda üretim süreçleri esnekleşir ve

esnek üretim sistemleri (EÜS) oluşur. EÜS, müşteriden gelen geri bildirimlere anında ayak uydurarak talebe cevap verebilme yeteneğine sahip olduğundan, bu durum işletmeye rekabette bir adım önde olmayı sağlar. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, işletmelerin esnek üretim sistemlerinin rekabetçi avantajlarından faydalanmaları için karar verme sürecinin etkin bir şekilde yerine getirilmesini, AHS'nin kullanılmasıyla sağlamaktır.

Belirtilen amaç doğrultusunda çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde “Esnek Üretim Sistemleri” incelenmektedir. Bu bölümde esnek üretim sistemleri esneklik kavramından ele alınarak kavramsal boyutu ve tarihsel gelişimi incelenmiş, EÜS'lerinin sınıflandırılması, elemanları ve uygulama alanları kapsamlı bir şekilde irdelenmiştir. Ayrıca EÜS'lerinin diğer modern üretim sistemleriyle olan ilişkisine yer verilmiştir.

İkinci bölümde ise “Analitik Hiyerarşi Süreci”nden ayrıntılı bir şekilde bahsedilerek, EÜS'lerinin seçiminde karar vermeye yardımcı olacak bu yöntem hakkında bilgi verilmektedir. AHS, bir banka şube müdürünün performansına göre ücretlenmesiyle ilgili olarak küçük bir örnekle somutlaştırılmıştır.

Üçüncü ve son bölümde ise eğitim sektöründe faaliyet gösteren bir yüksekokulun (rekabetçi bir işletmenin), Makine atölyesine almayı planladığı CNC torna tezgahının türünün belirlenmesine ilişkin karar, AHS ile modellenmiş ve sürece Expert Choice yazılımı uygulanarak çözümüne ve çözümüne ilişkin sonuçların yorumlarına yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ

1.1. İŞLETMELER VE REKABET BAĞINTISI

İnsanoğlunun hayatına etki eden en önemli faktörlerden biri, hız kavramının varlığıdır. Hız, insanın elinin ve zihninin çabuk işleyişi ile ortaya çıkar ve insan ile ilgili tüm alanlara yansır. Günümüz teknolojisinin sahip olduğu hız insan taleplerini karşılamaya yeter mi sorusu insanoğlunun zihnini her zaman kurcalayan bir soru olmuştur.

İşletme yöneticileri için de benzer bir soru; yapmış oldukları faaliyetlerin müşterilerini ne kadar tatmin ettiği ve talebi karşılama sürecinin ne kadar hızlı olabileceği sorusudur. Vickery ve arkadaşları (1997) hızı, siparişi alma ile müşteriye sunma arasında geçen zamanı mümkün olduğunca azaltma yeteneği olarak tanımlamışlardır. Milling ve arkadaşları ise (2000) çalışmalarında hızdan, önemi gün geçtikçe artan rekabetçi bir avantaj olarak bahsetmişlerdir. Bu hızı sağlamak için, modern teknolojilerden yararlanmanın yanı sıra bilimsel faktörleri de göz önünde bulundurma gerekliliği ön plana çıkmıştır.

Özellikle globalleşen dünya koşullarında, müşterisini bir diğer kıtadaki rakibine kaptırmak istemeyen bir yönetici bütün süreçlerinde hız faktörünü göz önünde bulundurmalıdır. Globalleşmenin ve rekabetin artmasıyla beraber belirli bir tipte ürün talep eden tek bir müşterinin değil, birbirinden çok farklı ürünleri talep edebilecek birden fazla müşterinin hedef kitle olduğu unutulmamalıdır. Bu hedef kitlenin talebi, ürün çeşitliliğini ve dolayısıyla üretim süreç çeşitliliğini beraberinde getirecektir. Birbirinden farklı hazırlanma sürelerine, farklı hammadde ve materyallere ve farklı deneyim seviyelerine sahip olan ürünlerin üretiminde farklı süreçler gerekeceğinden, bu kapasiteye sahip üretim sistemlerine ihtiyaç duyulur. Bunu gerçekleştirecek olan sistemler, farklı özellikteki ürünlerin üretilmesinde bir esneklik payına sahip olmalıdır. Bu esnekliği sağlayabilecek olan üretim sistemleri, son yıllarda uygulama alanı bulan ve kökeni 1960'lar itibarıyla endüstride yaşanan değişimlerde bulunabilecek esnek üretim sistemleri olarak ifade edilmektedir. Bu dönemde tüketicilerin teknolojiden uzak olması, tüketim konusunda gereken bilince sahip olmamaları v.b. gibi nedenlerden dolayı üreticiye bağımlı olmaları söz konusudur. Üretim, üreticinin istekleri doğrultusunda gerçekleştiğinden; üretim süreçlerine kitlesel üretim hakimdir.

1960'lerden sonra ise, işletmelerin içinde bulunduğu çevresel faktörlerde meydana gelen değişiklikler sayesinde, üretim süreci faktörleri yeniden değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Oluşan alternatif iletişim kanalları müşterinin bilgiye daha çabuk ulaşılmasını, üretim ve üretim süreci hakkında bilgilendirilmesini beraberinde getirmektedir. Eskiye oranla daha fazla bilgilenen müşteri, daha çok ve hızlı talep etmeye başlamakta ve pasif konumdan sıyrılarak işletmenin kendisiyle iletişim ve etkileşim içersine girmesini arzulamaktadır. Bu çerçevede değişen ve aktif bir konuma gelen müşteri karşısında, işletmenin geleneksel üretim yöntemleriyle hareket etmesi, müşteri ile ilişkilerini minimum tutmaya çalışması kesinlikle mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, günümüz müşterisinin kendini gerçekleştirme ihtiyacının karşılamasına olanak sağlayan, müşteriyi kendi ürününü tasarlamaya teşvik eden ve böylelikle müşterisini üretim sürecine dahil eden işletmeler önemli bir rekabet avantajı elde etmektedir.(Soyluer ve Aracıoğlu,2007:307)

M.Johnson'un; *"bilgi iletişiminin kolaylaşması sayesinde, küçülen yani globalleşen dünya düzeninde, gelecek yüzyılın başarılı şirketlerinin, küresel işletme mücadelesine girmeye bugünden karar veren ve bu çerçevede kendilerine rekabet üstünlüğü sağlayacak herhangi bir şey (bilgi) bulmak için bütün dünyada iz süren şirketler olacağını"* vurgulaması değişimin zorunlu olduğunu göstermektedir (Akolaş,2004:45).Tüketici taleplerinin artık ön planda olması gerektiğini gören işletmeler, teknolojik gelişmelerin yardımıyla, üretim sistemlerinde ve üretim tiplerinde değişimler gerçekleştirmeye başlamışlardır. Bu değişimler sayesinde ortaya çıkan iki kavram söz konusudur: Hücreli Üretim Sistemleri ve Grup Teknolojisi. Bu konuya ileriki bölümde ayrıntılı bir şekilde yer verilecektir.

Şekil 1: Performans Kriterleri ve İdeal İşletme Tipleri

YILLAR	PERFORMANS KRİTERİ	İDEAL İŞLETME TİPİ
1960	Fiyat	Etkin İşletme
1970	Fiyat+Kalite	Kaliteli İşletme
1980	Fiyat+Kalite+Ürün Çeşitliliği	Esnek İşletme
1990	Fiyat+Kalite+Ürün Çeşitliliği+Farklı ve Hızlı Olma	Yenilikçi İşletme

Kaynak: Atalay v.d., 1998, s.18

İşletmelerin yaşadığı bu değişim rüzgarları sayesinde, işletmelerin değişimin başlangıcından bu yana hangi kritere göre yaşam sürdürdükleri yukarıdaki tabloyla izah edilmektedir. Tablodaki sınıflama, Bolvijn ve Kumpe'nin sınıflamasına göre yapılmıştır.

Bolvijn ve Kumpe işletmeleri piyasa şartlarının gereksinimlerine göre şekillendiğini ve dört gelişme aşamasından geçtiklerini belirtmektedir (Eşiyok, 2001:32–33):

- **Etkin İşletme:** Bu işletme yapısında temel amaç, maliyetin azaltılmasıdır. Bir dizi mal kitlesel olarak üretilmektedir. Emeğin fiyatı ucuz, işler oldukça rutindir. Bu firma **fordist işletme** olarak tanımlanmaktadır. Ancak 1960'lardan itibaren değişen piyasa koşulları nedeniyle kalite öne çıkmıştır. Etkin tipteki işletmelerin bu değişikliği verdikleri tepki fiyat savaşını yoğunlaştırmak ve maliyet düşürücü önlemlerin daha da artırılması olmuştur. Ancak bu politika sınırlı ölçüde başarılı olabilmiş, zamanla bütün etkin işletmeler kalite sorunlarının bulunduğunu anlayarak, 1970'lerin ortalarından itibaren, üretim ve yönetim sürecinin bütün aşamalarında kalite uygulamaları gündeme getirilmiştir.
- **Kaliteye Dayalı İşletme:** Bu işletmede kalite stratejik bir sorun olarak tanımlanmıştır. Dikey ve yatak iletişim artırılmış, tüketici tercihleri ve zevkleri gibi unsurlar gittikçe önem kazanmaya başlamıştır. Ürün çeşitliliğinin sağlanması üretimin temel felsefesi olmaya başlamıştır. Ancak bu durum, stokların artmasına ve maliyetlerin kalite artışlarıyla karşılanamayacak derecede yükselmesine neden olmuştur.
- **Esnek İşletme:** Esnek işletme bu sürecin ve gelişmelerin sonucunda ortaya çıkmıştır. Kalite ve fiyatın yanında esneklik öne çıkmıştır. Burada organizasyonel düzenleme, girdilerdeki çeşitli değişikliklere hemen yanıt vermeyi olanaklı kılan geri besleme çemberlerinin yaratılmasına dayanmaktadır. Ancak bu işletme rekabetçi olabilmek için kendi içinde yeniliklere dayalı bir sistem yaratmak zorundadır. Bu durum ise işletmelerin gelişimindeki son aşamayı tanımlanmaktadır.

- **Yenilikçi İşletme:** Bu işletme yalnızca çeşitli ürünler üreten firma değil, aynı zamanda kendi özgün ürünlerini üreten işletmedir. Ekip çalışması egemendir. Esnek işletmedeki dikey ve yatay iletişim kanallarına ek olarak çapraz iletişim kanalları da oluşturulmuştur. Yenilikçi kapasite temel performans ölçütü olarak görülmektedir. Yenilikçilik, yalnızca yeni teknolojilerle sınırlı bir yetenek değildir. Aynı zamanda, yeni piyasaların, organizasyonların, işyerlerinin, endüstriyel ilişkilerin, misyonların oluşturulması bağlamında da anlamı ve işlevi vardır.

Bu değişimin zamana bağlı olan fonksiyonu için Gökşen, yukarıda bahsedilen tabloya, 2000'li yıllar için **Mükemmeli Arayan İşletmeleri** eklemiştir. Performans kriterleri olarak *kalitenin işletmedeki her birimin sorumluluğunda olduğu müşteri odaklılığı ve bilgi katma değeri* 'ni sıralamıştır.

Günümüzdeki mevcut durum ve hızlı gelişmeyi göz önünde tutan konunun uzmanları önümüzdeki dönemde rekabet avantajını sağlayacak unsurun **hizmet üstünlüğü** olacağını belirtmektedirler. Rekabet üstünlüğü sağlayan bu unsurlar, zaman içerisinde değişiklik göstermiş olsalar da, bunlar birbirlerini ikame etmek yerine birbirine eklenerek bir bütünü oluşturmuş ve bunun sonucu olarak da bu bütünü sunan işletmeler, rakiplerine karşı rekabet üstünlüğü sağlayabileceklerdir. (Güleş,2001:62)

2010'lu yıllar için de geleceğini sürekli olarak her alanda yenilenmekte bulan işletmelerin varlığını sürdüreceği aşıkardır. Bu işletmelere **Sürekli Yenilenen İşletme** tanımlaması yapılabilir: Üretimden insan kaynaklarına, muhasebeden dağıtımına olan tüm işletme süreçlerini, birbirine bağlı bir zincir olarak düşünüp; her halkada mükemmeli ararken, sürekli yenilendiğini fark eden işletmelerdir. İşletme sürekli yenilenmeyi bilişim sistemlerindeki gelişmeleri takip edip uygulayarak daha kontrollü bir şekilde gerçekleştirebilir. Üretim alanında bilişim sistemlerinin sağladığı avantaj olarak; ERP ve MRP işletmenin üretim halkasında sürekli yenilenmenin kolaylığını sağlayan anahtarlar olarak örnek gösterilebilir. İşletme, sürekli yenilenmeyi sağlarken, geçmişten gelen tüm performans kriterlerini de ayrıca göz önünde bulundurmamak zorunda kalacak ve bu da halkalar arasında otokontrolü sağlayacaktır.

1.2.ESNEKLİK KAVRAMI

1.2.1. Esnekliğin Tanımı

EÜS'lerinin tam olarak anlaşılabilmesi esneklik kavramının açıklığa kavuşturulmasına bağlıdır. Esneklik, üretim sisteminin piyasadaki değişikliklere hızlı ve etkili şekilde uyum sağlayabilmesiyle ilgili bir kavramdır. (Gupta,1993:2947) Esneklik, EÜS'lerinde bir etkinlik ölçüsü olup, üretim sisteminin tasarımında sistem yapısı, organizasyon, sistem elemanları, materyal, bilgi ve enerji akışları olarak tanımlanırsa, esneklik de uzun vadede sistemi iyileştiren önemli bir değişkendir. EÜS'lerinde esneklik kavramının içeriği şöyle özetlenebilir (Özgen ve Savaş,1996:83):

- İlgili ve farklı parçaların parça karışımını ortaya çıkarmak için grup teknolojisinin kullanımı,
- İşlem sırasında ekleme ve parçaların iptalinin sağlanması,
- Parçaların makinelere dinamik olarak yönlendirilmesi,
- Tasarım değişikliklerine hızlı cevap verilmesi,
- Herhangi bir arıza veya kilitlenme durumunda üretim kaynaklarının dinamik olarak yeniden ayrılabilmesi.

1.2.2.Esnekliğe Etki Eden Faktörler

İşletmelerde esneklik iki türlü bağlantı sonucu oluşmaktadır. Kazan ve Günlük (2006) esnekliğin bu iki önemli görünümü şöyle özetlemişlerdir:

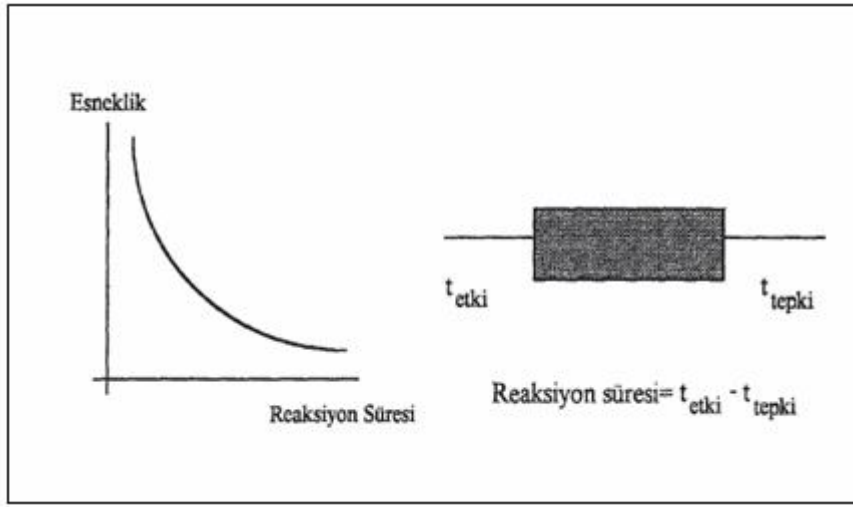
- Esneklik yapıyla bağlantılıdır veya sistemi belirli bir aralıkla ürün türlerini genişletmeye adapte etmektir.
- Esneklik ürün özellikleri ile bağlantılıdır, ürün özellikleri ya da ürün türlerini genişletme konusunda sistemin değişikliklere uyumlandırılmasıdır.

Bir sistemin esnekliği çeşitli üretim faktörleri tarafından belirlenir. Bu faktörleri Balım (1994) şu şekilde sıralamıştır:

1.2.2.1.Reaksiyon Süresi

Bir sistemin esnekliği, onun değişikliklere karşı tepki verme yeteneği olarak tanımlandığına göre; tepkinin çabukluğu sistemin esnekliğinin artışı olarak düşünülebilir. İşletme, bir kara kutu olarak düşünüldüğünde, dışarıdan gelen uyarıya sistem içindeki çeşitli etkiler sonucunda bir tepki oluşur. Gelen etkiye karşı oluşan tepki arasındaki süre reaksiyon süresi olarak tanımlanırsa, bu sürenin artışı esnekliğin azalması sonucunu doğurur. Bu ifade şu şekilde şematize edilebilir.

Şekil 2: Esneklik ile Reaksiyon Süresi Arasındaki İlişki



Kaynak: Balım,1994, s.14

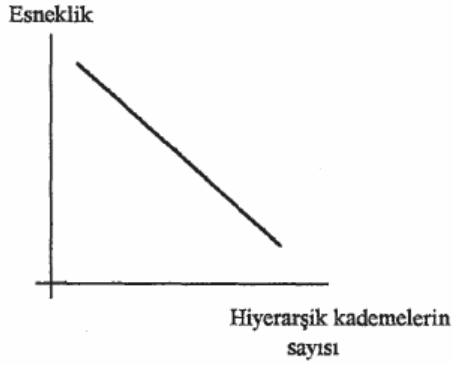
1.2.2.2.Hiyerarşik Kademelerin Sayısı

İşletme içindeki hiyerarşik kademelerin fazlalığı, işletmenin esnekliğini büyük ölçüde azaltır. Bu azalma aşağıda sayılan nedenlerin oluşturduğu beklemlerden dolayı oluşur:

- Kontrol ve operasyonlar arası ayrılık
- İstenilen hedefler ile uygulanan politikalar arasındaki kopukluklar
- Departmanlar arasındaki zayıf yatay iletişim
- Tam belirlenmemiş sorumluluk ve yetkiler

Dünyanın bilinen büyük işletmelerinden biri olan TOYOTA'da yedi farklı hiyerarşi kademesinin bulunması çarpıcı bir örnektir (Aydoğan,1998:15)

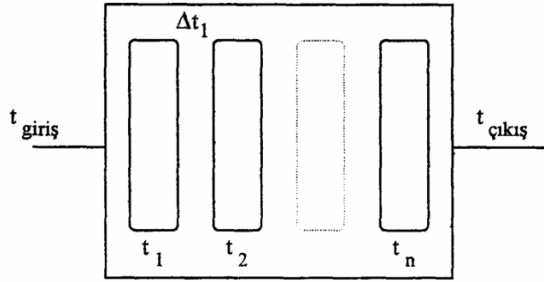
Şekil 3: Esneklik ile Hiyerarşik Kademe Arasındaki İlişki



Kaynak: Balım,1994, s.15

1.2.2.3.Fonksiyonel Organizasyon

Bir üretim biriminin yapısı incelendiğinde, fonksiyonel birimler arasında bir akımın olduğu görülür.



t_i = i departmanındaki üretim zamanı

Δt_i = i departmanından, i+1 departmanına transfer için gerekli olan zaman ise

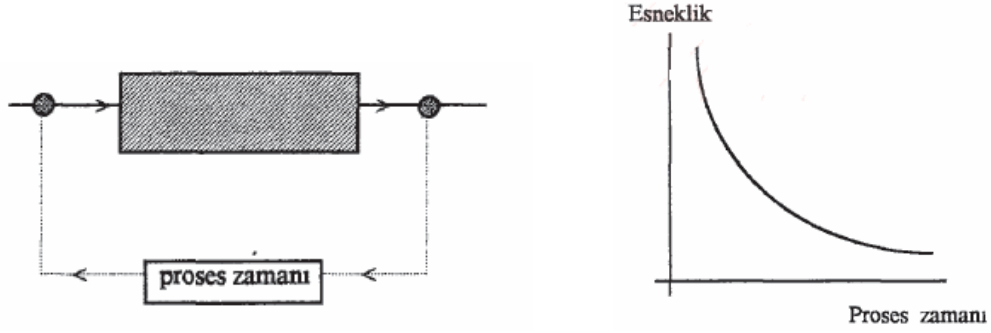
toplam üretim zamanı = $t_{\text{çıkış}} - t_{\text{giriş}} = \sum t_i + \sum \Delta t_i$ olarak ifade edilebilir.

Departman sayısındaki artış üretim zamanında artışa, buna karşın esneklikte azalışa yol açar. Bundan dolayı esnekliği arttırmak için fonksiyonel olarak dizayn edilmiş departmanların sayısı mümkün olan en düşük seviyeye indirilmelidir.

1.2.2.4.Geri Besleme

Sistemden gelen işaretlere etkili bir biçimde tepki göstermek için geri besleme enformasyonu gereklidir. Geri besleme organizasyonu şekilde görüldüğü biçimde şematize edilebilir.

Şekil 4:a)Geri Bildirim Organizasyonu b)Esneklik ile Proses Zamanı Arasındaki İlişki



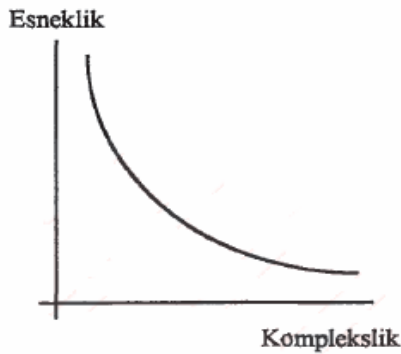
Kaynak: Balım,1994, s.16

Esneklik, sistemden gelen işaretlerin yakalanması ve işlenmesi hızı ile belirlenir. Bu bağıntı pazarlama ve ürün geliştirme arasındaki ilişki olarak görülebileceği gibi üretim sürecinin çeşitli basamakları arasında da görülebilir. Geri beslemenin kuvvetlendirilmesi esneklik artışını da beraberinde getirir.

1.2.2.5.Komplekslik

Bir işletmedeki esneklik işletmenin kompleksliği ile ters orantılıdır. Komplekslik burada üretim sistemin yapısı ile ilgili olarak anlaşılmalıdır. İşletmede komplekslik arttıkça değişikliklerin ortaya çıkardığı sonuçları yönetmek zorlaşmaktadır. Çünkü yönetim kademeleri sayısındaki artış ile daha fazla insan ve departman olaya dahil olur ve karar verme süreci önemli ölçüde gecikmiş olur. Bu ilişki şekilde gösterilmiştir.

Şekil 5: Esneklik ve Komplekslik Arasındaki İlişki



Kaynak: Balım,1994,s.17

1.2.3.Esneklik Türleri

Mandelbaum, en genel anlamıyla esnekliği **aktif** ve **pasif** olarak sınırlandırmış, işletme bazında ise bunları sırasıyla hareket esnekliği ve durum esnekliği olarak adlandırmıştır. İşletmenin değişimlere cevap verebilme yeteneğini **hareket esnekliği**; değişik koşullarda verimliliğini kaybetmeden fonksiyonlarını devam ettirebilme yeteneğini ise **durum esnekliği** şeklinde tanımlamıştır. (Atalay v.d., 1998:26)

Browne ve arkadaşlarının tanımladığı *sekiz esneklik* türü şu şekilde sıralanmıştır (Çapçı,1997:25):

- **Makine (tezgah) Esnekliği**; verilen parça türlerinin üretiminde istenilen değişiklikleri yapmada sistemin bir kolaylık sağlaması ve tezgahlarda farklı işlemlerin yapılabilmesidir.
- **Proses(süreç) Esnekliği**; mümkün olan farklı materyalleri kullanarak istenilen ürünleri makine esnekliğine de bağlı kalarak farklı tekniklerle üretmektir.
- **Ürün Esnekliği**; üretim sisteminin bir ürün kümesini veya yeni bir ürünü üretmek için ekonomik olarak ve hızla değiştirebilmesidir.
- **Rota (yönlendirme) Esnekliği**; sistemde bozulma veya arıza gibi durumlarda parçaların rotalara yönlendirilerek üretimin sürdürülebilmesidir.
- **Miktar (hacim) Esnekliği**; sistemin farklı miktarlarda üretim yapabilme kapasitesidir. Ekonomik olan bu üretim, rota esnekliği ile belirlenmektedir.
- **Genişleme (kapasite artırma) Esnekliği**; sistem parçalarının standart kısmı, sistemin genişleme esnekliğini belirler.
- **İşlem (operasyon) Esnekliği**; her ürün türü için birçok işlemin sırasının sistem içinde değiştirilebilmesidir. Benjaafar, işlemsel esnekliğini ürün esnekliği olarak isimlendirmekte ve görev, sıra ve işlem esnekliği alt sınıflamasına tabi tutmaktadır. (Piplani ve Wetjens,2007:318)
 - ▲ **Görev (task) Esnekliği** verilen görevleri yerine getirebilecek çoklu makinelerin uygunluğu olarak tanımlanır.
 - ▲ **Sıra (sequence) Esnekliği** ürünün üretilmesinde işlemlerin bir alt işlemi için gerekebilecek bir parçanın sırasının değiştirilebilmesini kolaylıkla ölçebilmektedir. Örneğin, üretiminin tamamlanması için iki işleme gerek duyan prizmatik bir parça olsun. İlk işlem yüzeyin

frezelenmesi, ikinci işlem ise parçanın bir diğer yüzünün delinmesi olsun. Bu iki işlem herhangi bir sırada gerçekleştirilebilir ve parçanın sıra esnekliğine sahip olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, eğer delme işlemi sadece frezeleme işleminden sonra yapılacak olsa, parçanın sıra esnekliği 0 olur. İki'den fazla işleme sahip olan sıra esnekliği, 0 ve 1 arasında değer alır.

▲ **İşlem (processing) Esnekliği**, bir işlem veya işlem seti ile diğer bir işlem veya işlem setinin nöbetleşe yapılabilme olasılığını ölçer.

- **Üretim Esnekliği**; ürün sayısının çeşitliliği, üretimin esnekliğini belirler.

Genel olarak bir EÜS'nden beklenen, ortamdaki değişikliklere en kısa sürede uyum sağlayabilmesidir. Yukarıdaki esneklik türleri EÜS'nin genel esnekliğine değişik oranlarda katkıda bulunurlar. Esneklik düzeyi, işletmelerdeki üretim sisteminin teknolojik özelliklerine, üretim politikasına, stratejik hedeflere ve uygulamada kazanılan deneyimlere bağlıdır. (Çapçı, 1997:28)

1.2.4.Esneklik ile Otomasyon Arasındaki İlişki

Otomasyon, 20.yüzyılın başlarında üretim alanına girerek, maliyetleri azaltırken verimlilik ve kaliteyi artırmıştır. İlk otomasyon olan **sabit otomasyon**, belirli bir ürün veya üretim çevresi için geliştirilmiştir. 1970 ve 1980'lerde, esneklik, çok çeşitli ürünlere olan talebi karşılamak için temel bir faktör olmaya başlamıştır. EÜS'lerinin geliştirilmesi, piyasa taleplerindeki değişikliğe daha hızlı cevap verebilecek esnekliği korurken, daha yüksek verimlilik ve kaliteyi sağlayacak esneklikte programlanabilir otomasyon ihtiyacına cevap verir.(Shints v.d.,2004:3457) **Programlanabilir otomasyon** deyiminden kasıt; bilgisayar bilimleri ile üretim mühendisliğinin birleşiminden meydana gelen teknolojilerdir. Programlanabilirlik, söz konusu makinaların bir görevden bir başkasına kolayca çevrilebilme özelliğini vurgulamaktadır. (Dikkulak,1989:3)

Otomasyon, üretimi gerçekleştirmek ve kontrol edebilmek için; mekanik, elektronik ve bilgisayar tabanlı sistemlerin bir uygulamasıdır. Otomasyon, zihinsel ve fiziksel olarak insan gücü ile elektronik veya mekanik araçların yer değişiminin sağlanmasıdır. Otomatize edilmiş üretim sistemlerinde insan müdahalesi minimuma indirilmiştir. Otomasyonun seviyesi, operatör ile ekipman arasındaki görev

dağılımına bağlı olarak manuel, yarı otomatik ve tam otomatik olarak derecelendirilebilir. (Safsten v.d.,2007:29)

Otomasyon bilgisayar aracılığıyla konstrüksiyon, planlama, üretim, teknoloji gibi mühendisliğin tüm faaliyetlerini kapsamaktadır. Bu alanda oluşturulan CAE'in önemli kısımları; CAD, CAM, CAP, CAQ veya bunların entegrasyonundan oluşan CAD-CAP, CAD-CAM, CAD-CAP-CAM sistemleridir. Bu sistemler ile NC, CNC, EÜH ve EÜS arasında sıkı bir bağlantı vardır. Bu alandaki herhangi bir gelişme, daha önceki durumun bir uzantısı olmayıp, konuları daha kolay çözen ve iş kapasitelerini arttıran yeni bir çözümdür. Tüm bu gelişmeler elektroniğin, bilgisayar teknolojisinin ve yüksek derecede entegre devrelerin gelişmesine bağlıdır. (Dikkulak,1989:4)

Otomasyonun derecesi otomasyon seviyeleri ile tanımlanabilir. Literatürde birçok farklı ölçek bulunmaktadır. Bunlardan biri olan farklı seviyelerdeki otomasyon seviyesi ölçeği tablo 1'deki gibidir (Safsten v.d.,2007:31):

Tablo 1: Otomasyon Seviyeleri

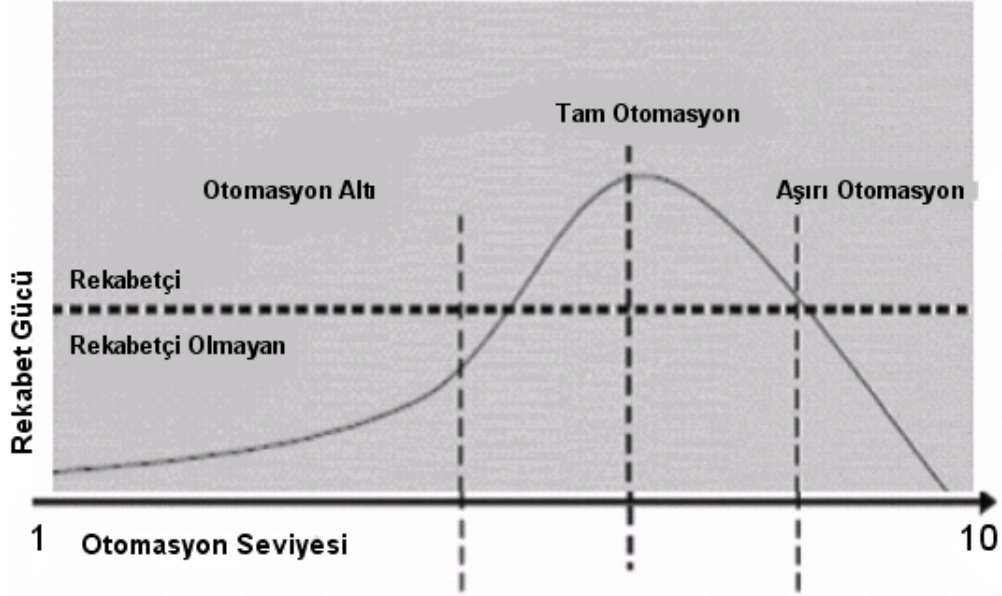
Seviye	Açıklama
1	Bilgisayar yardımı alınmadan, bütün işler insanlar tarafından yapılır.
2	Kullanıcı tarafından, alternatif hareket setlerinin bir bütün olarak yapılması gerekir.
3	Kullanıcı tarafından işlerden birkaçının yapılması gerekir
4	Bilgisayar bir iş önerir.
5	Bilgisayar kullanıcının uygun bulunduğu önerileri uygular.
6	Bilgisayar, otomatik karardan önce kullanıcıya oylaması için kısıtlı bir süre verir.
7	Bilgisayar otomatik olarak müdahale eder, gerekirse kullanıcıyı bilgilendirir.
8	Bilgisayar kullanıcıyı sadece sorduğu zaman bilgilendirerek, çalışır.
9	Bilgisayar karar verdikten ve uyguladıktan sonra kullanıcıyı bilgilendirir.
10	Bilgisayar her şeye karar verir ve uygular, kullanıcıyı göz ardı eder.

Kaynak: Safsten v.d.,2007,s.31

Otomasyonun seviyesi çok düşükse **otomasyon altı**, otomasyonun seviyesi yüksekse **aşırı otomasyon** olarak isimlendirilir. Bu iki tür otomasyon da üretimin

rekabet gücünü negatif yönde etkiler. Buna karşılık en uygun otomasyon seviyesi olan **tam otomasyon**, üretim performansına pozitif katkı sağlar. (Safsten v.d.,2007:36)

Şekil 6: Otomasyon ile Rekabet Gücü Arasındaki İlişki



Kaynak:Safsten v.d.,2007s.36

Bir EÜS yatırımına girmeden (otomasyondan ve bilgisayarlaşmadan) önce, sekiz adımın yerine getirilmesi gerekmektedir (Atalay v.d.,1998:35).

1. Üretim ve montaj hücrelerini oluşturma
2. Her türlü hazırlık süresini düşürme
3. Kalite kontrol ile üretim sistemini bütünleştirme
4. Koruyucu bakım ile üretim sistemini bütünleştirme
5. Düzgünleştirme ve hatları dengeleme
6. Hücreleri bir bilgi akış sistemiyle bağlama
7. Proses içi stokları azaltma
8. Pazarlama programlarını kurma ve geliştirme

Otomasyon; yükleme, boşaltma, muayene ve hazırlık işlemlerinin mekanizasyonu ile başlar. Kaliteyi geliştirmek ve üretimde darboğaz yaratan v.b. kapasite sorunlarını çözmek için kullanılır. Bilgisayarlaşmanın amacı ise tasarım,

mühendislik, üretim ve destek sistemler arasındaki bilgi alışverişinin etken bir şekilde gerçekleştirilmesidir.

EÜS pratikte otomasyon yoğun sistemlerdir. Üretim sürecinde genel gidiş sistemik otomasyona doğrudur. Bu gidişin ve EÜS'nin yapısı gereği EÜS, otomasyon bazında gelişecektir. Esnek üretim ve otomasyon arasındaki tümleşmeyi, **esnek otomasyon** kavramı karakterize etmektedir. Bu açıdan, esnek otomasyona olanak tanıyan bilgisayarla tümleşik üretim sistemi, EÜS'lerinin temelini oluşturmuştur. EÜS, bilgisayarla tümleşik üretim sisteminin bir türevi ya da yan ürünü olarak da ele alınabilir. Onun içindir ki, esnek üretim sistemleri dendiğinde, bunu mutlaka bilgisayarla tümleşik üretim sistemleri, otomasyon sistemleri ve teknolojileriyle bir bütün olarak kavramak gerekir. (Kıral,1996:23) Bilgisayarla tümleşik üretim konusuna ileriki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde yer verilecektir.

1.2.5. Esnekliğin Rekabet Gücüne Olan Etkisi

Bir işletmenin rekabet gücü, ürün standardizasyonu ve üretim ölçeğindeki artışlara paralel olarak, üretim teknolojisini yenileyebilmesine bağlıdır. Bir yandan işletmeler pazara sürekli farklı ürünler sunarken, diğer yandan müşteri talepleri de hızla değişmektedir. Klasik üretim sistemleri ile bu isteklere cevap verebilmek mümkün görünmemekte ve otomasyon düzeyi yüksek esnek üretim teknolojilerinin kullanımı gündeme gelmektedir. Böylece birbiri ile çelişen şu iki problemin çözümü amaçlanmaktadır. (Atalay v.d.,1998:26)

- Düşük süreç içi stokla yüksek kapasite kullanımı ve çıktı hızı
- Yüksek esneklikle yüksek verimlilik.

1986 Üretimin Geleceği Araştırmaları kapsamında 500 şirkete uygulanan çalışmanın sonucu, Japon firmalarının rekabetçi avantaj sıralaması sırasıyla; esneklik, yeni ürün sunma, kalite ve üretim hacminin ayarlanması şeklinde olmuştur. Kuzey Amerika ve Avrupalı firmalarda ise kalite ilk sıradayken esneklik altıncı ve sekizinci sırada yer almıştır. Japonlar kalite problemlerini başarılı bir şekilde çözdükten sonra dikkatlerini esnekliğe odaklamışlardır. Batılı girişimciler ise hala kalitenin sorunlarıyla uğraşmaktadırlar. (Gerwin,1993:395) Bu çalışmadan sonra üretimde rekabet gücünün önemi üzerine olan ilgi artmıştır. Rekabet gücünün azalmasına karşın, esnek teknoloji, rekabet koşullarına destek olmaktadır. EÜS;

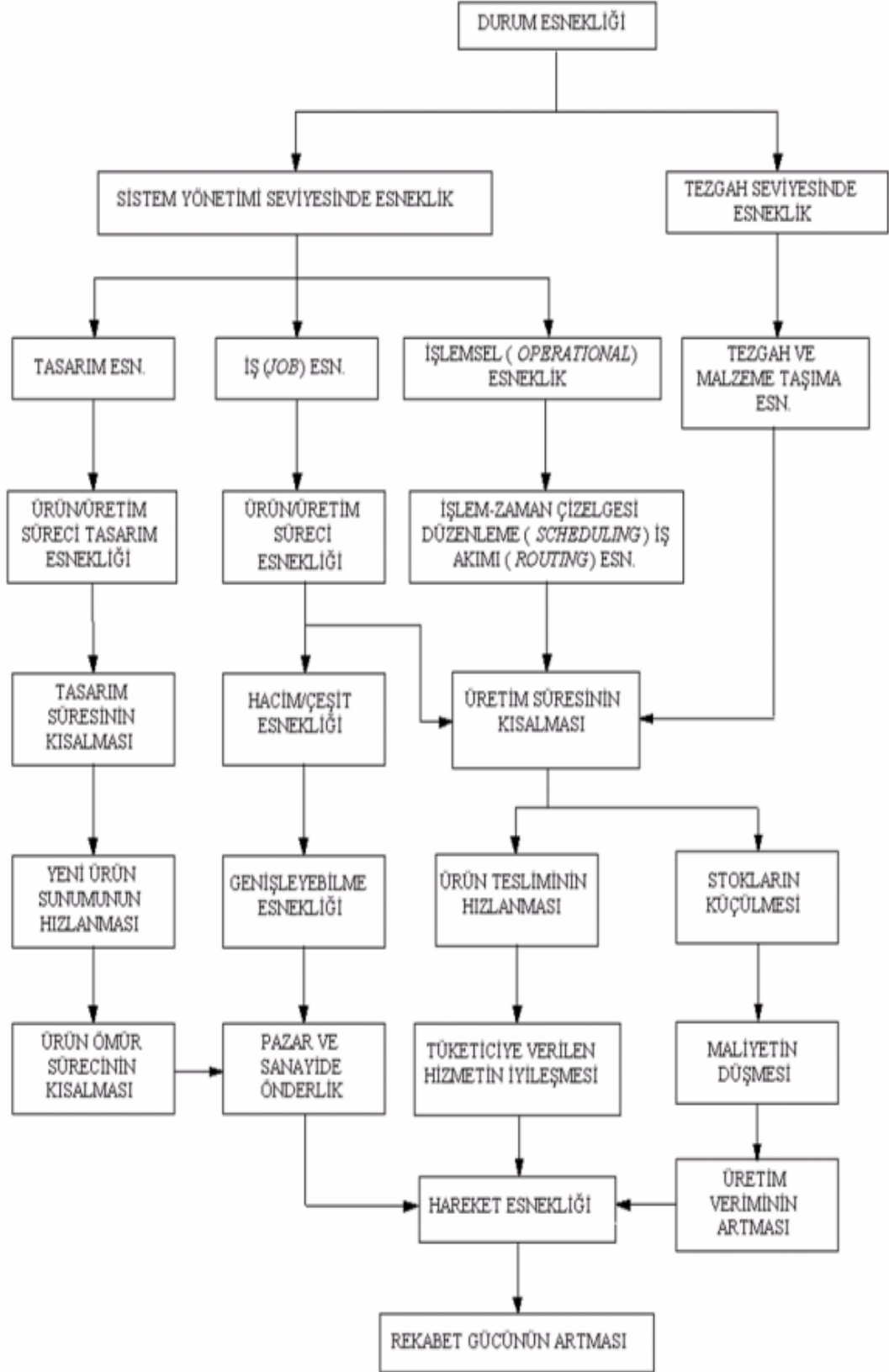
verimlilik ve kalite ile beraber, rekabet gücünü tekrar elde etmek için kullanılır. Ayrıca EÜS, değişim koşullarına etkili cevap verme yeteneğiyle, üretimdeki teknolojik gelişmeler, ürün karışımlarındaki ve talepteki değişimlerden dolayı oluşabilecek savunmasızlığa karşı rekabetçi avantaj sağlamaya katkıda bulunmaktadır. (Rezaie ve Ostadi,2007:729)

Sadece ölçek ekonomisine yönelik olarak tasarımılanan üretim teknolojileri ile bu problemlerin üstesinden gelmek mümkün görünmemekte ve bu nedenle çeşitlilik ekonomisine dayalı EÜS'lere yönelinmektedir. Diğer bir anlamıyla verimlilik hacimle değil değişiklikle sağlanmaktadır.

«Piore ve Sabel 1984'teki etkileyici ancak tartışmaya açık çalışmalarında, "esnek uzmanlaşmanın" kitlesel üretimin yerini alacağını ve teknolojik yönden güçlü küçük işletmelerin daha büyüklerle rekabet edebileceklerini iddia etmekte. Tüm bunlara paralel olarak diğer araştırmacılar da, ileri üretim teknolojilerinin en önemli etkilerinin kesikli (batch) üretimde görüleceğini ve bu durumun da küçük ve orta ölçekli sanayi işletmelerinin rekabet edebilirliğini çok daha fazla artıracığına inanmaktadırlar. Diğer yandan yeni teknolojilerin sağladığı esneklikten faydalanabilen büyük işletmeler kitlesel üretim yaptıkları sektörlerde üstünlüklerine devam edebilirler, ancak bundan sonra "çeşitlilik ekonomisi", "ölçek ekonomisinden" çok daha fazla önemli olacaktır. Arcangeli ise 1987'de yaptığı çalışmasında, hem mikro hem de makro düzeydeki göstergelerden, söz konusu teknolojilerin ekonominin ve toplumun genelinde kullanılmaları yönünde bir eğilim bulunmadığının yapılan araştırmalardan anlaşılmakta olduğunu dolayısıyla bu konuda belirsizliklerin yaşandığını ifade etmektedir».(Atalay v.d.,1998:26)

Rekabet gücü Şekil 8'den de anlaşılacağı üzere, işletmenin değişik şartlar altında verimliliğini kaybetmeden varlığını sürdürmesini sağlayacak **durum esnekliği** ile bu değişime adapte olmasını sağlayacak **hareket esnekliği** arasındaki sürecin esnekliğine bağlıdır. İşletme çevresinde meydana gelen herhangi bir değişim hem sisteme hem de tezgaha yansımaktır. Sistemdeki değişiklik, ürünün tasarımına ve işlenmesine dolayısıyla tasarım ve işleme sürelerini etkileyecektir. Tasarım ve işleme sürelerinin değişimi ürün yaşam ömrünü ve teslimat sürelerini belirleyecektir. Teslimat sürelerinin azalması stokları ve maliyetleri azaltacak, piyasada üstünlük sağlayarak değişime adapte olabilmeyi beraberinde getirecektir. Bu şekilde durum esnekliği ile hareket esnekliği arasında izlenen yol sayesinde rekabetçi bir üstünlük sağlanmış olacaktır.

ŞEKİL 8: Esnekliğin Rekabet Gücüne Olan Etkisi



Kaynak: Kiral,1996,s.20

1.3.ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

EÜS'lerine esnek denmesinin nedeni; farklı iş istasyonlarında eş zamanlı olarak farklı parça tiplerinin çeşitliliğinde sürecin işleyebilmesi ve talepteki değişimlere hızlı cevap verebilmesi için üretim miktarında ve parça tiplerinin karışımında gerekli ayarlamaları yapabilmesidir.(Rao,2007:1975)

Literatürde, farklı bakış açılarından, çeşitli EÜS tanımları yapılmıştır:

- EÜS, farklı parça ve ürünleri önemli bir değişiklik ve tezgah duruşuna gerek kalmaksızın, üretebilme kabiliyeti olan sistemlerdir (Kazan ve Günlük, 2006:14).
- EÜS, işlemsel ve kontrol karakteristikleri açısından birbirinden farklı yapılardaki geniş bir üretim sistemleri yelpazesini anlatan genel bir terimdir ve bir malzeme taşıma sistemiyle birbirine bağlanmış, CNC ya da NC tezgahlardan ve bunların işleyişini kontrol eden bilgisayar sisteminden oluşan ve birbirinden farklı parçalar üretebilen bir üretim sistemi olarak tanımlanabilir. (Kıral,1996:18)
- EÜS, pazardaki esnek olan talebe esnek bir arzla yanıt verebilmek amacı ile geliştirilmiş; müşterilere belirli ürünleri çok çeşitte düşük maliyetle üretebilme yeteneğine sahip, takım çalışması, çalışanların yetkilendirilmesi ve işletmenin rekabet gücünü artırarak faaliyetlerinin devamlılığını sağlayacak bir sistemdir. (Pekmezci ve Demirelli,2005:132)
- EÜS, bilgisayar kontrollü malzeme taşıma sistemiyle bağlanmış, sayısal kontrollü makinelerden oluşan, otomatik parti üretim sistemi olarak tanımlanabilir. (Erol ve Atmaca,2001:73)
- EÜS; istiflenmiş değişik türdeki iş parçalarının üretim işlemi sırasında değişik tezgahlar ve iş istasyonları arasında, her bir parçanın gereğine göre aynı zamanda ve gelişigüzel zamanlarda ayrı ayrı taşınmasını sağlayan otomatik bilgisayar kontrollü sistemlerdir.(Aydoğan,2005:74)
- EÜS; yoğun otomasyon ve teknoloji ağırlıklı üretimin yapıldığı, montaj hatlarının olmadığı, üretim faktörlerinin hızla üretime yönlendirilebildiği, ürünün zamanında tüketicilere ulaştırılarak nakde çevrildiği, insanların bu ortama uyum gösterdiği ve değişikliklere eskisinden daha hızlı cevap verilebildiği üretim sürecidir (Gökşen,2003:45).

- EÜS, birden fazla tipteki parçayı küçük ya da orta hacimde etkin bir şekilde üretebilmek için tasarlanmış ve bilgisayar tarafından kontrol edilen yan bağımsız iş istasyonları ve malzeme taşıma sistemlerinden oluşan bir üretim türüdür (Çapçı,1997:25).
- Belli parçaların üretimine ilişkin talimatları ilgili hücrelere aktarma ve değişik ürünlerin işlem gereklerine göre hızlı bir düzenleme olanağı veren oldukça karmaşık bilgisayar kontrolüne sahip, tam otomasyona dayalı ve daha çok bağlantılı üretim sistemleridir. (Monks,1996:108)

Yukarıda verilen tanımlar daha da çoğaltılabilir. Bu kadar fazla miktarda tanımı olmasına karşın, EÜS'nin ne olduğunu tam olarak açıklayan belirgin ve açık tanımının olmayışı, pek çok uygulamanın pek de doğru olmayan bir şekilde esnek üretim olarak adlandırılmasına yol açmaktadır. Örneğin, bir makine üzerine bağlanan basit bir otomatik yükleyici ile esnek üretim hücresi, en alt düzeyde otomasyona geçen bir taşıma sistemi, esnek otomasyon sistemi olarak nitelendirilebilmektedir. Esnek sistemlerin ortak özelliği pek çok işlevin otomatik olarak gerçekleştirilmesidir. (Çapçı,1997:28)

EÜS'lerinin özelliklerini maddeler halinde şu şekilde özetlenebilir:

- EÜS, ürün çeşidinin fazla olduğu işletmelerde kullanılabilir.
- Genel amaçlı makine ve tezgah içermektedir. Arkı parçaları üretmek için makine/teçhizatı küçük çaplı değişiklikler yapılabilir.
- Mamul, yarı mamul ve hammadde otomatik bantlarla, malzeme ve taşıyıcılarla hareket edebilmektedir.
- Farklı parçaların üretilmesi, makineler üzerinde gerçekleşen otomatik değişikliklerle mümkün olabilmektedir.
- Üretimde personel müdahalesi asgariye indirilmiştir.
- Fabrikaya hammadde girişinden mamul çıkışına kadar kalite kontrol, tasarım, üretim gibi tüm işlemler otomasyona dayalı olarak bilgisayarla gerçekleştirilmektedir. (Gökşen,2003:45)
- Bir dizi farklı parçaların üretiminde kullanılacak esnek tezgâhlarla donatılmış olan bir EÜS'nde üretim esnasında ön hazırlık süreleri ihmal edilebilir düzeydedir. (Pekmezci ve Demireli,2005:134)

- EÜS, en azından kısa dönemde değişmeyen ve belli bir ürün karmasında yer alan çeşitli parçaları üretmek üzere tasarlanmışlardır.
- Sistem bir dizi parçayı çeşitli büyüklükteki partiler halinde işleme olanağına sahiptir. (Özgen ve Savaş,1996:86)

EÜS'lerinin ortak özelliklerini Yıldırım (2002) *bütünleşik olma, akıllı olma ve çabuk uyum sağlama* olarak sıralamıştır.

EÜS'lerinin tercih edilme nedenlerinden bazıları şunlardır (Yılmaz,2007:1):

- Müşterilerin değişen ihtiyaç ve isteklerini, istenilen ve hızlı bir şekilde karşılama; diğer bir ifade ile talepteki dalgalanmalara karşı esnek davranma.
- Hazırlık sürelerinde azalma.
- Üretim tamamlanma süresinde azalma.
- Üretimde kalite.
- Stoklarda azalma ile stok maliyetlerinde düşüş.
- İşçilik maliyetlerinde azalma.

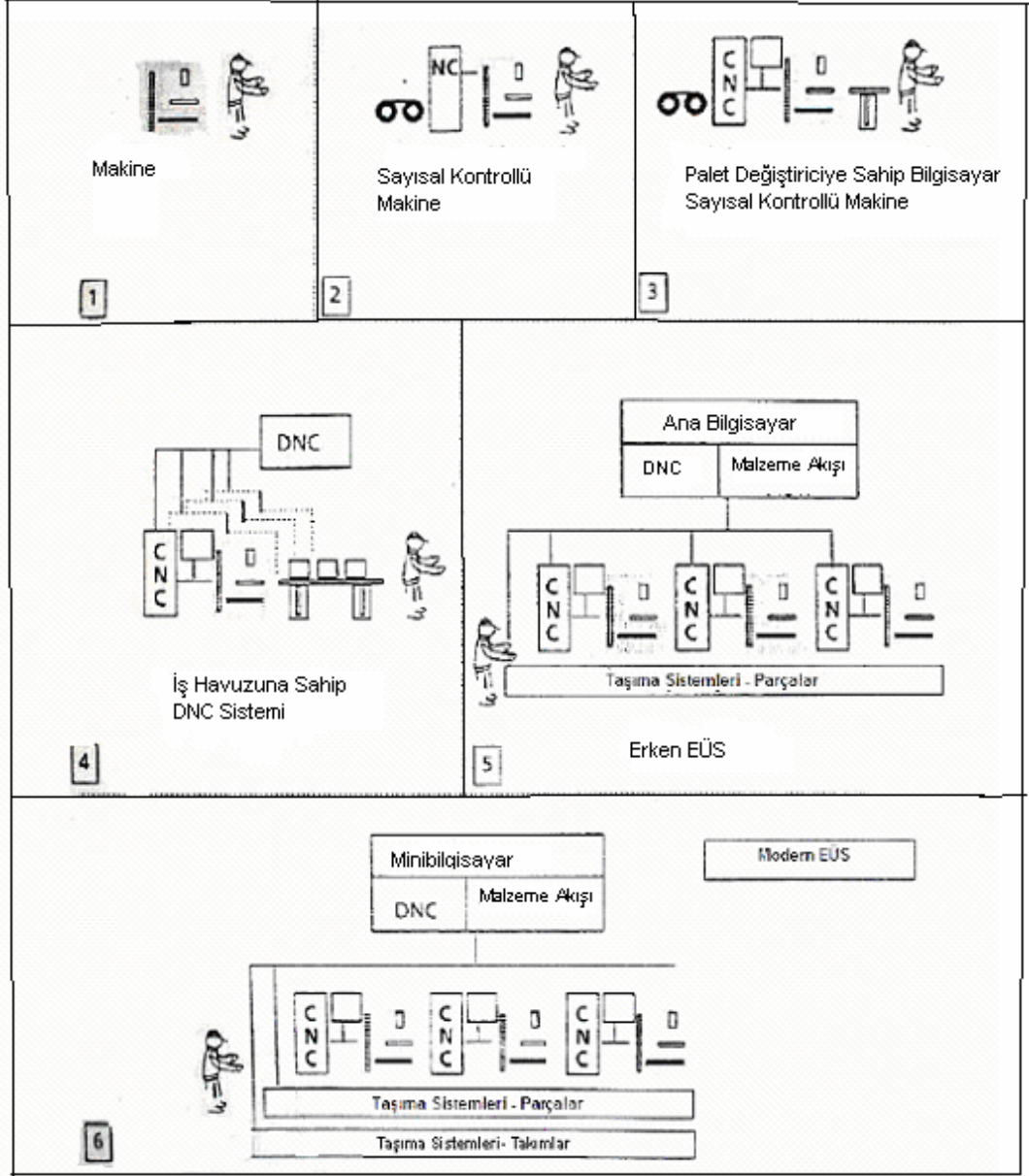
Esnek üretimin ana prensibi, üretimin ve ürün ve/veya üretim ihtiyaçlarındaki çeşitliliğe bağlı olarak malzeme taşımanın otomatikleşirmesi ve bütünleşmesidir. Teknolojik olarak, EÜS yüksek çeşitlilik çabasında ve orta büyüklükte üretimde -yüksek yatırım harcamalarında- oldukça başarılıdır. Yönetim açısından, EÜS ile sağlanan esneklikle, elde edilen yüksek orandaki gelirin büyük bir kısmı yatırımlarda kullanılmaktadır. (Kapanoğlu ve Miller,2004:529)

1.4.ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Giderek ağırlaşan rekabet koşullarında firmaların ayakta kalabilmeleri ancak ürünlerini müşteri istekleri doğrultusunda ve ekonomik olarak üretebilmeleri ve zamanında teslim edebilmeleri ile mümkündür. Yüksek düzeyde ve sürekli talebi olan ürünlerin üretiminde son derece ekonomik ve hızlı olabilmeyi sağlayan seri üretim farklı yapıdaki taleplere aynı avantajlarla cevap verememektedir. Orta düzeyde talebe ve ürün çeşitliliğine sahip firmaların hem farklı talepleri hızlı bir şekilde karşılayabilme hem de ekonomik üretim yapabilme gereksinimlerine cevap verebilmek üzere EÜS yaklaşımı doğmuştur. (Saraç ve Özçelik,2006:23)

Üretim teknolojilerinin gelişmemiş olduğu 1940'lı yılların başında, sınırlı sayıda işi yapma yeteneğine sahip, tamamen insan kontrolü altında ve birbirinden bağımsız olarak çalışan tezgahlar ile üretim yapılmıştır. 1940'ların sonlarından itibaren meydana gelen teknolojik gelişmeler sonucunda, manuel olarak, elektrikli veya hidrolik motorlar ile idare edilen geleneksel tezgahların yerini delikli şerit sistemiyle kontrol edilen NC tezgahlar almıştır. 1950'lerden itibaren bilgisayarların üretimde kullanılmaya başlaması, makineleri ve diğer çevre elemanlarını kontrol eder hale gelmesiyle birlikte, NC tezgahlar yerini CNC tezgahlara bırakmıştır. Bu sayede, NC tezgahlardaki şerit sistemi ortadan kalkmış ve parça programları doğrudan CNC tezgaha entegre durumdaki bilgisayara yüklenir hale gelmiştir. Buna rağmen, malzemelerin ve parça programlarının o dönemdeki CNC tezgahlara yüklenebilmesi için insan müdahalesi gerekmiştir. Daha sonra, birden çok CNC tezgahın merkezi bir bilgisayar kontrolü altında toplanması ve tüm parça programlarının merkezi bilgisayar tarafından tezgahlara yüklenmesi ile DNC sistemi oluşturulmuştur. DNC sistemine parça ve kesici takım taşıyan otomatik sistemlerin eklenmesi ve tüm bu ekipmanların merkezi bilgisayar tarafından kontrol edilir hale gelmesiyle modern EÜS'lere ulaşılmıştır. Şekilde modern EÜS seviyesine kadar otomasyonun evrimi gösterilmektedir. (Kalabek,2006,16)

Şekil 9: Esnek Üretim Sistemlerinin Evrimi



Kaynak: Kalabek,2006, s.16

İngiltere’de Molins firması için çalışan araştırmacı Theo Williamson 1960’lı yılların başında “esnek işletme sistemi” buluşunu yapmıştır. “Sistem 24” olarak adlandırılan bu sistemin patentini ise 1965 yılında almıştır. Sistem 24 ile tek amaçlı olarak kullanılan bir NC tezgahı ve konveyör bir araya getirilerek işlenecek parçaların makineler arasında otomatik transferi sağlanmıştır. 1960’lı yıllarda robotlar, malzeme taşıma sistemleri ve bilgisayar kontrol teknolojilerinde sağlanan gelişmelerle birleşince, çeşitli parçaların orta ve küçük hacimlerdeki partiler halinde

daha ekonomik bir şekilde üretilmesine EÜS'leri olarak tanımlanmıştır. (Gönen ve Çelik,2004:2) Ayrıca, 1970'lerden itibaren programlanabilir kontrol ünitelerinin ortaya çıkışı ve bilgisayar sistemleri ile bütünleştirilmesi sonucunda bilgisayar kontrolü yaygın ve etkili hale gelmiştir. 1980'li yılların başında, Doğu Bloku ülkeleri de dahil olmak üzere sanayileşmiş ülkelerin çoğunda EÜS kurulumlarının sayısı ciddi bir artışa geçmiştir (Kalabek,2006:16) ve 1970 ve 1980'lerde robotların ve bilgisayarla tümleşik sistemlerin gelişmesiyle de üretim sistemleri, iletilen bilgiye cevap verebilme yeteneği kazanmıştır. EÜS, 1990'larda daha da mükemmelleştirilmiş ve üreticilere, sipariş üzerine ürettikleri ürünleri, daha önce sadece yığın üretime yönelik "katı" otomasyon sistemleri yoluyla sağlanabilen hacimlerde sunabilme yeteneği kazandırmıştır. (Üreten,1996:2)

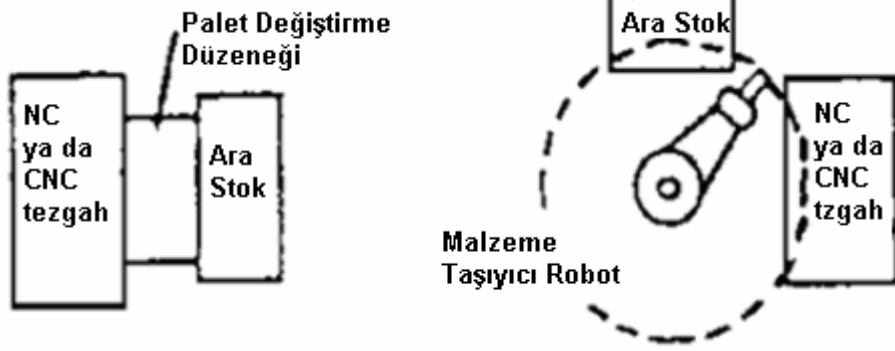
1.5.ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Esnek üretim sistemi, mekanik, otomatik bilgi aktarma ve bilgisayar kontrol düzeyler açısından farklılıklar gösteren bir dizi sistemi temsil eder. Gordner makine sayısına ve otomasyona bağlı olarak beş farklı sistemi tasarlamış ve şu şekilde sınıflandırmıştır (Demir ve Gümüšoğlu,2003:183):

- Esnek Üretim Modülü (Tek Esnek Tezgah)
- Esnek Üretim Hücresi
- Esnek Üretim Grubu (Çok Tezgahlı Esnek Üretim Sistemi)
- Çok Hücreli Esnek Üretim Sistemi
- Esnek Üretim Hattı

1.5.1. Esnek Üretim Modülü (EÜM): Bir malzeme taşıyıcısı ve ara stok (*buffer*) bölümü olan, takım değiştirme yetisine sahip, CNC ya da NC tek bir tezgahtan oluşan üretim birimidir. Malzeme taşıyıcısı bir robot ya da özel amaçlı bir palet değiştiricisi olabilir.(Kıral,1996:18)Bu tezgahlar sanayide işleme merkezi olarak bilinirler. (Akça,1998:12)

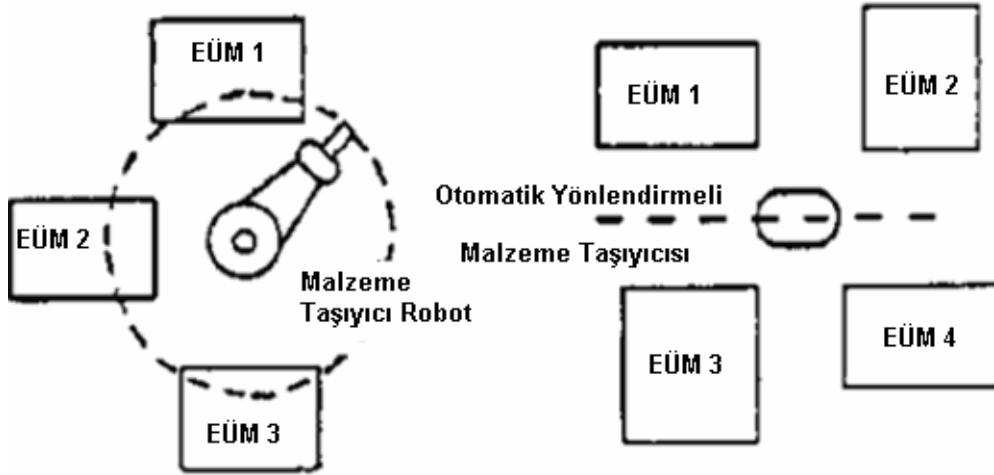
ŞEKİL 10: Esnek Üretim Modülü Örneği



Kaynak:Atalay v.d.,1998,s.21

1.5.2.Esnek Üretim Hücresi (EÜH): Ortak bir malzeme taşıyıcısına sahip bir grup esnek tezgahın oluşturduğu EÜS'leridir.

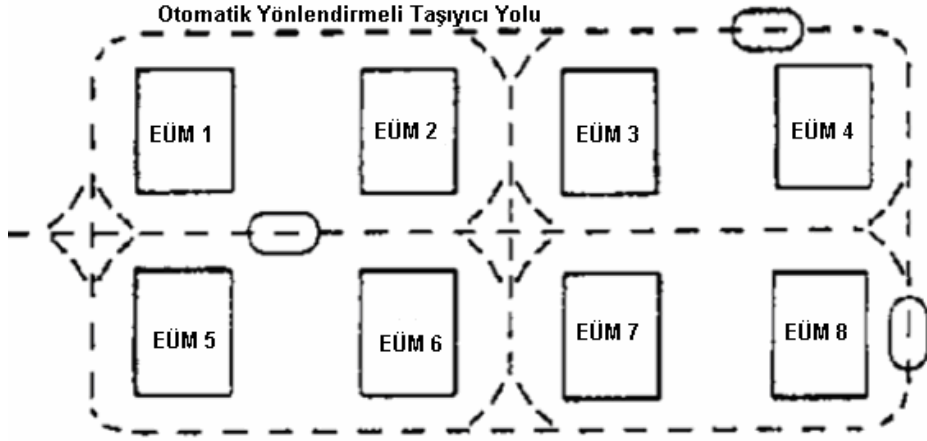
ŞEKİL 11: Esnek Üretim Hücresi Örneği



Kaynak:Atalay v.d.,1998,s.21

1.5.3.Esnek Üretim Grubu: İki ya da daha fazla sayıda malzeme taşıyıcısından ya da aynı anda birden çok tezgaha hizmet verebilen bir ya da daha çok taşıyıcıdan oluşan bir malzeme taşıma sistemine sahip, esnek tezgah gruplarının oluşturduğu EÜS'leridir.

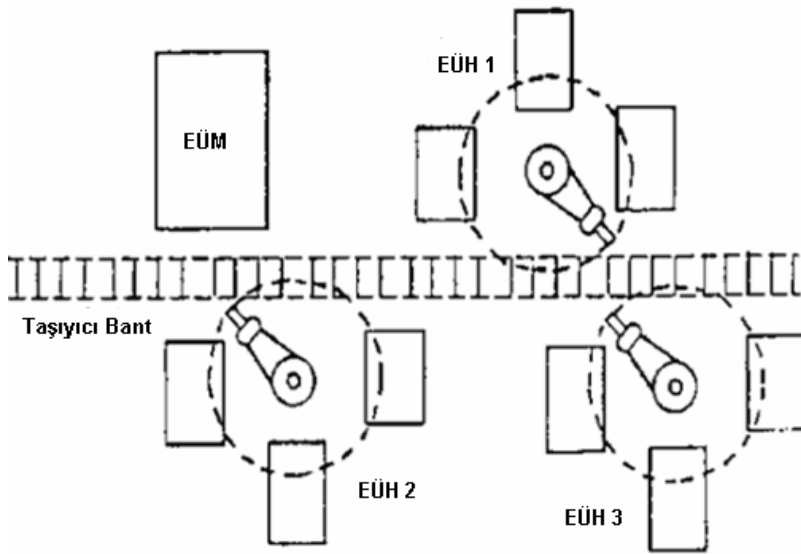
ŞEKİL 12: Esnek Üretim Grubu Örneği



Kaynak:Atalay v.d.,1998,s.21

1.5.4.Çok Hücreli Esnek Üretim Sistemi (ÇHEÜS): Birden fazla sayıda EÜH ve gerekirse tamamlayıcı esnek tezgahlardan ve bu birimleri birleştiren malzeme taşıma sisteminden oluşan EÜS'leridir. (Kıral,1996:18) MacCarthy ve Liu çok hücreli esnek üretim sistemlerini şöyle tanımlamaktadır: EÜS'lerinin bir tipi olarak bir MCFMS, otomatik malzeme taşıma sistemiyle birbirine bağlanmış esnek üretim hücreleri ve tek esnek makinelerden oluşur. ÇHEÜS'lerinde malzeme taşıma için konveyör bandı, makaralı konveyör, tek raylılar, çift hatlılar v.b. gibi araçlar kullanılır. (Das ve Canel,2005:247)

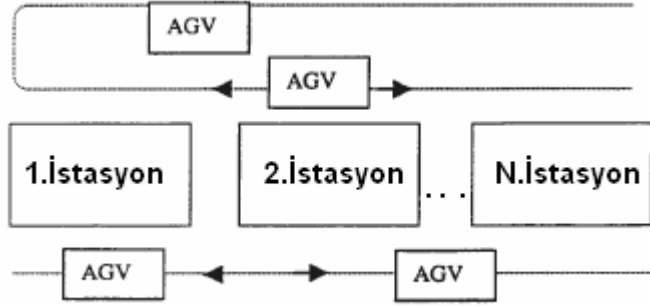
ŞEKİL 13: Çok Hücreli Esnek Üretim Hücresi Örneği



Kaynak: Atalay v.d.,1998,s.21

1.5.5.Esnek Üretim Hattı: İstasyon adı verilen tahsisli takım tezgahları kümesidir. Bir tezgahın çalışması diğer tezgahların çalışmasına bağlıdır. Esnek üretim hattı, otomatik yönlendirilen araçlar, robot, konveyör veya römork tipinden birisi olabilir (Bayazıt,2001:33).

Şekil 14: Esnek Üretim Hattı

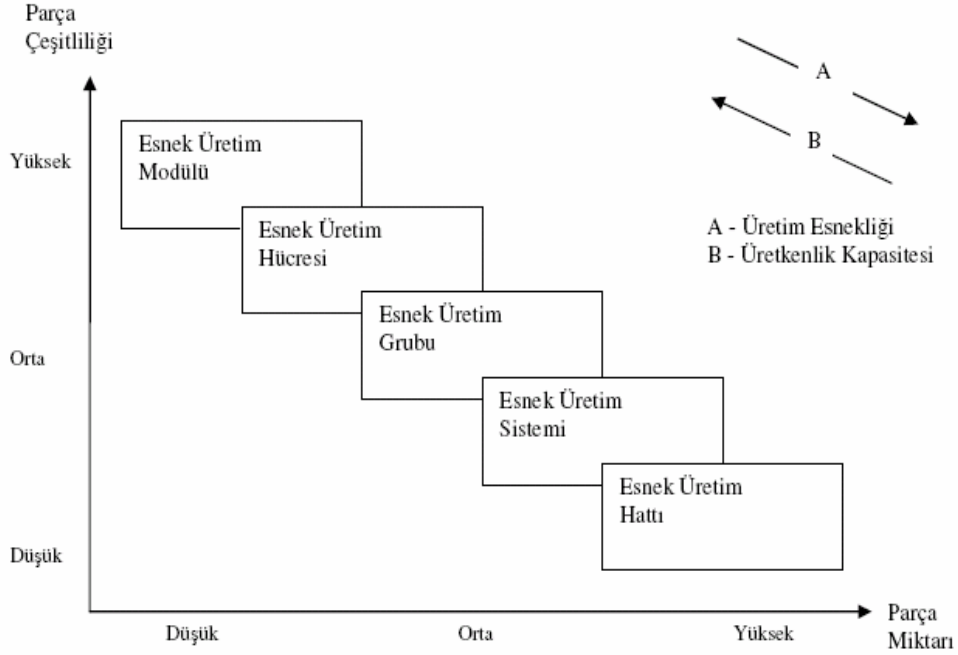


Kaynak: Demir ve Gümüšoğlu,2003, s.181

Şekildeki esnek üretim hattı N adet istasyondan oluşmaktadır. Her istasyonda, farklı işlemleri yapacak CNC tezgahları yerleştirilmiştir. Bir istasyondaki CNC'nin çalışması, diğer istasyondaki CNC'nin çalışmasına bağlıdır. Parçalar otomatik yönlendirilen araçlarla işlem göreceği istasyona gelir. Üzerinde yapılması gerekli işlemler yapıldıkları sonra, merkezi bilgisayara girilmiş olan işlem sıra formlarına göre sıradaki istasyona gider. Parçalar işlem sıra formlarına göre üzerinde yapılması gerekli tüm işlemler tamamlandıktan sonra, otomatik olarak taşınır ve parça alanına konur. (Bayazıt,2001:34)

Üretilen parça miktarı ve parça türüne bağlı olarak EÜS için seçenek grupları Şekil 15'te görülmektedir. İşletme, parça çeşidi fazla ve üretilebilecek miktar az ise esnek modüler üretim, parça çeşidi az buna karşılık miktar fazla ise hat tipi bir düzenleme yapabilmektedir (Atalay v.d.,1998:22).

Şekil 15: Esnek Üretim Sistemleri Seçenek Gruplarında Hacim-Değişkenlik İlişkisi



Kaynak: Özgen ve Savaş,1996,s.84.

Şekilde parça miktarı yıllık üretilen parça sayısını, parça çeşitliliği ise üretim sisteminde yer alan farklı parçaların sayısını göstermektedir. Miktar-çeşitlilik ilişkisi kapsamında bakıldığında üretim esnekliği ile üretkenlik kapasitesinin birbirleri ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Esnek modüler üretimden esnek hat üretimine doğru üretim esnekliği yani parça çeşitliliği azalmakta ancak üretilebilecek parça miktarı artmaktadır.(Atalay v.d.,1998:22)

1.6. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN ELEMAN VE TEKNOLOJİLERİ

Bir EÜS, birbirine bir malzeme taşıma ağı ile bağlanmış, yarı bağımsız NC tezgahlardan oluşan, bilgisayar benzetim yöntemlerinden (simülasyon) yararlanan, bilgisayar denetimli bir üretim sistemidir. NC tezgahlar parça işlemek için gerekli esnekliği sağlarken malzeme taşıma sistemleri de aynı esneklik çerçevesinde tezgahlar arası fiziksel bağlantıyı sağlar. Bilgisayar sürekli olarak bu elemanları denetler. Simülasyon ise, sistemi oluşturan elemanların durumuna ilişkin olasılıkları hesaba katarak gerekli düzeltici önlemleri zamanında alabilmek için kullanılır. Bu araçların her biri ayrı bir teknolojinin ürünüdür. Buna göre EÜS'nin temelini oluşturan teknolojiler; **sayısal denetimli tezgah teknolojisi, malzeme taşıyıcıları teknolojisi**

ve sistem elemanlarının birbirinden haberdar olmasını ve sistemin bir bütün olarak denetlenebilmesini sağlayan **enformasyon teknolojisi** olarak sınıflandırılabilir. Bu teknolojilerin temel taşı mikroelektroniktir. Mikroelektronikte ileriye doğru atılan her adım, sipariş değerlendirmeden başlayarak, sisteme hammadde girişinden hazır ürünün çıkışına kadarki süreçte ihtiyaç duyulan çok fazla miktarda verinin akışını ve değerlendirilmesini hızlandırmakta, bu da yukarıda sözü edilen teknolojilerin daha etkin bir şekilde uygulanabilmesini sağlamaktadır. (Kıral,1996:21)

EÜS'lerinin anahtar bileşenleri literatüre göre şu şekilde sıralanmıştır:

Tablo 2: EÜS'lerinin Bileşenleri

Shnits ve diğerleri (2004)'ne Göre	Buzacott ve Yao (1986)'ya Göre	Toncich (1989)'e Göre
<p>Programlanabilir Çok Fonksiyonlu Makine Sistemleri (örneğin CNC freze ya da torna tezgahları) düz parça dağıtımı, tutma paletleri ve rasgele araç değişimi yapabilme kapasitesine sahip büyük araç depolarıdır.</p> <p>Malzeme taşıma araçları, sistem elemanları arasında malzeme ve parça taşımayı sağlarlar. Örneğin yuvarlak konveyörler, otomatik yönlendirmeli araçlar gibi.</p> <p>Makine yükleme ve boşaltma ekipmanları (besleyiciler, robotlar, manipulatörler)</p> <p>Otomatik stoklama ve düzeltme (AS/RS) ya da yükleme boşaltma kabiliyetine sahip ve ham maddeyi üretime girdirip nihai çıktıyı sistemden ayıran diğer ekipmanlar</p> <p>Eklemeli yardımcı işlem istasyonları örneğin kalite kontrol, otomatik montaj sistemleri ve diğer bilgisayar kontrolü işlem birimleri.</p>	<p>Esneklik derecesine sahip ve özellikle önemli bir hazırlanma süresi olmayan makine grubu veya iş istasyonları.</p> <p>Otomatik ve esnek olan malzeme taşıma sistemi</p> <p>Mikroişlemci veya denetleyici bilgisayarlardan oluşan ağ.</p> <p>İş istasyonlarının belirli yerlerine yerleştirilmiş ara stok veya depolar.</p> <p>Yapılacak işler.</p>	<p>CNC Makine Modülleri</p> <p>Zeki Parça Transfer Sistemi *Robot *Bilgisayar Kontrollü /Güdümlü Araçlar *PLC Konveyör Sistemi</p> <p>Zeki İş-Parça Ayrıştırıcı Sistem *Koordinatör Ölçme Makinesi *CNC Makine Ölçüm Sistemi</p> <p>Bilgisayar Sistemi</p> <p>Kontrol ve Veri Elde Etmek İçin Ağ İletişimi</p>

1.6.1. Temel Eleman ve Teknolojileri

EÜS'lerinde yer alan fiziksel elemanlar, üretimde eskiden beri kullanılan ve bu nedenle bilinen elemanlardır. Farklı olan nokta bu elemanların verimli ve esnek bir üretim sistemi oluşturacak şekilde yeniden düzenlenmesidir. EÜS'lerinin temel

özellikleri olan otomasyon, bilgisayar teknolojisi ve bütünleşiklik bir araya geldiğinde dördüncü özellik olan ürün çeşitliliği de kendiliğinden gelişmektedir. Üretim sistemleri ürün çeşitliliği ve makine kullanım performansına göre sınıflandırıldığında, geleneksel üretim sistemlerinde ürün çeşitliliğinin makine kullanım performansı ile ters orantılı olduğu görülür. EÜS'lerinin amacı, esnekliği yüksek ancak etkinliği düşük atölye tipi üretimin ürün çeşitliliği avantajını yakalarken, aynı zamanda verimliliği yüksek ancak esnek olmayan transfer hatlarındaki makine kullanım performansına erişebilmektir. (Atalay v.d.,1998:20) EÜS konseptinin arkasındaki esas amaç, kitle üretimin getirdiği kolaylıklar kadar etkili olmak ve atölye tipi üretim kadar da esnek olmaktır. (Buyurgan v.d.,2004:341)

1.6.1.1. Malzeme İşleme Eleman ve Teknolojileri

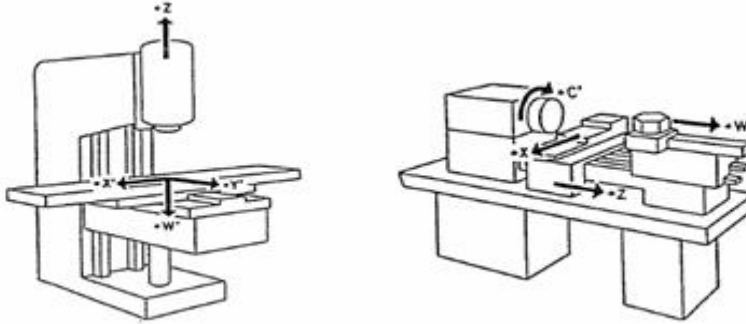
Sayısal kontrol (NC) makineleri, EÜS'lerinin yapıtaşlarıdır. Operasyonların farklı basamakları için gerekli talimatlar makinenin kontrol birimine gönderilir ve makine, parça üretim işlemlerini bu talimatlara göre yapar. Sistem esnekliği büyük ölçüde sayısal kontrol esnekliğine dayanır.(Eraslan,www.baskent.edu.tr:22.04.2008) İlk NC tezgahların 1950'lerde, özellikle uçak sanayi için yapılmaya başlanmasından bu yana, sayısal kontrolün yapısında büyük değişiklikler gözlenmiştir. 1950'lerin sonu 1960'ların başında, torna, freze v.b. tezgahların esnek programlanmasına izin veren CNC makine araçları kağıt bandından geliştirilmiştir. **NC makineler**, bir tezgah veya makinenin sayılar, harfler ve sembollerden oluşan komut dizinleri ile işletilmesi veya sembolik olarak kodlanmış kodlar ile makinelerin belirli işlem dizisini gerçekleştiren otomatik kontrol işlemidir.(Demirelli,2003:39)

CNC makineleri ise, ufak kümelerde ve geniş çeşitlilikte parçaların otomatik ve ekonomik olarak üretilmesi için yeniden programlanabilme özelliğine sahip kontrol sistemleridir (Eraslan,www.baskent.edu.tr:22.04.2008) İlk sayısal kontrol birimlerinde, mantıksal eleman olarak röleler kullanılmakta iken daha sonraları, bunların yerini transistörler almıştır. Yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler sonucu ortaya çıkan tümeleşik devreler bir süre sonra transistörlerin yerine kullanılmaya başlanmıştır. 1972'lerden itibaren de minibilgisayarlar genişleyen sistem fonksiyonlarına cevap vermek üzere, tümeleşik devrelerin yerini almaya başlamışlardır. Son yıllarda mikrobilgisayarların ortaya çıkması ve kontrol sistemlerinde çok yaygın bir uygulama alanı bulması sonucu, mikrobilgisayarlar

takım tezgahlarında özellikle kontrolünde geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. (Dikkulak,1989:18) CNC makinelerinde kullanılan programlama dilleri, 1960'larda kendi orjinal programları dışında değiştirilememiştir. Altprogramların serisine göre programlanmış makine hareketleri G kodları olarak isimlendirilmiştir. Özel makine fonksiyonları için M kodları, araçları araç magazininden seçmek için de T kodları kullanılmaktadır. (Toncich,1989:11)

İlk DNC sistemi 1960'lı yılların ortasında Japonya'da, Avrupa'da ise 1973'te ortaya çıkmıştır. **Direkt Sayısal Kontrol (DNC) sistemi** bir bilgisayarla çalışan takım tezgahının başka bir bilgisayara yönlendirilmesidir. DNC'nin dört temel unsuru vardır: (a)merkezi bilgisayar, (b) NC parça programlarının bulunduğu ana hafıza, (c)Veri iletişim hatları ve transfer programı, (d) CNC. Bilgisayar, parça program komutlarını ana hafızadan çağırıp, gerekli tezgahlara gönderir. Bilgisayar aynı zamanda, tezgahtan gelen bilgileri de toplar. Bu şekilde, her tezgahın ihtiyacı tam zamanında karşılanmış olur. DNC sisteminin en önemli özelliği, bilgisayarın çok sayıdaki farklı takım tezgahlarına hizmet verebilmesidir.(Buluş,1997:132)

Şekil 16: a)CNC Freze Tezgahı b)CNC Torna Tezgahı



Kaynak: Toncich,1989,s.13

EÜS'nde malzeme işlemek için kullanılan CNC tezgahlar iki ana gruba ayrılmaktadır. (Kıral,1996:27)

- Şekil 16.a.'da görülen **İşleme İstasyonları** (Freze Tezgahı) olarak adlandırılan birinci gruba giren tezgahlarda parça sabit dururken işleme ucu döner. Karmaşık yüzeylerin işlenmesi genellikle beş ya da altı eksenle hareket edebilen tezgahların kullanılmasını gerektirmektedir.

- Şekil.16.b.'de görülen ve ikinci gruba giren tezgahlarda ise parça döner ve işleme ucu sabittir. Bu tezgahlar **Döner Parça İstasyonları** (Torna Tezgahı) olarak adlandırılırlar.

Geleneksel işleme yöntemlerine ek, yeni bazı işleme yöntemleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. **Elektron Boşaltmalı İşleme** ve yüksek güçlü lazerler kullanılarak yapılan **Lazer Işınli Kesme** ve **Lazer Işınli Kaynak** yeni işleme yöntemlerine örnek olarak gösterilebilir.

Sabitleyiciler, işleme ve montaj süresince parçayı belirli bir konumda tutmaya yararlar. Sabitleyicilerin tasarımında dikkat edilen en önemli nokta kurma zamanının mümkün olduğunca kısa olmasının sağlanmasıdır. Yeni sabitleme teknikleriyle bu işlem daha esnek ve programlanabilir hale gelmiştir. (Kıral,1996:27)

1.6.1.2.Malzeme Taşıma / Stoklama Eleman ve Teknolojileri

Malzeme taşıma, bir üretim sürecinde pek çok kez malzemelerin, parçaların ve ürünlerin taşınmasını, yüklenmesini, boşaltılmasını, istiflenmesini ve depolanabilmesini sağlayarak sürecin önemli bir kısmını oluşturur. Esnek üretim sistemlerinde Malzeme Taşıma Sistemi (MTS) hammaddenin ürün haline dönüşüncüye kadar süreç içinde gerekli her türlü parçanın taşınması için kullanılır. MTS'nin, sistemin geri kalan kısmıyla bütünleşmesinin getirdiği en büyük avantaj, parçaların istasyondan istasyona taşınmasındaki bekleme süresini kısaltmasıdır. Aynı zamanda parçaların paletler üzerinde bulunması taşıma sistemine bir standardizasyon getirmesi nedeniyle sistemde çalışması gereken personel ihtiyacını azaltır. (Aydoğan, 2005:77) Modern bir MTS'nin üretimde öngörülen esnekliğin sağlanabilmesi açısından sahip olması gereken temel özellik, tamamen bilgisayar kontrollü olması ve buna bağlı olarak üretim süreci içinde gerçek zamanlı tepki gösterebilmesidir. (Kıral,1996:26)

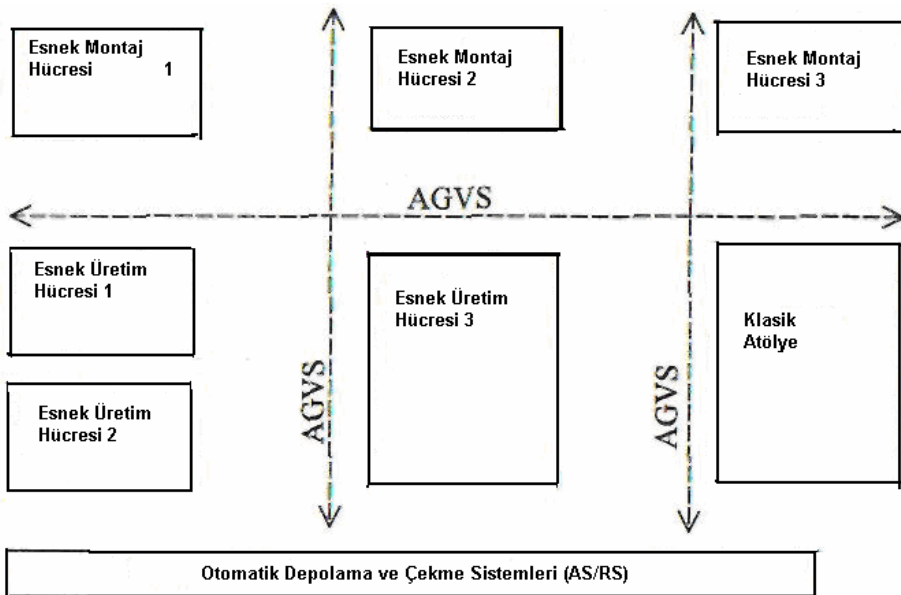
Bu amaçlara yardımcı olacak ve günümüzde bilinen ve kullanılan birkaç MTS türü vardır. Literatürdeki MTS sınıflamalarına örnek tablo 3'te verilmiştir:

Tablo 3:MTS Sınıflaması

Ranky'e Göre Sınıflama	Powers J.R.'a Göre Sınıflama
Otomatik güdümlü araçlar,	Taşıyıcılar.
Taşıyıcılar (Konveyörler),	İlerleyen bantlar,
Endüstriyel robotlar,	Silindirler,
Özel amaçlar için değiştirilebilen paletler	Raylar.
ve palet taşıma sistemleri,	Yük arabası.
Çekici kamyonlar.	Arabalar,
	Otomatik güdümlü araçlar
	Robotlar

MTS, parçaların nerede olduğunu, işlenip işlenmediğini geri besleme ile EÜS ana bilgisayarına bildirmekte ve ana bilgisayar, hangi NC programının hangi makineye kurulacağını, gerekli olduğunda uygun programın gerekli olan makineye transferini sağlayabilmektedir. Rotalama ve makinede işleme talimatlarının oluşturulmasında kullanılan CAPP için, hücre yerleşim planları, ürünlere uygulanan operasyonlar, makine kapasiteleri v.b. gibi çok detaylı bilgilere gereksinim duyulur. Kaldırma, yükleme, boşaltma gibi basit işlemler otomatikleştirilecek işlemlerin başında gelir. Bir EÜS'ne ilişkin yerleşim düzenlemesi örneği Şekil 17'de görülmektedir.(Atalay v.d.1998:35)

Şekil 17: Bir EÜS Yerleşim Düzenlemesi Örneği



Kaynak: Atalay v.d.,1998,s.35

Küçük ya da dağınık olmayan EÜS'nde malzeme taşıma **konveyörlerle** yapılabilir. Sistemler büyüdüğünde ya da karmaşıklaştığında konveyörlerin maliyeti artmakta ve esnekliği ters yönde etkilemektedirler. Bu durumda **otomatik yönlendirilen araç sistemleri** (AGSV) geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. (Çapçı,1997:30) Bir AGV, yere gömülü elektrik kablolarının yarattığı magnetik alanı izleyerek, yol üzerine yerleştirilmiş bar kodları lazer ışını yardımıyla okuyarak ya da benzeri yöntemlerle yönünü bulabilen, programlanabilir bir taşıyıcıdır. AGV, malzemeyi uzak mesafelere ulaştırmak, işleme istasyonları ve stok alanları arasında parça ve takım taşımakta kullanılabilirler gibi, üzerinde montaj işlemlerinin yapılabildiği hareketli platformlar olarak da iş görebilmektedirler(Kıral,1996:26). Takım ve düzeneklerin değiştirilmesi, yükleme ve boşaltmaların gerçekleştirilmesi, malzemelerin hücrelerin içine ve dışına taşınması, AGVS, AS/RS ve robotlar tarafından sağlanır. Taşıma sistemleri içinde en esnek olanı AGVS'lerdir (Atalay v.d.1998:35)

Bu raysız, kendi kendine yönlendirilebilen araçlar, fabrika içinde rastsal rotalarda malzeme taşıyarak büyük ölçüde esneklik sağlarlar. AGSV'ler taşıma paletlerinden hareketli montajlara ve düzeneklere kadar pek çok değişik düzenlemede olabilirler. Bu sistemlerin yönlendirilmesinde kullanılan iki yöntem vardır. Birincisi döşemeye yansıtıcı çizgilerin çizilmesi ve araçların bu çizgiler üzerinde gitmesinin sağlanmasıdır. Maliyetinin düşük olmasına ve değiştirme kolaylığına karşın, çizgilerin aşınması ve kirlenmesi nedeniyle bu yöntem her zaman kullanışlı değildir. İkinci yöntemde ise döşeme içine teller döşenir. Bu yol, maliyeti artırmasına ve zorluğuna karşın kullanışlılığı açısından daha çok tercih edilir. (Çapçı,1997:30)

Stoklama sistemlerini de esnek üretimin gereklerine yanıt verecek bir hale getirebilmek için, yukarıda değinilen Otomatik Malzeme Taşıma Sistemleriyle birlikte, **Otomatik Stoklama ve Stok Yenileme Sistemleri** (AS/RS) kullanılmaktadır. ASRS, günümüzde stok yönetim ve denetiminde ileri düzeyde otomasyonu temsil etmekte ve gerek iş gücü, gerekse yer kullanımında büyük tasarruf sağlamakta, üretim verimini artırmaktadır. (Kıral,1996:26) Depoların da otomasyon sistemine entegrasyonunu sağlayarak tüm malzeme taşımayı esnek şekle dönüştürürler. Bu sistemler bir ya da birden fazla yüksek raftan oluşan bir yapıdadırlar. Malzemeler kutu ya da paletlerle bu raflara yerleştirilirler. İnsansız

otomatik araçlar raflar arasında dolaşarak malzemeleri yerleştirir ya da alırlar. Sistemin işletilmesi ve kontrol edilmesi bilgisayarla sağlanır. İşletmenin MTS ile eş güdümlü bir şekilde çalışan AS/RS'de malzemeler genellikle gerektiği kadar ya da ufak yığınlar şeklinde çekilir. (Çapçı, 1997:31)

Malzeme akışının gerçek zamanlı kontrolü, malzemenin izlenmesi ve veri giriş-çıkışının hızlı bir biçimde yapılabilmesiyle mümkün olmuştur. Günümüzde en hızlı gelişen kontrol teknolojilerinden biri **Otomatik Tanımlama Teknolojisidir**. Otomatik Tanımlamayı destekleyebilecek çeşitli sensör teknolojilerinden bazıları ise **Bar Kod, Optik Karakter Tanıma, Manyetik Kod Okuyucular, Makine Görme, Fiber Optik, Ses Tanıma ve Kimyasal Sensör teknolojileridir**. (Kıral,1996:27)

1.6.1.3.Enformasyon Teknolojisi

Üretim süreci, temelde, malzeme işleme, malzeme taşıma ve enformasyon teknolojilerine dayanmaktadır. Bunların içinde, özellikle enformasyon teknolojisi, üretim elemanlarını tümleştirici ve bu elemanlar arasındaki orkestrasyonu sağlayıcı işlevi nedeniyle, önemli bir role sahiptir. Üretim sürecinin karmaşıklığının üstesinden gelebilmenin ve üretim sürecinde orkestrasyonu sağlayabilmenin, günümüz enformasyon teknolojisinin sunduğu olanaklardan yararlanmakla mümkün olabileceği çok açıktır. Gelecek, enformasyon teknolojisinin anahtar rolü oynadığı, bilgisayarla tümleşik esnek üretim ve esnek otomasyonun giderek egemen hale geldiği bir fabrikadır.(Kıral,1996:23)

EÜS'ni oluşturan elemanların tümü, merkezi bilgisayar kontrolü altındadır. Bilgisayar kontrolü performansın izlenmesinde, dar boğazların giderilmesinde kolaylık ve gerektiğinde sisteme ani ve etkin müdahale olanağı sağlar. Böylece sistemin gereksinimlerini tanımak ve bu gereksinimleri çeşitli takımlar, düzenekler, malzeme taşıma sistemleri ve kontrol yoluyla kaynaklarına dağıtmak mümkün olur. Bilgisayar kontrol sisteminin uygun şekilde kurulabilmesi için EÜS elemanlarını çok iyi tanımak, makine arızaları, enerji kesintileri, malzeme hataları, aletlerde yıpranma oranları ve diğer aksamalar konusunda çok iyi etüt yapmış olmak gerekir.(Çapçı, 1997:31)

İşletmelerde esnekliğin sağlanabilmesi için üretimin bilgisayar desteğinde olması en büyük avantajlardan biridir. İş tasarımı, iş planlaması, ürün tasarımı, malzeme

girişleri, çalışma süreleri ve üretim sürecinin bilgisayarla düzenlenmesi işletmelere esnek üretimi gerçekleştirme imkanı verir. (Aydoğan, 2005:78)

EÜS'lerinde kullanılan bilgisayarların görevleri şöyle özetlenebilir (Aydoğan, 2005:78):

- NC parça işleme programının muhafaza edilmesi.
- Parçalar makine parklarına ulaştığında parça programlarının bir noktaya dağılımının bilgisayar tarafından sağlanması,
- Üretim kontrolü:
- Takım, alet ve edevat kontrolü.
 - Trafik kontrolü,
 - Karşılıklı malzeme hareketi kontrolü,
 - İş yönetimi sisteminin izlenmesi,
 - Arıza, problem ve emniyet olaylarının izlenmesi,
 - Üretimi tamamlanan parçaların makinelerden alınmasının ve yerlerine yeni hammaddelerin konulmasının sağlanması.

1.6.1.3.1.Bilgisayarla Tümüleşik Üretim (CIM)

Bilgisayarla Tümüleşik Üretim Sistemleri, üretimin her aşamasında bilgisayar desteği, kontrol ve tümleşik otomasyon sağlayarak, otomasyon adalarını birleştiren sistemlerdir. (Kıral,1996:23)

Bilgisayar teknolojisinin üretim alanındaki amacı mühendislik ve işletim etkinliklerini aynı çatı altında toplamaktır. CIM, tamamen otomatik bir işletme oluşturmaktan çok, değişik teknolojilerin kullanılmasıyla otomasyon ve insan bütünlüğünü amaçlar. CIM, işletmenin birçok departmanında tüm düzeyler arasındaki operasyonel ilişkileri belirten bir organdır. Her işletme için ayrı ayrı düzenlenmesi gereken bilgisayar programlarını ifade etmektedir. (Aydoğan ve Semiz,2004:120)

CIM üç ana alt sistemin oluşturduğu bir bütün olarak düşünülebilir:

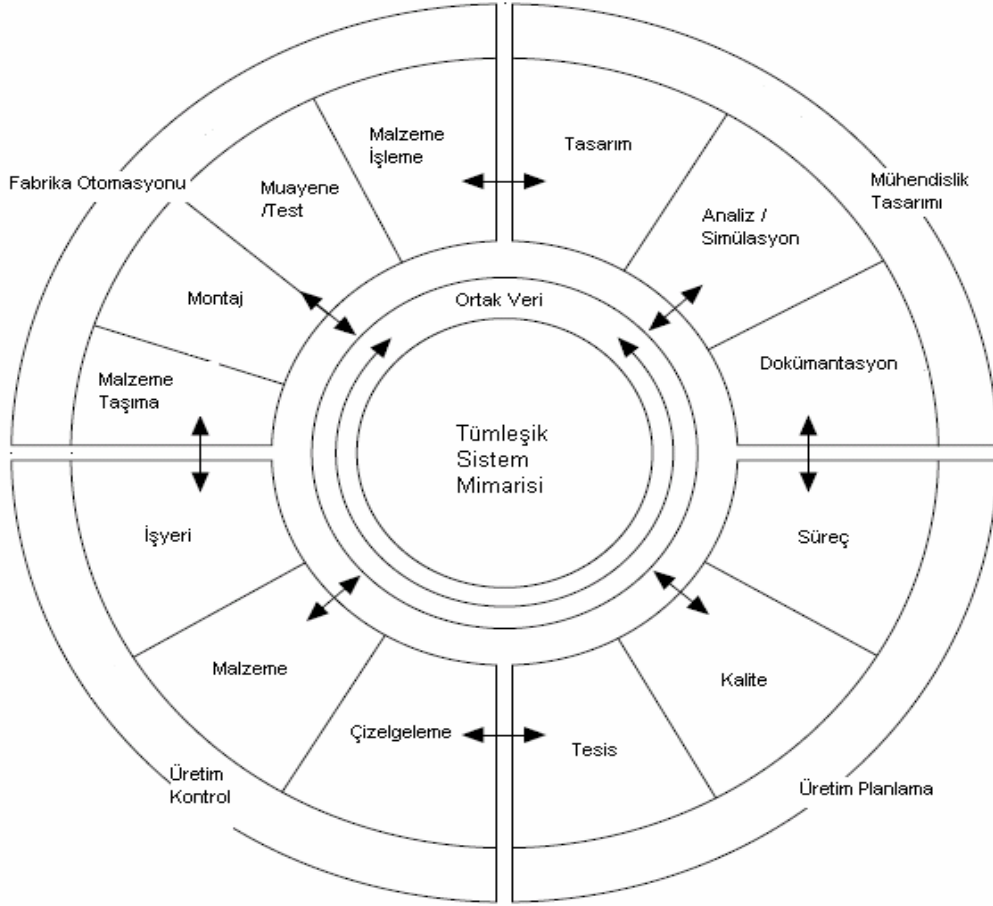
- **Yönetim Bilgi Sistemi:** Bir işletmede yöneticileri, zamanlı ve etkili bilgi ile donatabilmek amacıyla bilgisayara dayalı bütünleşik bilgi işleme yöntemlerinin tümüdür.(Gökçen,2002:46)
- **Bilgisayar Destekli Tasarım Sistemi,** tasarımcıya, bilgisayar üzerinde ürünün üç boyutlu geometrik modelini yaratma olanağı veren bir bilgisayar yazılım paketidir. (Monks,1996:130) CAD sayesinde ürün, bilgisayar programlarıyla ekranına taşınabilmektedir. Bu görüntü üzerinde çalışılarak ürünün tasarımında istenilen değişiklikler yapılabilmektedir. CAD ile yapılan tasarımlardaki sonuçlar, program halinde CNC tezgahlara iletilerek üretim gerçekleştirilir. Böylece otomasyon için gerekli olan CAD/CAM bütünleşmesi sağlanarak üretimde önemli bir hıza ulaşılmış olur. (Aydoğan ve Semiz, 2004:118) CAD, üretim süreciyle tasarım süreci arasında tümleşik ve sistemik otomasyonu sağlamanın önemli kilit taşlarından biridir. (Kıral,1996:24) CAD'ın elemanları sırasıyla; modelleme, analiz, kinematik, optimizasyon, simülasyon ve çizimdir (Demirelli,2003:35):
 - **Modelleme,** üretilmesi planlanan mamullerin bilgisayarda canlandırılmasıdır. Yani modelleme yapılırken, gerçekleşen veya tasarlanan mamulden hareketle bilgi modelinin oluşturulmasıdır.
 - **Analiz,** analiz işlemi yapısal ve kinetik analiz olarak ikiye ayrılmaktadır. *Yapısal analizde* modeli geliştirilen mamul yapısal açıdan analiz edilir. *Kinetik analizde* ise, eklemli bir mekanizmada eklemlere gelen yükün otomatik olarak belirlenmesi söz konusudur.
 - **Kinematik,** hareketli olarak tasarlanan iş parçalarında, tasarlanan parçanın hareket alanının grafik ekranında kontrol edilerek olası çatışmaların önlenmeye çalışılmasıdır.
 - **Optimizasyon,** tasarlanan mamulün ebatları, şekil ve malzemenin önceden belirlenen koşullara uyup uymadığı, dayanıklılık, gerilme, sıcaklık vs. gibi faktörler açısından simülasyon yoluyla analiz edilerek mamulün daha ucuz ve güvenilir prototiplerinin geliştirilmesidir.
 - **Simülasyon,** matematiksel modeller kullanarak tasarlanan mamulün kontrolünün sağlanmasıdır. Mamulün simülasyon yöntemine tabi tutulabilmesi için sistemin davranışlarına ait bilgilerin toplanması şarttır.

- **Çizim**, tasarlanan mamulün simülasyon yöntemiyle test edilerek onaylanmasından sonra kullanılan çeşitli tekniklerle tasarlanan mamulün teknik resminin çizilmesidir. Bilgisayar yardımı ile tasarımın en önemli özelliği oldukça karmaşık olan şekillerin bilgisayar ortamında daha kolay anlaşılır hale getirilerek iki boyutlu bir ekranda görülmesine olanak tanınmasıdır.
- **Bilgisayar Destekli Üretim Sistemi:** CAM, CNC tezgahlara, robotlara, koordinat ölçüm cihazlarına ve diğer programlanabilir cihazlara üretim plan ve programları hazırlamak suretiyle, kullanıcılara veri işlem desteği verme ve hammaddeyi satışa hazır hale getirene kadar bilgisayar kontrollü tekniklerden yararlanarak işlemedir. (Aydoğan ve Semiz, 2004:119) CAM, CAD faaliyetlerini izler ve üretim işlemlerinin yerine getirilmesinde ve kontrol edilmesinde bilgisayarların geniş ölçüde kullanılması olarak tanımlandığından, NC tezgahlar CAD sisteminde oluşturulan spesifikasyonları kesin makina talimatlarına dönüştürürler. Ayrıca üretim ve üretim programlarını denetleyen bir şebeke içinde bütünleştirilebilirler. (Monks,1996:130) CAD'nin amacı geometrik veri tabanında bir parçanın tanımını oluşturmak iken, CAM'in amacı bu geometrik tanımlamayı yorumlayarak parçanın üretilme yollarını tespit etmektedir.

CAM'in elemanları; CNC parça programlama, Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol, Bilgisayar Destekli Süreç Planlama, Robotik olarak sıralanmıştır. (Aydoğan ve Semiz, 2004:120)

Bir CIM sisteminin işlevleri şekil 18'de görülen CASA/SME'nin Bilgisayarla Tümüleşik Üretim Çemberi ile kolayca açıklanabilir. CIM sistemi, yürütmek zorunda olduğu işlevleri bilgisayar destekli veri akışı ile gerçekleştiren bir sistem olarak düşünülebilir. Sistem, malzeme taşıma, montaj, muayene/test ve malzeme işleme işlevlerinin otomasyonu; ürün ve üretim yöntemlerinin tasarımı, analizi, benzetimi, dokümantasyonu; işlem-zaman çizelgesi düzenleme, kalite yönetimi, süreç ve tesisin planlanması, iş yeri ve malzeme planlama ve denetim elemanlarını içinde barındıran bir bütündür. İdeal bir CIM sisteminde bu elemanların ortak bir veri tabanı aracılığıyla bağlanmış olması ve dolayısıyla sürekli olarak birbirlerinin durumundan haberdar olmaları beklenir. (Kıral,1996:24)

ŞEKİL 18: CASA çemberi



Kaynak: Stylianides,1994, s.64

CIM sistemlerinin akıllıca uygulanmasının bir örneği olarak; en iyi CIM uygulamalarına verilen LEAD ödülünü 1995 yılında kazanan Pekin 1. Tezgah Fabrikasının CAD/ CAMP sistemi, MRP II sistemi ve EÜS'ni tümleştirmesiyle elde ettiği değerler şu örneklerle verilmiştir:

- 1990'da büyük bir NC freze tezgahının tasarım süresi altı ay iken, bu süre 1994 yılında bir ile üç ay arasında değişmekteydi.
- Aynı dönemde karmaşık parça üretim süresi 70 saatten 8 saate indi.
- Tekrar işlenmesi gereken karmaşık parçalar 25'ten hemen hemen sıfıra düştü.

Aslında EÜS, CIM'in, esneklik sağlamaya yönelik bir uyarlamasıdır. Dolayısıyla, üretim bazında esneklik sağlanabilmesi ve bu esnekliğin sağlayacağı

üstünlükten yararlanabilmek için, EÜS'nin, temelde, CIM'i doğuran teknolojilere dayandırılması doğaldır. (Kıral,1996:26)

1.6.2.Yardımcı Eleman ve Teknolojiler

EÜS'nde üretime yardımcı parçalar; takımlar, düzenekler paletler ve konveyörlerdir.

Takımlar: EÜS içinde yer alan üretim hücreleri herhangi bir parçanın işlenebilmesi için gerekli tüm kesici takımları tezgah gövdesi üzerinde depolayabilen ve magazin adı verilen zincir mekanizmalı, dönebilen takım tutucuları ile donatılmıştır. Takımların taşınması ve değiştirilmesi otomatik taşıyıcılarla gerçekleştirilir.(Bayazıt,2001:63) Barkodlar ve bellek çipleri takımların tanımlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yıpranma ve kırılma durumları hassas algılayıcılarla belirlenmekte ve gerekli işlemler yapılmaktadır. (Çapçı, 1997:31).

Düzenekler: EÜS'nde iş parçaları düzenek adı verilen büyük metal küplerin üzerine yerleştirilir. Uygulamalardaki ana sorunlardan biri, bu düzeneklerin çeşit ve karmaşasının çok fazla olmasıdır. Bunun nedeni, her parçanın aynı tip düzenek üzerine yerleştirilmemesidir. Benzer özellikteki parçalar için ortak düzenekler kullanımı yoluyla bu sorunun giderilmesine çalışılmaktadır.

Paletler: Düzeneklerin üzerine yerleştirildiği metal kütlelere palet adı verilir. Paletler standart boyutlardadır. Otomatik tezgahlar ve malzeme taşıma sistemlerinin tasarımında bu standart paletler dikkate alınırlar. Böylece düzeneklerin sistemin bütün noktalarına ulaşması sağlanmış olur. (Çapçı, 1997:31).

Konveyör: Mekanik olarak kolay bir yapıya sahip olan konveyörler, eldeki yükleri etkin ve esnek olarak taşıyabilirler. Ulaştırma işlerinin çok sık olduğu durumlarda konveyörlerin kullanılması transfer problemi için uygun bir çözümdür. Bir konveyör tasarlandıktan ve uygulamaya konulduktan sonra üzerinde bir değişiklik yapmak son derece zor ve pahalıdır.(Bayazıt,2001:65)

Diğer yardımcı teknolojilere, aşağıdaki tablo aracılığıyla kısaca değinilmiştir:

Diğer Teknolojiler	Akıllı Sensörler	Akıllı Robotlar	Yapay Zeka
Tanım	Otomatik cihazlara görme, dokunma ve diğer duyarlar aracılığıyla çevrelerindeki olayları araştırma, çözümlenme ve bunun sonucu olarak da daha akıllıca davranma yeteneğini sağlayan araçlardır.	Endüstride ilk robot (UNIMAIE) 1961'de General Motors'un New Jersey'deki araba fabrikasında devreye girmiştir. Belirli görevleri yerine getirebilmek için, çeşitli programlanmış hareketlerle özel parçaları, aletleri, parçaları, malzemeleri hareket ettirmek için tasarlanmış çok fonksiyonlu ve yeniden programlanabilen el işleyicileridir.	1957'de A.Newell,I.C.Shaw ve H.Simon, Genel Problem Çözücü isimli programı yazmışlardır. Karmaşık problemlerde optimal çözümlü bulabilen gelişmiş bilgisayar yazılımlarıdır.
Türleri	*Üç Boyutlu Görme Sensörleri *Yapay Ten (Artificial Skin) *Çeşitli Özel Amaçlı Sensörler	*Taşıma Robotları *İşlem Gerçekleştirme Robotları *Montaj Robotları	* Uzman Sistemler * Planlama, test ve teşhis sistemleri * Karmaşık, eksik ya da birbiriyle çelişen verileri yorumlayan problem çözücüler *Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları
Kullanım Amaçları	*Sensörlerin üretimdeki rolü Uyarlanmalı Kontrol Sistemleri için veri toplamak *Robotlara yön bilgisi vermek ya da Kalite Güvencesi ve Muayene Sistemleri için ölçümler yapmak *Robotları daha akıllı hale getirmek	*Sistemin en küçük birimi olan EÜH'lerinde malzemenin makineler arasındaki transferini gerçekleştirmek *Verimliliği artırmak *Maliyetleri düşürmek *Kalifiye işçi ihtiyacını karşılamak, *Operasyonlarda esneklik yaratmak *Ürünün kalitesini artırmak *İşçileri sıkıcı, yorucu, sağlığa zararlı ve güvenlik yönünden problemlili olan ortamlardan uzaklaştırmak	*Makineler, normalde elektronik makineler aracılığıyla insanın ussal etkinliğini olabildiğince taklit etmek ve belki de sonuçta insanın ussal etkinliğini geliştirmek

1.6.3.Grup Teknolojisi (GT) ve Hücresel Üretim Sistemi (HÜS)

Grup teknolojisi, birçok problemin birbirine benzemesi ve benzer problemlerinin gruplanmasıyla problemler setine yalın bir çözüm bulunabilmesi ve böylece zamandan ve çabadan tasarruf edilmesi için öngörülen bir üretim sistemidir. (Demir ve Gümüšođlu,2003:277) GT'nin özünde küçük sistemlerin kolay kontrol edilebilme özelliği yatmaktadır. Böylece verimli, etkin ve kontrol edilebilir özelliklere sahip olan küçük sistemlerin bu vasıfları büyük sistemlere yansıtılmış olmaktadır (Aydođan ve Semiz,2004:122).

İlk olarak Burbidge ve Mitrofanov tarafından önerilmiş olan GT, verilen amaç faktörleri arasındaki yakınlığı kullanır. Hücresel üretim, benzer süreç ihtiyaçları olan ve/veya benzer geometrik şekillerinden dolayı parça aileleri içinde sınıflandırılan üretim parçalarına uygulanan grup teknolojisi uygulamalarıdır. (Angra v.d.,2008:428) GT üretim felsefesinin ana fikrini benzer veya tekrarlayan işlemlere uygulamak ve üretim sisteminin etkinliğinin geliştirmek için üretim sistemini alt sistemlere ayırmaktır. (Angra v.d.,2008:427) HÜS makine kümesi veya üretim süreçlerine bağlanmış benzer parça ailelerinin toplanmasını içerir. HÜS'nde hücre düzeni problemi, üretim sistemini kendi içinde hücrelere dağılmasıdır.(Singh, 1993: 284)

GT, yığın ya da tekli bir üretimde akış üretimi avantajlarının kullanılmasına müsaade edilen üretim sistemlerinin planlama ve kontrolünde önemli bir tekniktir. Bu teknik kesikli ve bağımsız hücreler içerisinde, üretimin ve prosedürlerin alt kısımlarında başarıya kavuşur. Her bir hücre bir veya daha fazla ürün ağacı ailesini işleyebilecek şekilde dizayn edilmelidir. Böylece makineler arasındaki gezinmeler minimize edilmiş ve yalın üretimin sağladığı avantajlardan faydalanılmış olunur. Tanımındaki üstünlük ile GT, bu üretim hücrelerinin formasyonu ile bir doğal bağlantıya sahiptir. Geniş ve çeşitli komponentler ile beraber bunları işleyen çeşitli makineler birbirleriyle kesişmeyen ve hücreler arası minimum gezinme sağlayan bir şekilde düzenlenmelidir. HÜS'nin uygulanması durumunda firmaların üretkenliklerini arttırdıkları fikri birçok araştırmacı ve uygulayıcı arasında kabul görmüş ve bu sebeple dikkatleri üzerine çekmiştir. Genel olarak GT, tesisi ve ürünleri bağımsız olarak yönetilebilen alt varlıklara ayırmakla sonuçlanır. Fabrikayı daha küçük ünitelere bölme fikri büyük üretimler için çok cazibeli. Çünkü bu yaklaşım onların çevikliğini arttırmaktadır. (Babu,2000:228)

Bir sistemde yeni bir parça üretmeye başlanmasının belirli bir sabit maliyeti vardır. Bu maliyet tezgahların ayarlanması, kesici takımların tasarımı v.b. kalemleri içerir. Aynı ürünün çok fazla sayıda üretildiği seri üretim sisteminde bu sabit maliyet toplam maliyetin çok küçük bir bölümünü oluşturur. Ancak EÜS'nde durum farklıdır. Birbirinden tamamen farklı üretim yöntemleri gerektiren parçaları gelişigüzel bir sırayla üretmek mümkün olsa bile ekonomik değildir. Bu yüzden üretilecek parçalar üretim yöntemlerinin benzerliği göz önünde bulundurularak "parça aileleri" oluşturacak şekilde gruplara ayrılabilirler. Her grubun ayrı bir parti olarak üretilmesi sabit giderleri en aza indirger.(Kıral,1996:30) **İş parçası aileleri**, geometrik şekillerine ve üretim özelliklerine göre oluşturulan ve üretim ailesi olarak da adlandırılan iş parçası gruplarıdır. **Tezgah grupları** ise, bir yere yerleştirilmiş ve belirli bir iş parçası ailesini veya ailelerini tam olarak imal etmek için gereken tezgah, takım, ölçme aletleri gibi donatım grubudur. Tezgah grubu, gerek tezgah sayısı, gerekse tezgah çeşidi bakımından çeşitli tipte ve büyüklükte olabilir. **Kaynak gruplaması** olarak adlandırılan, parça ailelerinin ve tezgah gruplarının belirlenmesi EÜS'lerinde çok önemli bir karar aşamasıdır. (Dikkulak,1989:77)

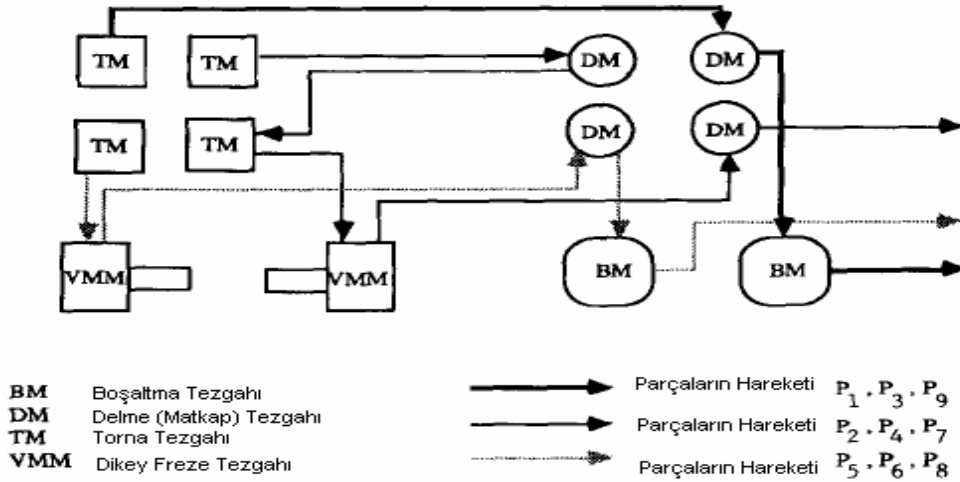
Tablo 4: HÜS'nin Özellikleri

<ul style="list-style-type: none">• Küçük ve orta büyüklükteki parça aileleri (1-200 arasındaki parçalar bir parça ailesi oluşturabilir)• 1-15 arasındaki makineler birleşerek, bir parça ailesini oluşturur.• Çok hızlı bir değişim-"Tek bir hazırlık zamanı"• Stoklarda önemli azalmalar• Mümkün olduğunca birbirinden bağımsız hücreler oluşturularak elde edilen özerklik sayesinde kalite kontrolde sağlanan iyileşmeler <p>Adamsız:</p> <ul style="list-style-type: none">• Esnek/programlanabilir makineler• Hücre içi parça taşımada robot kullanımı (1-5 makine)• Ağa bağlı bilgisayar aracılığıyla kontrol <p>Adamlı:</p> <ul style="list-style-type: none">• Genel amaçlı makinelerden ve aletlerden oluşan gruplandırmalar• Çok işlevli işçiler• İşçilerin mükemmelliğinin sağladığı iş genişleme• İş zenginliği

Kaynak: Atalay v.d.,1998,s.56

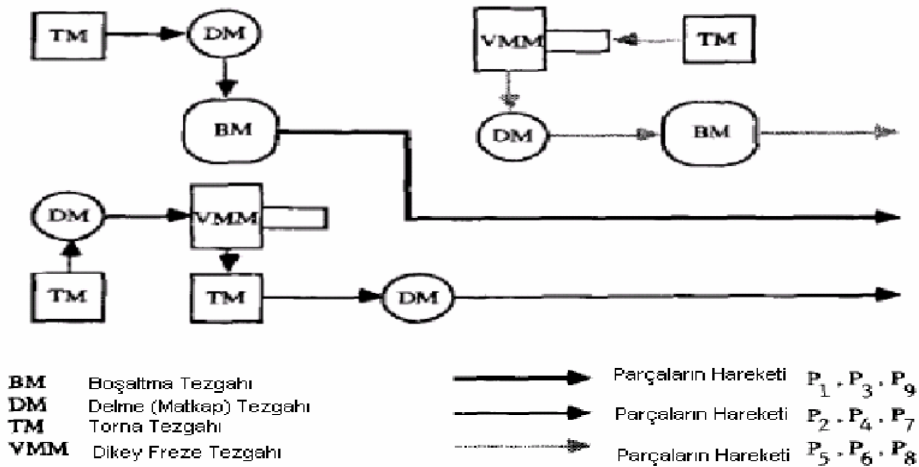
HÜS'nin tasarımında esas amaç, makine hücreleri yaratmak, parça ailelerini tanımlamak, parça ailelerini makine hücrelerine tanıtmak ve böylece parça ailelerinin hücre içindeki hareketlerini minimize etmektir. Geleneksel fabrika (atölye) çevresi ile hücresel üretim çevresi arasındaki temel fark, gruplama ve makinaların yerleşimidir. Atölyede makinalar, fonksiyonel benzerliklerine göre gruplandırılırken (Şekil 19), HÜS'nde, makinalar hücre içinde gruplandırılır (Şekil 20) ve böylece belirli bir parça ailesinin üretimine odaklanılmış olunur. (Heragu,1994:203)

Şekil 19: Atölyede makinaların fonksiyonel yerleşimi



Kaynak: Heragu,1994:203

Şekil 20: Hücresel üretim sisteminde makinaların yerleşimi



Kaynak: Heragu,1994:203

Tablo 5:Fonksiyonel ve Hücresel Yerleşim Arasındaki Farklar

Boyut	Fonksiyonel Yerleşim	Hücresel Yerleşim
Bölümler arası hareket	Çok	Az
Hareket mesafeleri	Daha uzun	Daha kısa
Hareket yolları	Değişken	Sabit
Bekleme zamanları	Daha uzun	Daha kısa
Üretim zamanı	Daha yüksek	Daha az
Süreç içi iş miktarı	Daha yüksek	Daha düşük
Denetim gücü	Daha yüksek	Daha düşük
Çizelgeleme karmaşıklığı	Daha yüksek	Daha düşük
Donanım kullanım oranı	Daha düşük	Daha yüksek

Kaynak: Ünal, <http://bunal.etu.edu.tr>,Erişim:30.04.2007

EÜH'lerinde esneklik, hücrenin çeşitli tipte ürünleri üretebilmesi, yeni tasarımları üretme yeteneğinin olması ve üretim hızının değiştirilebilmesi olarak tanımlanır. Sistemin en önemli özelliği, ürüne yönelik olarak tasarlanmış olmasıdır. Hücre oluşturmak için ilk adım, üretilecek doğru ürün grubunun seçimidir. Üretilecek ürün tipi arttıkça esneklik düzeyinin de yükselmesi gerekir. Üretim hacmi, kullanılacak takım ve özel ekipman sayısını etkiler. Parça büyüklüğü sistemin malzeme taşıma limitlerini etkiler. Parça ağırlığı taşıma araçlarının (örneğin konveyör ve robotlar) tasarımlarında önemli rol oynar. Malzemenin türü motor gücünü, soğutma ve talaş temizleme işlemlerinin tipini belirler. Ürünlerin boyutsal toleransları takımların, düzeneklerin, kontrol, yerleşim ve taşıma ekipmanlarının tasarımını etkiler; ürün ömrü esneklik ve özel alet gereksinimini belirler. (Çapçı, 1997:34-35)

İki EÜH'ni birbirinden oldukça farklı biçimde oluşturmak ve yine de, bir dizi ürünü aynı verimle üretmelerini sağlamak mümkündür. Bu hücrelerden biri, yalnızca, yüksek derecede uzmanlaşmış (esnekliği olmayan) tezgahlardan oluşturulabilir. Burada, hücreye esneklik kazandırabilmenin koşulu, söz konusu tezgah parkını, imal edilebilecek değişik ürün tiplerine uygun, değişik tipten yeterli sayıda tezgah içerecek biçimde düzenlemek ve hücre içi harekette etkinliği sağlamaktır. Diğer hücre ise, birbirinin aynı ama yüksek esnekliğe sahip (değişik birçok işlem yapabilen) tezgahlardan ve hücre içi hareket en az düzeyde olacak biçimde oluşturulabilir. Bu iki hücreden ilki, bir tesis bağlamında, **tamamlayıcı tip Esnek**

Üretim Sistemi ikincisi ise, **aralarında değiştirilebilir tip Esnek Üretim Sistemi** olarak tanımlanabilir. Bu örnek, üretim esnekliği sağlamanın çok önemli bir özelliğini vurgulamaktadır: Hiçbir esnekliği olmayan tezgahlardan oluşan bir düzenleme ile yüksek bir esneklik derecesi elde edilebilir. Tam tersine, yüksek esneklikteki tezgahlardan oluşan bir düzenlemede de, denetim sistemi bu esnekliğin gereklerini yerine getiremeyecek düzeyde ise, beklenen çeşitlilikte üretim mümkün olmayabilir. (Kıral,1996:21)

Tablo 6: GT ve HÜS'nin Problemlerini Çözmede Kullanılan Teknikler

Wemmerlov ve Hyer'in Sınıflaması	Burbidge'in Sınıflaması	King ve Nakornchai'in Sınıflaması	Han ve Ham'ın Sınıflaması	Vakharia'nın Sınıflaması
Makine rotalamanın yardımı olmadan parça ailelerini tanımlayıcı teknikler	Başparmak Kuralı Teknikleri	Benzerlik Katsayısı Algoritması	Göz Gezdirme Teknikleri	Tanımlayıcı Teknikler
Rotalama kullanılarak parça ailelerini tanımlayıcı teknikler	Sınıflama ve Kodlama Teknikleri	Kümeleme Algoritması	Ürün Akış Analizi Teknikleri	Block Köşegen Teknikleri
Sadece makine gruplarını tanımlayıcı teknikler	Ürün Akış Analizi Teknikleri	Değerlendirme Algoritması	Sınıflama ve Kodlama Teknikleri	Benzer Katsayılar Teknikleri
Makine gruplarını ve parça ailelerini eş zamanlı olarak tanımlayıcı teknikler		Diğer Analitik Teknikleri	Matematiksel Programlama Teknikleri	Diğer Analitik Teknikler

Kaynak: Heragu,1994,s.205-206

Tablo 6'da belirtilen yöntemlerden biriyle ürün gruplarının hücresele üretime uygunluk açısından analiz edilmelerinin ardından, hücreler belirlenir ve her parça için tahmin edilen talep düzeyi ile gerekli makine ve takımlar saptanır. Bu bilgiler hücreler arası dengelemenin sağlanmasında da kullanılırlar ve esnekliğin kurulmasında baz

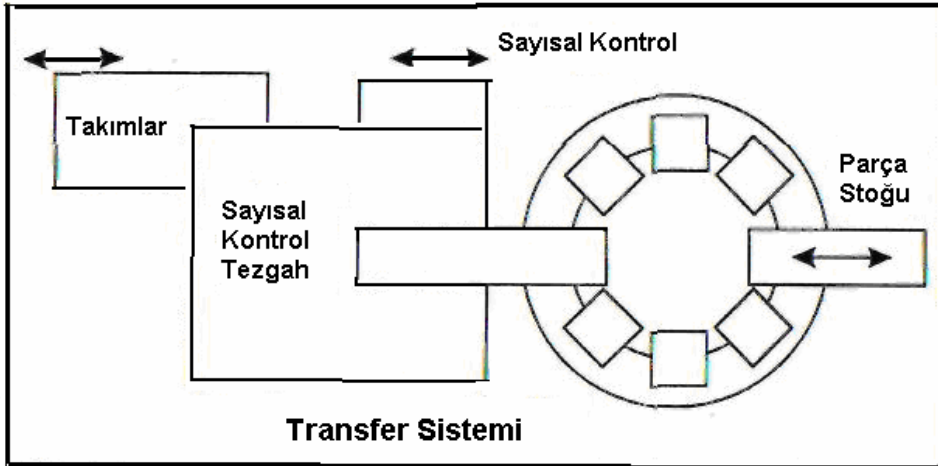
oluştururlar. Hücre tasarımı sırasında aynı makineyi kullanan hücreler nedeniyle ilave makine alımı gerekebilir. Yerleşim planı, üretilecek parçalara ve kullanılan makinelere göre belirlenir. Genellikle U şeklinde yerleşim tercih edilir. (Çapçı,1997:34)

Geleneksel üretim sistemlerinden farklı bir yaklaşımla ortaya çıkan HÜS, iki temel amaç doğrultusunda kurulmaktadır (Aydoğan ve Semiz, 2004:121).

- Basit süreçlerin yer aldığı endüstrilerde kitlesel üretimde kullanılan akış tipi üretim ile elde edilen tasarruflara eşdeğer tasarrufları, kesikli ve atölye tarzı üretimlerde elde etmek,
- İşletmede çalışanlar arasındaki ilişkileri geliştirmeye yarayacak daha iyi bir sosyal altyapı oluşturmak.

Geleneksel üretim tipleri ile karşılaştırıldığında, bu tip üretim birimlerinin ana özelliği otonomidir. Sistemin çalışma süresi insana göre daha uzun olup, molalar ve yemek aralarında hatta iş günü bittikten sonra belirli miktarda üretim yapacak şekilde çalışabilmektedir.

Şekil 21: Tek Makineli Bir Üretim Hücresi.



Kaynak: Çapçı, 1997,s.34

Üretim hücrelerinin çalışma şekli oldukça basittir, işlenecek parçalar dağıtıcıya, takımlar magazinlere, programlar sayısal kontrol sistemine yerleştirilir ve sistem işlem çevrimine başlar. Hücrelerin kontrolü bir ya da iki süreç kontrolü ile desteklenmiş sayısal kontrol sistemi ile gerçekleştirilir. Merkezi bilgisayar, makine hareketlerini ve çalışma

fonksiyonlarını yönlendirir. Birinci süreç kontrolü parçaların makineye ve depoya hareketlerini sağlarken, ikincisi takımların yerleştirilmesi ve çıkartılmasından sorumludur. (Çapçı,1997:35)

HÜS'nin sağladığı yararlar şu şekilde sıralanabilir:

- Benzer parçaların benzer makine işlemleri ile üretilmesi hazırlık zamanlarını kısaltır.
- Malzeme taşıma süresi ve maliyeti azalır.
- Geçiş zamanı kısalmır.
- İşlemlerin daha kolay kontrol edilmesini sağlar.
- Süreçteki stokların azalır. (Singh, 1993: 284)
- Takımların yönetimi, kontrolü ve depolanması kolaylaşır.
- Küçük parti üretimi ve sürekli kontrol nedeniyle kalite yükselir.
- Üretim planlama ve kontrolünde kolaylık sağlanır.
- Ekipman ve direkt veya endirekt işgücü maliyetleri azalır. (Heragu,1994:203)
- Malzeme akışı hızlanır, gelişir.
- Kullanım alanı verimli bir şekilde tahsis edilir.
- Çalışanların motivasyonu artar. (Heragu,1994:203)
- Hücresel üretimi uygulayan fabrikaların ürünlerindeki teslimat sürelerinin %46 ile %61 arasında kısalmır. (Bozkurt v.d.,2006:18)
- Teknoloji yenilemesi ile zenginleştirilmiş yetenek ve planlama, koordinasyon ve kontrolde basitlik sağlar (Babu,2000:230).

GT uygulamalarına karşı olan isteksizlik halihazırda devam etmektedir. Firmaların HÜS uygulamalarına başlamaları için cesaretlerini azaltan birçok faktör vardır. En yaygın olanlar aşağıda sıralanmıştır (Babu,2000:230):

- Yeni bir tesise yatırım,
- Vardiya,
- Normal işlemlerde kargaşa ve huzursuzluk,
- Hücreler arasında kapasite dengelemesi,
- Takım, alet ve edevatların üzerinde bilimsel yönetim ilkelerini kullanma isteği,

- Organizasyonu sınırlama isteği,
- Yeni iş uygulamaları ile birleşme,
- Esnekliği kaybetme riski,
- Pazar belirsizliğinden dolayı yaşanan risk,
- Fikrin insanlara anlatılma mecburiyeti,
- İşçilerin gösterdikleri direnç,
- İşçilerin yeniden eğitilmeleri,
- HÜS uygulamaları ile ilgili faaliyetlerin koordinasyonu,
- Tüm seviyelerde faydaları sezinleyebilme yeteneğinin olmayışı.

1.7.ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN MODERN ÜRETİM SİSTEMLERİ İLE OLAN BAĞLANTISI

Çevik üretim, müşteri talebindeki ani ve tahmin edilemeyen değişikliklere tepki verme ve bundan kar elde etme yeteneğidir. Bir diğer tanımlamaya göre; çevik üretim, müşteri gereksinimlerine yanıt verebilen, üretim zamanını azaltan, kaliteyi arttıran ve farklı grupların üretimi arasında hızlı geçişi gerçekleştirebilme yeteneğine sahip olan üretim sistemidir. (Gümüšođlu ve Gökşen, 2003: 480).

Çevik üretim işletmelerin kendilerine rekabet avantajı sağlayacak yenilik ve işbirliğine açık olmalarını gerekli kılar. İşletmelerin çevik üretimin avantajlarından yararlanabilmeleri için kullanması gereken araç ve yöntemler vardır. Bu araç ve yöntemler şunlardır (Demirelli,2003:18):

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| *Yeni ürün geliştirme | *Tedarik zinciri yönetimi |
| *Sanal üretim ve teknolojiler | *İnsan kaynakları yönetimi |
| *Takım çalışması | *Ortak seçimi |
| *Proje yönetimi | *Kaynak yönetimi |
| *Ürün geliştirme ve çeşitlendirme | *Hızlı ürün üretebilme |
| *Müşteri ilişkileri yönetimi | *Yapay zeka |
| *İşbirliğine dayalı yönetim | *Fabrika düzenleme ve yerleştime |
| *Toplam kalite yönetimi | |

Sharifi ve Zhang çalışmalarında (2001) çevikliği organizasyonun, insanların ve üretimin esnekliği olarak tanımlamışlardır. Çeviklik konsepti değişikliklere cevap verme ve değişikliklerden yararlanarak fırsatlar elde etme olmak üzere iki temel faktör içerir. (Sharifi ve Zhang,2001:774) Piyasa koşulları ile çevreden gelen tepki ve istekleri tanımlayıp, yanıt verebilme yeteneğine, EÜS'leri sahiptir. Ancak pazar koşullarında ve müşteri isteklerinde önceden tanımlanmayan ani değişikliklerin ortaya çıkması durumunda EÜS yeterli olmayabilir. İşletmelerin faaliyetlerini sürdürdükleri pazarlarda önceden belirlenemeyen ve tanısı olmayan durumların ortaya çıktığı zamanlarda üretimi devam ettirebilmeleri için daha çevik bir yapıya sahip olması gerekir. (Demirelli,2003:17) Bu çevik yapıyı sağlayacak olan üretim sistemleri çevik üretim sistemleridir. Çevik üretim sistemlerini her anlamda pekiştirecek olan sistemler de zeki üretim sistemleri olarak anılmaktadır.

Zekilik, sistemin belirli bir hedefi veya istenen bir davranışı belirsizlik şartları altında gerçekleştirebilmesidir. (Uygun ve Kubat,2004:3) **Zeki üretim sistemleri**, üretim fonksiyonlarının gerçekleştirilmesinde bilgisayarların desteği ve karar verme gücü ile sistemleri otomatik olarak çalıştırabilen ve kullanıcılara destek üreten sistemlerdir. (Tekez,2006:13).

Zeki sistemlerin özellikleri şunlardır (Tekez,2006:17):

- İnsan beyninin kullanımını en aza indirebilen teknolojiyi kullanır.
- Ürün karışımı ve üretim önceliği için kendi kendini düzenleyebilir.
- Otomatik geri besleme mekanizması ile operasyonlarını kendi kontrol edebilir.
- Üretim makinesini izleyebilir ve kontrol edebilir.
- İşlenen ürünün durumunu izleyebilir ve kontrol edebilir.

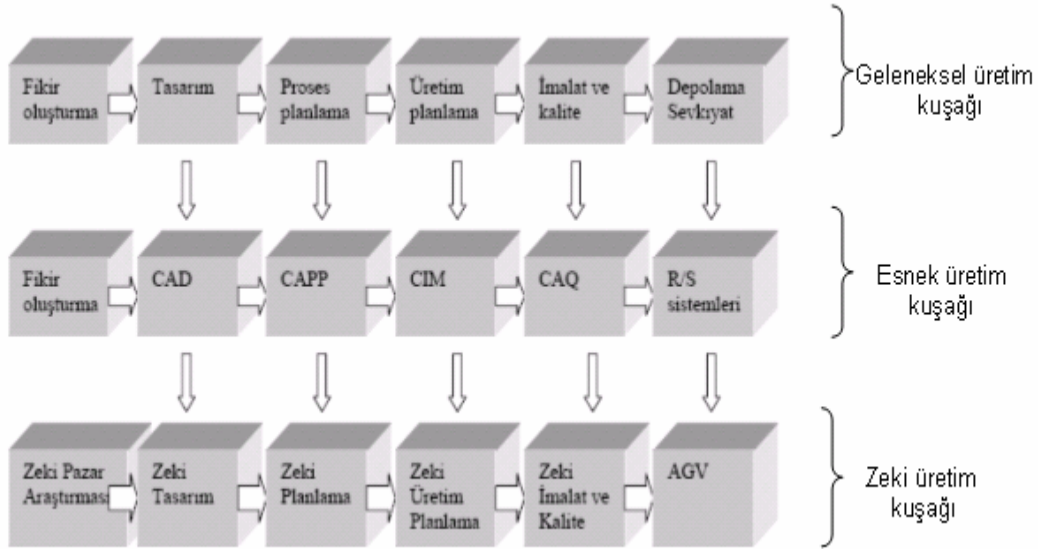
Katı otomasyon sistemlerinin yerini kendi kendini yönetebilen ve karar verebilen zeki sistemler almıştır. Bu zeki sistemler genellikle belirli işlevleri yerine getirmek üzere tasarlanmıştır. Zeki sistemlerin birbirleriyle iletişimi ve bilgi alış-verişi zorunluluğu hissedilerek üretim sistemleri daha esnek, birbirleriyle konuşabilen ve müzakere edebilen çok etmenli ve hücreli sistemlere doğru gelişmiştir. Hücre sistemleri belirsizlik durumlarında karar verebilen, özerk zeki etmen takımı tarafından planlanıp kontrol edilmektedir.(Uygun ve Kubat,2004:3)

Geleneksel bir üretim sistemi değişik yollar ile zeki üretim sistemi yapılabilir. Zeki sistemlerin özelliklerini bünyesinde bulundurmamak koşulu ile geleneksel sistemlerin şu şekilde zeki yapılabilecekleri belirtilmiştir (Tekez,2006:17):

- Mevcut üretim süreçleri, üretim makinesinin durumunu izleyen ve kontrol edebilen yapay zeka sistemleri kullanılarak geliştirilmiş sistemler ile zeki yapılabilir.
- Mevcut süreçler, işlenen ürünün durumunu izleyen ve kontrol edebilen yapay zeka teknikleri ile çalışabilen algılayıcılar eklenerek zeki yapılabilir.
- İstenen kalitede ürünleri üretmek için, yapay zeka sistemlerinin kullanılması ile algılamaya ve kontrole ihtiyacı olmayan yeni süreçlerin geliştirilmesi yolu ile zeki yapılabilirler.

Şekil 22’de, bu üç sistem arasındaki ilişkiyi en güzel şekilde özetlemektedir:

Şekil 22: Üç Sistem Arasındaki Bağlantı



Kaynak: Tekez,2006,s.12

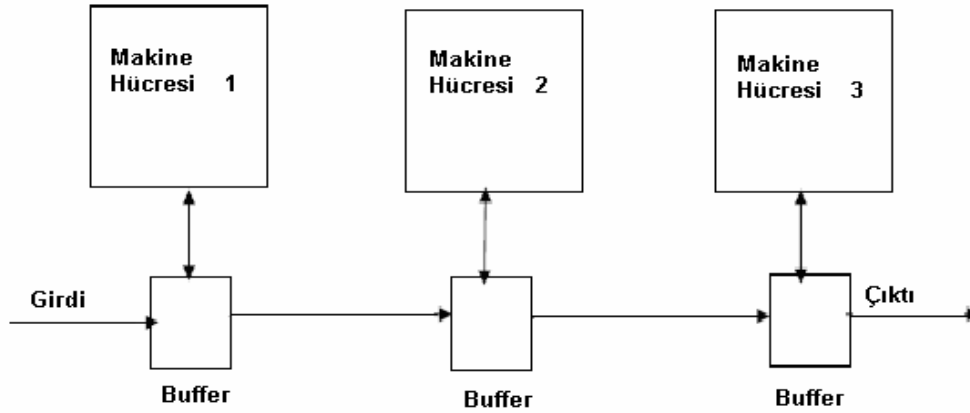
Görüldüğü üzere, genel olarak tasarımdan bilgisayar destekli tasarıma oradan da zeki tasarıma doğru bir gidişat belirmiştir. Benzeri gelişmeler proses planlama, imalat planlama, kalite ve taşıma sistemleri içinde geçerlidir. Buradan hareketle, üretim sistemleri; birinci kuşak **geleneksel üretim sistem kuşağı**, ikinci kuşak **esnek üretim sistem kuşağı**, üçüncü kuşak olarak da **zeki üretim sistem kuşağı** olmak üzere üç kuşağa ayırabilir.

1.8.ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN UYGULANMASI

1.8.1.Esnek Üretim Sistemlerinin Yapısı ve İşleyişi

Basit bir EÜS konfigürasyonu, üç makineli bir hücredir. Birinci hücre bir makineye, ikinci hücre iki makineye sahiptir. EÜS'nde işlenen parçalar bir devir boyunca merkezi bir depodan, merkezi ara stoklara iletilmektedir. İşlenmiş parçalar, merkezi ara stoktan alınıp yükleme istasyonlarında paletlenir ve makine hücrelerine veya malzeme taşıma sistemiyle yerel ara stoğa taşınır. Süreçte çalışarak depolayan her bir hücrenin yerel ara stoklarında sınırlı miktarda uygun yer vardır. Merkezi ara stok, ayrıca modeldeki 1.makine merkezindeki yerel ara stoğun rolünü de üstlenir. Bütün işlemsel ihtiyaçları tamamlanan parçalar paletlerle indirilip ve depoya gönderilmiş olan boş istasyona yönlendirilir. Modelin uygunluğu, sistem çıktılarının düzenli dağılımından anlaşılmaktadır. Diğer dağılımlar sadece stok taşıma maliyetlerinde değişir. (Thomas ve Troutt,2007:19)

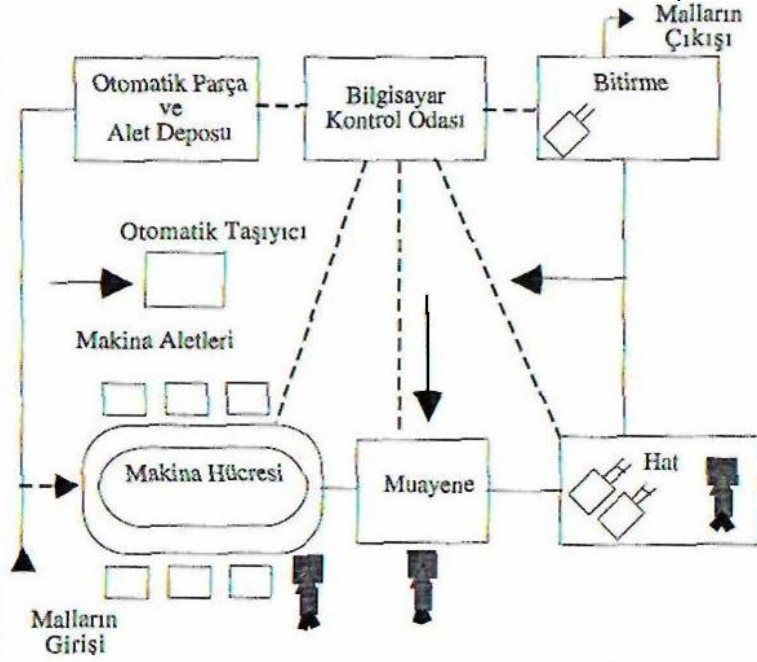
Şekil 23: Basit bir Esnek Üretim Sistemi Modellemesi



Kaynak: Thomas ve Troutt,2007,s.19

Şekil 24'ten de anlaşılacağı üzere EÜS'lerinde, üretim sisteminin kontrolü genel olarak bilgisayarlar vasıtasıyla sağlanmaktadır. Sisteme hammadde ve malzeme giriş otomatik taşıyıcı ve makine aletleriyle yapılmakta, üretim için gerekli olan aletlerin değişimi otomatik parça ve alet deposundan otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Üretim akışının düzeni ve kontrolü yine bilgisayar kontrol odasından takip edilmekte, gerekli olan üretim ve mamul raporları da bilgisayarlar vasıtasıyla elde edilmektedir. (Özgen ve Savaş,1996:85)

Şekil 24: Basit Bir Esnek Üretim Sisteminin Genel Yapısı



Kaynak: Özgen ve Savaş, 1996, s.85

Tipik bir EÜS şu adımlarla işlemektedir (Gönen ve Çelik, 2004:5):

- Öncelikle nihai bir ürünü oluşturacak parça ve malzemeler, malzeme taşıma sistemine yüklenir. Sistemi kontrol altında tutan bilgisayar sistemine üretilecek ürünü tanımlayan bir kod girilir.
- Parçalar sistem boyunca paletler ile taşınır. Paletler parçaları, üretim sürecine girmesi için makinelerde sıraya sokar.
- Üretilecek ürün için belirlenecek rotalama bilgileri bilgisayar hafızasına önceden yüklenir.
- Otomatik malzeme taşıma sistemi, parçaları bir makineden diğer bir makineye süreç planında belirlenen sıraya göre taşır.
- Üretilecek ürünün özelliğine göre bir parça birden fazla makineye girebilir.
- Bilgisayar talimatlarıyla bir parti üretiminden diğerine geçişte tezgahlar üzerinde yapılması gerekli takım değişiklikleri otomatik olarak gerçekleştirilir.
- İşlemi tamamlanan parça, otomatik olarak bir yükleme/boşaltma istasyonuna gönderilir.
- Parça paletten çıkarılır ve yeni parça palete yüklenir.
- Tüm operasyon tamamlandıktan sonra, parçalar diğer bir istasyona gönderilmek üzere malzeme taşıma sisteminden manuel olarak boşaltılabileceği gibi, otomatik depolama/çekme sistemleriyle de boşaltılabilir.

1.8.2.Esnek Üretim Sistemlerinin Kurulması

Makine operasyonlarının planlama ve kontrolünü, bilgisayara dayalı entegre kontrol sistemleri ile birleştirmek EÜS'lerinin amaçlarının başında gelmektedir. EÜS'nin kurulmasında ve uygulamasında, talep-ürün çeşitliliği ile teknoloji-kapasite kullanım oranları arasında hassas bir dengenin kurulabilmesi başarılı olabilmenin koşullarından biridir. Ürün ve süreçler hakkında teknik bilgisi olmayan yöneticiler ise bu dengenin oluşturulmasında zorlanmaktadırlar. (Atalay v.d.,1998:31) Bu nedenle sistemin kurulmasında;

- işletme amaçlarının tam ve doğru olarak tanımlanması,
- bu amaçlar doğrultusunda planların yapılması,
- bu planlara bağlı uygulamaların gerçekleştirilmesi aşamaları önemlidir.

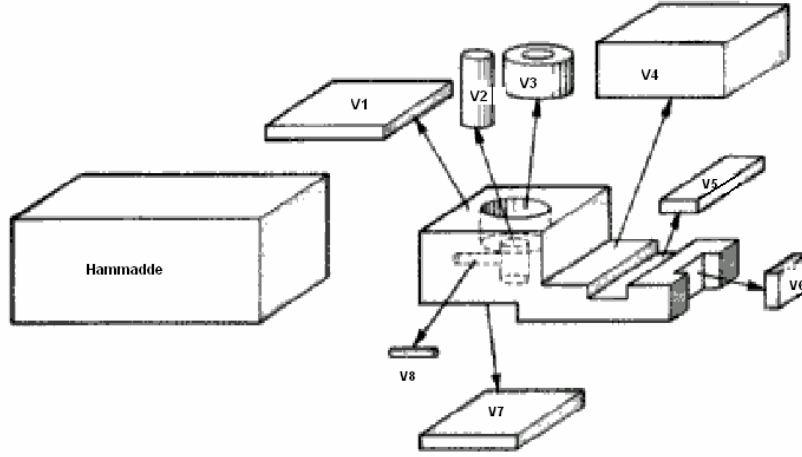
EÜS'lerinin başarıya ulaşması, amaçların çok iyi tanımlanmış olmasını ve bunların üretim ve kalite ekiplerine iletilmesini gerektirir. Amaçların tanımlanmasından sonra, EÜS'nin tasarım ve işletimine ilişkin kararların alınmasında ekibin yetkilerle donatılmış olması çok önemlidir. EÜS araştırmasında genel eğilim, amaçların belirlenip planların yapılması için alınması gereken kararları tasarım ve işletim kararları olmak üzere iki grupta toplamaktır. (Kıran ve Karabatı,1989:62)

EÜS tasarım kararları ürün tipi seçimi kararı, süreç planlama, gruplama ya da makinelerin birleştirilmesi, üretim oranlarının belirlenmesi, parçaların toplanması, parça partilerinin programlanması, palet ve sabitleyicilerin yerleşimi, işlemlerin ve araçların makineler arasında yerleşimi kararlarını içerir. (Das ve Canel,2005;248) Bu çalışmaların kullanıcı ile yapımcı arasında bir birleşik tasarı şeklinde gerçekleştirilmesi gerekir. Başlangıçtan, sistemdeki bir hücrenin tüm olarak faaliyete geçmesine kadar geçen süre oldukça uzun olup, 2 ile 5 yıl arasında değişir. İlk 6 ay - 2 yıl sistem seçimi ve proje mühendisliği çalışmaları sürer. (Çapçı,1997:34)

EÜS işletim kararları, karar yapısının ikinci bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümde alınan kararlar sistemin uzun dönemli üretim amaçlarının belirlenmesinden, takım ve tezgah bozulmaları durumunda alınacak önlemlerin belirlenmesine kadar geniş bir alan kapsamaktadır(Kıran ve Karabatı:1989:62).

EÜS'lerinde amaç, klasik üretim sistemlerinde olduğu gibi az sayıda (hatta genelde bir) işlemin bir hazırlığa dağıtılmasının tersine, otomatik makine ve malzeme taşıma sistemlerinin yetenekliliği ve etkinliği nedeniyle üretilecek üzere beklemekte olan parçaları en az sayıda sistem hazırlama yaparak işlemektir. Bu işlemlerin bir araya getirilmesi yaklaşımı, klasik üretim sistemlerinde geçerli olan uzmanlık yaklaşımına karşıttır.(Atalay v.d.,1998:38)

Şekil 25: İşlenecek parçadan ayrılacak V_1 V_8 malzeme hacimleri



Kaynak: Kusiak,2000,s.17

Sayısal kontrol programlarının gerektirdiği ek maliyetler, MTS programları, takımlar, düzenekler, paletler, süreç tasarımı, bakım, EÜS'nde işlenecek iş parçası için oluşturulacak alternatif süreç planlarının sayısını kısıtlamaktadır. Şekil 25'teki iş parçasının klasik ve EÜS için süreç plan örnekleri Tablo 7'de verilmektedir:

Tablo 7: İş Parçasının Klasik ve EÜS Süreç Plan Örnekleri

(a) Klasik Süreç Plan Örneği					
Hazırlık No	Makine No (M)	İşlem	Ayrılacak Talaş Hacmi(V)	Gerekli Takımlar(T) D	Gerekli Düzenek(F)
1	M ₁	Frezeleme	V ₁	V ₄	T ₁ , T ₂
2	M ₂	Delme	V ₂ .V ₃	T ₃ , T ₄ , T ₅	F ₁
3	M ₃	Frezeleme	V ₅	T ₆	F ₁
4	M ₄	Frezeleme	V ₆	T ₇	F ₂
5	M ₅	Frezeleme	V ₇	T ₈	F ₁
6	M ₆	Delme	V ₈	T ₉	F ₃
(b) EÜS Süreç Plan Örneği					
Hazırlık No	Hücre No	İşlem	Ayrılacak Talaş Hacmi(V)	Gerekli Takımlar(T) D	Gerekli Düzenek
1	MC ₁	Frezeleme	V ₁ , V ₂	T ₁ , T ₂ , T ₃ ,	PF ₁
		ve Delme	V ₃ , V ₄ , V ₅ V ₆	T ₄ , T ₅ , T ₆ T ₇	
2	MC ₂	Frezeleme			
		ve Delme	V ₇ V ₈	T ₈ T ₉	PF ₁

Kaynak: Kusiak,2000,s.18

Tabloda görüldüğü gibi klasik süreç planlamada kullanılan düzenek sayısı daha çok olmakla birlikte, EÜS'ye ilişkin süreç planlamada daha karmaşık ve pahalı düzeneklere ihtiyaç vardır. Ancak EÜS'nde bir hazırlıkta birden çok işlem gerçekleştirme özelliği (toplanma özelliği), adamsız üretim hücrelerindeki makinelerin paralel işlem yapma (aynı zamanda işleme katılma) sayılarını azalttığından, üretim hızını düşürür ve üretim hızı esnekliğini azaltır (Atalay v.d.,1998:39).

EÜS kavramının gelecekteki başarısı, üretimin tamamen tasarım mühendisliği ile entegrasyonuna dayandırmaktadır. Uygulanmakta olan EÜS'lerin büyük bir çoğunluğu makinelerle ve/veya manuel veya belirli ölçülerde otomasyon kullanılarak üretilen ürünlerin, yüksek hacimli üretim işlemleri için kullanılmaktadır. EÜS'lere ilişkin çalışmaların ortak amacı, işgücüne ihtiyaç duymadan çalışacak, son derece esnek bir ürün bileşimi sağlayabilen, düşük maliyetli, yüksek kaliteli bir üretimin gerçekleştirilebilmesidir. (Atalay v.d.,1998:33).

EÜS'nin kurulma aşamasında göz önüne alınması gereken diğer bir nokta da tanıtımdır. Atölyedeki çalışandan en üst düzeydeki yöneticiye kadar her düzeydeki kişiye önceden planlanmış bir şekilde ayrıntılı açıklamalar yapmak gerekir. (Çapçı, 1997:34)

1.9.ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN UYGULANMA ALANLARI VE ÖRNEKLERİ

EÜS'nin makine donanımı tipik olarak tornalama (turning machine), frezeleme (milling machine), kantra ile delme (boring machine), kılavuz açma (tapping machine) ve işleme merkeziden (machining center) oluşur. Bu sistemlerin çoğu 9-12 makina istasyonundan oluşur. Bununla birlikte, son zamanlardaki eğilim daha az makina merkezinden oluşan daha küçük sistemlere doğru yönelmiştir. Materyal hareketi bu sistemlerde genellikle tel kılavuzlu ya da ray kılavuzlu otomatik palet taşıma araçlarıyla gerçekleştirilmektedir. En son yapılan sistemler ise parça yıkama sistemleri, otomatik denetim birimleri ve takım göstergeleme sistemlerini de içermektedir. (Avunduk,1998:126)

EÜS'lerinin, yoğun olarak metal işleme, saç işleme ve montaj işlemleri alanlarında uygulandığı gözlenmektedir. Ancak EÜS'lerinin kullanımı, spesifik endüstriler ve metal kesici tezgahların kullanıldığı alanlarla sınırlı değildir. EÜS'leri müşteri isteklerine cevap verebilmek için farklı hacimlerde, çeşitli ürünlerin üretilmesini sağlayan yaklaşımlar içeren, nasıl uygulanacağı kullanıcıların bakış açısına dayandırılabilen, işletme büyüklüğü gözetmeksizin değişik alanlarda uygulamaya yönelik bir felsefedir. Tabloda sektör ve ülke bazında EÜS'lerinin dağılımı görülmektedir. (Atalay v.d.,1998:31)

Tablo 8 : EÜS'lerinin Sektör ve Ülke Bazında Dağılımı

Ülkelerdeki EÜS %si						
	Amerika	Japonya	Batı Almanya	Fransa	İngiltere	İtalya
Otomotiv	7	6	26	18	15	22
Uzay ve Havacılık	21	0	9	10	3	3
Zirai Donanım	31	10	0	15	11	22
Makine Ekipmanı	16	33	22	3	17	19
Motor	14	26	22	8	28	19
Elektrikli Aletler	5	7	13	10	6	6
Elektronik Aletler	0	3	0	8	2	3
Toplam	100	100	100	100	100	100

Kaynak: Atalay v.d.,1998,s.31

Yapılan çalışmalar EÜS'lerinin işletilmesi konusunda Japon firmalarının daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Çizelgede Amerika ve Japonya'daki EÜS'leri karşılaştırılmaktadır. (Matur,2003:32)

Tablo 9:Amerika ve Japonya EÜS'lerinin Karşılaştırılması

	Amerika	Japonya
Sistem geliştirme süresi (yıl)	2,3-3	1,25-,175
Sistem başına makina sayısı	7	6
Sistem başına üretilen parça türleri	10	93
Yıllık parça üretim hacmi	1,727	258
Günlük üretilen parça sayısı	88	120
Yıllık üretilen parça sayısı	1	22
İnsansız çalışan sistem sayısı	0	18
Vardiya yararlanma oranı(iki vardiya)	%52	%84
Ortalama günlük metal kesme zamanı (saat)	8,3	20,2

Kaynak. Matur,2003,s.32

Karışık parça seçimi konusunda Kumar ve Shankar (2000), Lee, Lim, Lee, Jun ve Kim (1997), Stecke (1983)'in çalışmaları; **makine gruplama** konusunda Mohamed (1998) ve **yükleme** konusunda ise Guerrero, Lozano, Koltai ve Larraneta (1999), Kogan (2001) 'nın çalışmaları literatürde yerini almaktadır. Borenstein (1998) çalışmasında, EÜS'nin **tasarlanması**nda, çok kriterli bir model kullanmıştır.

Amerika'daki bilgisayara dayalı otomatik ve esnek üretim tarzı için bazı örnekler aşağıda sıralanmıştır (Baerz,1989:154-155):

- 1970 yılında Ingersoll Rand firması CIM sistemine geçerek, 150 çeşit parça üretimi imkanını elde etmiştir. Otomatik yeni sistem geleneksel sisteme kıyasla maliyetleri %45 oranında azaltmıştır.
- Caterpillar Tractor firması ise, CIM avantajlarından yararlanmak için 1971 yılında bu sistemin alım projesini gerçekleştirmiştir.
- Deere ve Company firması 1980 yılında robotlara ağırlık veren kompüterize ve esnek bir üretim sisteminin siparişini vermiştir. Birçok değişik parça üretimini gerçekleştirilebilecek olan bu projenin maliyeti 2 milyon \$'a ulaşmıştır.
- General Motors firmasının ilk esnek üretim ünitesi Michigan Hamtramck'ta bulunan Chevrolet Gear ve Axle fabrikasında 1982 yılında kurulmuştur. Esnek olan bu üretim hattı senede 100.000 parçanın üzerinde muhtelif parça üretimini

gerçekleştirecek nitelik ve kapasiteye sahiptir. Yıllık 100.000 parça üretimi bu ünitenin minimum üretim düzeyidir.

Dünyanın en tanınmış bilişim şirketlerinden biri olan Dell Computer' i, bugün geldiği noktaya esnek üretimdeki başarısı taşımıştır. Dell, esnek üretim konusunda en gelişmiş şirketlerden biri olarak kabul edilmektedir. Şirket sıfır stokla çalışmakta, tüketiciden direkt sipariş alıp, bir hafta içinde ürünü teslim etmektedir. Stoksuz, aracısız ve toptancısız çalıştığı için, maliyetlerini önemli oranda düşmekte ve rakiplerine fark atmaktadır (Fırat, Erişim: 11.10.2006).

Ülkemizde ise EÜS'lerini işletmesinde ilk uygulayan firma olan **Türk Traktör Fabrikası** (TTF), EÜS'ni fabrikanın işleme merkezinde kullanmaktadır. Japon Mazak firmasına ait 4 tezgah, 2 yükleme/boşaltma istasyonu, 28 adet palet, 1 adet merkezi yönetim bilgisayarı ve 1 adet otomatik güdümlü araç bulunmaktadır. İşletmedeki EÜS, esnek üretim hattını içeren bir yapıdadır. (Aydoğan,2005:86)

EÜS'nin TTF'sına olan katkısını anlamak için bir yılda ortaya çıkan performans değerlerine, tablo 10 aracılığıyla performans ölçütlerine bakmak yol gösterici bir yöntem olacaktır:

Tablo 10:Performans Karşılaştırması

	1996	1997
Üretim miktarı/ Toplam çalışan sayısı	1611.2 parça/adam	1678.3 parça/adam
Kusursuz üretim miktarı/ Toplam üretim miktarı	% 98.1	% 99.9
Toplam üretim değeri	88.945.477.367 TL	92.651.538.367 TL
Toplam üretim değeri/ Çalışanlar genel toplamı	14.824.246.080 TL/adam	15.441.923.000 TL/adam
Toplam üretim değeri/ Çalışılan işçilik saatleri toplamı	14.675.550 TL/saat	15.287.031 TL/saat
Kullanılan kapasite (doluluk oranı)	% 31,8	% 61,8

Kaynak: Aydoğan,2005,s.90

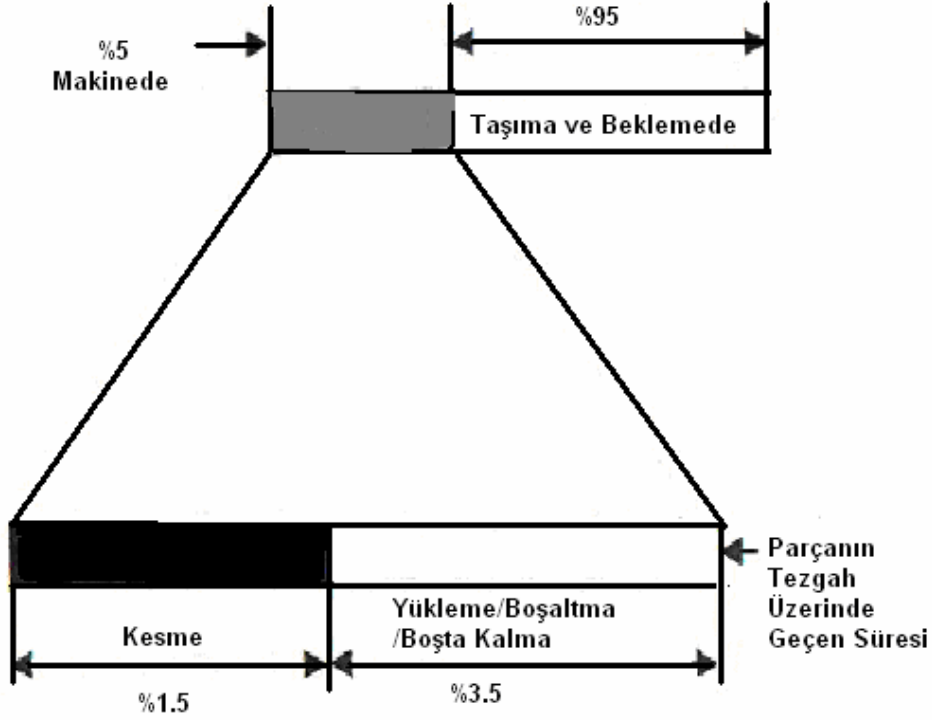
1.10.ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

EÜS'nin gerçek avantajı, hem iç hem de dış amaç ve şartların değişimine cevap verebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Dış çevredeki bir değişiklik, (piyasa taleplerindeki, işletme amaçlarındaki, sipariş önceliklerindeki değişiklikler gibi) çizelgelenen kriterlerle açıklanan sistemin amaçlarını etkiler. İç şartlardaki bir değişiklik (makine bozulması ya da çalışanların gecikmesi gibi) parça rotalama, sevkiyat ve diğer kontrol kararlarını etkiler.(Shnits v.d.,2004:3459) EÜS'leri, değişimde katalizör görevini üstlenerek, işletmenin tüm sistemleri arasında sinerji etkisi yaratır ve kazanç sağlar. Ancak aşağıda sözü edilen avantajların sağlanabilmesi, üst yönetim tarafından işletme amaçlarının yeniden gözden geçirilmesi ve çok iyi tanımlanması, her bir işlevin amacının ve bu işlevlerin işletme stratejisini nasıl etkilediğinin çok iyi anlaşılması ve tüm bunların işletmenin her kademesinde görev alan tüm çalışanlara benimsetilmesi ile gerçekleştirilebilir. (Atalay v.d., 1998:50).

EÜS'lerinin avantajları şu şekilde maddelenebilir:

- **Daha Az Yerleşim Alanı:** İşletmenin teknolojik yapısı ve seçtiği üretim sistem tipine göre gerçekleşen yerleşim planı; hammadde, malzeme taşıma süresini ve mesafesini minimuma indirebilmektedir. EÜS'leri, %40-50 oranında yerleşim alanı ihtiyacında azalma sağlamaktadır.(Aydoğan, 2005:78)
- **Yüksek Düzeyde Makine Kullanımı:** Kitle tipi üretim sistemlerinde, iş parçalarının üretim zamanlarının %95'i tezgahlar arasında dolaşarak ve bekleyerek geçmektedir.(Şekil 26) Kalan %5'lik işleme kısmının ise %3,5'i yükleme ve boşaltma ile geçmektedir. Dolayısıyla gerçek işleme zamanı sadece %1,5'ten ibarettir. EÜS bu zaman kayıplarının ortadan kaldırarak tezgah kullanım oranını arttırmaktadır. Tek bir CNC tezgah kullanım oranı maksimum %50 olmaktadır. Kalan %50'de ise tezgah bakımı ve yüklemesi yapılmaktadır. Oysa EÜS içerisine yerleştirilen bir CNC'nin kullanım oranı %85'lere çıkmaktadır. (Matur,2003:26)

Şekil 26: Ortalama Olarak Bir Parçanın Atölyedeki Kalış Süreleri



Kaynak:Atalay v.d., 1998,s.48.

- **İşçilik Maliyetlerinde Azalma:** EÜS'lerinde kullanılan teknolojilerin gelişmişliği üretim faaliyetlerinde iş gücüne olan talebi azaltmaktadır. CAD/CAM yardımıyla gerçekleştirilen otomasyona dayalı üretim, geleceğin fabrikaları olan EÜS'lerinde insansız üretime imkan vermektedir. Dolayısıyla bu tür işletmelerde direkt işçilik maliyetleri düşmektedir. Bununla birlikte sistemde CAD/CAM konularında bilgi sahibi olan nitelikli eleman ihtiyacı endirekt işçiliğe olan talebi arttırmaktadır (Aydoğan, 2005:79).
- **Stok Maliyetlerinde Azalma:** İşletmeler stok olarak mamul ve yarı mamul stokları bulundurmaktadırlar. Bu stokların da belirli bir maliyeti vardır. EÜS'lerinde ise, üretim süresinin kısalması ve optimuma yakın üretim programlarının hazırlanması ile mamul ve yarı mamul stokları minimum seviyeye düşürülmüştür. (Özgen ve Savaş,1996:87) EÜS, uygulamada %60-80 arasında işletmeye katkı sağlamakta ve stok maliyetlerinde azalma gerçekleşmektedir (Aydoğan, 2005:79).

- **Programlama ve Genişleme Kolaylığı:** CNC tezgahların bünyesinde veya CNC aracılığıyla yapılan programlar, tür ve miktar olarak talep değişikliklerine ayak uydurmada ve piyasada rekabet koşullarında işletmenin pazar payını korumada yardımcı unsurlardır. (Aydoğan,2005:79). Bu özellik, talep ve tasarım değişiklikleri karşısında çeşitli ürünlerin üretiminde programlama kanalıyla esneklik sağlamaktadır. (Özgen ve Savaş, 1996:87)
- **Değişik Ürünleri Kısa Sürede ve Kaliteli Üretebilme:** Ürün çeşitlerinin fazla olması durumunda, ürünlerin tasarımlarının değiştirilmesinde sistem CAD çizimlerinin yardımıyla büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu üretim sistemlerinde, yüzlerce ürünün aynı standarda sahip birçok çeşitlerinin üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Böylece, ürünlerin kalitesi artarken, müşterilerin zevk ve ihtiyaçlarına uygun üretim gerçekleştirilebilmektedir. Sipariş özelliklerinin bilgisayarlar vasıtasıyla direkt olarak sisteme aktarılması, üretimle ilgili düzenlemelerin otomatik olarak gerçekleştirilmesi ve makine ayarlama zamanlarının kısalması sonucunda üretim süresinden tasarruf sağlanmıştır.(Özgen ve Savaş,1996:87) EÜS'lerinde hazırlık zamanlarının azalması, üründen ürüne geçiş ve üretim zamanının kısalmasında çok önemli bir faktör haline gelmiştir. Siparişin alınmasından ürünün müşteriye teslimine kadar geçen zaman aralığı olarak tanımlanan geçiş sürelerinin kısalmasının sisteme iki yönlü faydası vardır. Söz konusu sürenin kısalması, tam zamanında üretim felsefesi doğrultusunda üretim sürecindeki stokların ve dolayısıyla stok maliyetinin azalmasını sağlar. Geçiş süresinin kısalmasının ikinci avantajı ise ileriye dönük yapılan üretim tahminlerinde çıkabilecek birçok problemi önleyebilmesidir. Söz konusu avantajların etkileri, bu sürenin üretimin hangi aşamasındaki değişimlerle kısaldığı ile direkt bağlantılıdır.(Atalay v.d., 1998:49)
- **Bilgisayar Kontrollü İşlem Süreci:** Bilgisayar ve CNC aletlerinin üretim sürecinde kullanımı, işlemlerin daha etkin olarak yapılmasını sağlamaktadır. Bu durumda, kontrol edilemeyen değişkenlerin sayısı azalmış ve planlardan sapmalara karşı etkin önlemlerin alınma süresi kısalmıştır. (Özgen ve Savaş,1996:87)
- **Yükselen Verim Düzeyi:** Esnek üretim felsefesi otomasyon seviyesini artırarak verimliliğin yükselmesini amaç edinir. Böylece makine kullanım

oranı artmakta ve malzeme girişi ile ürün çıkışı arasında düzenli bir denge oluşmaktadır. Parça işleme sürelerinin üretim zamanı içerisindeki verimli kullanım süreleri Tablo 11'deki gibidir. Bilgisayarların üretim alanında kullanımı ile üretim sistemleri giderek entegre hale dönüşmekte, bu da parça işleme sürelerini önemli derecede artırmakta, bekleme ya da boşta geçen sürenin azalmasına neden olmaktadır. Tablo 12'de de görüldüğü gibi entegrasyon düzeyi ile verimlilik arasında pozitif bir ilişki vardır. Sistem ne kadar entegre olursa bilgisayar kullanım düzeyi o derece artmakta ve işletmenin verimliliği yükselmektedir. (Aydoğan,2005:80)

Tablo 11: İşleme Sürelerinin Üretim Zamanı İçerisindeki Verimli Kullanımı

Tezgah ya da Sistemler	Verimli İşleme Süreleri
NC Tezgahı	%5
Takım Değiştiricili CNC Tezgahı	%26
Takım ve Parça Değiştiricili CNC Tezgahı	%30
Bir DNC Sistemi ile Bütünleşik Tezgahlar	%45
Esnek Üretim Sistemi	%85

Kaynak: Matur,2003,s.27

Tablo 12: Entegrasyon Düzeyi ile Verimlilik Arasındaki İlişki

Entegrasyon Düzeyi	Verimlilik Düzeyi
Tek başına CNC tezgahı	%60 ve daha az
DNC sistemi	%60 ve daha üzeri
Esnek üretim hücresi (otomatik malzeme akışı)	%90 ve daha az
Tam otomatik hücre (otomatik takım akışı)	%90 ve daha üzeri
Bütünleşik hücre	%90 ve daha üzeri

Kaynak: Aydoğan,2005:80

- **Rekabet Avantajı:** Rekabetçi çevrede ürün hayat seyrinin kısa olması, zamanın ve esnekliğin artan önemi, üretilebilirlik ve tasarımı yapılan ürünün ilk üretiminde hatasız üretimi ve yeni üretim teknolojileri gibi kavramları ön plana çıkarmıştır. EÜS'leri hızla artan ve farklılaşan taleplere cevap verebilme

özelliği, düşük envanter maliyeti ve yüksek otomasyon sayesinde kalite, durumsallık ve performans artışı sağlaması, kendilerine olan ilgiyi artırmaktadır. Geniş bir tüketici ve ürün yelpazesine sahip olan işletmeler, müşteri tatmini ve kalite boyutlarında başarıyı, esnek ve değişken bir yapıya sahip son derece üretken sistemler olan EÜS'lerinde yakalamaktadırlar (Aydoğan,2005:81).

- **Sistemin Genişleme İmkanları:** Bir EÜS, fabrikanın ilk kuruluşu sırasında tüm alt sistemleri de kapsayacak şekilde kurulabileceği gibi parça parça da kurulabilmektedir (Özgen ve Savaş,1996:87). Kurulu bulunan ve geleneksel üretim yöntemlerinin kullanıldığı bir işletmede topyekun EÜS'ye geçiş yerine atölyeler halinde sırayla geçişin sağlanması karmaşanın önlenmesi açısından daha iyi sonuçlar verebilir (Atalay v.d.,1998:50).

Tüm bu avantajların elde edilmesi sırasında işletmeler birçok problemle karşı karşıya kalmakta ve bu problemler genelde işletmelerin tahmin ettiğinden çok daha hızlı bir şekilde çoğalmaktadır. Bu problemlerin ortaya çıkmasından daha da kötüsü, çözümlenen bir problemin yerine yenilerinin ortaya çıkmasıdır. Problemleri birbirlerinden bağımsız çözümlenmek neredeyse imkansız olmakta, sistemin uygulamaya geçmesi için gereken zaman çok uzamaktadır. (Atalay v.d.,1998:51). EÜS'lerinin dezavantajları şu şekilde maddelenebilir:

- Yönetim düzeyindeki bilgi eksikliği ve çağdaş üretim fonksiyonlarının uygulanamaması ve dolayısıyla EÜS'lerinin işletmeye sağlayacağı faydanın minimuma inmesi.
- MTS donanımın tüm parçalarını tek bir firmadan sağlamanın pek mümkün olmaması ve dolayısıyla, farklı yerlerden sağlanan parçaların bir araya getirilmesinde yaşanan aksaklıkların söz konusu olması.
- İstihdamın olumsuz etkilenmesi.
- Sistemin kurulması sırasında, işletmelerin sistem donanım maliyetlerinin yanı sıra, sistemin çalışabilmesi için yazılım maliyetlerine de katlanma zorunluluğunun olması. Örnek olarak Japon Yamazaki Machinery Company'nin EÜS yatırımı ele alınabilir. Şirket 18 milyon \$'lık EÜS yatırımı sonucunda makina sayısını 68'den 18'e, işçi sayısını 215'ten 12'ye, fabrika

alanını 103.000 feet²'den 30.000 feet²'ye ve parçaların ortalama proses zamanını 35 günden 1,5 güne indirmiştir. Şirket bu yatırımı sonucunda iki yıl sonunda 6,9 milyon \$ tasarruf yaptığını açıklamıştır. Sonraki 20 yıl boyunca yıllık kazancının 1,5 milyon \$ olacağı tahmin edildiğine göre, bu yıllık getirinin %10'nun altında olduğu anlamına gelmektedir. Oysa dünyadaki birçok ülkede yatırım yapma eşiği % 15 ve üzerindedir. (Matur,2003:29)

- Esnek teknolojiye adaptasyon oranı düşüktür. Troxler ve Bland'a göre, esnek teknolojiye adaptasyonun önündeki temel engel; pahalı yatırımların değerlendirilmesi için yetersiz olan metodolojilerdir. (Rezaie ve Ostadi:2007,729)

İKİNCİ BÖLÜM

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

2.1.ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN (AHS) TANIMI

Analitik hiyerarşi süreci insanoğlunun hiçbir şekilde kendisine öğretilmeyen fakat var olduğundan bu yana karar verme sorunu ile karşılaştığında içgüdüsel olarak benimsediği bir karar mekanizmasıdır. İçgüdüsel mekanizma, karar sürecinde doğal olarak niteliksel kriterleri de göz önünde bulundurmaktadır. Bu sebeple AHS'nin gücü, diğer çoğu yaklaşımla ele alınması zor veya mümkün olmayan ama kararları etkileyen bu gibi etkenleri de ele alabilmesinden kaynaklanmaktadır. (Özdemir,2002:4) Analitik hiyerarşi süreci, küçük problemler hakkında yargılara varabilmek için, doğal insan kabiliyetinden kaynaklanır. (Bayazıt,2005:810) Çok kriterli karar alma gerçek hayattaki birçok problem için önemli bir rol oynar. Herhangi bir yerel veya ulusal kurumda, endüstride ya da bir işyerinde karar kriterleri setinin alternatiflere dayandırılarak değerlendirilmesi çok olağan bir durumdur. (Triantaphyllou ve Mann,1995:36) Birçok karar, bazı kantitatif ve kalitatif amacı ve kriterleri içermektedir. Bu tür karar almaya **çok kriterli karar verme** denir. AHS, çok kriterli karar vermeyi destekleyen metotlardan biridir ve Thomas Saaty tarafından 1970'de Wharton School of Business'te geliştirilmiştir. Simon'un seçim fazlarını (choice phase) desteklemektedir.(Eelko v.d.,1997:29)

Analitik hiyerarşi süreci yönteminin sözcüklerini tek tek incelemek gerekirse:

Analitik: AHS'de problemdeki hiyerarşiyi oluşturan elemanların nispi öncelikleri, karar verme sürecinde matrislerle ifade edilen rakamsal ifadelerle dönüştürülür. Bu aşamadan sonra problemin çözümü için matematik kullanılır. Bu şekilde kararı tanımlamaya çalışan metotlar analitiktir.

Hiyerarşi: AHS'de karar verici problemi, bir dizi basamaklara bölerek, basamaklar arası ilişkiden yararlanarak problemin çözümüne gider. Hiyerarşinin birinci seviyesi ile en alt seviyesi, aralardaki seviyeler vasıtasıyla birbirleriyle ilişkilidir.

Süreç: Kararlar belli aşamalardan geçerek verilebilir. Çok kriterli karar problemleri; detaylı bir araştırma, öğrenme, tartışma ve kişinin önceliklerini gözden geçirme sürecini kapsar (Ertuğrul ve Aytaç,2007:2).

Saaty, AHS'yi şu şekilde tanımlanmıştır: "Hiyerarşideki bir seviyenin verilen elemanları, sürecin güçlü etkilerinde ikili olarak karşılaştırılır. Karşılaştırmaların sonucunun sayısal karşılıkları, matriste en büyük öz değer ile özvektörü bulmak için eklenmiştir. Özvektör, süreçteki her eleman kısıtının öncelik sırasını temsil etmektedir ve özdeğer, yargıların tutarlılığı ile ölçülmektedir." (Zeng,2004:63)

AHS, hem kalitatif hem de kantitatif verilerin dahil olduğu bir problem için en iyi kararı almada, alternatiflerin önceliklerini belirlemek için oldukça güçlü ve esnek bir karar verme aracıdır.(Reedy v.d,2004:2) Birebir karşılaştırma setleri ve sonuçların sentezlenmesiyle kararların karmaşıklığını azaltan AHS, karar vericilere sadece en iyi kararı vermede yardımcı olmaz aynı zamanda aldıkları en iyi kararın mantıksal bir temelini de sağlar. (Rao,2007:1977)

AHS yaklaşımı, çok seviyeli karar yapılarının oluşturulmasıyla nitel ağırlıklandırma ve ikili karşılaştırma matrisleri olarak tanımlanır. AHS'nin uygulanmasında, karar verici tarafından sübjektif yargılara, karar hiyerarşisinde üst bileşenlerine karşılık alternatiflerin ilişki önemlerinden kaynaklanan sayısal değerler atanır.(Yurdakul,2004:330)

Karar almak için belki de en önemli şey, karar vermeyi sağlayan faktörlerden seçim yapabilmektir. AHS'nde, bu faktörler seçilmiş bir şekilde, kriter, alt kriter ve alternatifler olarak seviyelendirilerek hiyerarşik bir yapıda oluşturulmuşlardır. (Saaty,1990:9)

Genel yapısında AHS, hem tündengelim hem de tümevarım kıyası düşünmeden gerçekleştiren doğrusal olmayan bir yapıdadır. Bu, eş zamanlı olarak düşünüldüğünde geri bildirim ile bağlılığa izin vermesi ve sonuca ulaşmada sayısal karşılaştırma yapmaya izin vermesi gibi birkaç faktörle mümkün olmaktadır. (Saaty,2001:1)

Yılmaz (2005) çalışmasında, analitik hiyerarşi sürecinin özellikleri şu şekilde sıralamıştır:

- Uygulanması kolay ve esnek bir tekniktir.
- Karmaşık karar verme problemlerini hiyerarşik yapısı ile basitleştirmektedir.
- Bu teknik ile elde edilen sonuçların anlaşılması ve yorumlanması yalındır.
- Bu teknik ile elde edilen sonuçların tutarlılığını kontrol etmek mümkündür.
- Karar alternatiflerinin çözümlenmesini desteklemekte ve belli bir amaca yönelik en uygun çözümün belirlenmesine yardım etmektedir.
- Karar vericiler, kamu, çıkar-baskı grupları ve sektör uzmanlarının tercih, ihtiyaç ve beklentilerini karar verme sürecine doğrudan dahil edebilmektedir.
- Karar verme sürecine katılan kişi veya grupların tercih, ihtiyaç ve beklentilerinin ortaya konulmasına yönelik bir model sunmaktadır. Bu şekilde bir karar verme problemi ile ilgili konuların anlaşılmasını olanaklı kılmaktadır.
- Ortaya konulan tercih, ihtiyaç ve beklentileri, sözel ifadeler veya sayısal değerler kullanarak dikkate alabilmekte, çözümlenmelere doğrudan dahil edebilmektedir.

AHS'nin popülerliği, karmaşık karar problemlerinin analizinde gösterdiği basitlik, esneklik, kullanım kolaylığı ve rahat yorumlanması gibi özelliklerinden ileri gelmektedir (Yılmaz,1999:96).

AHS, amacı karşılayacak alternatif setlerini karşılaştırmak için geniş kullanım alanı bulan bir tekniktir. AHS, karar vericilerin, genel amacı etkileyen farklı objektif ve subjektif faktörlerle birlikte işleyen problemi daha küçük hiyerarşik kararlara bölerek ana problemi ayrıştırma yeteneğine bağlıdır. AHS'yi kullanmanın genel sonucu, bir öncelik vektörüdür ki bu farklı alternatifleri oluşturma aşamasında sıralamayı sağlar.(Alford, 2004:4)

Çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biri olarak AHS metodu hiyerarşik bir yapıda gösterilen, verilen kriter setlerinin görelî ağırlıklarını sayısallaştırmak için bir rasyo ölçeği kullanır. AHS'yi diğer karar verme yaklaşımlarından ayıran iki özellik vardır: (1) Karar verme süreci boyunca sezgisel objektif ve sübjektif değerlerin, karşılaştırmalı bir yapı içinde olmasını sağlar. (2) Karar verme sürecinde, yargıların tutarlılığını sağlar.(Zeng:2004:67)

AHS'nin metodolojisi, ayrıntılara geçmeden kısaca şu şekilde özetlenmiştir (Vaidya ve Kumar, 2006:2):

- 1) Problemi belirle.
- 2) Problemin amacıyla sınırlandırılmış olan bütün etkenleri, amaçları ve çıktıları belirle.
- 3) Davranışlardan etkilenecek olan kriterleri belirle, tanımla.
- 4) Amaç, kriter, alt kriter ve alternatiflerden oluşan farklı seviyedeki hiyerarşik yapıyı kur.
- 5) Her elemanı ilgili olduğu seviyedeki diğer elemanlarla karşılaştır ve sayısal ölçeğe göre kalibre et.
- 6) Maksimum öz değeri, tutarlılık indeksi, tutarlılık oranı ve her kriter/alternatif için normalize edilmiş değerleri bulmak için hesaplamaları yap.
- 7) Eğer, öz değer, CI ve CR tutarlı ise; karar normalize edilmiş değerlerle sağlanmıştır. Yoksa istenen tutarlılığa ulaşana kadar süreci yenile.

2.2.ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN UYGULAMA ALANLARI

AHS çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. İşletmelerin her departmanında uygulama alanları bularak, üretim sistemlerinin, tezgahların, yazılımların, tedarikçilerin, bayilerin, mağaza yerinin seçiminde; proje, görev, kaynak tahsisinde; alım-satım, eğitim kararlarında, tesis yerleşiminde; performans değerlendirme gibi pek çok karar verme probleminde AHS, etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Sadece işletmelerde değil, insanın iki alternatif ile karşı karşıya kaldığı her alanda, karar verme tekniği olarak AHS kullanılabilir. İş, ev, araba tercihi, şans oyunlarının değerlendirilmesi v.b. gibi günlük hayatın önemli kararlarında da karar vericilere yol gösterici olabilmektedir. Literatürde bu konularla ilgili yapılmış olan çalışmalardan bazıları Tablo 13'te sıralanmıştır:

Tablo 13: AHS ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Çalışma Konusu	Yazarlar
Esnek Üretim Sistemleri/ Yeniden Şekillendirilebilir Üretim Sistemi Seçimi	<i>Wabalickis(1989), Shang ve Sueyoshi(2000), Abdi ve Labib (2003), Reddy v.d. (2004) Abdi(2005) Rao(2007)</i>
Makine Seçimi	<i>Yurdakul (2004)Çimren v.d.(2007)</i>
Çalışma Yaşam Kalitesi	<i>Yücel ve Erkut (2003)</i>
Yazılım seçimi, ERP seçimi	<i>Lai, Wong ve Cheung (2002), Alanbay (2005) Mulebeke ve Zheng (2005)</i>
Proje Tahsisi	<i>Al Khalil (2001)</i>
Yüklenici firma/Tedarikçi/Bayi Seçimi	<i>Al Harbi (1999), Tam Tummala (2001) Chan(2003) Şevkli v.d. (2003) Azizi(2005), Hwang, Chuang, Jong (2005) Bayazit ve Karpak (2005)</i>
Mağaza/Depo Yeri Seçimi	<i>Kuo, Kao (1999) Korpela ve Tuominen (1999)</i>
Patent Değerlendirme	<i>Chiu ve Chen (2005)</i>
Hücresele Üretimde Alım-satım kararları	<i>Hwang (2005)</i>
Kaynak Tahsisi Problemi	<i>Ramanathan ve Ganesh (1995)</i>
Üretim Kapasitesinin Belirlenmesi, Ürünler Arası İlişki, Hücresele Üretim	<i>Özmehmet ve Tunalı(2003) Korpela v.d..(2002) Jablonsky (2005) Saraç ve Sipahioğlu (2007)</i>
Eğitim kararları	<i>Köksal ve Eğitimci(1999) Miyaji v.d. (2000)Mamat ve Daniel (2005)</i>
Hastane Dağıtım Sistemi	<i>Rossetti ve Selandari (2001)</i>
Tesis Yerleşimi	<i>Ko (2005)</i>
Performans Değerlendirme	<i>Rangone (1996) Chen ve Tzeng (2005) Islam ve Rasad (2005)</i>
Yemek Tercihi, İçecek Sektörü	<i>Kanda (2003)Burnaz ve Topçu (2005)</i>

Bu çalışmalara bakıldığında AHS'nin ne kadar yaygın bir uygulama alanına sahip olduğu görülebilir. Ayrıca, AHS, tek başına bir metot olarak kullanılabilceği gibi, geliştirilmiş halleri veya diğer tekniklerle beraber de kullanılabilir. Örneğin, tamsayılı programlama, hedef programlama, dinamik programlama, doğrusal programlama, tam sayılı doğrusal programlama, karışık tam sayılı programlama,

kalite fonksiyon göçerimi, bulanık mantık, benchmarking ve simülasyon gibi yöneylem araştırması teknikleriyle birlikte kullanılmaktadır. Bu özelliğinden dolayı, AHS'nin çok kriterli esnek bir karar verme aracı olduğunu söylenebilir. Bu esneklik sayesinde, Saaty'nin 9'lu ölçeğinden ayrı 5'li ölçek hatta 100'lü ölçeğinin bile kullanılabilmesi söz konusudur.

2.2.1. Esnek Üretim Sistemlerinin Belirlenmesinde AHS'nin Etkisi

Esnek üretim sistemlerinin belirlenmesi, işletmeler için oldukça kritik ve stratejik bir karardır. Yatırım maliyetinin ve idamesinin pahalı olması, EÜS seçim konusunda işletme yöneticilerinin çok iyi karar vermesini gerektirmektedir. Bu nedenle yüksek yatırım maliyetli EÜS'lerinde, etkili ve etkin yönetim şarttır. EÜS'lerini yönetmedeki etkililik, makine yüklemeye, parçaları çizelgelemeye ve sevkiyat araçlarına ve bunların kaliteli sonuçlarına hitap eder. Bu yüzden problem ister istemez karar vericilerin çok kriterli yargılarını içerir. Diğer taraftan EÜS'lerinin bu problemlerinin her birini büyük ve kesikli sonuçlardan dolayı optimizasyonu zordur. EÜS yöneticisi bu problemleri hiyerarşik ve eş zamanlı olarak belirlenen zaman içinde belirlemelidir. (Kapanoglu ve Miller,2004;529).

EÜS'lerine özellikle odaklanmanın sebebi, stratejik ve operasyonel özellikleri içeren kompleks çevrelerinden ileri gelmektedir. Bu özelliklerden her biri kantitatif, kalitatif, somut ve soyut olarak sınıflandırılabilir. Birçok özelliğin -ki bunlar maliyet, kalite, esneklik ve zaman- değerlendirilmesi için oldukça geniş bir boyut çeşitliliğini düşündüren araçlar geliştirilmiştir. Parametrelerin bu çeşitliliği ve onların özellikleri **çoklu kriter** olarak isimlendirilir. (Sarkis ve Talluri,1999:2928) Çok kriterli karar verme sürecinde en iyi alternatifin seçiminde yalnızca kantitatif modellerin yerine, yöneticilerin görüşlerine dayanan ve kalitatif ve kantitatif verileri birleştiren skor modelleri kullanılmaktadır. Çok kriterli karar verme sürecindeki kalitatif ve kantitatif faktörleri birleştirme olanağı veren yöntem AHS olarak bilinmektedir. (Özdemir ve Özveri,2004:139)

Literatürde AHS yönteminin, esnek üretim sistemleri seçimi konusunda, oldukça kolaylık sağladığını gösteren çalışmalar mevcuttur. AHS aracılığıyla stratejik kararları çok boyutlu değerlendirmek için, en çok uygulanan tekniklerden biri olarak, AHS çeşitli soyut ve somut kriterlerin ağırlıklarının geliştirilmesinde de

kullanılmaktadır. Sheng ve Sueyoshi veri zarflama yöntemi ile AHS'ni birlikte kullanan yeni bir yapı hazırlamışlardır. AHS'yi EÜS'lerinin kalitatif yararlarını sıralamada, veri zarflama yöntemini ise çıktıların değerlendirilmesinde kullanmışlardır. (Sarkis ve Talluri,1999:2929) Ayrıca Wabalickis, AHS'yi kullanarak EÜS'leri üzerine çalışmıştır. Çalışmasında hiyerarşik bir yapıda düşündüğü EÜS uygulamasının temel yarar ve maliyetlerini üzerinde durmuştur. Sürecin karşılaştırılması ve sentezlenmesiyle, her alternatifin öznel bir yargıya bağlı olarak sıralandığını göstermiştir. (Rezaie ve Ostadi,2007:730) Rao (2007) ise çalışmasında, parça tipi seçimi konusunda ve EÜS'lerinin performansını maksimize etmede, AHS'nden yararlanmıştır.

2.3.ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN TEMEL UNSURLARI

2.3.1.İkili Karşılaştırmalar Matrisi

AHS, bir seviyenin tüm öğeleri ile bir üst düzeydeki tek bir öğenin veri olarak alınması ve alt düzeydeki tüm öğelerin üst düzey üzerindeki görelî etkileri açısından ikili karşılaştırılıp, aşağıda verilen matrise benzer bir matrisin oluşturulması ve bu matrisin en büyük özdeğere sahip özvektörünün bulunmasına dayanır. (N.Yılmaz,2000:32) İkili karşılaştırmalardan oluşan matrise **ikili karşılaştırmalar matrisi** denir. (Özveri,2006:381) Bu matris, kriterler arası karşılaştırmalar ya da alternatiflerin bir kritere göre karşılaştırılması için hazırlanabilir. (Ulucan,2004:78) İkili karşılaştırmalar matrisi, pozitif karşılıklı matrislerdir. Alternatiflerin ağırlıklarının hepsi pozitifdir ve bir alternatifin diğer alternatif ile karşılaştırılması $\frac{1}{9} \leq a_{ij} < 9$ arasındaki değerlerle sağlanır. i alternatifi, j alternatifi ile karşılaştırıldığında, j alternatifi ile i alternatifi de karşılaştırılmış olur. Bu, karar vericinin işini, ikili karşılaştırmalar matrisinin üç köşeli kısmını doldurması nedeniyle azaltır. (Alford,2004:7) Bütün matris, satırlar ve sütunları çapraz bir zincir şeklinde ele alan n eleman setinden oluşturulmuştur. (Saaty,1990:13)

İkili karşılaştırmalar matrisi A ile gösterilir. A matrisindeki kriter sayısı n, herhangi bir i kriteri C_i ve ikili karşılaştırma yapılan C_j kriterin, C_j kritere göre önemi veya önceliği a_{ij} ile gösterilir. (Özdemir,2004:139) Tutarlı matrisler, A'daki her matris

elemanı, her alternatifte atanmış ağırlığın tam bir oranı ile temsil edilir. w_i , kriterin veya alternatif i'nin göreceli ağırlığıdır.(Alford,2004:8)

$$A = [a_{ij}] = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \\ C_1 & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Matris, $A=(a_{ij})$, $a_{ij}= w_i/w_j$ $i,j= 1, \dots, n$ gibi pozitif girdilere sahiptir ve $a_{ji}=1/a_{ij}$ özelliği ile karşılıklı olarak sağlarlar. Bu özelliğe sahip olan her matris, karşılıklı matris olarak isimlendirilir. a'nın tutarlı olması aşağıdaki kuralı sağlamasına bağlıdır (Saaty,1990:13):

$$A_{jk} = \frac{a_{ik}}{a_{ij}} \quad i,j,k=1, \dots, n \quad (2.1.)$$

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad i,j=1, \dots, n \quad (2.2.)$$

Bu matriste diyagonal değerler ($a_{11}, a_{22} \dots a_{nn}$) kendileri ile ikili karşılaştırmayı gösterdiğinden daima 1 sayısını ifade eder. Diyagonal değerler, aşağıdaki matriste kutu içinde gösterilmiştir. Diagonalın üstündeki değerler, matrisin satır ve sütununa karşılık gelen C_i ile C_j kriterlerinin ikili karşılaştırmalarını ifade eder. Diagonalın altındaki değerler ise, diagonalın üstündeki değerlerin bire oranıdır (Özveri,2006:383).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

2.3.2. Analitik Hiyerarşi Sürecinin Aksiyomları

AHS'nin teorik alt yapısı **üç aksiyoma** dayanır.

Bu aksiyomlardan ilki, **/tersi olma aksiyomudur**. AHS'nin karşılıklı aksiyomları, rasyo ölçeğinin karışıklıklarını karşılıklı olarak kendisi sağlar. (Saaty,1990:13) Sözel olarak, "A elemanı B elemanının 5 katı büyüklüğünde ise B, A'nın 5'te 1'idir" denir.

İkincisi, **homojenlik aksiyomudur** ve karşılaştırılan elemanların birbirinden çok fazla farklı olmaması gerektiğini, olursa yargılarda hataların ortaya çıkabileceğini ifade etmektedir. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:85) Homojenlik aksiyomu, tutarsızlık durumlarında, karışıklıkları azaltır ve böylece temel rasyo ölçeğine yakınlaşarak türetilen ölçekten dolayı iki başlıca özdeğer birbirine yakınlaşır. Bu ikinci aksiyom, ölçek yaklaşımında bazı yargıların ve tutarsızlığın gelişimiyle ilgili açıklama yapılmasını sağlar. Bu metot, sadece rasyo ölçeği türetiminde kullanılmaz ayrıca gerçekten çok güçlü yargıların öz sırasını belirlemede de kullanılır. (Saaty,1990:13)

Üçüncü aksiyom **bağımsız olma aksiyomudur** ve bir hiyerarşideki belirli bir kademeye ait elemanlara ilişkin yargıların veya önceliklerin başka bir kademede elemanlardan bağımsız olmasını gerektirir. Bu ifade, üst kademe kriterlerin önceliklerinin yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında değişmeyeceği anlamına gelmektedir. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:85)

2.3.3. 1–9 Temel Ölçeği

İkili karşılaştırmalar ölçek kullanılarak tanımlanır. Böyle ölçekler, karar vericiye kesikli ifade seçeneklerinin ağırlıkları ve önemini temsil eden kesikli setleri daha uygun hale getirir. Triantaphyllou ve diğerleri 78 farklı ölçeğin değerlendirmesini yapmışlardır. Bütün bu alternatifler psikolojik teorilerden kaynaklanmakta ve psikolojik teorilere bağlı olarak sayısı artmaktadır. (Triantaphyllou ve Mann,1995:38)

1846'da Weber, ölçülebilir büyüklüklerin uyarıları hakkında çalışmıştır. Çalışmasına göre, uyarılar artarsa, uyarıların yüzdesinin artmasıyla duyarlılığında da bir değişim olduğu gözlenmiştir. Bu, insanlara ilk setten seçimler yapabilme şansı

tanımıdır. Örneğin, insanlar, çok iki yakın değerın ağırlığını 3 ve 3,02 değer vermezler. Psikolojik deneyler, 7'den fazla amacın eş zamanlı olarak karşılaştırılmaz olduğunu göstermektedir. Bu ana nedenle Saaty, kendi ölçeğinin üst limiti 9, alt limit 1 ve bir birim farklılığı ardıl ölçek değerleri olarak belirlemiştir (Triantaphyllou ve Mann,1995:38). 1956'da George Miller bilgi süreçlerinin bir üst limiti olduğunu ileri sürmüştür. Bu limit, +7 ya da -2 elemandır. Bir ölçüm teorisi olarak AHS, herhangi bir ikili yargı setinin tutarlılığını ölçmeyi sağlayan basit bir yola sahiptir. Eleman sayısı 7 veya daha az olduğunda tutarsızlık ölçümü, eleman sayısına bağlı olarak genişler. (Saaty ve Özdemir,2003:233) Yapılan psikolojik incelemelerle psikologlar, insan beyninin kısa süreli bellek kapasitesi ve bunları özümleme kabiliyetinin yaklaşık olarak 7 nesne (7+2) ile sınırlı olduğu belirlemiştir. (N.Yılmaz,2000:28)

Ölçeğin üst limitinin 9 olmasının nedenlerini Sert (1997) şu şekilde sıralamıştır:

- Nicelik bakımından farklılıklar pratikte anlamlı olup, karşılaştırılan rakamların aynı büyüklük sırasından gelmesi ya da karşılaştırmayı yapmak için kullanılan özellikler ile ilgili olarak birbirine yakın olması halinde, bir doğruluk unsuruna sahiptir.
- Nitelik bakımından farklılıklar yaratma yeteneği beş simge tarafından iyi bir şekilde temsil edilir: zayıf, eşit, kuvvetli, çok kuvvetli ve kesin. Daha fazla doğruluk gerektiğinde, birbirine yakın simgeler arasında uzlaşmalar sağlanabilir. Bütünlük, dokuz değeri gerektirmekte ve bunlar birbirini izleyen değerler olabilir. Bunun sonucu ortaya çıkan cetvel, daha sonra pratikte geçerli olacaktır.
- Madde 2'yi destekleyerek, rakamları değerlendirmek için çoğu kez kullanılan pratik bir yöntem, uyarıcıları üç alanda sınıflandırmaktır: reddetme, ilgisizlik, kabul. Daha ince bir sınıflandırma için, bunların her biri üçe bölünmüştür: düşük, orta ve yüksek. Her zaman anlam farklılıklarının dokuz değişik türünü gösterecektir. Bu nedenle, dokuz rakamının üstüne çıkılmaması gerekmektedir.
- Anında yapılan karşılaştırmalarda, 7 ± 2 tane maddenin psikolojik limiti şunu önerir: Eğer birinci sebepte verilen tarife uygun $7+2$ tane madde ele alınırsa ve bunların hepsi birbirinden çok az farklı ise bu farklılıkların gösterilebilmesi için 9 noktaya ihtiyaç vardır.

AHS, çok ayrıntılı bir şekilde ölçek problemleriyle (sayıların nasıl sınıflandırılacağı ve sayılardan elde edilen önceliklerin nasıl kombine edileceğiyle) ilgilendirir. Ölçüm ölçeği üç elementi içermektedir: Amaç seti, sayı seti ve sayılarla amaçları haritalandırma. Standart bir ölçekte kullanılan her birim bütün ölçek için geçerlidir.(pound, inch, kilo) Standart bir ölçek, olaylarla ilgili olan nitelikleri ölçmede kullanılır. Birim keyfi olarak belirleniyorsa, amaç ile ilişkilendirilmiş farklı sayılar olabilir. Çünkü standart tek bir ölçek yoktur, önemli olan ölçekte kullanılan sayıların ne anlama geldiğidir. Bu yüzden genellikle sayılar, sadece hafıza tarafından uyarılarak oluşturulan ölçekten elde edilir ve gerçek bir anlamı da yoktur. Fakat oldukça dikkatli bir şekilde hazırlanmış olan ölçekler, amaçların ölçümünde ilişkilendirilmiş bazı sayıları muhafaza etmede yardımcı olur. Keyfi ölçeklerden daha iyi sonuç verir. (Saaty,1990:10) Ölçek, tercih edilen ölçek türüne göre orijin olarak 0'ı içerir veya içermez. Örneğin, ordinal ölçeği herhangi bir sayı ile başlayabilir. Oran ölçeği, orijini içinde barındırır. Aralık ölçeği, doğrusal ilişkileri barındırır fakat farklı orijinlere de sahip olabilir. Fahrenheit Ölçeği üzerindeki 0, Celcius ölçeğindeki 0'dan farklı bir değerdir. Her ikisi de aralık ölçeğidir. Bu ölçekteki sayılar, sayısal anlamları ile düşünülen, ilişkilendirilen durumlarda anımsanabilir. Onlar sadece herhangi bir kişinin deneyimi olmadan, amacın veya durumun iletişim özelliklerinin anlamlarının uygunluğudur. (Saaty,1990:11) Buraya kadar bahsedilen ölçek türleri, kısaca şu şekilde özetlenebilir (Tütek ve Gümüšoğlu,2008;3 ve Saaty,2001:9):

Tablo 14: Ölçek Türleri

Ölçek	Açıklama
Nominal Ölçek	Bu ölçekte veriler sadece niteliklerine göre isimlendirilip gruplandırılabilir. Bu ölçekte ölçülen veriler ile matematiksel işlem yapılamaz. Cinsiyet, medeni durum, din, parça numarası, çalışma durumu, meslek v.b. kalitatif veriler nominal ölçekte ölçülür. Bu verilerin frekansları ve modları belirlenebilir.
Ordinal Ölçek	Bu ölçekte veriler nominal özellik taşımakla birlikte aynı zamanda sıraya konulabilirler. Sıra belirten sayılar ne toplanabilir ne de çarpılabilir. Sıradan bir dönüşüm altında sayı setinin sabit kaldığı ölçektir. Ölçülen verilerin frekansı, modu, medyanı, yüzdelik değeri ve korelasyonu hesaplanabilir.

<p>Aralık Ölçeği</p>	<p>Doğrusal bir dönüşüm formu altında ($ax+b$, $a>0$, $b\neq 0$) kalan sayı setidir. Farklı aralıktaki ölçekler çarpılmaz. Bu ölçekte veriler ordinal özellik taşımakla birlikte, aynı zamanda bu veriler için ölçekte tanımlanan birimlerin birbirinden eşit uzaklıkta bulunduğu bir ölçü birimi ve rastgele bir başlangıç noktası tanımlanabilir. Isı ve faydanın ölçülmesinde olduğu üzere bu tür verilerde nominal ve ordinal ölçeklerden fazla olarak ortalama, standart sapma, yatıklık belirlenebilir. Fakat benzer ölçekten elde edilen sayılar eklenebilir.</p>
<p>Oran Ölçeği</p>	<p>Pozitif benzerlikteki dönüşüm koşullarında (ax, $a>0$) sabit kalan pozitif sayılar setidir. En üst düzeydeki ölçek olan oran ölçeğinde veriler, aralıklı özellikler taşımalarının yanı sıra bu verilerden iki ölçümlemenin oranlanmasıyla anlamlı kıyaslamalar elde edilir. Uzunluk, parasal değerler, zaman, güç değerleri oran ölçeğinde ölçülür. Bu ölçekte başlangıç noktası rastgele değildir. Farklı rasyo ölçekleri çarpılabilir, bölünebilir ve rasyo ölçeği arttırılabilir. Çünkü çarpımlarında ve katsayılarının sabitliği, bu ölçeklerin her birinden elde edilir.</p>

Ölçmenin daha genel bir metodu, standart ölçeğin yerine ilişki ölçeğinin kullanılmasıdır. İlişki ölçümleri için kullanışlı olan ve soyut özellikleri barındıran, standart olmayan bir ölçektir. Bu özelliklerin sayısı oldukça fazladır. İlişki ölçeğinin çarpıcı yanı, standart ölçekten ihtiyaç duyulduğu takdirde bilgi kullanılabilmesidir. Standart rasyo ölçeğiyle ölçüm, normalizasyon ile ilişki rasyo ölçeğine dönüştürülür. (Saaty,1990:11)

Bu dönüşüm süreci, iki ölçek tipi arasındaki farklılıklar hakkında ipuçları vermektedir. Özellikler için ilişki ölçeği, amaçların veya varlıkların belirli bir seti için oluşturulmuştur. Özellikler için standart ölçek ise kullanım için her zaman hazırdır. Daha anlamlı olan ilişki ölçeği, çalışmanın özellikleri hakkında yargılar ve direkt incelemelerde bulunarak oluşturulan ölçeklerin önemini veya önceliğini belirtmede esastır. Standart ölçekte gerçekten anlamlı olarak çıkarılan değerlerin yorumlanmasında da ayrıca yararlıdır. İlişki ölçekleri, bireysel kavrayışı da sergilemeye ihtiyaç duyar. (Saaty,1990:12)

AHS'de ikili karşılaştırmalar yargılarını sayısal değerlere dönüştürmek için ordinal (sıralayıcı) ölçek olan 1–9 Temel Ölçeği kullanılır.

Tablo 15: 1–9 Temel Ölçeği

	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9						
Mutlak Ölçek Üzerine Önem Derecesi	Tanımlama							Açıklama							
1	Eşit önemli							İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur.							
3	Birin diğerine göre çok daha az önemli olması (orta derecede önemli)							Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine çok az derecede tercih ettirir.							
5	Kuvvetli derecede önemli							Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettirir.							
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli							Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür.							
9	Aşırı derecede önemli							Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.							
2,4,6,8	İki bitişik yargı arasındaki ortalama değerler							Gerek duyulduğunda karşılaştırılır. (Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler)							
1/3 1/5 1/7 1/9	Tersi karşılaştırmalar							Eğer i aktivitesi j aktivitesiyle karşılaştırıldığında yukarıda belirtilen sayılardan birine karşılık geliyorsa, j'de i ile karşılaştırıldığında ona karşılık gelen değer tersini alır.							
Rasyonel	Ölçekten rasyolar elde etme.							Tutarlılık, matrise yayılmak için n sayısal değerlerin ortaya çıkmasıyla zorunlu hale getirilmiştir.							

Kaynak: Papantonopoulos,2004,s.185 ve Saaty,1990,s.15'ten derlenmiştir.

Alternatifler arasında ikili karşılaştırma değerini tanımlamak için karar verici zorlanabilir. Karşılaştırma değeri aralığı, karar verici tarafından tek sayılar (1,3,5,7,9) olarak özelleştirilmiştir. Aralık yargıları (2,4,6,8), AHS'deki belirsiz yargıları

açıklamak için oldukça yaygın şekilde kullanılır. Örneğin karar verici 1 ve 3 arasında kararsız kalırsa 2 değerini kullanabilir. (Alford,2004:11)

Aralık yargıları, j alternatifiyle i alternatifinin karşılaştırılmasında, karar verici, negatif olmayan daha düşük sınır (l_{ij}) ve daha yüksek sınır (u_{ij})'yi yaratır. j alternatifi ile i alternatifinin göreceli gücü $l_{ij} \leq \frac{w_i}{w_j} \leq u_{ij}$ ile sağlanır. Bu sürece, bütün yargılara

aralık sınırı atanana kadar devam edilir. Aralıksız matrislerle, karşılaştırmaların karşılıklı niteliği olarak aralıklı matrisleri saklamalıdır. Aralıklı ikili karşılaştırma matrisleri için $u_{ji} = \frac{1}{l_{ij}}$ ve $l_{ji} = \frac{1}{u_{ij}}$ her i,j ile $i \neq j$ kuralına göre uygulanır.

(Alford,2004:12)

2.4.ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN ÇÖZÜMÜ

2.4.1.Hiyerarşinin Kurulması

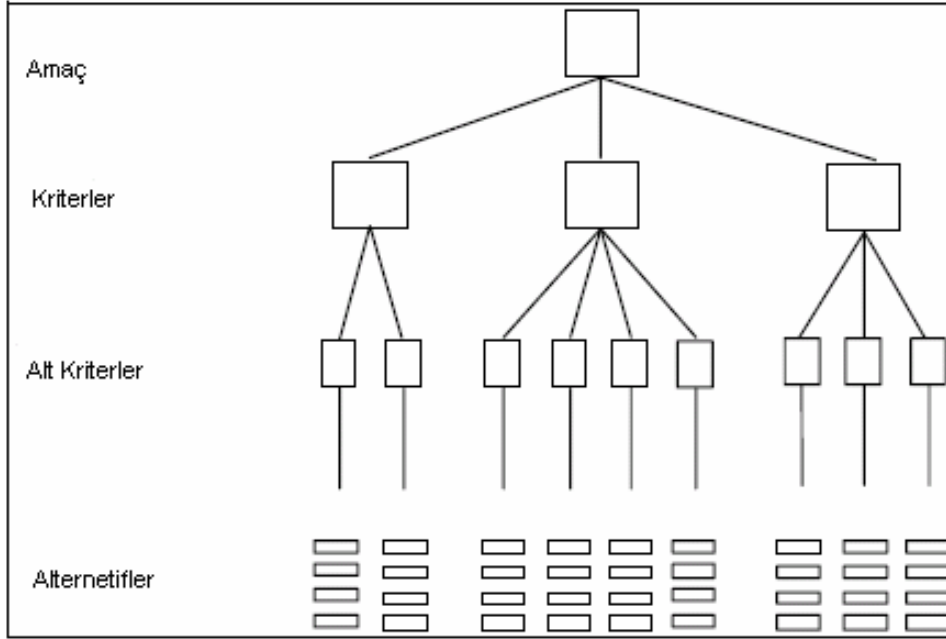
Hiyerarşi, tanımlanan ve birbirinden ayrı gruplara dahil edilen varlıklara dayanan, oluşturulan bu gruplardan birinin sadece bir değerini etkilemesi ve yine bir grubun sadece bir değeri tarafından etkilenmesi esasına göre oluşturulmuş bir sistemdir. (Saaty,1990:11) Grupla ilişkilendirilmiş olan bir elemanın diğer elemanla olan fonksiyonel bağlılığını yansıtan hiyerarşik yapı kurulur. Problemin amacına göre AHS yaklaşımı, herhangi bir karmaşık problemi farklı hiyerarşik seviyelere indirebilir. (Bayazıt,2005:810)

Saaty hiyerarşiyi **yapısal** ve **fonksiyonel** olmak üzere ikiye ayırmıştır. Önceleri, hiyerarşide elemanlar fiziksel olarak bağlanır, karışık sistemlerde belirli yapısal-teorik özelliklere (büyüklük, hacim, renk vs. gibi) göre temel bileşenler belirlenmiştir. Sonrasında ise, bunun tersine, elemanlar sisteme görev ilişkisine göre bağlanmaya başlamıştır. Fonksiyonel hiyerarşi bu sayede daha kolay ve verimli bir şekilde sistemi uygulama olanağı sağlamıştır (Samari v.d.,2005:3).

Hiyerarşiyi kurmak, AHS'nin bazen en zor kısmıdır. Amacı gerçekleştirecek en uygun alternatifi tanımlamak, amacı direkt olarak etkileyebilecek çeşitli faktör ve alt faktörleri sezgisel olarak ayırabilmeyi gerektirir. Hiyerarşinin en üst basamağına,

problemin amacını açıkça yazmak gerekir. Bu amaçla direkt ilgili birincil kriterleri karar verirken düşünmek gerekir. Kriterler faktör olarak isimlendirilebilir. Hiyerarşinin en alt seviyesinde, alternatifler, alt kriterlerin her birine bağlı olarak listelenmelidir. (Alford,2004:5)

Şekil 27: Örnek bir Analitik Hiyerarşi Modeli



Şekilde, ulaşılmak istenen amaç, kriterler ve karar alternatiflerinden oluşan hiyerarşik yapı görülmektedir. (Özveri,2006:381)

Amaçlar, faktörler, problem ve paydaşları planlamak; hiyerarşide iki ana amaca hizmet eder: Durumun kendiliğinden var olan kompleks ilişkilerin genel bir görünümünü sağlamak ve her bir seviyede problemin büyüklüğü hakkında karar vericiye yardımcı olmak. Böylece aynı türden olan elemanlar doğru bir şekilde karşılaştırılabilir. (Saaty,1990:9)

Hiyerarşik yapı kurulduğunda şu detaylarla ilişki kurulmalıdır:

- Problemin duyarlılığı kaybedilmeden ve elemanları değiştirilmeden, mümkün olduğunca açık bir şekilde yansıtılmalı,
- Problemin içinde bulunduğu çevre önemsenmeli,
- Çözüme katkı sağlayacak faktörler tanımlanmalı,
- Problemlle ilişkilendirilmiş olan katılımcılar tanımlanmalıdır.

Hiyerarşi tamamlanmak zorunda değildir. Bir seviyede verilen bir eleman, aşağıda belirtilen diğer bütün elemanlar için bir kriter veya alt kriter olmak zorunda değildir. Hiyerarşi, geleneksel bir karar ağacı değildir. Her seviye, problemin farklı bir noktadan ele alır. Bir seviye sosyal faktörleri diğer bir seviye ise politik faktörleri ele alabilir. (Saaty,1990:9)

İdeal olanı, hiyerarşinin karar verme sürecinde bütün önemli kriterleri barındıracak kadar geniş olması fakat bu yeterlilik problemi yönetme ve anlamlılık bakımından yeterli büyüklükte olmalıdır. (Alford,2004:5) Karar hiyerarşisinin kurulmasında hiyerarşinin kademe sayısı, problemin karmaşıklığına ve detay derecesine bağlıdır. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:86) Dahası, karar verici, ihtiyaç duyduğu sürece, seviye ekleyip, çıkarabilir. Hiyerarşinin daha yüksek seviyelerinde belirtilen elemanları global karakterlere sahip olabilir. Daha spesifik karakterler, daha derinlerde geliştirilebilir. Kriterlerin ihtiyaç duyduğu öncelikleri ayarlama görevi, alternatiflerin özelliklerinin karşılaştırılması ve hiyerarşi içinde derece derece seviyelendirilmesiyle gerçekleştirilir. Böylece kendi aralarında daha anlamlı karşılaştırma yapılır. (Saaty,1990:9)

Alternatiflerin, oluşturulacak uzman bir ekiple oluşturulması, çalışmanın iyi yapılandırılması açısından önem taşır. Burada önemli olan nokta, çalışmaya hangi alternatiflerin dahil edilmesi gerektiğinin doğru olarak belirlenmesidir.

Kriterlerin belirlenmesi, alternatiflerin belirlenmesi kadar önemlidir. AHS'nin amacı en iyi alternatifin belirlenmesi ve alternatiflerin önem sıralamasının tespit edilmesidir. Önem sırasının belirlenmesi, doğru olarak seçilecek kriterler baz alarak yapıldığından, kriterlerin tespitinde dikkatli olunmalıdır. Bu aşamada oluşabilecek üç soruna dikkat edilmelidir: *Birincisi*, konu ile çok ilgisi olmayan kriter veya kriterleri modele dahil etmek, *ikincisi* konuyu çok etkileyebilecek kriter veya kriterleri modele dahil etmemek, *üçüncüsü* de aynı başlık altında toplanması gerekirken, farklı başlıklarda kriterleri gereksiz çoğaltmak. Bu üç sorununun oluşmaması, uzman bir ekiple aşılabılır. (Özveri,2006:381)

2.4.2. İkili Karşılaştırmaların Yapılması

İkili karşılaştırmalar, sistematik olarak kriterlerin, alt kriterlerin, üçüncü dereceden alt kriterlerin ve alternatifler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Karar verici takım; kriterleri ve alt kriterleri kendi belirledikleri öneme ve bir üst seviyedeki elemana göre değerlendirirler. Kendine bağlı bir üst seviyedeki elemanlarla birlikte, hiyerarşik seviyelerin her birinde, hangi elemanın daha baskın olduğunu bulmada kullanılan ölçek ile verilerin güçlülüğünü gösteren yapıya **ikili karşılaştırma matrisi** denir. Bu değerle problemin amacını gerçekleştirme başarısı, hiyerarşinin en alt seviyesinde, elemanlar arasında önemli ilişkiler bulunan hiyerarşi elemanlarının önceliklerini belirlemede kullanılır. Ölçek, AHS'nde karşılaştırmalar için kullanılır ki karar vericiler bu sayede deneyimlerini ve sezgisel bilgilerini birleştirirler ve ölçek, bir ölçütün bir elemana kaç kere hakim veya baskın olduğunu gösterir. (Bayazıt, 2005:810) Eğer hiyerarşinin belirlenen düzeyi karşılaştırılacak n eleman içeriyorsa toplam $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırma yapmak gerekir. Bu karşılaştırmalar, matrisler şeklinde düzenlenir. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:86)

Bu karşılaştırmalar, ağırlıklandırılmış diğer alternatife göre ağırlıklandırılan alternatifin rasyosu olarak temsil edilir. Örneğin 1. alternatif, 3.alternatiften, geçerli alt kriter için 3 kat daha fazla öneme sahipse, karar verici bu oranı 3'ün değeri olarak yazmalıdır. Bütün alternatiflerin karşılaştırılması, karar vericilere her alt faktör için bir ikili karşılaştırma matrisinin kurulmasına izin verir. İkili karşılaştırmalar matrisinde (i,j) ikilisi, i alternatifinin görece ağırlığının j alternatifine göre ağırlığını ifade eder. (Alford,2004:7)

Karar verici, belli bir süre içinde ikili karşılaştırmalardan birinin değeri hakkındaki fikrini açıklamak zorundadır. Genellikle, karar verici cevabının 10 ile 17 aralıklı seçeneklerden seçmek zorundadır. Her seçenek, bir cümledir. Örneğin, A, B'den daha önemlidir ya da A ile B aynı öneme sahiptir ya da A, B'den biraz daha fazla öneme sahiptir gibi. (Triantaphyllou ve Mann,1995:37)

İkili karşılaştırmalardaki asıl problem, değerlendirme boyunca karar verici tarafından seçilen ifadeleri nasıl sayıya döküleceğidir. İkili karşılaştırma yaklaşımının kullanıldığı bütün metotlar, karar vericinin daha çok tamsayı oranlar arasındaki bazı sayılardan niteleyici cevapları sonunda açıklar. (Triantaphyllou ve Mann,1995:38)

Yargılara konsantre olmanın en etkili yolu, çiftleri ele alıp onları diğer özellikleri veya elemanları düşünmeden tek özellikle karşılaştırmaktır. Kombinasyon ve hiyerarşik yapıda ikili karşılaştırma yapılması, ölçüm geliştirmede oldukça yararlıdır. Deneyim ve eğitimle, standardın temelleri üzerine bazı karşılaştırmalar not alınır. (Saaty,1990:12)

Daha öncede bahsedildiği gibi AHS, mutlak ve ilişki olmak üzere iki tip ölçümde kullanılmaktadır. Her ikisinde de ikili karşılaştırmalar, amaca bağlı olan kriterler için öncelik türetmeyle gerçekleştirilir. İlişki ölçümünde, ikili karşılaştırma, hiyerarşinin en düşük seviyesindeki kriter hakkındaki alternatifleri de kapsayan hiyerarşinin genelinde gerçekleştirilir. Mutlak ölçümde ise, ikili karşılaştırma, kendi alternatiflerinin istisnalarıyla hiyerarşi gerçekleştirilir. Seviye, alternatifleri güdeleyen alt kriterler ya da kriterlerin saflığı ile derecelendirilen ya da yoğunluklarından oluşturulan alternatiflerin üzerindedir. Alternatifler ikili olarak karşılaştırmazlar, fakat her kriterin altında basitçe oranlaştırılarak kategorize edilirler. Ağırlıklandırma ve toplama süreci, ayrıntılı olarak ranklarla sağlanmaktadır. (Saaty,1990:14)

Bu ölçeğin etkinliği farklı alanlardaki uygulamalar ve başka ölçeklerle yapılan teorik karşılaştırmalar sonucunda saptanmıştır. Saaty, AHS'nin kullanılmasında doğrudan doğruya ilgili kişilerle yüz yüze anket yapıp, onların ikili karşılaştırmalara ilişkin görüşlerinin alınmasını önermektedir. Söz konusu ilgili kişi veya kişiler mutlaka konunun uzmanı olmasalar bile en azından konuyu bilen, konuya aşina olan kişiler olmalıdır. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:87)

2.4.3.Özvektörün Belirlenmesi

AHS'nin amacı, alternatif ve kriterlerin ağırlıkları için değer belirleyecek ikili karşılaştırma matrisleri kullanmaktır. İkili karşılaştırma matrislerinin pozitif karşılıklı olma niteliği, öncelik vektörünü belirleyebilmektedir. (Alford,2004:7)

Öncelik vektörü, rasyo ölçeğinden mutlaka kendini yenileyebilmelidir. Çünkü bu rasyolar, tercihlerin güçlülüğünü gösterir. Bu yüzden gerekli olan koşul, öncelik vektörünün sadece oran ölçeğine bağlı kalarak karşılanmamasıdır. Yani pozitif sabit (c) ile değişmezlik altında çarpımın sağlanmasıdır. Ayrıca, yargı matrisinde yeni öncelik vektörlerinin oluşmaması için değişmezlik altındaki hiyerarşik yapının

sağlanması gerekir. Özetlemek gerekirse, öncelik vektörü aşağıdaki ilişkiyi sağlamalıdır(Saaty,2003:86):

$$Ax=cx \quad c>0$$

Matrislerdeki ilgili hücreler karar vericiler tarafından ikili karşılaştırmalarla i alternatifinin j alternatifine oranla ne kadar önem taşıdığıнын sayısal ifadeleriyle doldurulur. Sonuç, alternatiflerin birbirlerine göre önceliklerinin sıralandığı oranlardır. (Yurdakul,2004:331) Yani, bir önceki karşılaştırmalarla görelî önemleri ortaya çıkmaktadır. Bir önceki matristen sağ ana öz vektörü tahmin edilir. Verilen yargı matrisiyle ikili karşılaştırmaların her satırının geometrik ortalaması alınarak maksimum sol öz vektörü bulunur. Her satırdaki eleman kendisiyle çarpılır ve n . sıraya kadar devam eder. Bir sonraki rakamlar, kendi toplamalarına bölünerek normalize edilir. (Triantaphyllou ve Mann,1995:38) Değişik insanların (grup) fikrini alırken, ortalama yerine, geometrik ortalamaların kullanılması tercih edilmelidir. Bu özellikle bir kişinin a değerini, bir diğeri ise $1/a$ değerini tayin ettiği durumlarda açıkça görülmektedir. Ortalama $(a + 1/a) / 2 = 1$ olmalıdır. Böylece, n fikirler için sayısal değerleri çarpılır ve n . inci kök alınır. (Sert,1997:52)

Elemanlar arasındaki ikili karşılaştırmalar, daha yüksek bir sonraki seviyenin elemanıyla ilgili olarak elemanların önem önceliğini belirlemeye yardımcı olur. Görelî önem, (a_{ij}) i elemanının $-j$ elemanı ile karşılaştırıldığında- güçlülüğünü gösterir. Ağırlığı (w_1, \dots, w_n) daha yüksek olan bir sonraki seviyenin elemanıyla ilgili olarak elemanların $(1, \dots, n)$ öncelik önemlerinin ölçülmesidir. En büyük ağırlık, en önemli elemanı gösterir. Bu yüzden a_{ij} , i elemanının j elemanına göre ağırlığının bir oranıdır. (Zeng,2004:64)

n tane nokta A_1, \dots, A_n , w_1, \dots, w_n ağırlıklarıyla verilmiş olsun. İlişki oran matrisinde satırlarda her bir noktanın ağırlıkları konulmuştur. Burada, her nokta çiftinin küçüğü bir birim olarak kullanılır ve büyük olanı bu birimlerin çarpılmasına dayanarak ölçülür. Zor olan, küçük birimi tekrar kullanmadan karşılaştırmayı ters çevirmektir. Bu insanı biraz yanılgıya sokabilir ki bu, asimetric çıktı ve simetriyi ilerletmeme eğilimini düşünmeyi sağlar. (Saaty,1990:12)

$$Aw = \begin{matrix} & A_1 & \dots & A_n \\ A_1 & w_1/w_1 & \dots & w_1/w_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_n & w_n/w_1 & \dots & w_n/w_n \end{matrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = nw$$

Yukarıdaki formül, sonuca varmada bazı avantajlar sağlarken, aynı zamanda teorik yorumlardan uzaklaşmaya neden olur. Sağdaki ağırlık vektörüyle A çarpıldığında $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ elde edilir. Bu çarpımın sonucu n.w 'dir. Eğer n, A'nın özdeğeri ise w özvektörü, onu destekler. A, ranka sahip çünkü her satır ilk satırın devamlı olarak bir çarpımıdır. Bu yüzden özdeğer, 1 hariç 0'dır. A'nın tersi n'e eşit olduğundan, özdeğerlerin toplamının matrisi, köşegen toplamının tersine eşittir. Böylece, n en büyüktür ya da A'nın özdeğeri.

$Aw=n.w$ 'nin çözümü, A'nın başlıca sağ öz vektörü olarak isimlendirilir. w 'yi tek bırakmak için, kendi toplamlarına bölerek normalize edilir. Eğer A matrisinin karşılaştırması veriliyorsa, A'nın herhangi bir sütununun normalize edilmiş versiyonun çözüm olması için ölçeği takip etmek gerekir. (Saaty,1990:12)

2.4.4.Sonuçların Sentezlenmesi

İkili karşılaştırma matrisleri geliştirildikten sonra karşılaştırılan her elemanın önceliğinin (görelî öneminin) hesaplanmasına geçilmektedir. AHS'nin bu bölümü **sentezleme** adıyla anılır. Öncelik vektörlerinin oluşturulmasında lineer cebir tekniklerinden faydalanılmaktadır. Sentez aşaması, en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanmasını ve normalize edilmesini içermektedir. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:87) Her alternatifin genel önceliği, sentezin önceliklerinden elde edilir. En yüksek önceliğe sahip olan alternatif seçilir. (Bayazıt,2005:812)

Sonuçların sentezlenmesine yönelik prosedür şu şekildedir: (Yılmaz,1999:105)

Prosedür Açıklama

- 1 İkili karşılaştırmalar matrisinin her bir sütunundaki değerler toplanır.
- 2 İkili karşılaştırmalar matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünür. Bu işlem sonucunda elde edilen matrise **normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi** denir.
- 3 Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesap edilir. Bu aritmetik ortalama değerleri, karşılaştırılan elemanların göreceli öncelikleri ile ilgili bir tahmin sağlar.

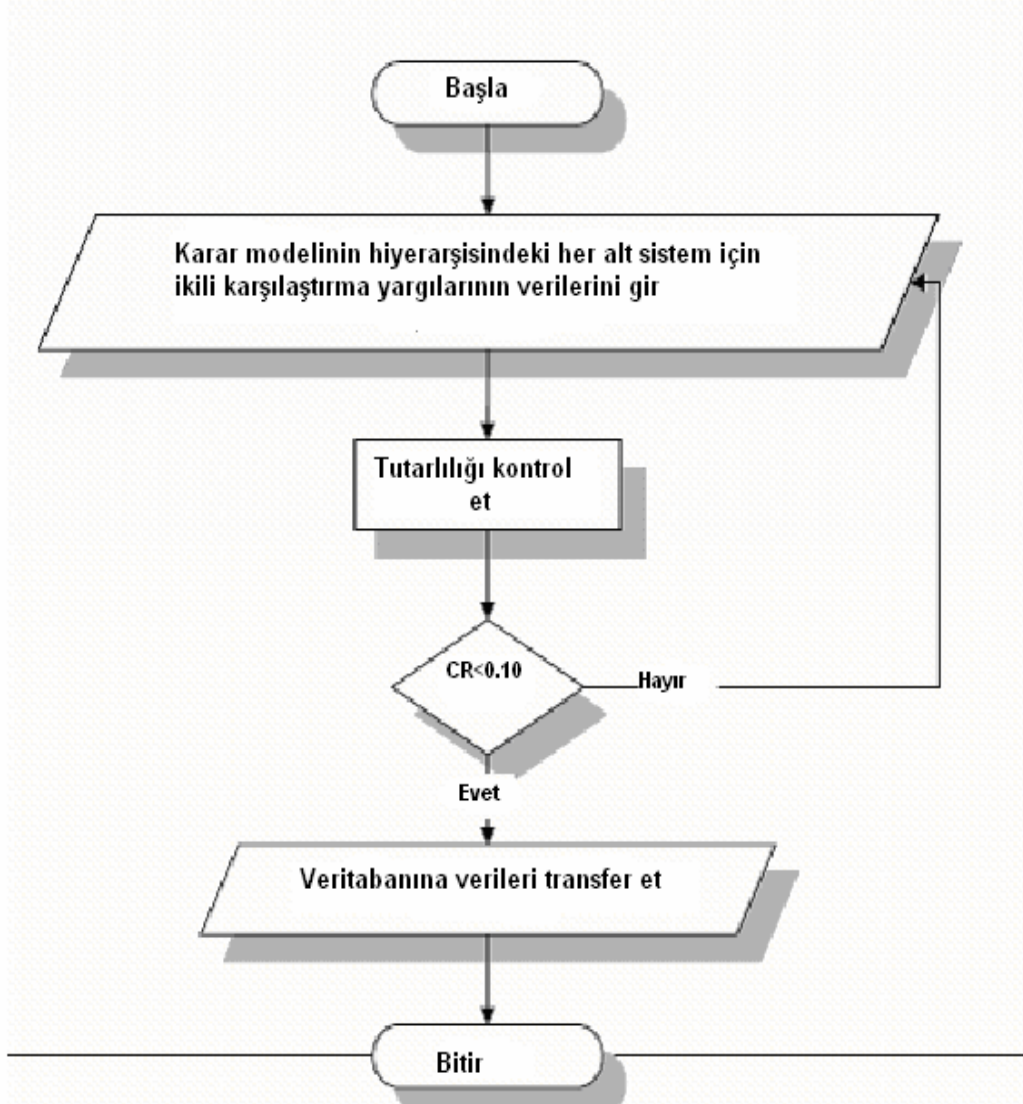
2.4.5.İkili Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılığının Ölçülmesi

Nihai kararın kalitesi için önemli olan bir konu, ikili karşılaştırma süreci esnasında karar verici tarafından formüle edilen yargıların tutarlılığıdır. Tutarlı olmak rasyonel düşünüşün bir önkoşulu olarak kabul edilir. Ancak uygulamada tam anlamıyla tutarlı olmak neredeyse imkansızdır. Yeni bilgileri öğrenmek ancak bir miktar tutarsızlığa müsaade etmekle mümkün olabilir. AHS mükemmel tutarlılık talep etmemektedir. Tutarsızlığa izin vermekte ancak her yargılamada tutarsızlığın ölçümünü sağlamaktadır. İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını ölçmek için Saaty tarafından önerilen bir tutarlılık oranı kullanılmaktadır.(Kuruüzüm ve Atsan,2001:91)

Literatürde alternatif tutarlılık ölçüm çalışmaları da görülmektedir. Tutarlılık oranı her ikili karşılaştırma matrisi için hesaplanır. Bu oran için Saaty tarafından önerilen üst limit 0.10'dur. Yargılar için hesaplanan tutarlılık oranı 0.10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir. Eğer yargıların tutarlılık oranı 0.10'un üstünde ise yargılar tutarsız kabul edilmektedir. Bu durumda yargıların kalitesinin iyileştirilmesi gerekir. Tutarlılık oranı yargıların yeniden gözden geçirilmesiyle düşürülebilir. Ancak bu işlemde başarısız olunursa, problemin daha doğru bir biçimde tekrar kurulması ve sürecin en baştan ele alınması gerekir. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:92)

Şekil 28'deki akış diyagramı, tutarlılık veya tutarsızlık durumlarında ne yapılması gerektiğini göstermektedir:

Şekil 28: İkili Karşılaştırma Yargı Sürecinin Akış Diyagramı



Kaynak: Suryadi,2005,s.7

Kriterlerin görelî önemleri bulunarak matris tutarlılığı hesaplanır. Bir karşılaştırma matrisinin tutarlı olabilmesi için, en büyük özdeğerinin (λ_{max}) matris boyutuna (n) eşit olması gerekmektedir. (Özdemir,2002:4)

Özdeğer değerlendirme yaklaşımı, tutarlı olmayan ikili karşılaştırmalarla tanımlanan ve en küçük kareler formülünden hareketle yargı matrislerinin görelî

önemlerini değerlendirmeye alternatif bir yaklaşım olarak tanımlanır. AHS metodolojisinde en pratik sorunlardan bir tanesi hafif tutarsız ikili karşılaştırmalara izin vermesidir. Eğer bütün karşılaştırmalar tamamıyla tutarlıysa, bir sonraki ilişki her zaman doğru olmalıdır (Triantaphyllou ve Mann:1995:38).

AHS, ikili karşılaştırmalardan oluşan pozitif karşılıklı matrislerden oran ölçeği aracılığıyla türetilen öncelik vektörleri için matematiksel bir teoridir. AHS, özdeğer metodu (EM)'nu öncelik vektörü üretmek için kullanır. Geometrik ortalama, logaritmik en küçük kareler yöntemi (LLSM) veya en küçük kareler yöntemi de bu öncelik vektörünü üretmede kullanılabilir. Pozitif karşılıklı matriste tutarlılık sağlandığı zaman bütün modeller aynı sonucu verir. Böylece iyi tanımlanan sürece bağlı olarak sentezleme yapılır ve aynı karar verilir. Fakat gerçek hayatta yargılar sık sık tutarsız olabilir ve farklı metotlarla farklı sonuçlara varılabilir. Çok kriterli süreçlerde, farklı metotlar her süreçte karar alternatiflerini sıralarken diğer metotlardan farklı bir sıralama yapabilirler. Sıralamadaki bu tür çeşitlilikler, eşsizlik şartını ihlal eder ve böylece kabul edilemezler. (Saaty,1998:121)

İkili karşılaştırma matrisi A ise $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$ $i,j,k=1,2,3...n$ 'dir. (Alford,2004:7) Verilen tam tutarlı ikili karşılaştırma matrisi A ve A'nın sağ öz vektörü, karşılaştırma oranlarından direkt olarak türetilen ağırlık setlerinden oluşmuştur. Özvektörün normalizasyonu, elemanları toplayarak alternatiflerin ağırlıklarının tek bir setini verir. Uygulamada, karar verici, ikili karşılaştırmalar yaparken tipik olarak tam anlamıyla tutarlı olmayabilir. Tutarsızlık oluştuğunda, $a_{ij} * a_{jk} \neq a_{ik}$ ve küçük miktardaki tutarsızlıklara izin verilebilir. (Alford,2004:8)

Hiyerarşilerde karar verme problemleri için, her seviyedeki hiyerarşi elemanlarının ağırlıklarını belirlenir. a_{ij} 'yi içeren matrisle, w ağırlık vektörü aşağıdaki formül aracılığıyla bulunur:

$$AW = \lambda_{\max} W \quad (2.3.)$$

λ_{\max} = A matrisinin en büyük özdeğeridir. Tutarlılık konusunda, $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$ her i,j,k için geçerlidir. n, A'nın tek sıfır olmayan özdeğeridir ve n'nin en büyük özdeğeri λ_{\max} 'tır. Böylece, w özvektörünü bulmak için, $Aw = \lambda_{\max} w$ eşitliği kullanılır. Tutarsızlık

durumunda ise, $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$ eşitliği şeklinde olmayabilir. Örneğin, 1. eleman, 2. elemandan daha öncelikliyse ve 2. eleman, 3. elemandan daha önemliyse, 1. elemanın 3. elemandan daha öncelikli olmaması gerekir. Bu yüzden, en büyük özdeğer, A matrisinin tutarlılığını ölçmelidir: Özdeğer, n'ye ne kadar yakınsa, A matrisi o kadar tutarlıdır demektir. Bu yüzden, eğer en büyük özdeğer n'ye yakınsa, yaklaşık özvektörü bulmak için $Aw = \lambda_{\max} w$ denklemi kullanılır (Saaty, 1990:13).

Bazı yazarlar, tutarsızlığın küçük olması üzerine tartışmışlardır ve kullandıkları metodun önemi dikkate alınmaksızın, metodların sonucu küçük karışıklıklarla tutarlı olarak denk gelmiş olabilir. Örneğin, LLSM hesaplama olarak EM'den daha kolaydır, hem etkili hem de diğer metodlarla uygulanması EM'ye göre daha rahattır. Fakat sıralamada potansiyel değişkenlik nedeniyle sorun yaşanır. Şaşırtıcı olarak, çok kriterli süreçlerde farklı metodlarla elde edilen öncelik vektörü, alternatif ve kriterlere daha uygundur. Sentezden sonra alternatiflerin sıralanması farklılaşabilir daha az istenen alternatif, daha çok istenen alternatiften önce seçilebilir. (Saaty, 1998:122)

Matrislerde ordinal ve kardinal olmak üzere iki geçişlilik söz konusudur. İlki; A B'ye; B, C'ye tercih ediliyorsa, A mutlaka C'ye tercih edilir. İkincisinde ise eğer A, B'ye göre 3 kez; B C'ye göre 2 kez tercih ediliyorsa, A mutlaka C'ye göre 6 kat fazla tercih edilmelidir. Bu da tutarlılığın gücünü göstermektedir. A tutarlı matrisi kardinal geçişlidir ve bundan dolayı da ordinal geçişlidir. Tutarsız matrislerde her ikisine de ihtiyaç yoktur. (Saaty, 1998:122)

Tutarlılık oranı şu adımlar izlenerek tahmin edilmektedir:

Adım	Açıklama
1	İkili karşılaştırmalar matrisi ile buna yönelik öncelik vektörü çarpılır. Bu şekilde elde edilen vektöre ağırlıklandırılmış toplam vektör adı verilmektedir.
2	Adım 1'de elde edilen ağırlıklandırılmış toplam vektörünün her bir elemanı, buna karşılık gelen öncelik değerine bölünür. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları tespit edilir. Bu ortalama değere maksimum özdeğer denir ve λ_{\max} simgesi ile gösterilir. λ_{\max} matrisin en büyük değerini, n ise matris sırasını gösterir. $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{Ağırlıklı toplam vektörün i. elemanı}}{\text{Öncelik değerleri vektörünün i. elemanı}} = \lambda_{\max}$
3	Aşağıdaki formül kullanılarak λ_{\max} 'ın n'ye yakınlığının ölçümü hesaplanır. n = karşılaştırılan elemanların sayısı. CI=tutarlılık indeksi $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.4.)$
4	Tutarlılık oranı (CR) hesap edilir. İkili karşılaştırmalar yapılırken önemli bir nokta, bu karşılaştırmaların geçerli olmasıdır. Tutarlılık oranı, aynı matris sırasındaki RI'nın ortalamasıdır. $CR = \frac{CI}{RI}$ (2.5.) şeklinde hesaplanır. Uygulama problemlerinde, karar matrisinde; eğer $CR \leq 0,10$ ise tutarlıdır. (Zeng,2004:66) Formüldeki Rassal İndeks (RI) , n sayısına bağlı olarak rassal olarak türetilmiş ikili karşılaştırmalar matrislerinin ortalama değerleridir. (Özveri,2006:384) RI'in değeri, matris sırasının değerine göre değişir. (Zeng,2004:66) Çeşitli n'ler için RI değerleri tabloda görülmektedir.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Matrisin genelindeki tutarsızlık, tutarlı tahminden yargıların sapmasını ölçen tek bir sayı olan ($\lambda_{\max} - n$) ile yakalanabilir. Vargas, rastsal değişkenler olarak matrisin katsayıları üzerine çalışmıştır. Matrisin tutarlı olması durumunda, Gama dağılımının ve özvektörün bileşenleri için türetilen Dirichlet dağılımının katsayıları üzerine dikkatini toplamıştır. Matris tutarsız olduğunda, uygun ölçümü sağlayacak olan özvektör (%10 tutarlılık sınırı), tutarlı matrise ilişkin hesaplanabilen parametrelerle Dirichlet dağılımını takip eder. Gama varsayımı, bu dağılımların doğrusal kombinasyonlarının özyoğunluğundan dolayı güçlüdürler. (Saaty,1990:13)

Tutarsızlığın varlığı; A'nın her (i,j) verisi için, j alternatifinin ağırlığına, i alternatifinin ağırlık oranının yaklaştırılması demektir. Böylece, A artık tek bir sıradır ve dahası özdeğer 0 olmayan bir değerle ifade edilebilir. Tutarsızlık var olduğu zaman, Saaty öncelik vektörünü herhangi bir ikili karşılaştırma matrisi ile belirlenebileceğini göstermiştir. Özdeğer problemi şu şekli almıştır. (Alford,2004:9)

$$A\hat{w} = \lambda_{\max} \hat{w} \quad (2.6.)$$

\hat{w} = gerçek tabanlı öncelik vektörünün tahmini değeridir. λ_{\max} A'nın maksimum özdeğeridir. Bu metod, özvektör metodu olarak bilinir (EM). λ_{\max} ne zaman n'ye yaklaşırsa \hat{w} 'yi tipik olarak w'yi daha iyi tahmin edilebilir. \hat{w} vektörü, ilişki karşılaştırma matrisi için öncelik vektörünü verir.

İkili karşılaştırmalar matrisi üzerinde, özvektör metodunu uygulamak, final alternatiflerinin sıralanmasını belirleyecek ağırlıklara karşılık gelir. Hiyerarşik bütünlüğün prensibi, öncelik vektörünün bulunup, kullanılmasıdır. (Alford,2004:9)

Alternatifleri birbiriyle karşılaştırdıktan sonra karar kriterleri ve bireysel öncelik vektörleri belirlenir. Öncelik vektörü, karar matrisinin sütunları olmaya başlar. Kriterin önem ağırlığı da ikili karşılaştırmalar sonucu bulunur. Bu yüzden eğer problem M tane alternatife N tane de kritere sahipse, karar verici N tane M×M yargı matrisi ve N×N yargı matrisi kurma ihtiyacı duyar. Son olarak, verilen karar matrisindeki son öncelikler, A_{AHP}^i (ideal moddaki ahs) ile tanımlanan formüle bağlı olarak elde edilir. (Triantaphyllou ve Mann,1995:39)

$$A^i_{AHP} = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j, i = 1,2,3 \dots M \quad (2.7.)$$

İdeal Moddaki AHS olarak isimlendirilmesinin nedeni, karar matrisindeki sütunlar, her sütundaki en büyük değere bölünerek normalize edilmiştir. (Triantaphyllou ve Mann,1995:39)

Buraya kadar anlatılanlar, **küçük bir örnekle** şu şekilde somutlaştırılabilir: X Bankasının İzmir ilindeki üç şube (A, B ve C) müdürünün ücretleri, satışlar, yeni pazar yaratma ve şube karlılığı performanslarına göre değerlendirilecektir. Bu kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri X Bankasının İzmir Bölge Müdürlüğü tarafından aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

	Satışlar	Yeni Pazar Yaratma	Şube Karlılığı
Satışlar	1	1/5	1/4
Yeni Pazar Yaratma	5	1	1/2
Şube Karlılığı	4	2	1

Yönetim üç şube müdürünü geçen seneki performanslarına göre karşılaştırmaktadır. Satışlar için ikili karşılaştırma matrisi aşağıdadır:

	A Şubesi Müdürü	B Şubesi Müdürü	C Şubesi Müdürü
A Şubesi Müdürü	1	5	4
B Şubesi Müdürü	1/5	1	2
C Şubesi Müdürü	1/4	1/2	1

Yeni pazar yaratma için ikili karşılaştırma matrisi aşağıdadır:

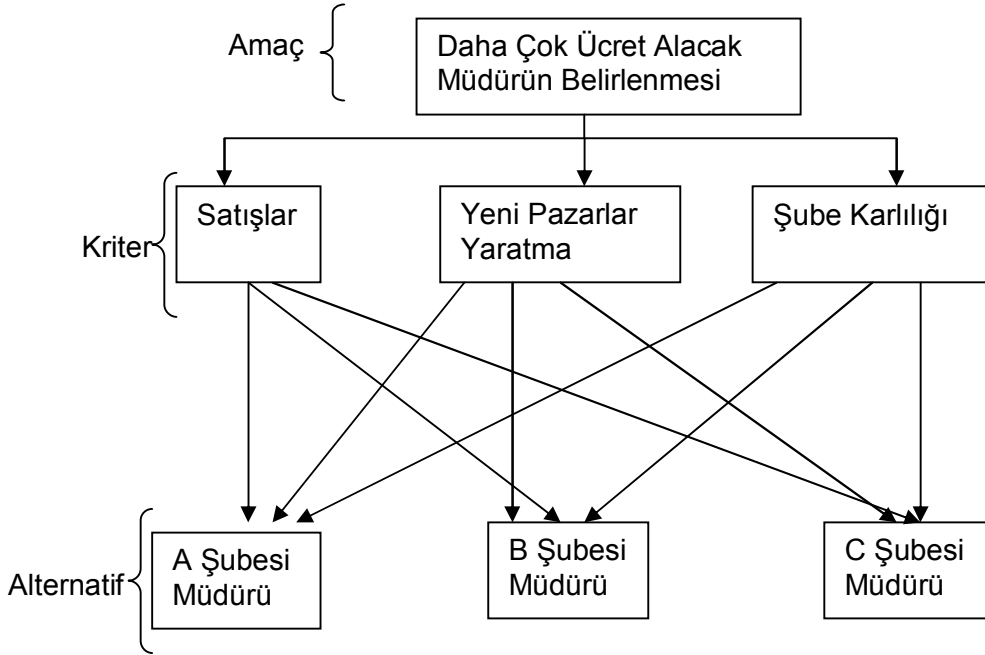
	A Şubesi Müdürü	B Şubesi Müdürü	C Şubesi Müdürü
A Şubesi Müdürü	1	1/2	3
B Şubesi Müdürü	2	1	8
C Şubesi Müdürü	1/3	1/8	1

Şube karlılığı için ikili karşılaştırma matrisi aşağıdadır:

	A Şubesi Müdürü	B Şubesi Müdürü	C Şubesi Müdürü
A Şubesi Müdürü	1	1/5	1/8
B Şubesi Müdürü	5	1	1/3
C Şubesi Müdürü	8	3	1

Bölge müdürü, hangi şube yöneticisine daha çok ücret ödenmesi gerektiğini belirlemek istemektedir. Ayrıca ikili karşılaştırmalarının tutarlılığını da test etmek istemektedir. Bu amaçla AHS tekniği yardımıyla karara varılmaya çalışılacaktır.

✓ **Problemin Hiyerarşik Olarak Tanımlanması**



✓ **Kriterlerin Önceliklerinin Belirlenmesi**

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,25 \\ 5 & 1 & 0,5 \\ 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Saaty tarafından öncelik vektörünü bulmak üzere geliştirilen dört metot içinde en çok kullanılan ve en yaklaşık sonucu veren yöntemeye göre:

1. Matristeki her bir sütunun elemanları söz konusu sütunun toplamına bölünür. (1+5+4=10, 1/10=0,1) Bu şekilde elde edilen matris aşağıdaki gibi normalize edilmiş matristir.

$$A_{norm} = \begin{bmatrix} 0,1 & 0,0625 & 0,1429 \\ 0,5 & 0,3125 & 0,2857 \\ 0,4 & 0,625 & 0,5714 \end{bmatrix}$$

2. Normalize edilmiş matristeki her satırın ortalamaları alınır. Bu şekilde öncelik vektörü aşağıdaki gibi bulunur ((0,1+0,0625+0,1429) / 3 =0,1018) :

$$\begin{matrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0,1018 \\ 0,3661 \\ 0,5321 \end{bmatrix}$$

✓ Tutarlılığın Test Edilmesi

1.Adım: İkili karşılaştırma matrisi, elde edilen öncelik vektörüyle çarpılır ve ağırlıklı toplam vektörü elde edilir.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,25 \\ 5 & 1 & 0,5 \\ 4 & 2 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,1018 \\ 0,3661 \\ 0,5321 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3081 \\ 1,1412 \\ 1,6715 \end{bmatrix}$$

2.Adım:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\text{Ağırlıklı toplam vektörün i. elemanı}}{\text{Öncelik değerleri vektörünün i. elemanı}} = \lambda_{max}$$

$$\left(\frac{1}{3} \right) \left\{ \frac{0,3081}{0,1018} + \frac{1,1412}{0,3661} + \frac{1,6715}{0,5321} \right\} = 3,095$$

3.Adım:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{(3,095 - 3)}{2} = 0,048$$

4.Adım:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,048}{0,58} = 0,08 < 0,10$$

Tutarlılık oranı 0,10'dan küçük olduğu için kabul edilebilir bir tutarlılıktadır.

✓ **Alternatiflerin Ağırlıklarının Belirlenmesi**

Satışlar Kriterine Göre:

Öncelik değerleri vektörünün hesaplanmasında uygulanan işlemler uygulanır ve satışlar kriterine göre her bir alternatifin ağırlığı belirlenir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 4 \\ 0,2 & 1 & 2 \\ 0,25 & 0,5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_{norm} = \begin{bmatrix} 0,6896 & 0,7692 & 0,5714 \\ 0,1379 & 0,1539 & 0,2857 \\ 0,1724 & 0,077 & 0,1429 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0,6767 \\ 0,1925 \\ 0,1308 \end{bmatrix}$$

Bu vektörden hareketle satışlar kriterine göre; A şubesi müdürü için 0,6767, B şubesi müdürü için 0,1925 ve C şubesi müdürü için 0,1308 ağırlık oranı elde edilmiştir.

Yeni Pazarlar Yaratma Kriterine Göre:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 3 \\ 2 & 1 & 8 \\ 0,33 & 0,125 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_{norm} = \begin{bmatrix} 0,3003 & 0,3077 & 0,25 \\ 0,6006 & 0,6154 & 0,6666 \\ 0,0990 & 0,0769 & 0,0833 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0,286 \\ 0,6275 \\ 0,0864 \end{bmatrix}$$

Bu vektörden hareketle yeni pazarlar yaratma kriterine göre; A şubesi müdürü için 0,286, B şubesi müdürü için 0,6275 ve C şubesi müdürü için 0,0864 ağırlık oranı elde edilmiştir.

Şube Karlılığı Kriterine Göre:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,125 \\ 5 & 1 & 0,33 \\ 8 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_{norm} = \begin{bmatrix} 0,0714 & 0,0476 & 0,0859 \\ 0,3571 & 0,2381 & 0,2268 \\ 0,5714 & 0,7143 & 0,6873 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} 0,0683 \\ 0,274 \\ 0,6577 \end{bmatrix}$$

Bu vektörden hareketle şube karlılığı kriterine göre; A şubesi müdürü için 0,0683, B şubesi müdürü için 0,274 ve C şubesi müdürü için 0,6577 ağırlık oranı elde edilmiştir.

✓ **En Uygun Alternatifin Seçilmesi**

Değerlendirme sonrası elde edilen puanlar şu şekilde özetlenebilir:

Satışlar		Yeni pazarlar yaratma		Şube Karlılığı	
A şubesi müdürü	0,6767	A şubesi müdürü	0,286	A şubesi müdürü	0,0683
B şubesi Müdürü	0,1925	B şubesi Müdürü	0,6275	B şubesi Müdürü	0,274
C şubesi Müdürü	0,1308	C şubesi Müdürü	0,0864	C şubesi Müdürü	0,6577

Alternatif puanları, kriterlere göre belirlenen alternatif ağırlıkları aracılığıyla bulunur:

A Şubesi Müdürünün puanı:

$$(0,1018*0,6767)+(0,3661*0,286)+(0,5321*0,0683)=0,2099$$

B Şubesi Müdürünün Puanı:

$$(0,1018*0,1925)+(0,3661*0,6275)+(0,5321*0,274)=\mathbf{0,3951}$$

C Şubesi Müdürünün Puanı:

$$(0,1018*0,1308)+(0,3661*0,0864)+(0,5321*0,6577)=0,3949$$

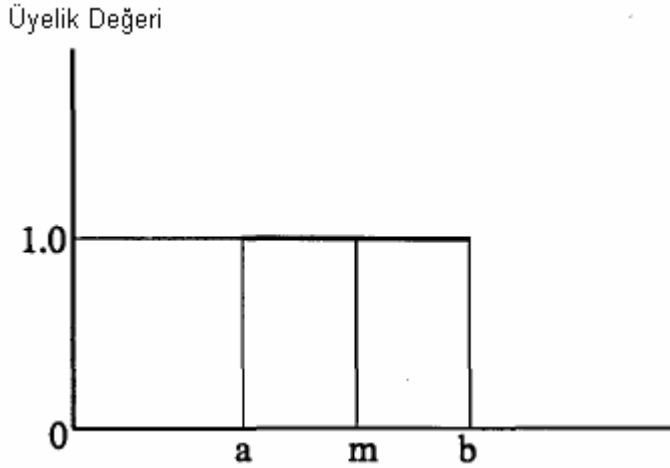
En yüksek puanı alan **B Şubesi Müdürünün** ücreti arttırılmalıdır.

2.5.DELPHİ TABANLI ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

Yargısal öngörüler; iyi verilerin yokluğunda kullanılır. Yargısal öngörü ile öznel fikrin, kullanılabilir nicel öngörüye dönüştürülmesine çalışılır. Analiz edilecek konu hakkında kişisel fikirler, bir araya getirmeye çalışılır. Delphi tekniği yargısal öngörü tekniklerinden biridir. (Demir ve Gümüšoğlu,2003:496)

Delphi popüler bir karar verme metodudur. Uzman görüşlerinin uyum değerini elde etmek ve uzmanların görüş birliğine varmada ortaya çıkabilecek problemleri çözmek için tekrarlamalı bir süreç olarak uygulanır (Hsu,1999:232). Bu süreç, yargı metodlarının en resmi olanı olarak iyi bir şekilde tanımlanmıştır. İlgilenilen konu ile ilgili bir grup uzmana anketler gönderilir ve anket sonuçları analiz edilerek, konunun diğer uzmanlarca nasıl değerlendirildiği özetlenir. Elde edilen sonuçlar tekrar aynı uzmanlara gönderilir ve durumu tekrar değerlendirmeleri istenir. Bu değerlendirme sonucunda uzmanlardan gelen sonuçlar tekrar analiz edilerek bir kez daha uzmanlara gönderilir ve diğer uzmanların değerlendirmelerini tekrar gören uzmanlar konuyu bir kez daha değerlendirir. Bu süreç birkaç kez tekrarlandıktan sonra genel durum değerlendirilmesi yapılır. (Waters,1989:120)

Şekil 29: Delphi Konsepti



Kaynak: Hsu,1999,s.234

Şekildeki a-b aralığı kabul edilebilir aralığı göstermektedir. Eğer uzmanların görüşü bu aralıkta değilse, görüşlerin gözden geçirilmesi için uzmanlara tekrar sorulur. Görüşler, a-b aralığında ortak bir yargıya varana kadar tekrar tekrar revize edilmelidir.(Hsu,1999:232)

Dalkey'e göre Delphi metodunun üç özelliği vardır (Khoramshahgol ve Moustakiis,1988:348):

- 1) **Değerlendirmecinin Adının Bilinmeyişi:** Anket ya da diğer resmi iletişim araçlarıyla ya da mail aracılığıyla iletişim sağlandığında, cevaplayıcı üzerinde bireysel bir baskı yaratılmamış olur. Bu da değerlendirmelerin hangi uzmana ait olduğunun diğer uzmanlar tarafından bilinmesini engellemektedir.
- 2) **Kontrol Edilmiş Geribildirim:** Tüm uzmanların değerlendirmelerini görerek, tekrar değerlendirme yapabilme imkanının olmasını sağlar. Uygulama yürütülürken, her tur sonunda elde edilen sonuçların özeti katılımcılara verilerek kontrol etmeleri istenir. Böylece objektiflik sağlanmış olur.
- 3) **İstatistiksel Grup Cevabı:** Cevapların istatistiksel tanımlarının kullanılması, mutabakatta grup baskısının azaltılmasının bir yoludur. Uygulamanın sonunda bireysel fikirlerde hala anlamlı bir yayılma söz konusu olabilir. Daha da önemlisi, istatistiksel grup cevabı, son turun cevapları içinde her grup üyesinin fikrini sağlamaktadır.

Delphi yöntemi, problemlerin analiz edilebildiği, değerlerin tahmin edilebildiği iyi bilinen bir yöntemdir. Delphi yöntemi ile hiyerarşik yöntemler arasındaki temel farklılıklar, şu şekilde sıralanmıştır (Sert,1997:57):

- İsimsiz işleyen grup tartışmasına karşı, Delphi yönteminde, kuvvetli şahsiyetlerin etkisinden kaçınmak için, grubun her üyesi isim vermeden daha önce hazırlanmış anketleri cevaplamaktadır. Hiyerarşilerde, kriterler ve fikirler çoğu kez bir açık grup oturumunda ortaya atılmaktadır.
- Ayarlama bir halka dizisi dinamik tartışmaya karşı, Delphi yönteminde, anket sonuçlarının tekrar gözden geçirilmesi gerekmekte ve yine isimsiz olarak, ayarlamalar talep edilmektedir. Hiyerarşilerde, dinamik tartışma hiyerarşisi kurulurken ve fikirler karşılıklı anlaşma ve görüşlerin yenilenmesi bazında kullanılmaktadır. Kişiler iddialarını açıkça söylemeye çalışmaktadırlar.
- Anket fikirleri temel olarak hiyerarşi yapısına karşıdır. Delphi yönteminde, anketin dizaynı, anketi hazırlayan kişi tarafından dahil edilen seçeneklerin seçimini etkilemektedir. Hiyerarşilerde, verilecek fikirler üzerinde herhangi bir etkiye sahip olan seçenekler hakkında grup karar vermektedir. Önce, verilen

bütün seçenekler kabul edilmektedir İşlem içerisinde sonradan, grubun az öncelik tanıdığı oranda, kimisi gözardı edilebilmektedir.

- İstatistiksel ve nicelik bakımından analiz, nitelik bakımından analize karşıdır. Delphi yöntemi, istatistiksel açıdan analiz edilecek sayısal cevaplar gerektirmektedir. Hiyerarşilerde, fikirler ikili karşılaştırmalar hakkındaki nitelik bakımından fikirleri yansıtan ve temelinde bir oran cetveli yatan bir tahminin sapmasının bir parçası olarak kullanılan 1 ile 9 arasında kesin sayılar içermektedir. Tutarlılık, gerçeğin ölçülmesini geçerli hale getirmek için gerekli bir koşul olarak, önemli bir kriterdir.

Her iki durumda, sorunu analiz etme işlemi, fikirlerin kalitesini yansıtmakta olup, hiyerarşi yöntemi fikirleri temel unsurlarına ayırmakta ve bu nedenle insanların kavrama stilini daha iyi karşılamaktadır. Diğer önemli bir konu, grubun seçeneklerin kurulmasının önemini anlamasında ve bu nedenle, fikirlerinin uygunluğuna daha fazla güven duymaktadır. Etkili sonuçlara sahip olan, kısa ve basit bir işlem olarak, birçok kullanıcı bunu planlamada ve tahminlerde kullanılmasını önermiştir. (Sert,1997:57)

Delphi metodunun önemli bir kısmı da anket formunun belirlenmesidir. Linstone ve Turoff'a göre,

- Biri diğerini kontrol edebilsin diye en az iki uzmanın anket formunu düzenlemesi gerekmektedir.
- Ankette oluşabilecek muhtemel karışıklıkların tanımlanması için anketin tasarımına dahil olmamış bir meslektaş tarafından sunulmalıdır.
- Bileşik sorulardan kaçınılmalıdır.
- Birkaç örnek verilmelidir.
- Cevaplayıcıların mümkün olduğunca çabuk cevap vermesini sağlayacak şekilde hazırlanmalıdır. (Azani ve Khorramshahgol,1990:24)

Doğru karar verebilmenin bileşenleri, yeterli zaman, doğru bilgi, bilgiye ulaşabilme ve doğru yöntemin kullanılmasıdır. Hem Delphi'nin hem AHS'nin kendilerine ait güçlü yanları vardır. Bu yöntemleri bir karar sorununda aynı anda kullanmak, sorunun daha güvenilir olarak çözümlenmesini sağlayabilir. AHS ile analiz edilecek konuların ortaya çıkarılması için ilk önce Delphi uygulanmalıdır.

Delphi ile elde edilecek konu veya kriterler daha sonra AHS ile analiz edilerek yorumlanmalıdır. (Özveri,2006:1) Delphi ile AHS'nin birlikte kullanılabilmesi için izlenmesi gereken adımlar şunlardır (Khorramshahgol ve Moustakis,1988:349):

- **Süreçleri takip edecek ekibin oluşturulması:** Bu ekip problemin konusu ile ilgili uzman kişilerden oluşmalı ya da problemin karar verme sürecine dahil olan kişilerden olmalıdır.
- **Karar verici katılımcıların belirlenmesi:** Bir önceki aşamada oluşturulan süreç takip ekibi, konu ile ilgili uzman kişileri belirlemelidir.
- **Ele alınan konunun amaçlarını ve ağırlıklarını belirlemek için Delphi yönteminin uygulanması:** Ele alınan sorunun çözümü için hangi kriterler üzerinde durulması gerektiği ile ilgili uzmanlardan görüşleri alınır. Uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda, süreç takip ekibince kriterler listelenir ve uzmanlara bu kriterleri değerlendirmeleri için gönderilir. Uzmanlardan değerlendirmeler alındıktan sonra kriterlerin değerlendirilmesi raporlanır. Bu rapor da dikkate alınarak tekrar uzmanların kriterleri değerlendirmesi istenir. Bu süreç üç veya dört kez tekrarlanır.
- **Delphi süreci sonunda elde edilen kriterlerin AHS ile analiz edilmesi:** Delphi yönteminin tamamlanması ile tüm kriterlerin uzmanlarca değerlendirmesi sonucunda önem değerleri elde edilir. Uzmanlarca çok önem verilmeyen kriterler varsa bunlar modelden çıkarılır. Elde edilen kriterler ile uzmanların ikili karşılaştırma matrislerini oluşturması istenir. Uzmanların oluşturduğu matris elemanlarının uzman sayısına göre aritmetik ortalamaları alınır. Elde edilen bu matrisin AHS yöntemi ile çözümlenmesi sonucunda kriterlerin öncelik sırası belirlenir. Bu öncelikler sayesinde hangi kriterlerin ne derece önem taşıdığı tespit edilmiş olur.

Sürekli uzman denetiminde görüşlerin alınması, bütün yönetici ve karar vericilerin planlama sürecine dahil olmaları, katılımcıların fikirlerini özgürce baskı altında kalmadan beyan etmelerini sağlamaları Delphi yönteminin avantajları olarak sıralanabilir. Bütün bunlardan dolayı, amaçların ağırlıkların atanmasındaki öznellik minimize edilebilecek ve ağırlıklar daha objektif olacaktır. Bu da doğal olarak ikili karşılaştırma matrislerine de yansiyarak öznellik minimize olmuş olacaktır. (Khorramshahgol, Moustakis, 1988:350)

2.6. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNDE GRUP KARARI

Karar verme Harrison'a (1999) göre, karar vericinin amacına ulaşmada en uygun hareketi seçmesine sevk edecek harekete belirli bir yön vermeyi sağlayarak amacı gerçekleştirecek alternatiflerin sürekli değerlendirilmesi sürecidir. (Teale v.d.,2003:6) Kararlar bireysel ve grup kararı olarak alınabilir. Bireysel yargıların toplanması ve istatistiksel olarak incelenmesiyle grup kararı oluşturulur.

AHS, ikili karşılaştırma sürecinde birden çok kişinin yargılarının değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu kritik bir konudur, çünkü bir grubun her üyesinin tüm kriterler için yargıda bulunacağı düşünülürse, bu yargıların bir uzlaşma sağlayacak şekilde birleştirilmesi gerekecektir. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:92)

Grup kararı vermede iki soru vardır: İlki, bireysel yargıların nasıl toplanacağıdır. İkincisi ise bireysel tercihlerden grup kararının nasıl gerçekleştirileceğidir. (Saaty,2001:325) Bu duruma ilişkin literatürde önerilen bazı yöntemler vardır.(Kuruüzüm ve Atsan,2001:92) Bunlar:

- Grup üyelerinin tartışma yoluyla konu üzerinde uzlaşma sağlaması
- Üyelerin yargılarından bir uzlaşma çıkarma görevini alacak bir aracıya başvurmak
- Her ikili yargıyı matematiksel bir ifade yoluyla, örneğin geometrik ortalama ile toplama.

Schein grup kararının zamana bağlı olan ilişkisinde karara varmanın farklı yollarını aşağıdaki gibi belirtmiştir (Teale,2003:286):

Kararın hızı artıyor



- 1.Cevap azlığıyla karara varma
- 2.Otorite kuralıyla karara varma
- 3.Azınlıklarla karara varma
- 4.Çoğunlukla karara varma
- 5.Oybirliğiyle karara varma
- 6.İttifakla karara varma



Kararın hızı azalıyor

Grup değerlendirmesi aşağıdaki yollardan biri denenerek yapılabilir (Moreno-Jime'nez v.d.,2007:4):

- (1) Karar vericiler arası fikir birliğinin sağlanması
- (2) Fikir birliğine varılmazsa oylama veya karşılaştırma yapılması
- (3) Bireysel yargıların birleştirilmesi
- (4) Bireysel önceliklerin birleştirilmesi
- (5) Bireysel tercih yapısının birleştirilmesi
- (6) Aralık yargılarının karşılığı

Karşılıklı öncelikler, birkaç bireysel yargının kombine edilmesinde grup kararının oluşturulması için oldukça önemli rol oynar. Karşılıklı olarak bu yargıların sentezleri, sentezlenmiş yargıların karşılıklarına eşit olmak zorundadır. Bu ancak geometrik ortalama ile sağlanabilir. Eğer yargıda bulunacaklar uzmansa, yargıların kombine edilmesini istemeyebilirler, sadece hiyerarşiden çıkan final çıktıları isteyebilirler. Bu yüzden final çıktıların geometrik ortalaması alınır. Eğer kişilerin farklı önem öncelikleri varsa, onların yargıları önceliklerin gücünden ve bulunan geometrik ortalamadan dolayı artar. (Saaty,2001:325)

AHS de karar vericilerin eşit öneme sahip olduğu durumlarda geometrik ortalama yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, i.eleman, j.eleman ile karşılaştırılıyorsa ve $a_{ij}^1, a_{ij}^2, \dots, a_{ij}^N$ grup üyelerinin bireysel kararları ise geometrik ortalama ile grup kararı formül 2.8.'deki gibi hesaplanır. Karar vericilerin önemleri birbirlerinden farklı ise bu durumda ağırlıklı aritmetik ortalama yöntemi ile grup kararı oluşturulur. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, karar vericilerin nasıl ağırlıklandırılacağıdır. (Özveri,2006:385)

$$Z_i = [a_{i1} * a_{i2} * \dots * a_{ij}]^{1/n}, j = 1,2,\dots,n. \quad (2.8.)$$

Eğer insanlar bir alternatifi diğerine tercih ediyorsa ve grup da bunu uyguluyorsa bu **Pareto optimalliği** olarak isimlendirilir. İkidenden fazla seçenek olduğu zaman, grup seğiminin sırası geçişsiz olabilir ve böylece en çok tercih edilen seğeneği söylemek mümkün olmayabilir. Bu **Condorcet paradoksu** olarak isimlendirilir. Bordo'nun bu paradoksa cevabı, her bireysel tercihe 1'den n'e kadar numara verilir ve grup tercihi, her alternatife verilen sayıların toplanmasıyla elde

edilir. Bordo'nun bu uygulamasına aynı aralıkta bulunan sayılar kullanması nedeniyle eleştiri getirilmiştir. Bir karar verici belki de bir alternatiften diğerine daha az tercih edecektir. Kenneth Arrow, bireysel ordinal tercihlerden rasyonel grup kararına ulaşılabileceğinin imkansız olduğunu kanıtlamıştır. Grup kararı sürecinde rasyonelliğin sağlanabilmesi için şu dört şart sağlanmalıdır (Saaty,2001:62):

- **Kararlılık:** Prosedürlerin bir araya getirilerek bir grup düzeni oluşturulmasıdır.
- **Pareto Optimallığı:** A ve B iki alternatif olarak ve tüm grup üyelerinin A'yı, B'ye tercih ettikleri varsayıldığında, grup tercihi de A yönünde olmalıdır.
- **Kapsam Dışı Alternatiflerin Bağımsızlığı:** Eğer bir alternatif karar modelinden çıkarılırsa, karar vericiler geri kalan alternatifler ile karar verebilme şansına sahiptir.
- **Diktatörlüğün Olmaması:** Karar vericilerden hiçbiri grup adına karar alamaz.

Karar verici sayısı fazlaysa, yargıları geliştirmede birbirlerine yardım edebilirler ve ayrıca kendi uzmanlık alanlarına giren yargıları üretmede görev dağılımı yaparak birbirlerini tamamlarlar. Fikir birliği deneyebilirler. Bunu başaramazlarsa, pazarlık süreci başlar. Özellikle karşılaştırılan çift onlar için hiç önemli değilse, anlaşmazlık içindeki gruptan biri uzlaşmaya razı olur ve karşılıklı olarak kendi çıkarları için elzem olan durumda karşı gruptan benzer ödün bekler. Gruptaki bireylerin her biri kendi değerlendirmesini yaptığında, dışarıdaki bir grubun ortaklaşa ne yapacağını sentezine varmak için, birbirinden ayrı sonuçlar kendi bireysel donanımları bakış açısından karşılaştırılabilir. (Sert,1997:6)

2.7.ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNDE DUYARLILIK ANALİZİ

Duyarlılık analizi, final çıktılarının kararlarının yargılanmasında değişimin etkilerini analiz etmede kullanılır. (Saaty, Erişim:05.09.2007:3)

Amaca bağlı olarak bileşik öncelik vektörünün etkilerinin nasıl değiştiğini göstermek için kullanılır. AHS'de duyarlılık analizi çalışmaları oldukça sınırlıdır. AHS'de önceliklerin duyarlılık analizi konusunda çalışan ilk yazar Masuda (1990)'dır. Masuda'nın amacı, (1) öncelik değerlerinden etkilenen ikili karşılaştırmalar ile

sonuçlanan yargıların ve (2) diğer seviyedeki elemanların bileşik öncelik değerleriyle etkilenen öncelik değerlerinin nasıl değiştiğini gözlemlemektir. Diğer bir deyişle, alternatiflerin sıralanmasıyla elde edilen karar matrisinin bütün vektörlerindeki değişimlerin etkileri üzerine çalışmıştır. Daha sonraları Trantaphyllou ve Sanchez bireysel yargılara odaklanan duyarlılık analizi geliştirerek, Masuda'nın modelini tamamlayıcı bir rol oynamışlardır. (Huang,2002:531) Duyarlılık analizi ile ağırlıklarda olabilecek değişikliklerin en iyi seçeneği ve faktörlerin önem derecelerini nasıl değiştireceği görülebilmektedir.

Alternatiflerin sıralamaları oluşturulduktan sonra kurulan modelin sonuçlarını gözden geçirmek gerekmektedir. Bu inceleme, yargılara veya hiyerarşik yapıya ilişkin ihtiyaç duyulan düzeltme alanlarına işaret edecektir. Bu incelemenin önemli bir bileşeni, alternatiflerin sıralamalarının ve nihai kararın yargılardaki değişikliklere karşı ne kadar duyarlı olduğunun değerlendirilmesidir. Duyarlılık analizi ikili karşılaştırmaların oluşturulmasında yargıların kişiden kişiye farklılık gösterebileceği veya daha önce belirli bir yargıda bulunan kişinin zamanla düşüncelerinin farklılaşabileceği varsayımına dayanmaktadır. (Kuruüzüm ve Atsan,2001:92)

2.8.ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN AVANTAJLARI

AHS'nin karar verme sürecinde, karar vericiye sağladığı avantajlar şu şekilde maddelenebilir:

- AHS'de elemanların ikili karşılaştırmaları sırasında karar vericinin kişisel hükümleri kullanılır. Böylece karar verme sürecinde sadece sayısal verilere dayalı çözüm aranmamakta, karar verme işlemi yapan kişilerin fikir ve düşünceleri de dikkate alınmaktadır. Yani hem objektif ve hem de sübjektif faktörleri beraberce dikkate alarak alternatiflerini değerlendirebilir ve en uygun alternatifin seçilmesine yönelik karar alabilmektedir.
- Karar vericinin yaptığı ikili karşılaştırmaların tutarlılığını test etmek de mümkündür. Böylece karar verici, tutarsızlık durumunda verdiği hükümleri tekrar ele alarak düzeltme imkanına sahiptir.
- AHS'nin çok yönlü oluşu, onun geniş bir uygulama çeşitliliğine sahip olmasını sağlamıştır. Nitekim Mansooreh ve Pet-Edwards; AHS'nin önem ve tercih belirterek en uygun alternatifin seçilmesi yanında, göreceli olasılıklar

hakkında hükümler vererek tahmin problemlerinde ve senaryolar inşa etmede de kullanılmakta olduğunu vurgulamaktadır (Yılmaz,1999:117).

- Hiyerarşide karışık bir karar verme problemi varsa, problemde göze çarpan elemanlar hesaba katılır. Hiyerarşi, problemin organize olmuş mantıklı bir halidir. Bu model, karar vericinin karar verme aşamasında önemli faktörleri göz ardı etme riskini ortadan kaldırır.
- İki karar elemanını (kriter ve alternatifi) aynı anda karşılaştırır. Böylece, karar verici daha iyi odaklanır, geliştirilen sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği sağlanmış olur. “Chan and Lynn’e göre, çok kriterli sınıflamada AHS’nin kullanımı, diğer çok faktörlü skorum modellerinden daha iyidir çünkü karar verici, aynı anda sadece iki elemana odaklanır ve böylece aralarındaki ilişkiyi eş zamanlı olarak görür.”
- Basit ve uygulaması kolaydır.
- Karar vericinin suni tutarlılığa ihtiyacı yoktur ve sonunda tutarlılık miktarlarını gösteren bir indeks sağlar.
- İşlemin sonunda, çeşitli tutarlılıktaki performans kriterlerini sistematik bir şekilde birleştirir. (Islam ve Rasad,2005:14)
- Karar vericinin kalitatif kararları almasında daha objektif olmasını ve üstünkörü bir tahminlemenin yapılma riskini azaltarak hiyerarşi elemanlarını ve etkileşimlerini açıklamayla karar vericiye sistematik bir bakış sağlar.(Chen ve Huang, 2004:841)
- Karmaşık ve yapılanmamış çok kriterli karar verme problemleri, bilgi sağlayıcılarının subjektif yargılarıyla belirlenen önceliklerden elde edilen çok seviyeli hiyerarşik yapıda sırasıyla organize edilen değişkenlerin seti içinde ayrıştırmaya yardım eder. (Wu v.d.,2007:377)
- Sayısal değerlerin bulunmaması durumunda karşılaştırma yapma olanağı verir. (Bayazıt,2001:201)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN BELİRLENMESİNDE DELPHİ TABANLI ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN KULLANILMASI

Üretim çevresinde dikkat edilmesi gereken unsurların başında doğru CNC tezgah seçimi gelmektedir. Birçok üretici, imal ettiği ürüne uygun, ihtiyaçlarını tam olarak karşılamayan makineleri yeterli ve doğru bilgi alamamaktan dolayı yanlış seçim yapmaktadır. Bu da üretimin istenilen hassasiyetleri yakalayamaması, üretim hızını yavaşlatması, kesici takım maliyetlerinin artması ve fazla operasyonla üretim gerçekleştirilmesi gibi problemleri meydana getirmektedir. Sadece üretim çevresinde değil, endüstriye kazandırılacak işgücünün eğitilmesinde de kullanılacak donatımların doğru seçilmesi, okul yönetiminin alacağı stratejik kararlardan birini oluşturmaktadır. Bu amaçla Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu (İMYO) Makine Atölyesi'nin ihtiyacı olduğu düşünülen CNC torna tezgahının da rasyonel bir karar verme sürecinden sonra elde edilen veriler doğrultusunda seçilmesi oldukça önemli bir konudur.

CNC torna tezgahı alımı konusunda araştırma yapmak isteyen İMYO yöneticileri, bu konuda karar verirken AHS karar verme tekniğinden yararlanmak istemişlerdir. Bu karar aşamasında yöneticilerin esas öğrenmek istedikleri, tezgahı kullanan, öğreten, satın alan yani karar verme sürecine dahil olacakların ortak bir karar vermesi ve daha önemli olarak da alınacak CNC torna tezgahının türünün belirlenmesidir. Eğitime yönelik bir CNC torna tezgahı mı yoksa sanayiye yönelik bir CNC torna tezgahı mı alınmalıdır? Bu soruya yanıt bulabilmek için çalışmada İMYO Makine Atölyesi'ne alınacak ya da alınması muhtemel olan CNC torna tezgahının seçimini için Delphi tabanlı AHS modeli geliştirilmiştir. Bu modeldeki alternatifler, eğitime yönelik CNC torna tezgahı ve sanayiye yönelik CNC torna tezgahı olmak üzere iki tanedir.

Bu çalışmaya benzer olarak Benli (2001) çalışmasında, CNC tornalama eğitiminin optimum işlemlerini belirlemek için AHS yaklaşımını ve pareto analizini kullanmıştır. Söz sahiplerinin (öğrenci, öğretmen ve öğrencilerin gelecekteki işverenleri) beklentilerini karşılayacak olan temel CNC tornacılık eğitimi işlemlerini belirlemiştir.

Dinçer (2001) ise çalışmasında yazılım geliştiricilere ve proje liderlerine kendi yazılım takımlarının performansını iyileştirebilmeleri için bazı öneriler sunmuştur. Bu amaçla çalışmada performansı ve motivasyonu etkileyen faktörleri belirlemek için Delphi Tekniğini kullanmış, AHP tekniğinden faydalanarak kaynakların dağıtım katsayılarını hesaplamış, Expert Choice yazılımı kullanılarak ilgili değerlendirmeleri yapmıştır.

3.1.DEÜ İMYO MAKİNE ATÖLYESİ İÇİN DELPHİ TABANLI AHS MODELİ

3.1.1. Modelin Amacı

Modeldeki amaç, DEÜ İMYO Makine Atölyesi için en uygun CNC torna tezgahı türünü belirlemektir. Sonuca ulaşmak için karar verme yöntemi olarak delphi tabanlı AHS ve karar destek sistemi olarak da Expert Choice seçilmiştir. EC yazılım paketi AHS'nin yazılım programı olarak Expert Choice firması tarafından geliştirilmiştir. EC, karmaşık problemlerin analizinde kullanılan bir karar destek aracıdır. Karar vericilerin çok basit ve kolay bir biçimde karar problemini hiyerarşik bir yapıda görüntülemelerine, gerekli ikili yargıları yapmalarına, otomatik olarak özdeğer yaklaşımı ile görelî öncelikleri hesaplamalarına olanak vermektedir. Karar verici ikili karşılaştırma yaparken sözel, sayısal veya grafiksel karşılaştırma seçeneklerinden istediğini tercih edebilir. Ayrıca, bireysel veya grup bazında analiz yapmaya elverişli bir programdır. Dünyanın her yerinde çok yüksek sayıda özel firma ve kamu kuruluşu, çok farklı uygulama alanlarında Expert Choice yazılımını kullanmaktadır. (Expert Choice Tutorials, 2000:6)

3.1.2.Kriterler ve Alternatifler

CNC torna tezgahı seçimi için birçok kriter göz önünde bulundurulabilir. Ancak burada önemli olan; tezgahın kullanımında, eğitiminde ve satın alımında optimum noktayı belirleyebilecek kriterlerin belirlenmesidir. Bu bakımdan bu sürece dahil olacak kişilerin seçiminde özen gösterilmiştir. Atölye teknisyeni, CNC dersi öğretim elemanı, Makine Program Koordinatörü, Gerçekleştirme Görevlisi ve Harcama Yetkilisinden oluşan bir grup oluşturulmuştur. Bu karar verme sürecini etkileyecek kişilere kısaca **karar vericiler** denilmiştir.

3.1.2.1. Birinci Tur: Kriterlerin Belirlenmesi

Bilgi formları (anket) uygulaması, Delphi tabanında grup kararı verme prosedürleri kullanılarak yürütülebilmektedir. Delphi süreci boyunca, küçük bir izleme grubu karar analizlerini tasarlayıcı olarak, bilgi formlarını cevaplayıcı gruba faks ya da elektronik posta yoluyla yollar. Bilgi formları uzmanlar tarafından doldurulup geri gönderilir. İzleme grubu yargıları değerlendirir, sonuçları birleştirir ve cevaplayıcı gruptan yeni yargılar elde etmek için yeni bir anket geliştirir. Bu süreç, bütün faktörler belirleninceye kadar devam eder. (Topçu Burnaz,2005:3)

Delphi tekniği yargıları tanımlamada oldukça yararlı bir araçtır. Delphi tabanlı analitik hiyerarşi süreci (DTAHP) için kriterleri belirleme işi karar vericilere bırakılmıştır. Bu amaçla karar vericilere EK-1'deki bilgi formu elektronik posta olarak gönderilmiştir. Bu da karar verici üzerindeki bireysel baskıyı engellemiştir. Karar vericilerin isim belirtmeden formu doldurmaları istenmiştir. Bu sayede karar vericilerin birbirinden etkilenmeleri ve süreçte baskın olabilecek karar vericilerin etkileri ortadan kaldırılmıştır. Delphi mantığına uygun bir süreç sağlanmıştır. Toplanan bilgi formunda 3 kişi sanayiye yönelik, 2 kişi de eğitime yönelik CNC tezgahı alınmalı demiştir. Bilgi formu sayesinde elde edilen bilgilerden, kriterler tablo 16'daki gibi belirlenmiştir:

Tablo 16: Birinci Tur Sonu Elde Edilen Kriterler

Ana Kriterler	Alt Kriterler	2.Seviye Alt Kriterler
1.Fiyat	Ödeme şekli Bütçeye uygunluk Opsiyon Süresi	
2.Teknik	İşleyebileceği malzeme çeşidi Kullanım/ Fonksiyonlarını yerine getirme kolaylığı Kesici takımların seri imalata göre dizayn edilmiş olması Eğitim yetenekleri çeşitliliği Eğitimin etkinliği Kontrol ünitesi Takım ömrü Ünitelerin demontaj olurluğu Teknoloji gelişimine duyarlılığı Takım değiştirmede minimum zaman kaybı	
	Programlama Dili	Fanuc Siemens
	Tezgah Kapasitesi	İmalat Kapasitesi İmalat Süresi Yatırım Maliyeti Tezgah verimi
	Tezgahın Mekanik Yapısı	Tezgah Hassasiyeti Yüzey hassasiyeti Universal olması Tezgahın büyüklüğü
	İşlenecek Parça Büyüklüğü	Büyük boyutlu parçalar Küçük boyutlu parçalar
	Tezgah Motor Gücü	Büyük boy Orta boy Küçük boy
3.Servis	Üretici kaynaklı hata çözümü Kullanıcı kaynaklı hata çözümü Servis elemanının yeterliliği Yedek parça temini Ucuz yedek parça temini Servisin Yakınlığı Servisin Sürekliliği(en az 2 yıl garanti) Satış sonrası servis maliyeti Servisin hızlılığı	
4.Kalite	Ergonomi Satış sonrası servis hızı Avrupa normlarına uygunluğu	

Karar vericilerden toplanan veriler doğrultusunda, ödeme şekli, bütçeye uygunluk ve opsiyon süresi alt kriter olarak belirlenmiş ve **fiyat** ana kriteri altında toplanmıştır. İşleyebileceği malzeme çeşidi, fonksiyonlarını yerine getirme kolaylığı, kesici takımların seri imalata göre dizayn edilmiş olması, eğitim yetenekleri çeşitliliği, eğitimin etkinliği, kontrol ünitesi, takım ömrü, ünitelerin demontaj olurluğu, teknoloji gelişimine duyarlılığı, takım değiştirmede minimum zaman kaybı, programlama dili, tezgah kapasitesi, tezgahın mekanik yapısı, işlenecek parça büyüklüğü, tezgah motor gücü alt kriterleri **teknik özellikler** altında birleştirilmiştir. Üretici kaynaklı hata çözümü, kullanıcı kaynaklı hata çözümü, servis elemanının yeterliliği, yedek parça temini, ucuz yedek parça temini, yakınlık, süreklilik, satış sonrası servis maliyeti, servisin hızlılığı alt kriterleri de **servis** ana kriteri altında yer almıştır. Ergonomi, satış sonrası servis hızı, Avrupa normlarına uygunluğu alt kriterleri **kalite** ana kriterinde birleştirilmiştir.

3.1.2.2.İkinci Tur: Kriterlerin Karar Vericiler Tarafından Puanlanması

Elde edilen yukarıdaki kriterlerin karar vericiler tarafından puanlanması için, karar vericilere EK-2'de form elektronik posta olarak gönderilmiştir. Formda kriterlerin

1–49: önemsiz,

50–69:orta önemli

70–100:en önemli ölçek aralığında değerlendirmeleri istenmiştir. Değerlendirmeler sonrasında, her kriter için aritmetik ortalama alınmış ve 50'nin altında kalan kriterler elenmiş, çalışmaya orta önemli ve en önemli olarak nitelendirilen kriterler dahil edilmiştir. Elenen kriterler; tezgahın büyüklüğü, takım ömrü, işlenecek parça boyutu, CNC tezgah motor gücü, servisin hızlılığı'dır.

3.1.2.3.Üçüncü Tur: Kriterlerin İkinci Kez Puanlanması

Elenen kriterler listeden çıkarıldıktan sonra ikinci tur için tekrar karar vericilere EK-3'teki form elektronik posta olarak gönderilmiştir. Tur sonunda her kriter için aritmetik ortalama alınmış ve 50 puanın altında olanlar elenmiştir. Elenen kriterler; satış sonrası servis maliyeti, kesici takımların seri üretime göre dizayn edilmiş olması ve tezgahın universal olması'dır. Üçüncü tur sonunda elde edilen kriterler şu şekildedir:

Tablo 17: Üçüncü Tur sonunda elde Edilen Kriterler

Ana Kriterler	Alt Kriterler	2.Seviye Alt Kriterler
1.Fiyat		
	Ödeme şekli Bütçeye uygunluk Opsiyon Süresi	
2.Teknik		
	İşleyebileceği malzeme çeşidi Kullanım/ Fonksiyonlarını yerine getirme kolaylığı Eğitim yetenekleri çeşitliliği Eğitimin etkinliği Kontrol ünitesi Ünitelerin demontaj olurluğu Teknoloji gelişimine duyarlılığı Takım değiştirmede minimum zaman kaybı	
	Programlama Dili	
		Fanuc Siemens
	Tezgah Kapasitesi	
		İmalat Kapasitesi İmalat Süresi Yatırım Maliyeti Tezgah verimi
	Tezgahın Mekanik Yapısı	
		Tezgah Hassasiyeti Yüzey hassasiyeti
3.Servis		
	Üretici kaynaklı hata çözümü Kullanıcı kaynaklı hata çözümü Servis elemanının yeterliliği Yedek parça temini Ucuz yedek parça temini Servisin Yakınlığı Servisin Sürekliliği (en az 2 yıl garanti)	
4.Kalite		
	Ergonomi Satış sonrası servis hızı Avrupa normlarına uygunluğu	

Karar vericilerden elde edilen ve matrislerde karşılaştırılacak kriterler sırasıyla şu anlamları içermektedir:

Fiyat Ana Kriterinin Alt Kriterleri

****Ödeme Şekli:** CNC torna tezgahı için ödemenin ne şekilde yapılacağını taksit, peşin veya kredi kolaylığı sağlanıp sağlanılmayacağı ile ilgilidir.

****Bütçeye Uygunluk:** Alınacak CNC torna tezgahı müşterisinin mali prensiplerine uygun olup olmadığına ilişkin bir kriterdir.

****Opsiyon Süresi:** Müşterinin mali prensiplerine göre makul bir sürede kendini geri ödemesi için geçen bu süreye **opsiyon süresi** denir. Opsiyon süresini makul bir süre içinde karşılayabilen CNC tezgahının seçilmesi uygun olacaktır.

Teknik Özellikler Ana Kriterinin Alt Kriterleri

****İşleyebileceği Malzeme Çeşidi:** CNC Torna tezgahının işleyebileceği malzeme çeşidi sayısını ifade etmektedir. İşleyebileceği malzeme çeşidi tezgahın performansını etkilemektedir.

****Fonksiyonlarını Yerine Getirme Kolaylığı:** CNC operatörünün verdiği komutlar dahilinde tezgahın fonksiyonlarını yerine getirirken sağladığı kolaylıklar olarak ifade edilebilir.

**** Eğitim Yetenekleri Çeşitliliği:** Aynı tezgah üzerinde birden fazla sayıda öğrenciye birden fazla fonksiyonu öğretebilme olarak ifade edilebilir.

**** Eğitimin Etkinliği:** CNC eğitiminden sonra öğrencilere verilen proje eğitimlerinde ortaya çıkan öğrenci başarısı olarak tanımlanabilir.

**** Kontrol Ünitesi:** CNC torna tezgah seçiminde yapılacak üretimin türüne uygun olarak kontrol üniteleri seçilmelidir. Kontrol ünitesi, tezgahın belleğine yüklenecek parça programları için gerekli kodların girildiği bu ünite, ekran tuş takımı, ana işlem kartı, eksen kartları ve diğer elektronik devre elemanlarından oluşmaktadır.

**** Teknoloji Gelişimine Duyarlılığı:** CNC torna tezgahının teknolojinin hızına bağlı olarak güncellenebilmesini ve uyum sağlayabilmesini ifade eden kriterdir.

**** Takım Değiştirmede Minimum Zaman Kaybı:** CNC torna tezgahında ürünün en kısa sürede yapılabilmesi için üretim süresini etkileyen faktörlerden biri olan takım değiştirmenin hızlı yapılabilmesinin göstergesidir.

**** Programlama Dili:** CNC tezgahlarında kullanılan programlama dillerini ifade eder.(Fanuc, Siemens v.s. gibi)

**** Tezgah Kapasitesi:** Alınılması düşünülen torna tezgahının kapasitesinin ihtiyaca en uygun kapasitede seçilip seçilememesiyle ilgili bir kriterdir. Eğer kapasite, üretimi gerçekleştirilecek parçaların %85'ini işleyebilecek bir kapasiteyse bu yeterli bir kapasitedir. Aksi takdirde, tezgahtan verim alınamaz.

****Tezgahın Mekanik Yapısı:** Tezgah ve yüzey hassasiyetinin ön plana çıktığı, dolayısıyla titreşimlerin minimuma inmesinin üretim kalitesini artırmasıyla ilgili olan kriterdir.

Servis Ana Kriterinin Alt Kriterleri

**** Üretici Kaynaklı Hata Çözümü:** Üretici kaynaklı (fabrika) hatanın çıkma olasılığı ve oluşan hatanın çözümünün hızlı ve az maliyetle gerçekleştirebilmesini ifade eden kriterdir.

****Kullanıcı Kaynaklı Hata Çözümü:** Kullanıcı kaynaklı hatanın çıkma olasılığı ve oluşan hatanın çözümünün hızlı ve az maliyetle gerçekleştirebilmesini ifade eden kriterdir.

**** Servis Elemanının Yeterliliği:** Hatanın ortaya çıkması durumunda hızlı, doğru ve az maliyetle müdahale edebilmesidir.

**** Yedek Parça Temini:** Tezgahın arızalanması durumunda yedek parça teminin hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmesidir (Bu kriterde fiyatın önemi yoktur).

****Ucuz Yedek Parça Temini:** Tezgahın arızalanması durumunda ucuz yedek parça teminin hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmesidir (Bu kriterde fiyatın önemi vardır).

**** Servisin Yakınlığı:** Tezgahla ilgili bir arızanın ortaya çıkması durumunda servisin yakın olması kayıpları azaltacaktır.

****Servisin Sürekliliği:** Satış sonrası servis desteğinin garanti kapsamında ve sonrasında da devam edebilmesidir.

Kalite Ana Kriterinin Alt Kriterleri

****Ergonomi:** Tezgahın dizayn özellikleri dikkate alınarak insanın yeteneklerine, insan yeteneklerinin de dikkate alınarak tezgahı en etkin bir biçimde kullanabileceği ortamın sağlanmasıyla ilgili olan kriterdir.

**** Satış Sonrası Servis Hızı:** Tezgahın satış sonrası servis hızı algılanan kaliteyi etkileyeceğinden kalite ana kriteri altına alınan bir kriterdir.

**** Avrupa Normlarına Uygunluğu:** Tezgahın gerekli sertifika ve işaretleri belgelendirebilmesiyle ilgilidir ve tezgahın kalite olarak uygun bir tezgah olduğunu gösterebilen önemli bir kriterdir.

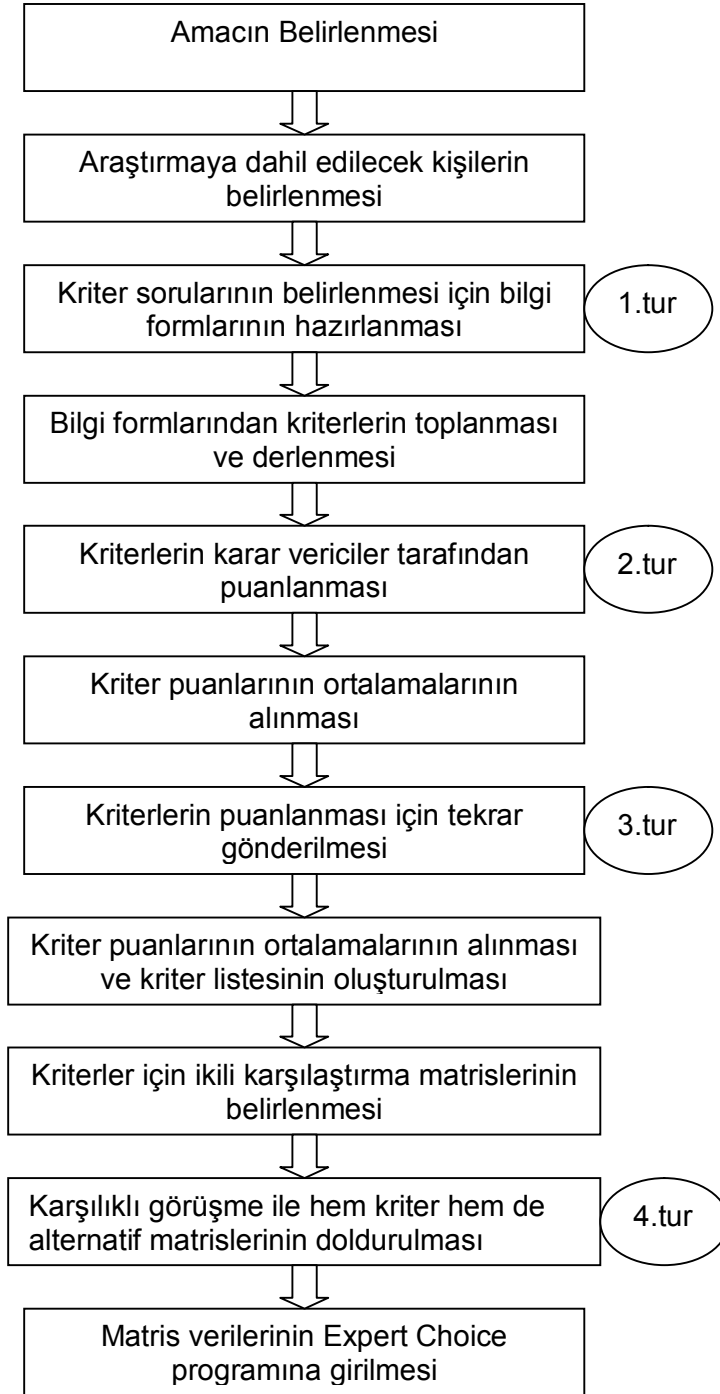
3.1.2.4.Dördüncü Tur: Karşılaştırma Matrislerinin Yapılması

Bu kriterlerin her biri için karşılaştırma matrisi hazırlanmış ve karar vericilerle karşılıklı görüşme yoluyla doldurulmuştur. Teknik özellikler ve servis kriterlerinin çok geniş olması, programa kolay girilebilmesi ve daha anlamlı olması için karar vericilerin de görüşü alınarak ikiye bölünmüştür. Teknik özellikler **mikro** ve **makro**; servis kriteri de **servisin etkinliği** ve **servisin yeterliliği** olmak üzere kategorize edilmiştir.

Ayrıca alternatiflerin de her kriter bazında karar vericiler tarafından karşılaştırılıp, bunların ikili karşılaştırma matrislerinde yazılması gerekmektedir. Önce kriterlerin karşılaştırılması EK-5'teki formlar aracılığıyla yapılmıştır. Her karar vericiyle karşılıklı görüşme yoluyla matrisler doldurulmuştur. Daha sonra sanayiye yönelik CNC torna tezgahı ve eğitime yönelik CNC torna tezgahının her bir kriter bazında değerlendirilmesi için, Ek-6'daki formlar, elektronik posta aracılığıyla karar vericilere gönderilmiştir.

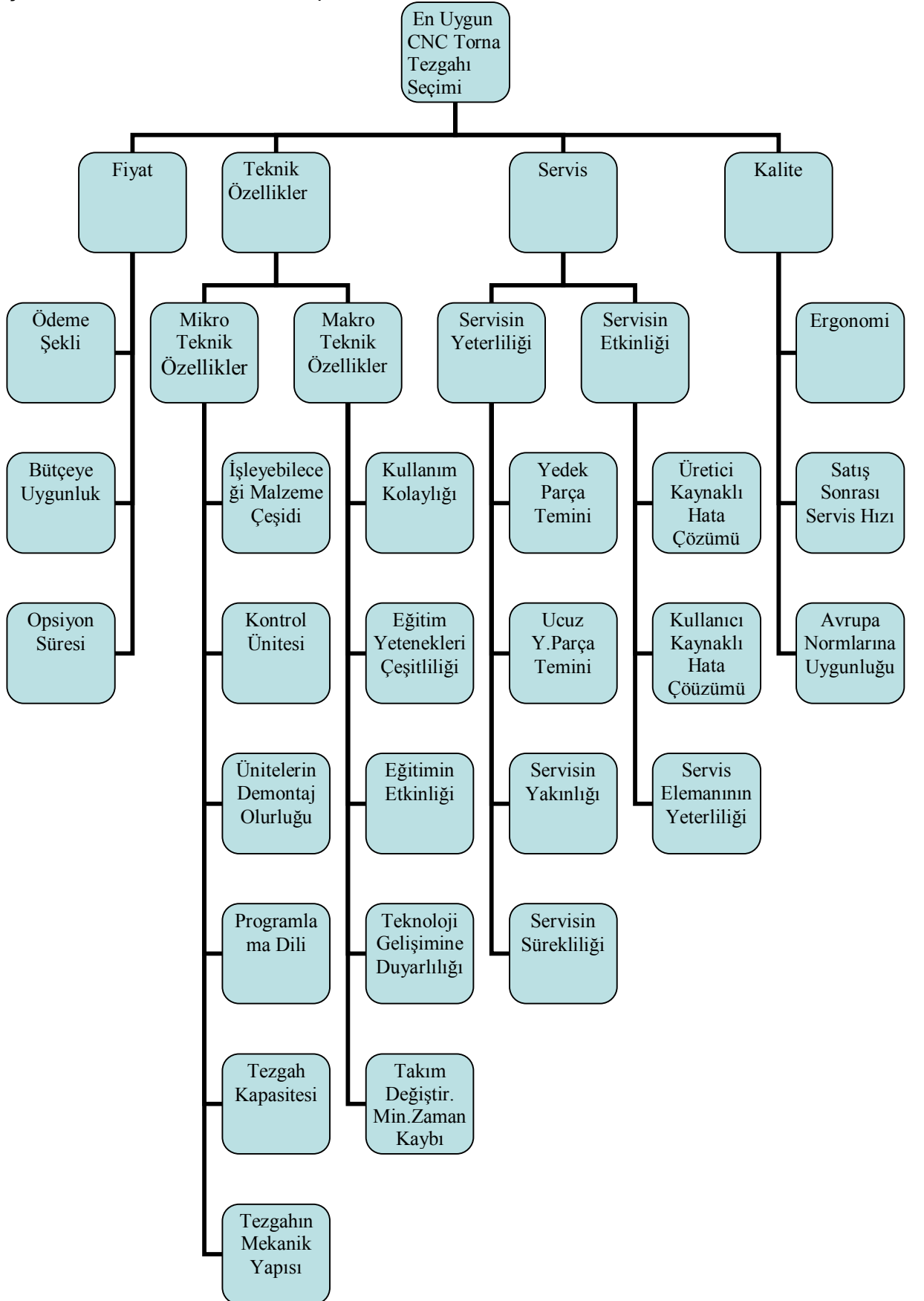
Buraya kadar gerçekleştirilen aşamalar şekil 30'daki gibi özetlenebilir:

Şekil 30: Delphi Tabanlı AHS'nin Uygulama Aşamaları



Amaç, kriterler, alternatifler ve matrislerden elde edilen veriler, EC Sürüm 11 programına girilmiştir. Programdan elde edilen hiyerarşik görünüm şekil 31'deki gibidir:

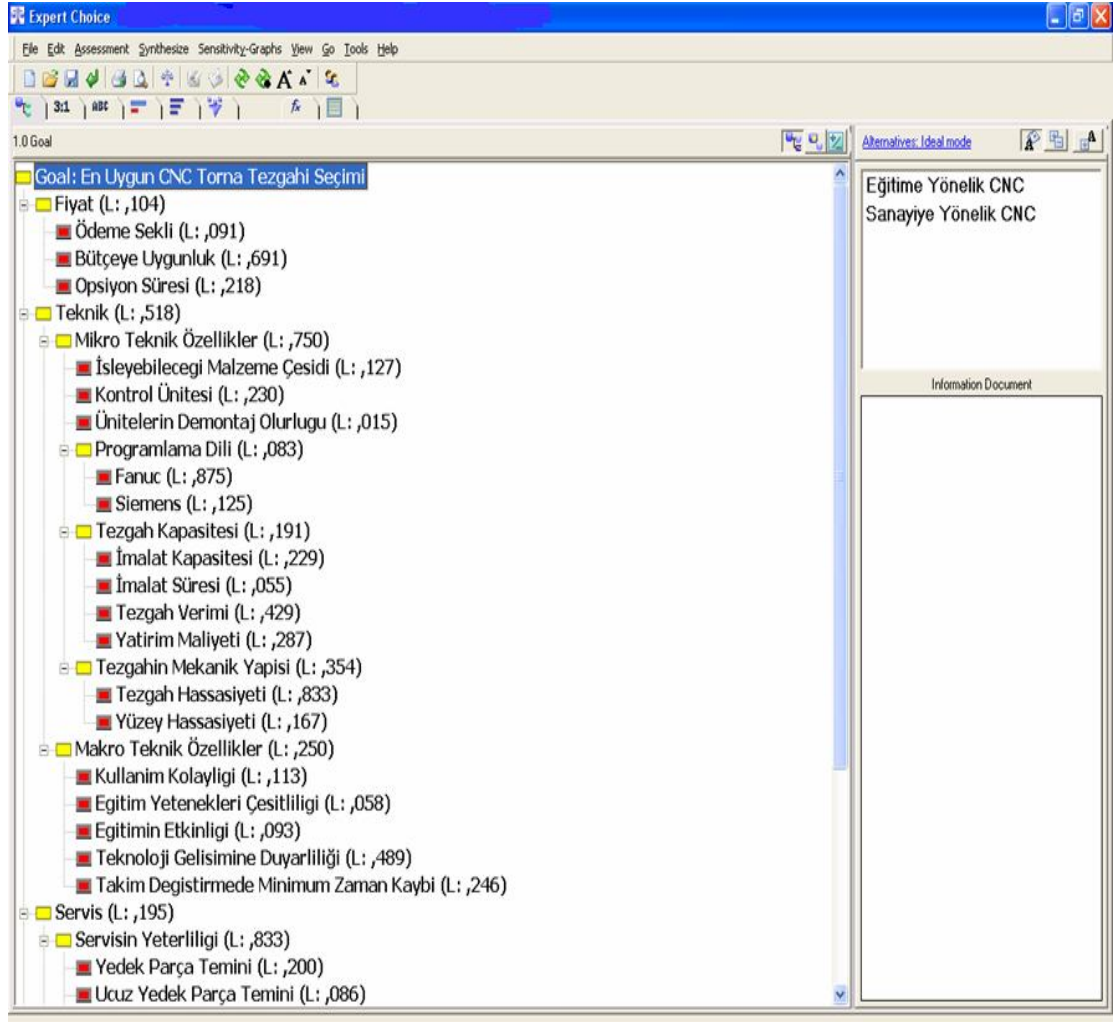
Şekil 31: AHS Modelinin Ana Yapısı



3.1.3.Kriterlerin Karşılaştırılması

Expert Choice kriterlerin ve kriterler ile alternatiflerin karşılaştırılmasında çeşitli seçenekler sunmaktadır. Bunlar sözel, sayısal ve grafik seçenekleridir. Karar verici ikili karşılaştırmaları yaparken kararlara ilişkin sayıları girdiğinde, bu sayılar doğrudan ağırlıkları hesaplamak için kullanılmaktadır. (Bayazıt,2001:198) Karar vericilerle kurulan irtibat dahilinde, belirtmiş oldukları sözel yargılar sayısal olarak formlar aracılığıyla, her biri için ayrı ayrı programa girilmiştir. Programa girilen verilerin ekran görüntüsü şu şekildedir:

Şekil 32: Kriter ve Alt Kriterlerin Expert Choice'daki Görüntüsü



Program, tutarsızlığın 0,10'u geçmesi halinde bunu belirtmektedir. Böyle durumlarda karar vericiyle görüşülüp, kararlarını gözden geçirmeleri sağlanmıştır. Tablo 16'da tutarsızlığı belirlenmiş ana kriter karşılaştırmasının düzeltilmesi örneği

görülmektedir. Karar vericinin gözden geçirme öncesi ana kriter karşılaştırma matrisi ise Tablo 18.a'daki gibidir. Karar vericinin yargı sıralaması teknik özellikler>kalite>servis>fiyat iken, değerlendirme sırasında servisi kaliteden önemli göstermiştir. Gözden geçirme sırasında bu durum fark edilince reverse yapılmış, ayrıca karar verici teknik özelliklerin kaliteden önemini bir derece daha artırmaya karar vermiştir. Bu durumda tutarsızlık oranı 0,34'ten 0,08'e inmiştir (Tablo 18.b).

Tablo 18: Yargıların Tutarsızlığının Giderilmesi Tablosu

		Fiyat	Teknik	Servis	Kalite
a	Fiyat		3,0	1,0	5,0
	Teknik			5,0	4,0
	Servis				3,0
	Kalite	Incon: 0,34			
		Fiyat	Teknik	Servis	Kalite
b	Fiyat		3,0	1,0	5,0
	Teknik			5,0	3,0
	Servis				3,0
	Kalite	Incon: 0,08			

Beş karar verici için de bütün karşılaştırmalar yapıldıktan sonra bulunan öncelik vektörleri tablo 19'de verilmiştir:

Tablo 19: Karar Vericilerin Öncelik Değerleri Tablosu

		Priority	Value	
Birinci Karar Verici	Fiyat	0,910009	0,1001	
	Teknik	0,3651187	0,5119	
	Servis	0,241E-02	0,0932	
	Kalite	0,4802948	0,2948	
	Total	1	1,0000	
İkinci Karar Verici	Fiyat	0,03919	0,0392	
	Teknik	0,47861	0,4786	
	Servis	0,15536	0,1554	
	Kalite	0,32684	0,3268	
	Total	1	1,0000	
Üçüncü Karar Verici	Fiyat	0,09266	0,0927	
	Teknik	0,41492	0,4149	
	Servis	0,14597	0,1460	
	Kalite	0,34645	0,3465	
	Total	1	1,0000	

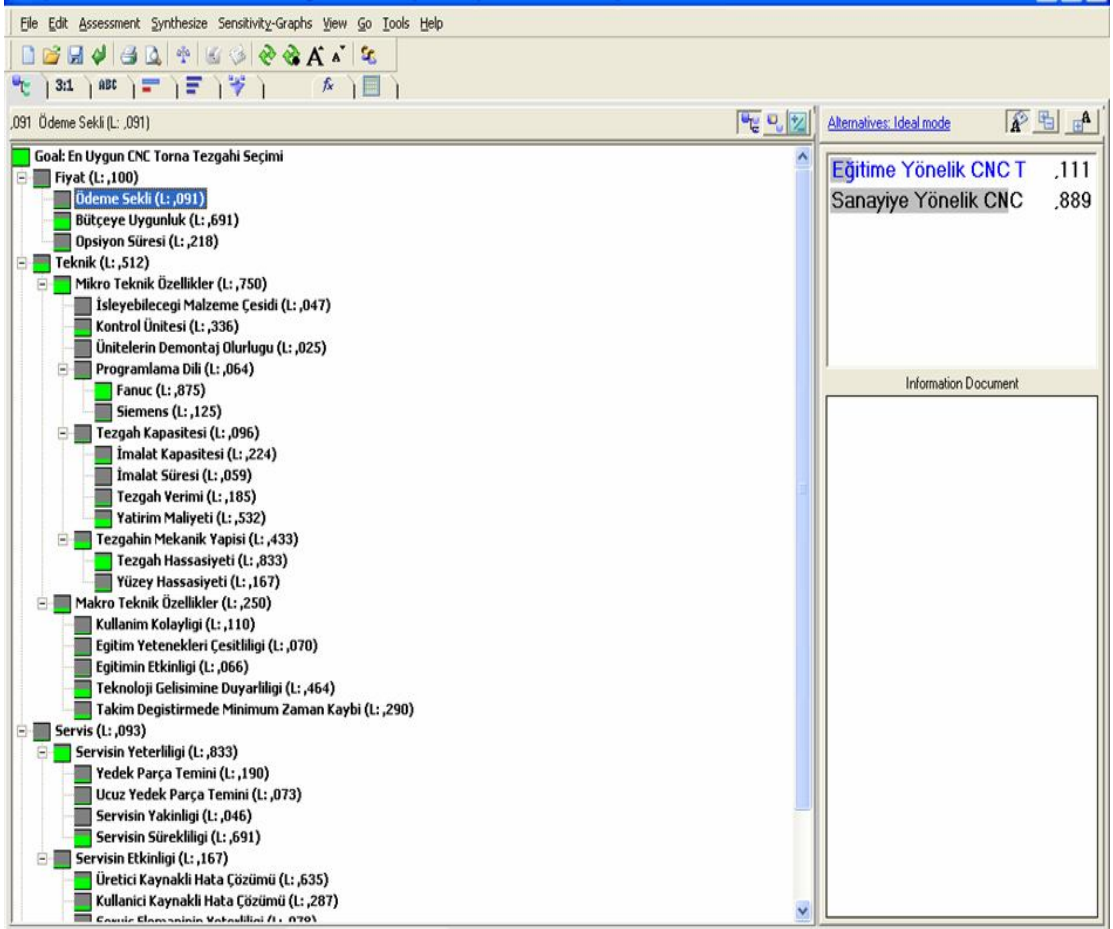
Dördüncü Karar Verici		Priority	Value	
	Fiyat	991E-02	0,0590	
	Teknik	3864709	0,6471	
	Servis	1510315	0,1032	
	Kalite	7719077	0,1908	
	Total	1	1,0000	

Beşinci Karar Verici		Priority	Value	
	Fiyat	3201808	0,1808	
	Teknik	129E-02	0,0751	
	Servis	509E-02	0,0645	
	Kalite	4367956	0,6796	
	Total	1	1,0000	

3.1.4. Alternatiflerin Karşılaştırılması

Bütün kriter ve alt kriterler önem dereceleri bakımından birbirleriyle karşılaştırıldıktan sonra, alternatifler kriterlere göre karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sırasında hangi alternatifin hangi kriter açısından daha tercih edilebilir olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır. Karar vericilere örneğin fiyat ana kriteri altında ödeme şekli alt kriteri açısından Makine Atölyesi'ne eğitime yönelik bir CNC tezgahı mı yoksa sanayiye yönelik bir CNC torna tezgahı tercih edilmelidir sorusu sorulmuştur. Bu soru diğer tüm kriter ve alt kriterler için de sorulmuştur. EK-6'daki form aracılığıyla sözel ifadeler sayısal ifadelerle dönüştürülerek programa girilmiştir. Veriler programa girildiğinde şekil 33'teki görünüm elde edilmiştir:

Şekil 33: Alternatif Karşılaştırmaları Sonucu Alternatifin Belirlenmesi



Örnek olarak tablo 20’de fiyat kriterinin alt kriteri olan ödeme şekli için alternatif karşılaştırılması yapılmış ve karar verici için sanayiye yönelik CNC torna tezgahı daha çok tercih edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.

Tablo 20: Alternatif Karşılaştırma Tablosu

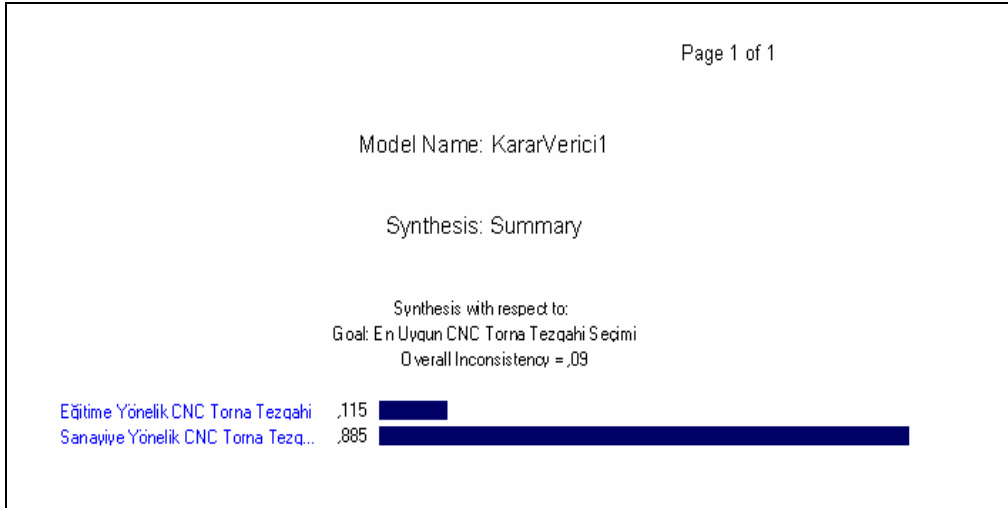
Compare the relative preference with respect to: Fiyat \ Ödeme Şekli		
	Eğitime Yö	Sanayiye \
Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahi		8,0
Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgahi	Incon: 0,00	

Bu paralellikte diğer kriter ve alt kriterler için de aynı karşılaştırmalar yapılmıştır.

3.1.5.Final Sonuçlarının Değerlendirilmesi

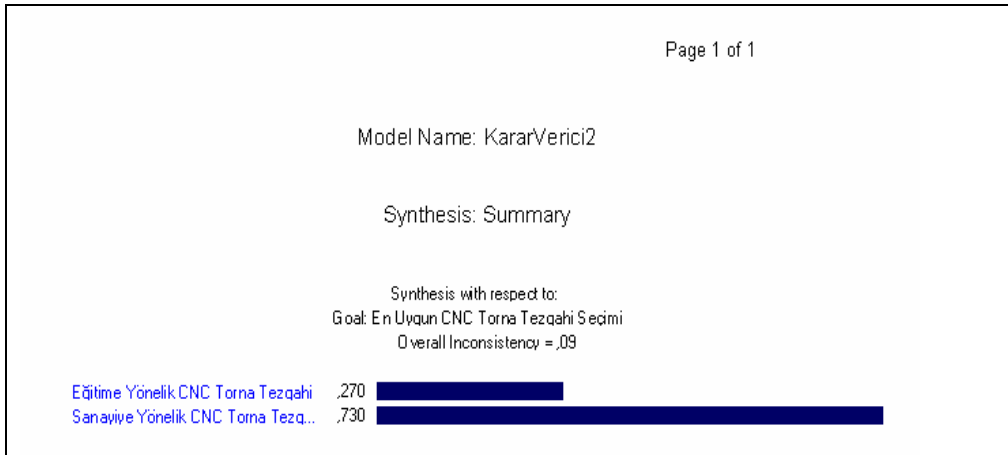
Bu karşılaştırmalar sonucunda, Expert Choice alternatifleri puanlayarak karar vericinin tercihini belli etmiştir.

Tablo 21: Birinci Karar Vericinin Final Sonuçları



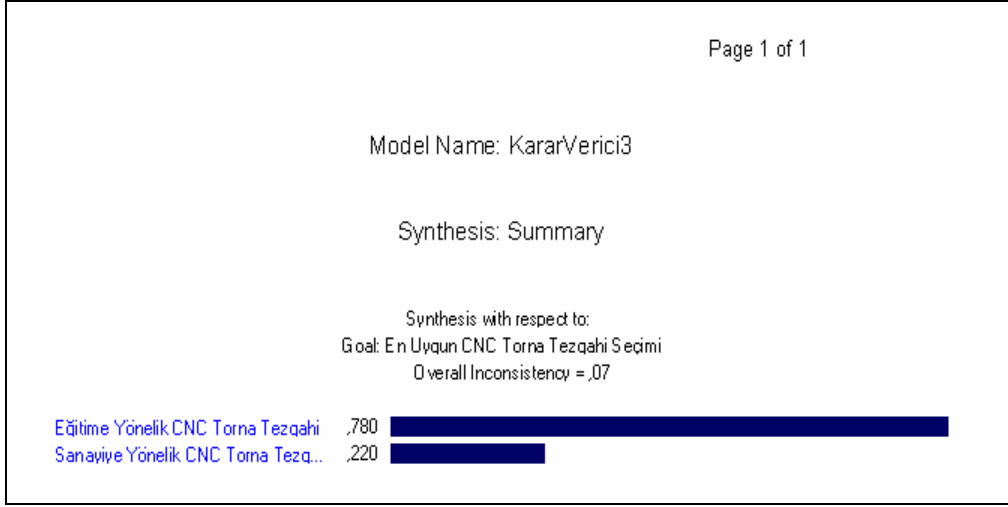
Birinci karar vericinin yargılarının sentezi şu şekildedir: 0,09 oranında tutarlı olarak, Makine Atölyesi'ne uygun olan CNC torna tezgahı %89 oranında sanayiye yönelik olmalıdır.

Tablo 22: İkinci Karar Vericinin Final Sonuçları



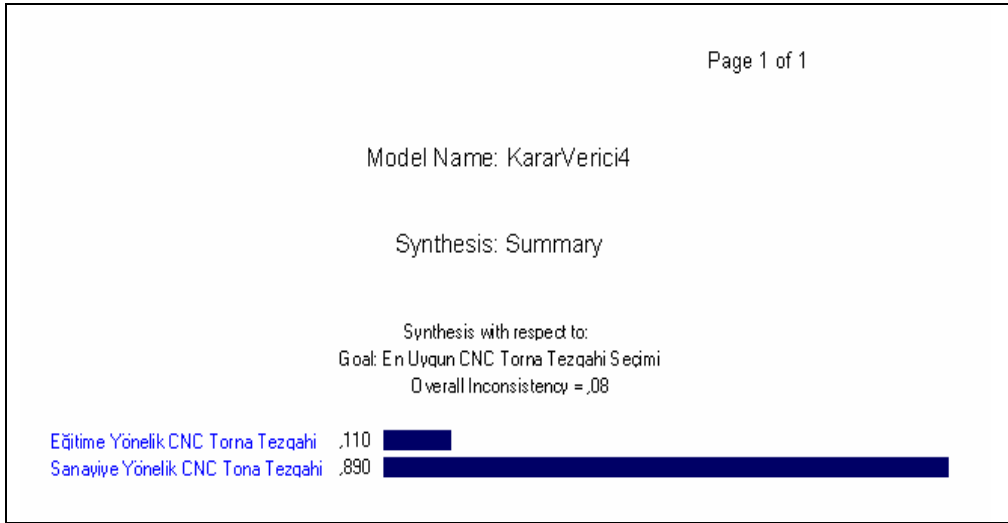
İkinci karar vericinin sentezlenen yargıları sonucunda, 0,09 oranında tutarlı olarak, Makine Atölyesi'ne uygun olan CNC torna tezgahı %73 oranında sanayiye yönelik olmalıdır.

Tablo 23: Üçüncü Karar Vericinin Final Sonuçları



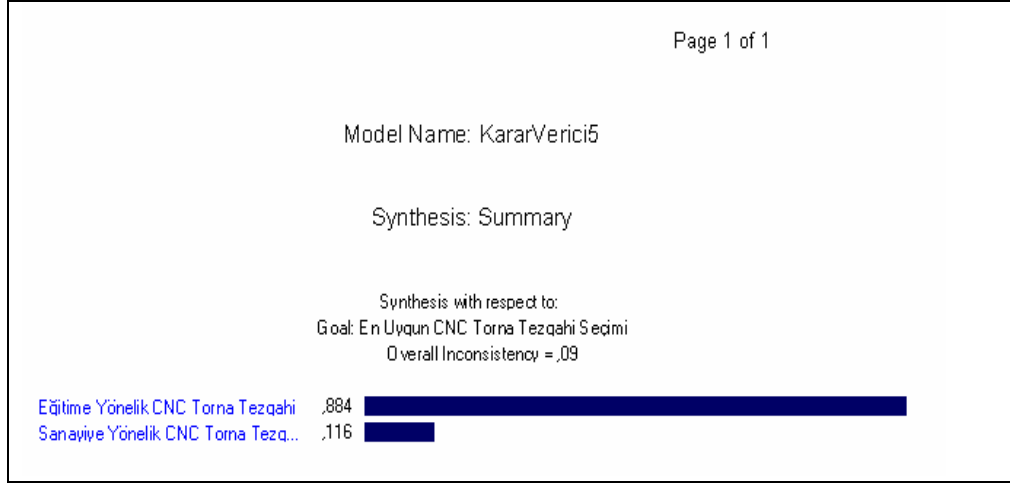
Üçüncü karar vericinin sentezlenen yargıları sonucunda, 0,07 oranında tutarlı olarak, Makine Atölyesi'ne uygun olan CNC torna tezgahı %78 oranında eğitime yönelik olmalıdır.

Tablo 24: Dördüncü Karar Vericinin Final Sonuçları



Dördüncü karar vericinin sentezlenen yargıları sonucunda, 0,08 oranında tutarlı olarak, Makine Atölyesi'ne uygun olan CNC torna tezgahı %89 oranında sanayiye yönelik olmalıdır.

Tablo 25: Beşinci Karar Vericinin Final Sonuçları



Beşinci karar vericinin sentezlenen yargıları sonucunda, 0,09 oranında tutarlı olarak, Makine Atölyesi'ne uygun olan CNC torna tezgahı %88 oranında eğitime yönelik olmalıdır.

Karar vericilerin her biri alanında uzman olduklarından, yargıların değil sadece final sonuçlarının geometrik ortalaması alınarak grup kararı elde edilmiştir:

$$Z_i = [a_{i1} * a_{i2} * \dots * a_{ij}]^{1/n}, j = 1,2,\dots,n. \quad (2.8.)$$

Tablo 26: Grup Kararının Elde Edilme Tablosu

	1	2	3	4	5	Ortalama
Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahı	0,115	0,27	0,78	0,11	0,884	0,298126
Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgahı	0,885	0,73	0,22	0,89	0,116	0,429841

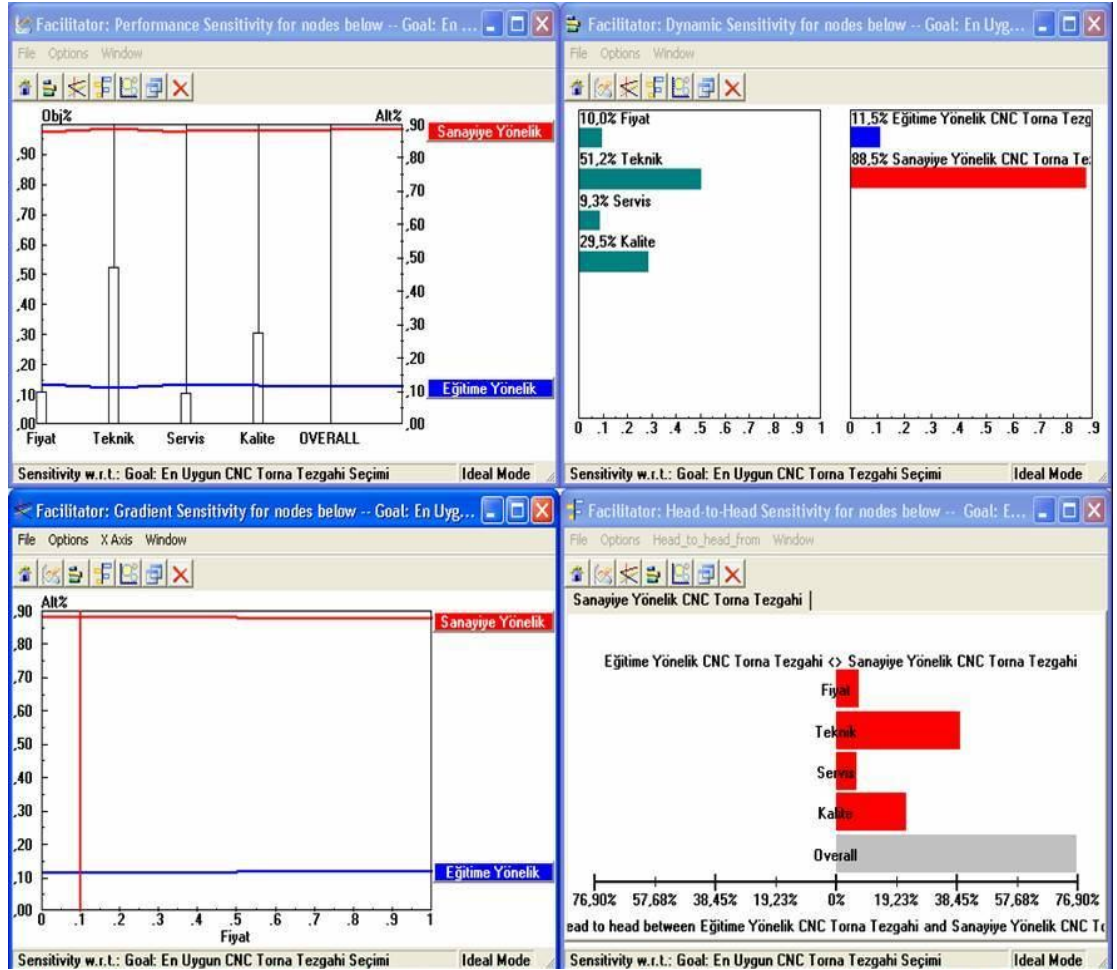
Bu sonuca göre DEÜ İMYO Makine Atölyesine % 42,9 grup kararıyla sanayiye yönelik CNC Torna tezgahı alınmalıdır.

3.1.6. Duyarlılık Analizleri ve Yorumları

Expert Choice programında performans, dinamik, eğim (gradient) ve başabaş (head to head) duyarlılıklarını gösteren dört tane grafik vardır. Bu grafikler dörtlü olarak aynı pencerede gösterilebilmektedir.

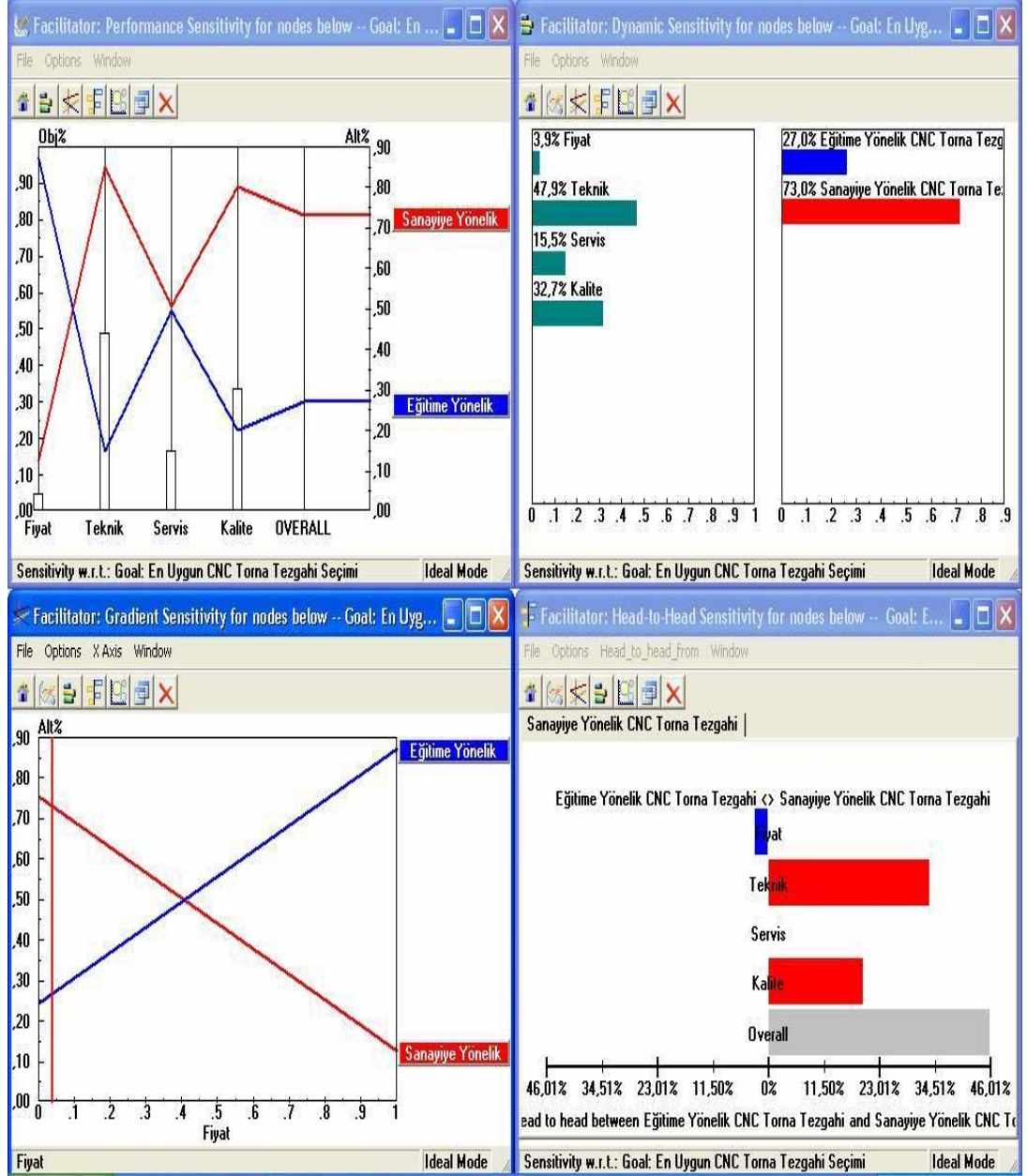
Şekil 34'te her karar verici için belirtilmiş dört duyarlılık grafiğinden ilki; sol üst köşede yer alan **performans duyarlılığı** grafiğidir. Herhangi bir kriterin değeri değiştirildiğinde, otomatik olarak diğer kriter ve alternatiflerde oluşan değişimler eş zamanlı olarak görülmektedir. Sol alt köşedeki tablo **eğim duyarlılığı** grafiğidir. Bu grafik, kriter bazında alternatiflerin birbiriyle olan ilişkisini göstermektedir. Sağ üst köşede bulunan grafik, **dinamik duyarlılığı** grafiğidir. Sağ alt köşedeki **başa baş duyarlılığı** grafiği de seçilen iki alternatifin kriter öncelik değerlerinde oluşacak değişikliklerin, birbirlerine göre karşılaştırmasını belirtmektedir.

Şekil 34: Birinci Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri



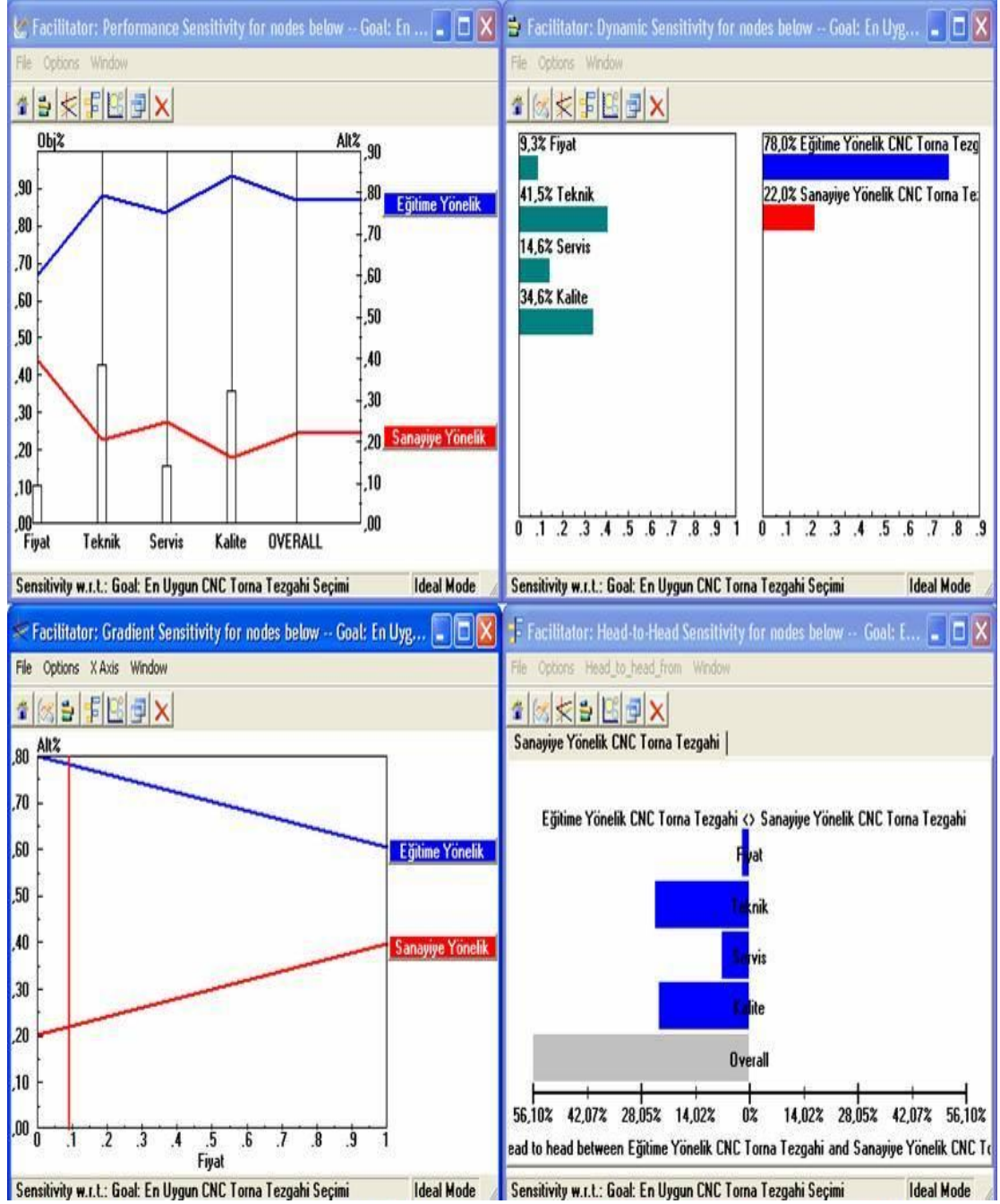
Birinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 51,2, kalite %29,5, fiyat %10, servis % 9,3 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler>kalite>fiyat>servis'tir.

Şekil 35: İkinci Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri



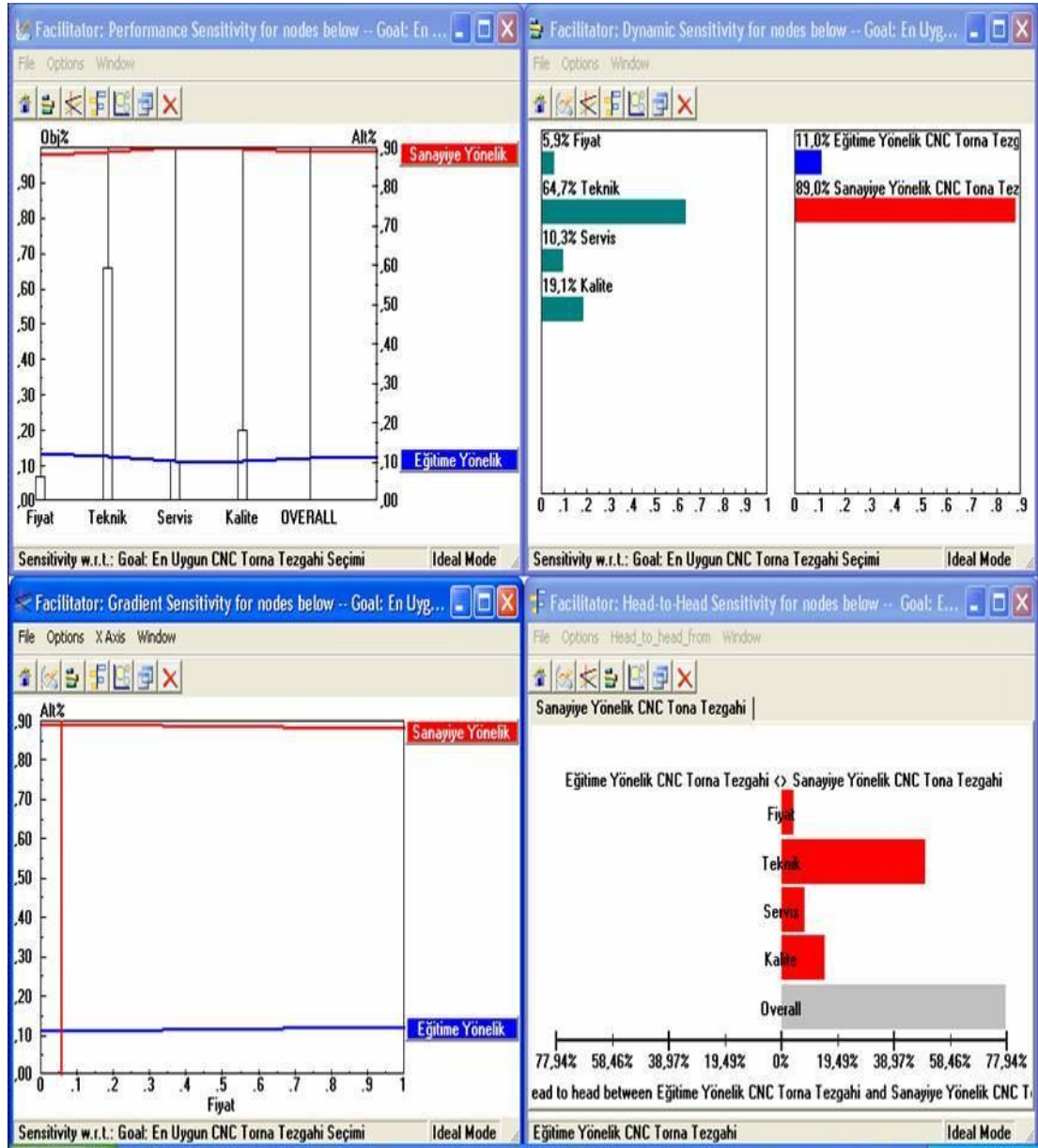
İkinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri sırasıyla teknik özellikler %47,9, kalite %32,7, servis %15,5, fiyat %3,9 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler>kalite>servis>fiyat'tır.

Şekil 36: Üçüncü Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri



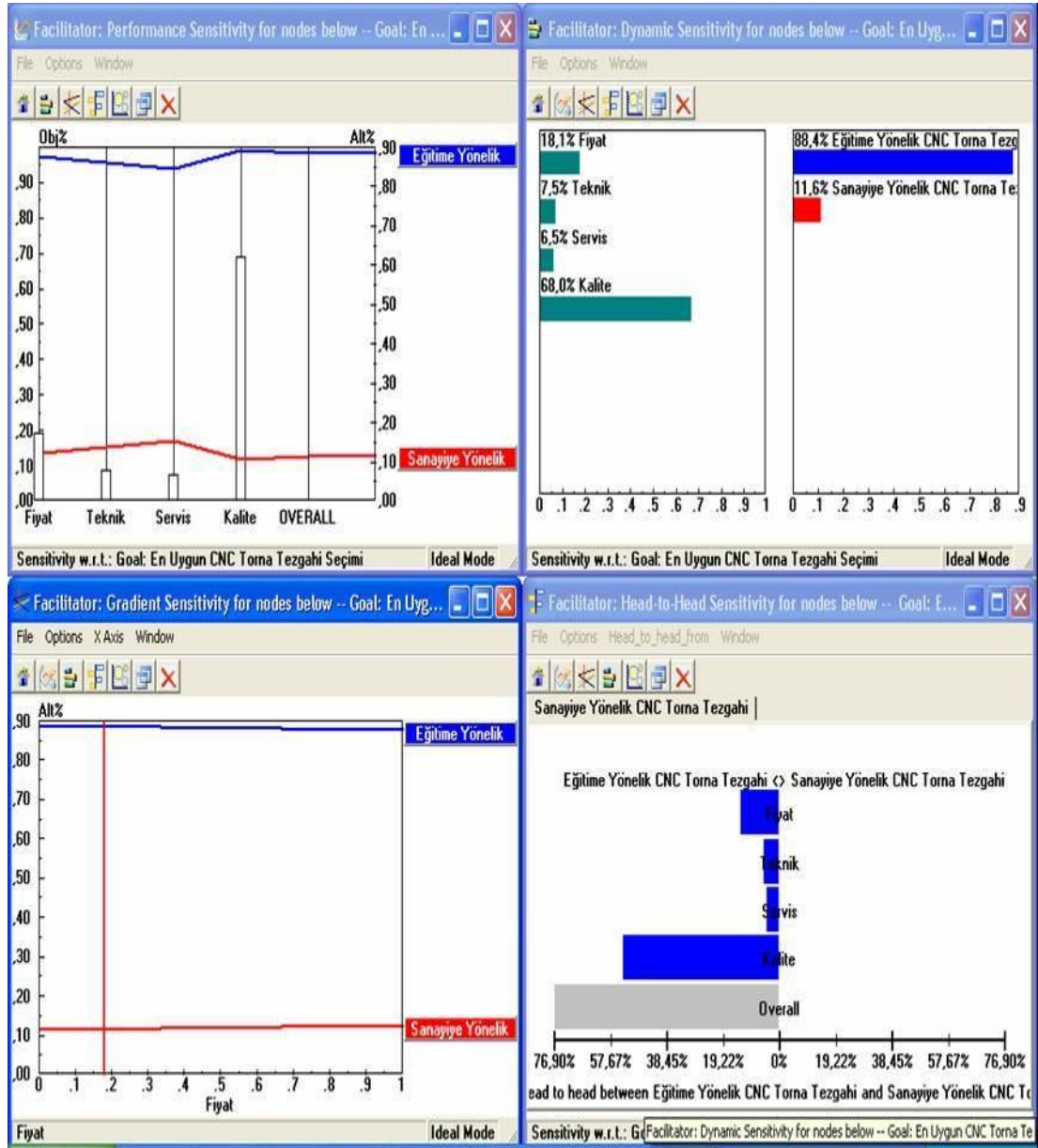
Üçüncü karar vericinin öncelik vektörü değerleri sırasıyla fiyat %9,3, teknik özellikler %41,5, servis %14,6, kalite %34,6 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler>kalite>servis>fiyat'tır.

Şekil 37: Dördüncü Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri



Dördüncü karar vericinin öncelik vektörü değerleri sırasıyla fiyat %5,9, teknik özellikler %64,7, servis %10,3, kalite %19,1 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler>kalite>servis>fiyat'tır.

Şekil 38: Beşinci Karar Vericinin Duyarlılık Grafikleri

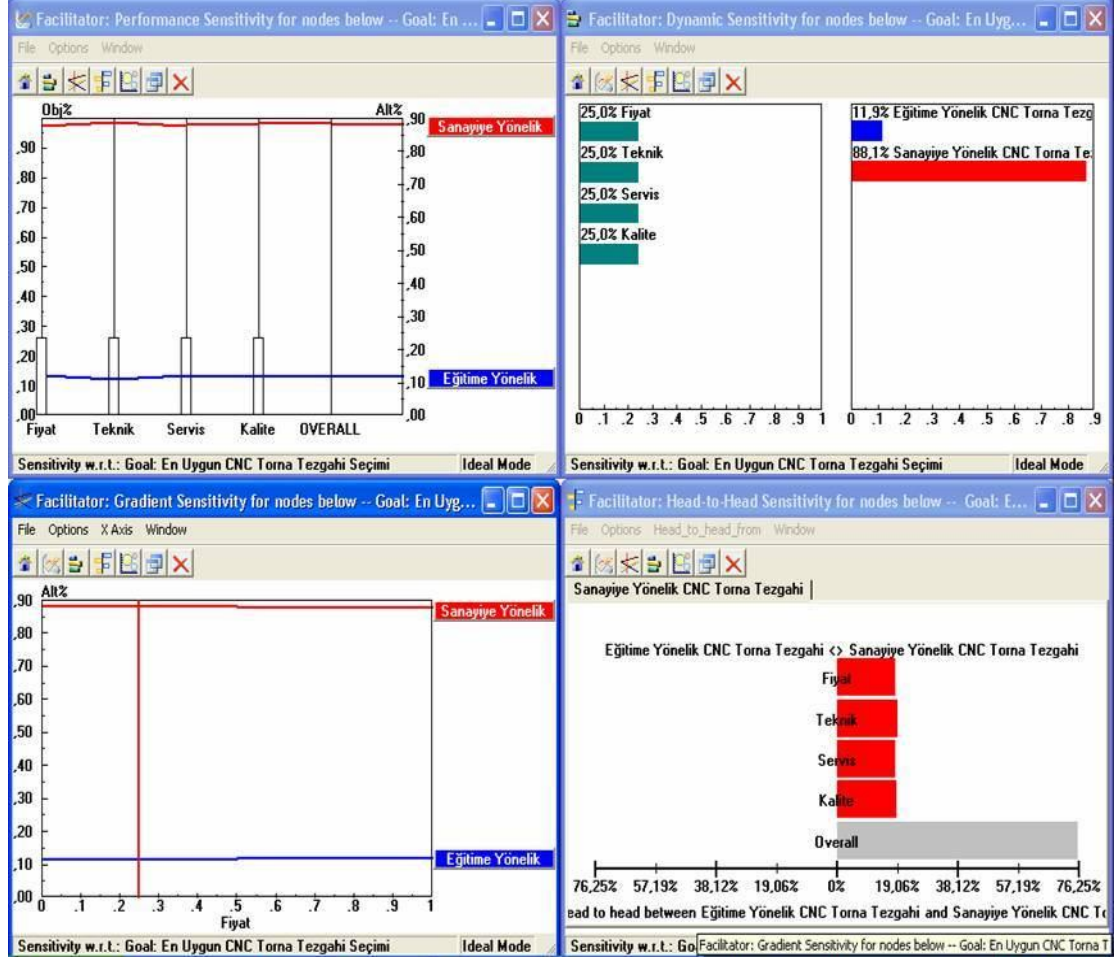


Beşinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri sırasıyla fiyat %18,1, teknik özellikler %7,5, servis %6,5, kalite %68,0 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası kalite>fiyat>teknik özellikler>servis'tir.

Yukarıda sırasıyla verilen duyarlılık analizlerinde karar vericilerin öncelik vektör değerleri birbirinden farklı olarak bulunmuştur. Duyarlılık analizlerinde farklı senaryolar sayesinde, kriterlerin önem değerlerinde meydana gelebilecek değişimlerle, alternatiflerde ne gibi bir değişim olduğu gözlemlenebilmektedir. Bu

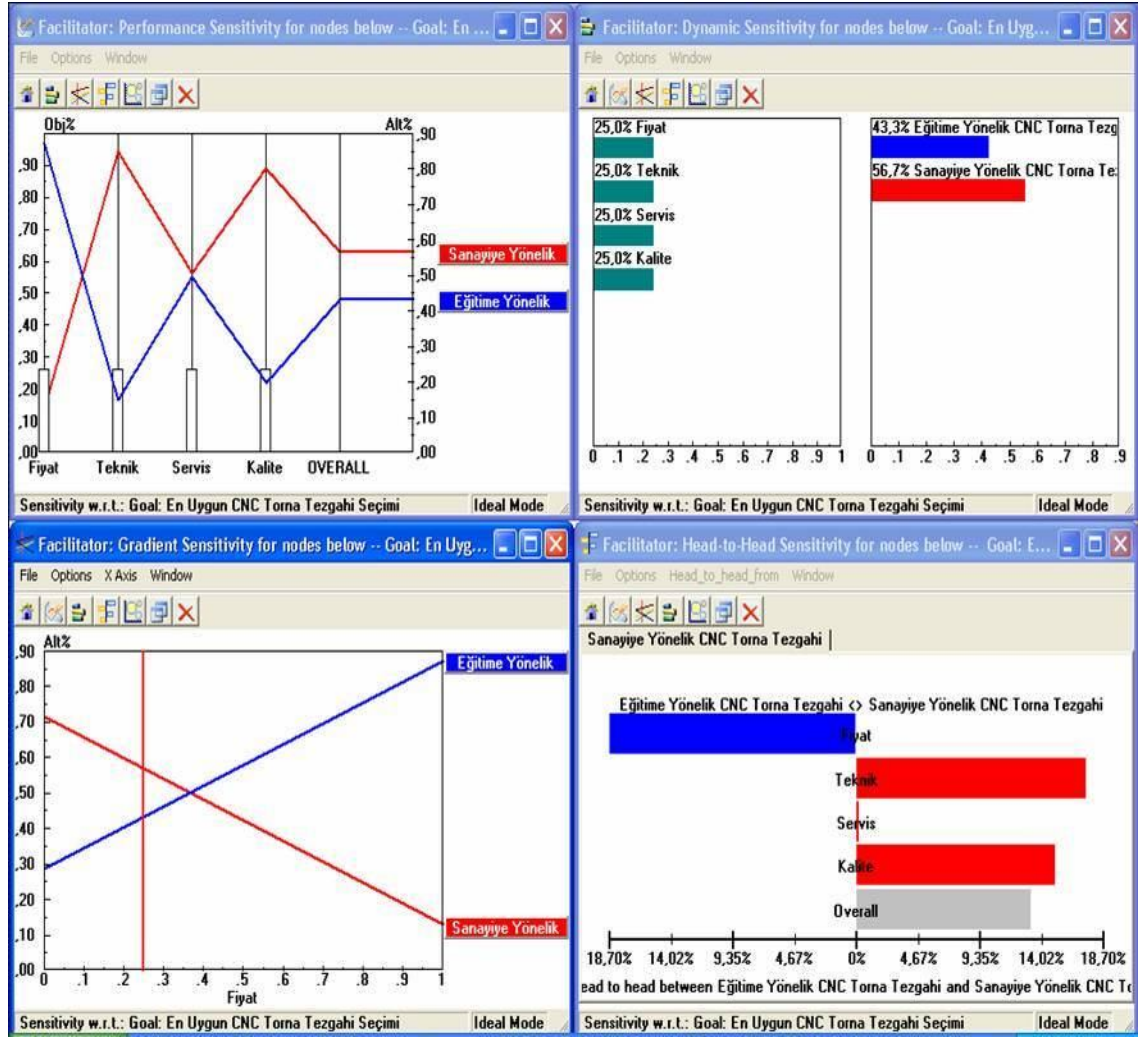
amaçla iki senaryo kurgulanmıştır: Senaryo 1 karar vericilerin kriter önem düzeylerini eş değerde olduğunu farz etme üzerinedir. Bu durumda, karar vericilerin duyarlılık analizleri şu şekilde değişmiştir:

Şekil 39: Birinci Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu.



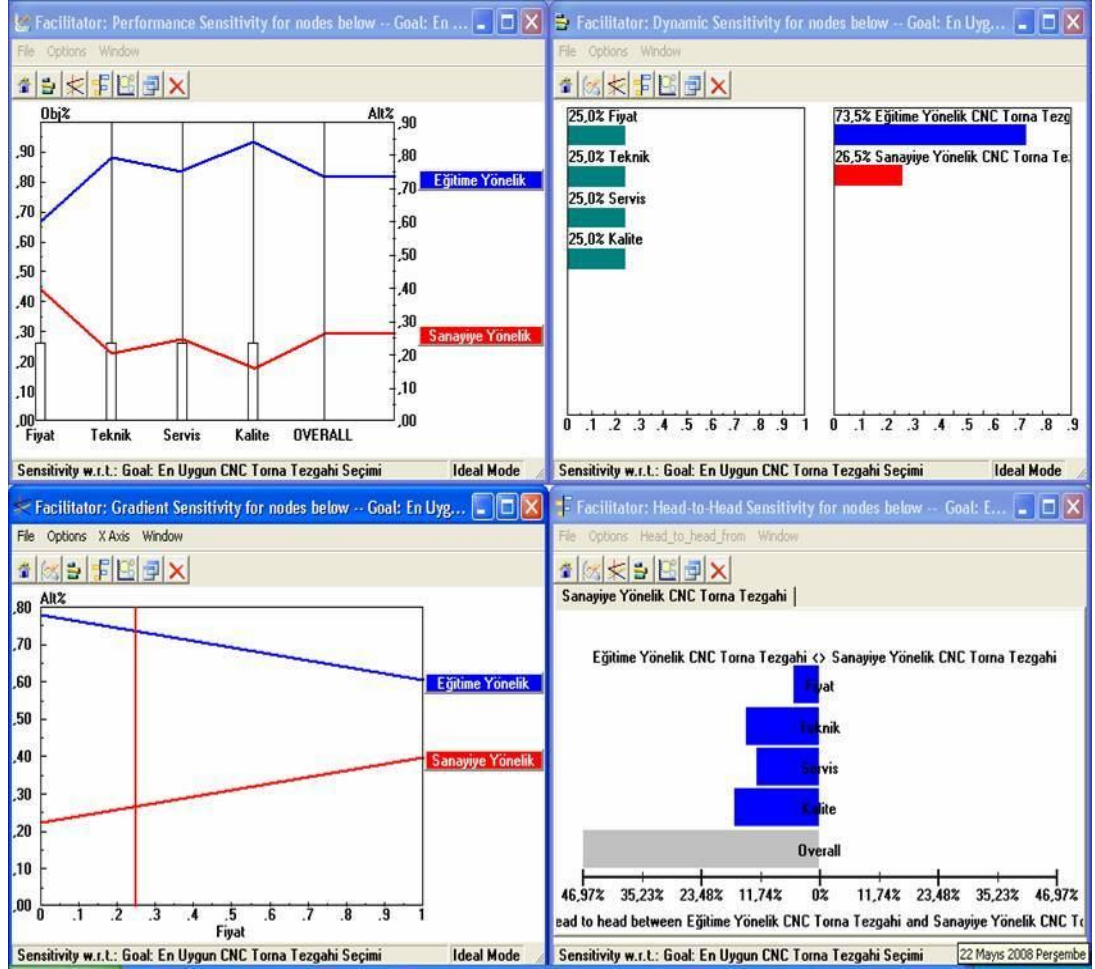
Birinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 25, kalite %25, fiyat %25, servis % 25 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler=kalite=fiyat=servis'tir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %11,9, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %88,1 olmuştur. Bu senaryoyla eğitime yönelik CNC torna tezgahına kayma çok az olmuştur.

Şekil 40: İkinci Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu.



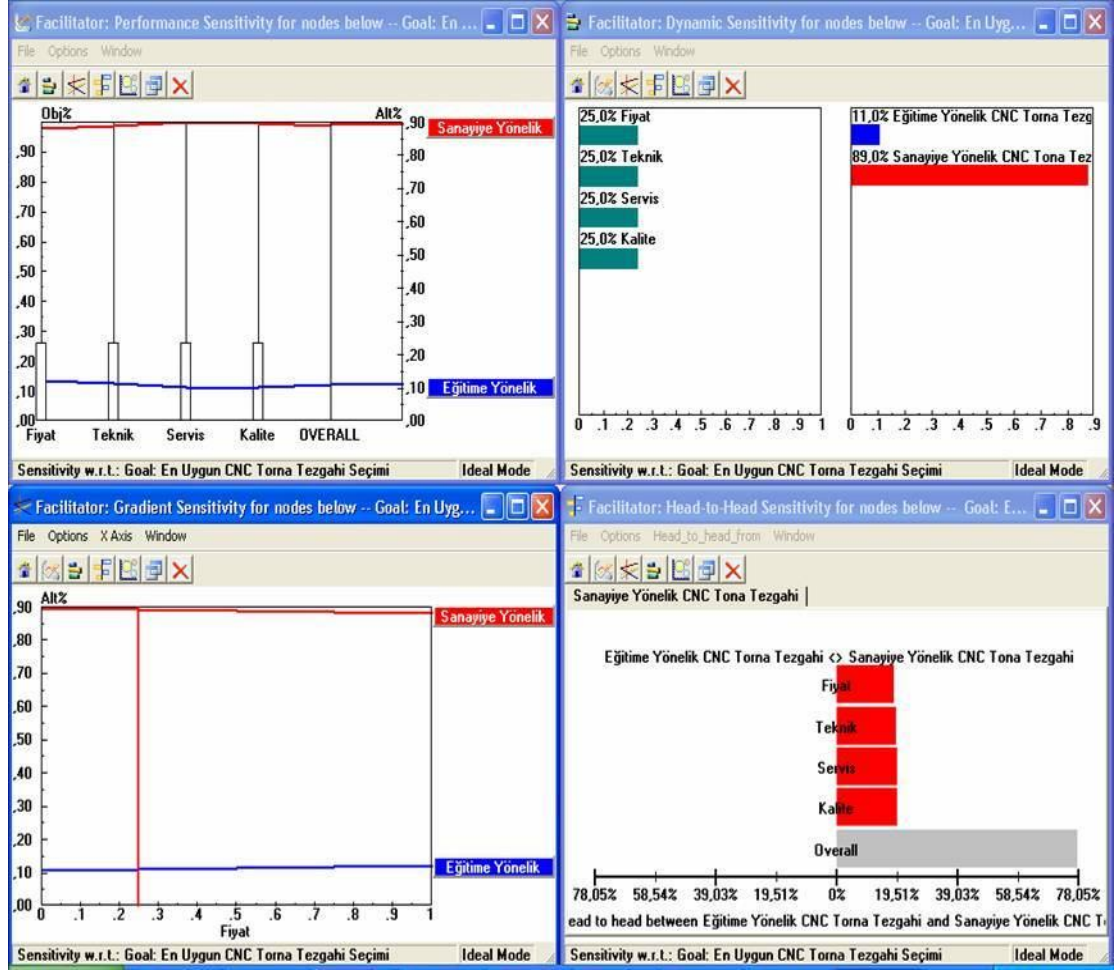
İkinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 25, kalite %25, fiyat %25, servis % 25 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler=kalite=fiyat=servis'tir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %43,3, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %56,7 olmuştur. Bu senaryoyle iki alternatif arasındaki tercih oranı birbirine yaklaşmıştır.

Şekil 41: Üçüncü Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu.



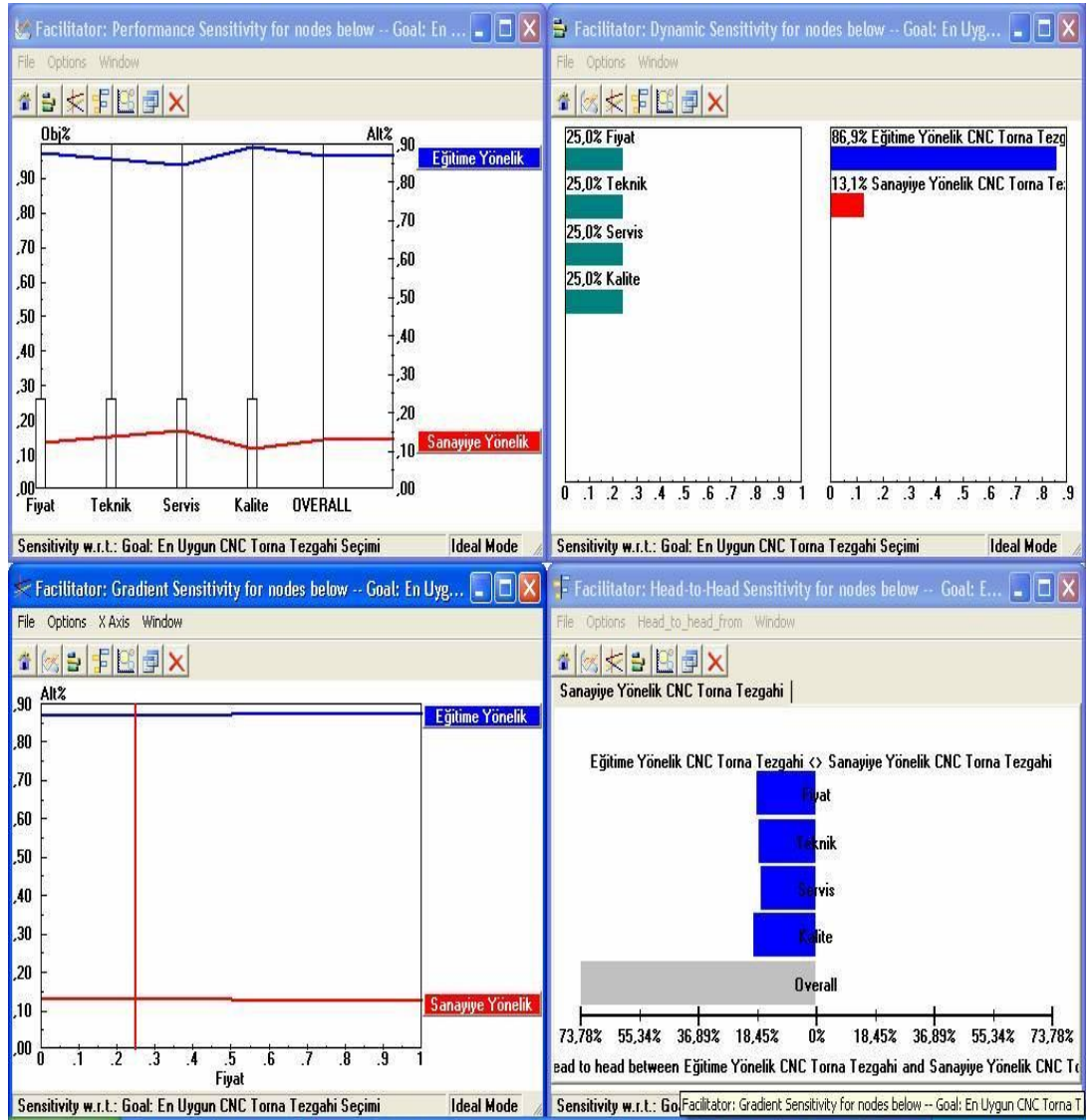
Üçüncü karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 25, kalite %25, fiyat %25, servis % 25 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler=kalite=fiyat=servis'tir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %73,5, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %26,5 olmuştur. Bu senaryoyle sanayiye yönelik CNC torna tezgahına çok az bir kayma olmuştur.

Şekil 42:Dördüncü Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu.



Dördüncü karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 25, kalite %25, fiyat %25, servis % 25 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler=kalite=fiyat=servis'tir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %11, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %89 olmuştur. Bu senaryoyla çok ilginç olarak bir değişim olmamıştır.

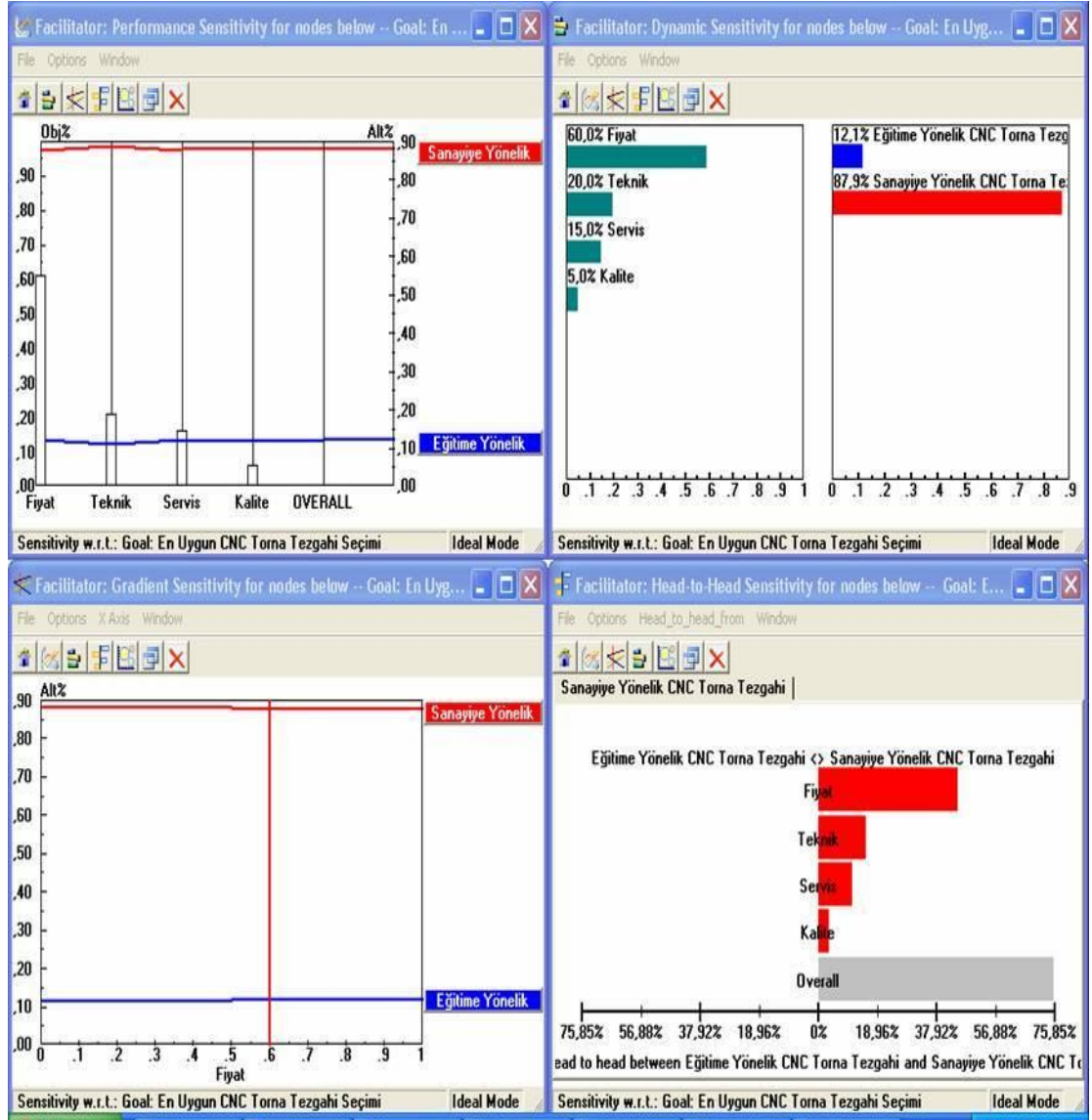
Şekil 43: Beşinci Karar Vericinin Senaryo 1'e Göre Değişen Tablosu



Beşinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 25, kalite %25, fiyat %25, servis % 25 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası teknik özellikler=kalite=fiyat=servis'tir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %86,9, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %13,1 olmuştur. Bu senaryoyle sanayiye yönelik CNC torna tezgahına çok az bir kayma olmuştur.

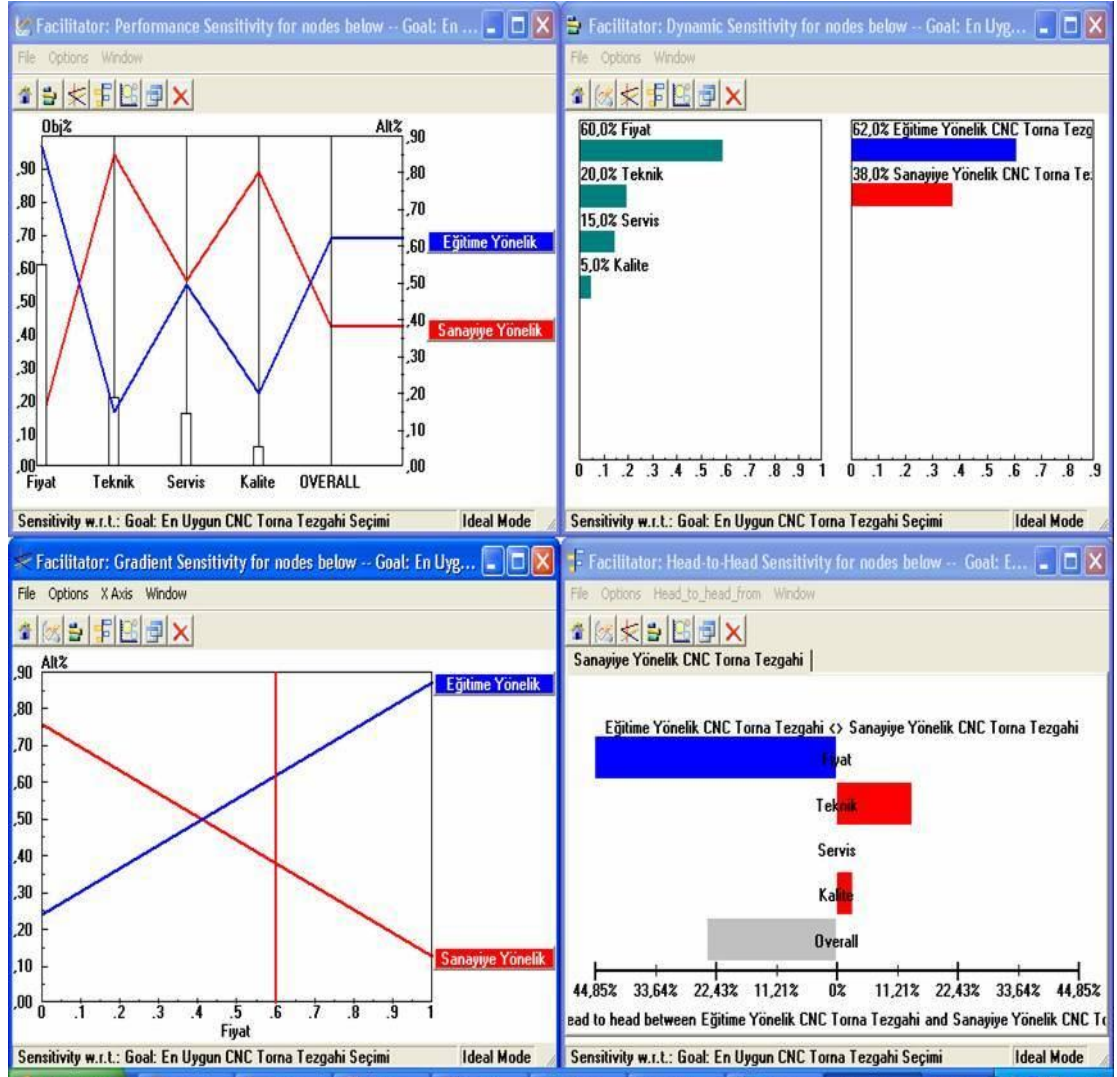
Senaryo 2 ise, bütün karar vericilerin fiyatı %60, teknik özellikleri %20, servisi %15 ve kaliteyi de %05 oranında önemsemesi üzerine kurgulanmıştır. Bu senaryoya göre elde edilen duyarlılık analizleri şu şekilde gösterilmiştir:

Şekil 44: Birinci Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu



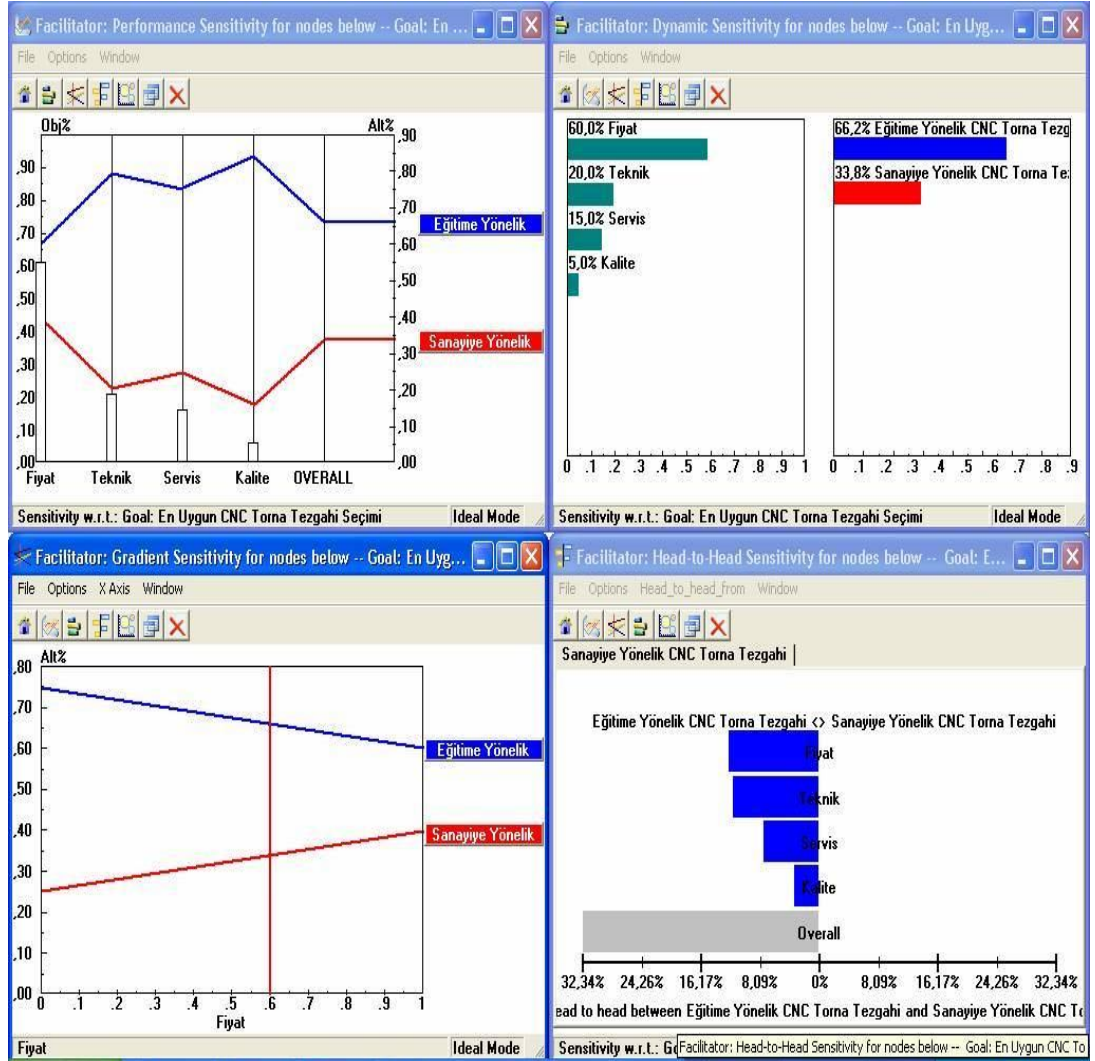
Birinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 20, kalite %05, fiyat %60, servis % 15 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası fiyat>teknik özellikler>servis>kalite'dir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifini %12,1, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifini ise %87,9 olmuştur. Bu senaryo ile eğitime yönelik CNC torna tezgahına biraz daha kayma olmuştur.

Şekil 45: İkinci Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu



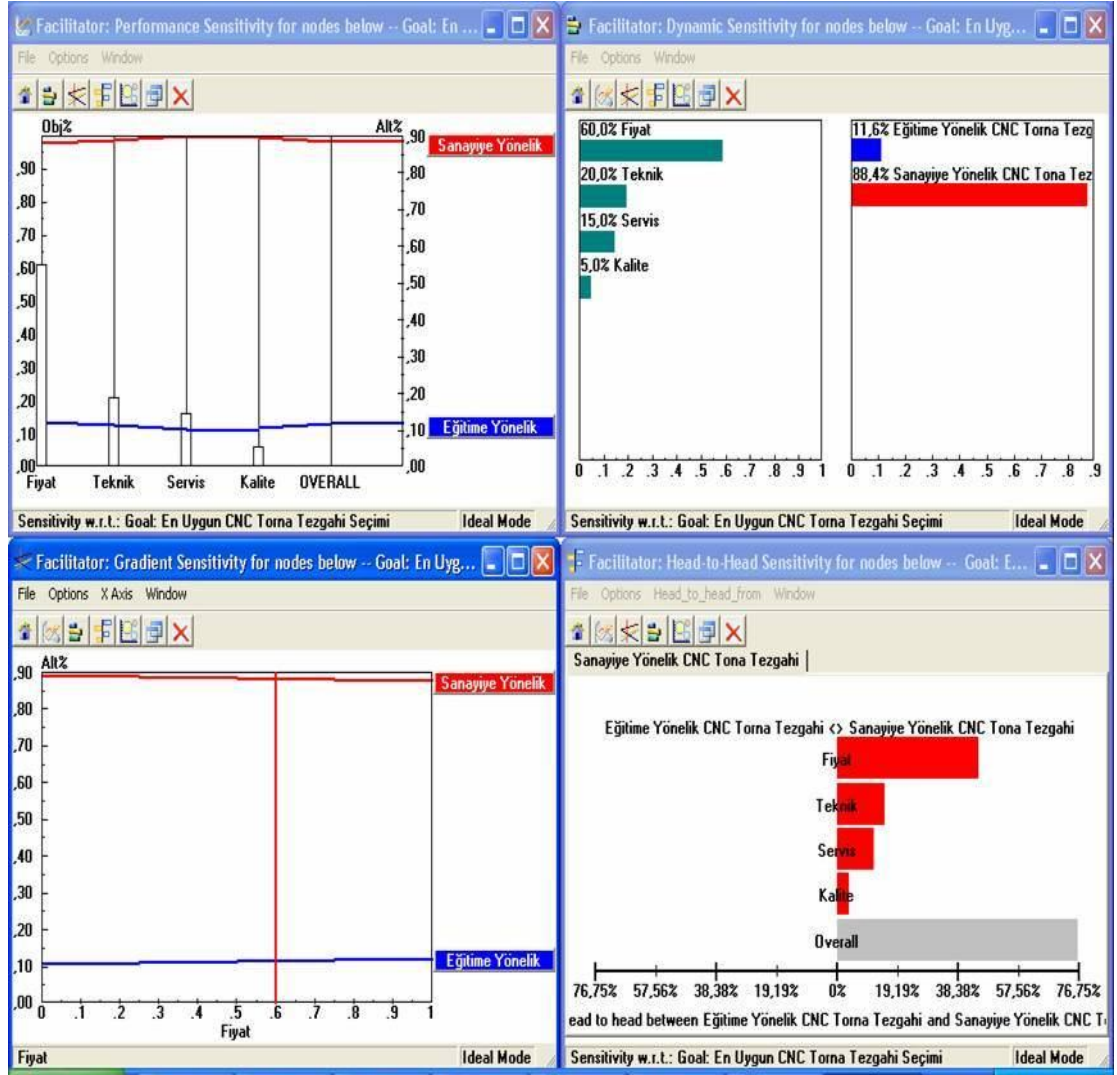
İkinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 20, kalite %05, fiyat %60, servis % 15 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası fiyat>teknik özellikler>servis>kalite'dir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %62, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %38 olmuştur. Bu senaryoyla tercih, eğitime yönelik CNC torna tezgahına kaymıştır.

Şekil 46: Üçüncü Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu



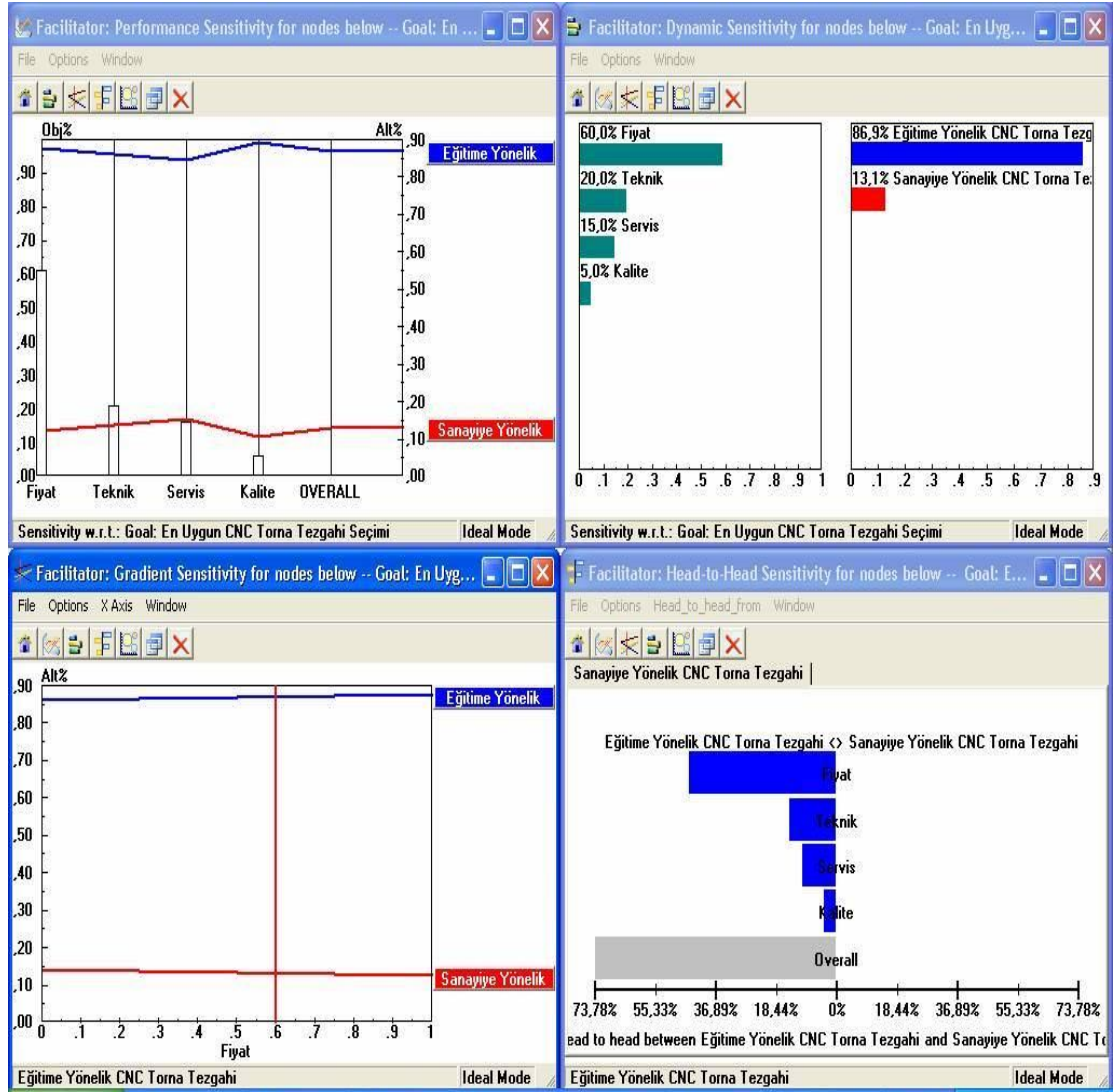
Üçüncü karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 20, kalite %05, fiyat %60, servis % 15 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası fiyat>teknik özellikler>servis>kalite'dir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %66,2, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %33,8 olmuştur. Bu senaryoyle sanayiye yönelik CNC torna tezgahına kayma biraz daha artmıştır.

Şekil 47: Dördüncü Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu



Dördüncü karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 20, kalite %05, fiyat %60, servis % 15 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası fiyat>teknik özellikler>servis>kalite'dir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %11,6, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %88,4 olmuştur. Bu senaryoyle eğitime yönelik CNC torna tezgahına çok az bir kayma olmuştur.

Şekil 48: Beşinci Karar Vericinin Senaryo 2 Sonrası Tablosu



Beşinci karar vericinin öncelik vektörü değerleri teknik özellikler % 20, kalite %05, fiyat %60, servis % 15 olarak dinamik duyarlılık grafiğinde görülmektedir. Yani önem sırası fiyat>teknik özellikler>servis>kalite'dir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı alternatifi %86,9, sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alternatifi ise %13,1 olmuştur. Bu senaryoyla çok ilginç olarak senaryo 1 ile aynı sonuç elde edilmiştir.

Şimdiye kadar yapılan üç durumun karşılaştırması tablo 27’te özetlenmiştir:

Tablo 27:Gerçek Durumla Senaryoların Karşılaştırılması

	1.Karar Verici		2.Karar Verici		3.Karar Verici		4.Karar Verici		5.Karar Verici	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Gerçek Durum	11,5	88,5	27	73	78	22	11	89	88,4	11,6
Senaryo 1	11,9	88,1	43,3	56,7	73,5	26,5	11	89	86,9	13,1
Senaryo 2	12,1	87,9	62	38	66,2	33,8	11,6	88,4	86,9	13,1
Kayma	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+

E: Eğitime Yönelik CNC torna tezgahı
S: Sanayiye Yönelik CNC torna tezgahı

Bu tabloya göre üç karar verici sanayiye yönelik CNC torna tezgahı, iki karar verici de eğitime yönelik CNC torna tezgahı alınmalı demıştır. Senaryo 1 gerçek durumla aynı sonuçları vermiştir. Ancak senaryo 2’de ikinci karar vericinin tercihi eğitime yönelik CNC torna tezgahına kaydırarak, durumu değiştirmiştir. Üç karar verici eğitime yönelik CNC torna tezgahı, iki karar verici de sanayiye yönelik CNC torna tezgahı alınmalı demıştır.

Gerçek durum için grup kararı geometrik ortalama yoluyla %43 oranında sanayiye yönelik CNC Torna tezgahı olarak bulunmuştu. Senaryo 1 ve 2 için de grup kararı aşağıdaki gibi alınmıştır:

$$Z_i = [a_{i1} * a_{i2} * ... * a_{ij}]^{1/n}, j = 1,2,...n. \quad (2.8.)$$

Tablo 28: Senaryo 1 İçin Grup Kararı Tablosu

Karar Verici	1	2	3	4	5	Ortalama
Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahı	0,119	0,433	0,735	0,11	0,869	0,324898
Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgahı	0,881	0,567	0,265	0,89	0,131	0,434203

Senaryo 1 için grup kararı gerçek durumdakine (%42,9) yakın bir değer olarak %43 oranında sanayiye yönelik CNC Torna tezgahı olarak belirlenmiştir.

Tablo 29: Senaryo 2 İçin Grup Kararı Tablosu

Karar Verici	1	2	3	4	5	Ortalama
Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahı	0,121	0,62	0,662	0,116	0,869	0,346659
Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgahı	0,879	0,38	0,338	0,884	0,131	0,420032

Senaryo 2'de ise üç karar vericinin tercihi eğitime yönelik CNC torna tezgahından yana olmasına rağmen, grup kararı %42 oranı ile sanayiye yönelik CNC Torna tezgahı alınmalı çıkmıştır.

Tablo 30: Üç Durum İçin Grup Kararlarının Karşılaştırılması

	Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahı	Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgahı
Gerçek Durum	0,30	0,43
Senaryo 1	0,32	0,43
Senaryo 2	0,35	0,42

Tablo 30'da de görüldüğü gibi kriterlerin önem düzeylerinde yapılan değişiklikler grup kararında çok farklı sonuçlar yaratmamıştır. Sanayiye yönelik CNC torna tezgahı tercihi, geçerliliğini sürdürmektedir.

SONUÇ

İşletmelerin rekabetçi piyasa koşullarında varlıklarını sürdürebilmeleri için, içinde buldukları çevreyi iyi analiz etmek durumundadırlar. Yapılan bu analiz sayesinde, sistemin geri bildirimleri değerlendirilerek, sisteme uygun bir şekilde girdilerin işlenmesiyle çıktılar elde edilir. Alınan bu çıktılar müşterilerin geri bildirimlerine, fonksiyonelliğe ve ihtiyaçlara uygun olmak durumundadır. Aksi takdirde elde edilen sonuçlar, müşteri kaybına neden olur.

Rekabet gücünü korumanın öncelikli konusu olan müşteri kaybına uğramamak; işletmenin iç ve dış çevresinde meydana gelen her türlü gelişime ve değişime hızlı cevap verebilmeyi, değişime kolay adapte olabilmeyi, hep bir adım önde olmayı dolayısıyla rekabetçi bir işletme olmayı sağlar. Bir adım önde olmak, oluşabilecek fırsat ve tehditleri önceden tahminleyerek firmanın olası kazanç ve kayıplarını değerlendirmek demektir. Bu da beraberinde, işletmenin varlığını etkin bir şekilde devam ettirebilmesini getirecektir. Varlığını etkin bir şekilde idame ettiren firma, müşterilerinin isteklerini ön planda tutup, ürünün tasarımından müşterisine ulaşıncaya kadar ki bütün süreçlerinde hep en iyi olmak isteyecektir.

Tasarımdan teslimate kadar geçen sürecin etkin işleyebilmesi sürecin entegre olarak çalışabilmesine bağlıdır. Müşteri taleplerini yansıtan ve oluşabilecek değişimleri kolayca özümseyip uygulayabilecek esnekliğe sahip tasarım sistemleri olmalıdır. Bu esneklik, teknolojinin gelişimin bir sonucu olan bilgisayar destekli tasarım ile elde edilir. Entegrasyonun varlığı için, bilgisayar destekli tasarıma (CAD) bilgisayar destekli üretimin (CAM) eşlik etmesi ve aralarındaki bilgi akışını sağlayacak bilişim sistemlerine ihtiyaç vardır. Bu üç bileşenin oluşturduğu bütün, otomasyon adalarından oluşan geleceğin fabrikaları için temel teşkil eder. Otomasyon adaları bir üretim sisteminin fiziksel elemanları, otomasyon teknolojileri kullanılarak birleştirilmesiyle oluşan üretim birimleridir. Otomasyon adalarının koordineli bir şekilde bir arada bulunmasıyla da Esnek Üretim Sistemleri meydana gelir. Literatürde geleceğin fabrikaları olarak esnek üretim sistemleri kabul edilmektedir.

Esnek üretim sistemleri, üretim için gerekli olan fiziksel ekipmanların (tezgahların, taşıyıcıların, stoklama araçlarının, robotların), piyasada oluşan tüketici taleplerindeki değişimlere, herhangi bir kayba uğramadan esneklikle cevap verebilecek bir şekilde entegre edilmiş üretim sistemleridir. EÜS'leri, geleneksel üretim sistemlerinden bu özelliği ile ayrılmaktadır. Literatürde yer alan EÜS'leri çalışmaları incelendiğinde, tasarımdan, karışık parça seçimi, makine gruplama, yükleme konularına kadar pek çok çalışmalar bulunmaktadır. Esnek üretim sistemlerinin temel eleman ve teknolojileri; malzeme işleme, malzeme taşıma ve enformasyon eleman ve teknolojileri olmak üzere üç kısma ayrılır. Ayrıca yardımcı elemanlar olarak takım, düzenek, palet, konveyör; yardımcı teknoloji olarak da akıllı sensörler, akıllı robotlar ve yapay zeka uygulamaları kullanılmaktadır.

Üretim işlemlerinin farklı adımları için gerekli talimatlar, esnek üretim sistemlerinin temel birimleri olan malzeme işleme elemanlarının (sayısal kontrol (NC), bilgisayar sayısal kontrol (CNC) direkt sayısal kontrol (DNC)) kontrol birimine gönderilir ve tezgah parça üretim işlemlerini bu talimatlara göre yapar. Talimatlardaki esnekliklere cevap verebilme kapasitesine sahip bu tezgahların esnekliği, sistem esnekliğine büyük ölçüde katkıda bulunur.

Malzemelerin, iş istasyonları arasında dolaşan yarı mamullerin ve nihai ürünlerin üretim süreci içindeki hareketlerini ve hareketlerinin süresinin minimize edilebilmesi bilgisayar kontrolündeki malzeme taşıma ve stoklama elemanlarına (otomatik güdümlü araçlar, özel amaçlı paletler, çekici kamyonlar, raylar, silindirler, ilerleyen bantlar, robotlar, konveyörler) bağlıdır. Bu araçların varlığı, malzeme taşıma süresini ve dolayısıyla üretim süresini kısaltmak, malzeme akışı hakkında kesin ve doğru bilgiye sahip olmak, işgücü ve yer kullanımında tasarruf yapmak gibi faydalar sağlamaktadır.

Malzeme işleme eleman ve teknolojileri ile malzeme taşıma teknolojileri arasındaki iletişimi sağlayıp, elde ettiği verilerle kullanıcısının direktifleri doğrultusunda koordinasyonu sağlayan enformasyon teknolojisi, üretim sistemlerinin ve tabiiyetiyle esnek üretim sistemlerinin kalbi rolündedir. Sistemin içinde bilgi akışı, enformasyon teknolojileri yardımıyla gereken noktalara gerekli durumlarda iletilmiş olur. Enformasyon teknolojisi sayesinde, sistemin parçaları çok iyi bir şekilde sisteme tanıtılır ve oluşabilecek ihtiyaçları belirlenir. Bu ihtiyaçlara bağlı olarak

ortaya çıkan veya çıkabilecek sorunlar öngörülenir. Böylece sistemin hata verme olasılığı azaltılır.

Esnek üretim sistemlerinde önemli bir yere sahip olan bir diğer teknik grup teknolojisi ve hücreli üretim sistemidir. Grup teknolojisinin temelinde küçük birimlerin kolay kontrol edilebilmesi mantığı bulunmaktadır. Benzer veya aynı süreçlerden, tekrarlamalı veya tekrarlamasız işlemleri küçük gruplara ayırmakla, tezgahlar arası gezinmeler azalır, üretim süresi kısalmaya ve böylece etkinlik sağlanmış olur.

Üretim sistemlerinde otomasyon; operatör ile makine arasındaki iş dağılımına bağlı olarak derecelendirilir. Otomasyon seviyesi arttıkça, üretim teknoloji ağırlıklı olur. Otomasyon seviyesi azaldıkça, emek yoğun üretim söz konusudur. Otomasyonun rekabet gücüne olan etkisi, tam otomasyon olması durumunda en üst seviyededir. Otomasyonun derecesi iyi ayarlanmalıdır. Otomasyonun az veya aşırı olması durumunda, işletmenin rekabet gücü beklenen seviyeye erişemez, yapılan yatırımlar karşılığını alamaz, sonuçta işletme çıkmaza girer. Bu yüzden esnek üretim sistemlerinde otomasyon kararı alınmadan önce, üretim ve montaj hücreleri oluşturulur, hazırlık süreleri kısaltılır, kalite kontrol ve koruyucu bakım ile üretim sistemleri entegre edilir ve hücreler arası içi bilgi akışı sağlanır, süreç içi stokların azaltılır ve hat dengelemesi gerçekleştirilir. Bu işlemlerin her biri otomasyona hazırlık kararlarıdır ve otomasyona geçiş sürecinde işletmeye rekabetçi fayda sağlarlar. İşletmenin rekabetçi olup olmaması, otomasyon seviyesine bağlıdır. Tam otomasyon seviyesinde çalışan bir işletme, bu durumu istikrarlı bir şekilde devam ettirebildiği sürece rekabetçi olur.

Piyasa şartlarına ve tüketici taleplerine belirli bir çevrede cevap verebilen sistemler esnek üretim sistemleridir. Ancak çevresel faktörler belirsizleştiğinde, devreye çevik üretim sistemleri girmektedir ki işletme önceden elinde bulundurduğu rekabetçi avantajı kaybetmesin. Belirsiz çevre şartlarında, duruma göre tahminlerde bulunup, verilere bağlı olarak karar alabilerek kullanıcıya destek olan sistemler çeviklikten öte zeki sistemler adını alır. Bu gelişime bağlı olarak, üretim sistemleri günümüzde, geleneksel üretim sistem kuşağı, esnek üretim sistem kuşağı ve zeki üretim sistem kuşağı olmak üzere üç kuşağa ayrılabilir.

Bir esnek üretim sisteminin başarıya ulaşabilmesi için, kurulum sırasında alınan kararların etkin ve ortak bir çalışma sonucu alınmış olması gerekir. Alınan bu kararlar tasarım ve işletim kararları olmak üzere ikiye ayrılır. Tasarım kararları, ekonomik yapılabirlik, ürün karması ve grupların seçimi, kullanılacak tezgah, takım, düzener ve paletlerin belirlenmesi gibi konuları içermektedir. İşletim kararları ise üretim sistemlerinin amaçlarından üretim sırasında tezgah veya diğer ekipmanlarda oluşabilecek arızalara kadar geniş kapsamlı olan kararları içermektedir. Esnek üretim sisteminden istenilen sonuçların alınabilmesi, bu kararların etkin ve birbirini tamamlayan bir şekilde alınabilmesine bağlıdır. Bu etkinliği sağlayabilmek için de bilimsel karar verme tekniklerinden faydalanmanın gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

Basit bir esnek üretim sistemi, bir palet, üç tezgah ve kontrol bilgisayarından oluşur. Tipik bir EÜS'nde süreç şu şekilde işlemektedir: Ürün için gerekli olan hammadde ve malzemeler, önceden bilgisayara kodlanan rota dahilinde paletle, tezgahlara işlenmek üzere yüklenir. İşlemi tamamlanan parça otomatik olarak yükleme/boşaltma istasyonuna gönderilir. Burada paletten ürün çıkarılır, yeni hammadde konulur. Ürün değişiminin gerekli olduğu hallerde, bilgisayar komutları aracılığıyla takımlar otomatik olarak değiştirilir.

Esnek üretim sistemleri, transfer hattı ile atölye tipi üretimin avantajlarını harmanlayarak yansıtır. Bu sistemlerin esas avantajı; işletmenin dış çevresinde oluşan değişikliklere, iç çevresinde yaratabildiği değişimler sayesinde cevap verebilme yeteneğiyle rekabete ayak uydurabilmesidir. İç çevresindeki değişimlerin nedeni ise, CNC tezgahlarının tüketici taleplerine göre programlanabilmesi esnekliğinden kaynaklanmaktadır. EÜS'lerindeki tezgahların ve diğer ekipmanların yerleşimi nedeniyle %40–50 oranında fabrika alanından tasarruf sağlanır. Geleneksel üretim sistemlerinde, iş istasyonları arası dolaşmalar, üretim süresinin %95'ini kapsamakta, bu da maliyetleri artırmaktadır. Oysa EÜS'leri günümüz teknolojisiyle, beklemleri ve dolaşmaları azaltarak, makine yoğunluk oranını artırmaktadır. Makinelerin yoğunluğunun artması, işgücüne olan talebi azaltmaktadır. Ancak burada direkt işgücüne talep azalırken, bu teknoloji harikası sistemleri kullanacak endirekt işgücüne talep olacaktır. Üretim sırasında oluşan yarı mamul ve mamul stokları en aza indirilebildiğinden, maliyet azalarak işletmelere %

60–80 oranında yarar sağlamaktadır. Esnek üretim sistemlerinde yapılan bütün işlemlerin bilgisayar kontrolünde yapılması, her işlemin kontrol altına alınarak, hatasız veya hatasızına yakın, dolayısıyla kaliteli yapılmasını sağlar. Bilgisayarın üretim alanındaki kullanımının artmasıyla üretim sistemi giderek entegre hale gelmiştir. Entegrasyon arttıkça buna paralel olarak verim ve verimli işleme süreleri de artmaktadır.

Esnek üretim sistemlerinin belirtilen bu avantajlarının yanı sıra birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Rekabetçi işletmeler, bu dezavantajları avantaja dönüştürebilmeli ya da en azından bu olumsuzluklardan en az zararla nasıl kurtulabileceklerini düşünen, araştıran ve uygulayan işletmeler olmalıdır. Bu amaçla, oluşabilecek veya var olan dezavantajlar için olası çözümler aşağıda sırasıyla belirtilmiştir.

İşletmeleri, esnek üretim sistemi uygulamalarından caydıran ilk neden; kurulum maliyetinin fazla olmasıdır. Bu kurulum maliyetinin yanı sıra yazılım maliyeti, endirekt işgücü maliyeti v.b. gibi maliyetlerin de göz önünde bulundurulması gerekir. Esnek üretim sisteminin kurulumu büyük bir yatırım kararı olduğundan, işletmelerin bilimin nimetlerinden, etkin karar verme ve yatırım değerlendirme tekniklerinden yararlanmaları gerekmektedir. Bu metodolojileri, doğru, etkin ve stratejik kullanabilmelerinin önemi de ayrıca vurgulanmalıdır.

Esnek üretim sistemlerinin etkin bir şekilde kurulması ve işlemesi için, kurulum aşamasında amaçların doğru bir şekilde belirlenerek her kademedeki çalışanlarla paylaşılması, benimsetilmesi ve yönetimin desteğinin alınması gerekmektedir. Sıfırdan bir esnek üretim sisteminin kurulması süresi yöneticilerin konuya olan ilgilerine ve bilgilerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, ABD'de ortalama 2,5–3 yıl ve 25.000 adam-saatlik bir çalışma gerektirirken, bu rakamlar Japonya için sırasıyla 1,25–1,75 yıl ve 6.000 adam-saat olarak gerçekleşmektedir. Bu yüzden esnek üretim sistemi yatırımını düşünen işletme yöneticilerinin desteğinin ve bilgisinin varlığı büyük bir önem kazanmakta, yokluğundan ise modern tekniklerden ve EÜS'nin sağlayacağı katkılardan faydalanamama durumu söz konusu olmaktadır.

Esnek üretim sistemi kurulup işletildikten sonra da bir takım sorunlar çıkmaktadır. Sistemin bütün parçalarının tek bir firmadan sağlanması gibi nedeniyle satış sonrası hizmetlerde yaşanan aksaklıklar sorunlar yaşanabilmektedir. Esnek üretim sisteminin eleştirilen bir diğer dezavantajı ise, istihdamı olumsuz etkilemesidir. Otomasyon seviyesinin ve dolayısıyla makine yoğunluk oranının artmasıyla, üretimde insan müdahalesi minimuma inmiştir. İnsan müdahalesinden kasıt; parçaların imalatından, paletler yüklenip stoklara iletilmesine kadarki sürecin insan gücüyle direkt olarak gerçekleştirilmesidir. Buna karşılık, teknolojinin gelişimiyle beraber gelişen tezgah ve ekipmanları kullanabilecek donanım ve bilgiye sahip işgücü talebi doğmaktadır. Bu endirekt işgücü karşılamak ve atıl durumda bulunan direkt işgücünü kaybetmemek için, mevcut işgücü; hizmet içi ve dışı eğitimlerle yenilenebilir. Böylece işletmeyi tanıyan bilen işgücü geliştirilerek, yeni işgücü temini maliyetinden kaçınılmış olunur.

Endüstride esnek üretim sistemlerinin uygulanması için onu kullanacak, işletecek gerektiğinde bakımını sağlayabilecek kısaca dilinden anlayabilecek personele ihtiyaç duyulur. Endüstrinin ihtiyaç duyduğu bu kaliteli teknik elemanların, köken olarak teknik veya meslek liselerinden geldiği varsayıldığında, mesleki ve teknik eğitimin önemi gün yüzüne çıkmaktadır. Temeli sağlam olan teknik elemanların eğitimi ve fabrika içinde yapılacak olan değişikliklere gösterecekleri tepkileri, kaliteli eğitim alamamış teknik elemanlarınkiyle bir olmayacağı aşikardır. Bireylerin lisede aldıkları teknik eğitimden sonra üniversite eğitimiyle pekiştirdikleri eğitimin sanayinin ihtiyaçlarını karşılar nitelikte olmalıdır. Bu hem çalışana hem de firmaya katkı sağlayacaktır.

Literatüre genel olarak bakıldığında, esnek üretim sistemiyle ilgili çalışmalarda daha çok ön plana çıkan konu, seçim konusudur. Sistemin, tezgahın, parçaların, takımların, ürün karmalarının v.b.'nin seçimi kritik bir karar verme sürecini içerir. Karar verme sürecine dahil olan özelliklerin boyutu farklılaştıkça, karar süreci daha karmaşık hale gelir. Bu karmaşıklığı giderebilmek için, karar verme tekniklerinden biri olan, uygulaması basit ve problemi hiyerarşilere bölerek daha açık olmasını sağlayan Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılabilir. İnsan kabiliyetine bağlı olarak hem kalitatif hem de kantitatif kriterleri sınıflandırıp, hiyerarşik bir yapıya sokarak kararlarda objektiflik ve bütünlük sağlanır. Bilginin, deneyimin, bireyin

düşüncelerinin ve önzelerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntem olan analitik hiyerarşi süreci sayesinde, karar vericiler mantıksal bir temeli olan en iyi karara ulaşırlar.

Dokuz Eylül Üniversitesi'ne bağlı İzmir Meslek Yüksekokulu, içinde bulunduğu eğitim sektöründe kalite belgesine sahip olan ve öğrenci kapasitesi bakımından büyük bir meslek yüksekokuludur. Yüksekokul yöneticileri, sanayiden aldıkları geri bildirimler çerçevesinde, endüstriye kazandıracakları işgücünün eğitilmesinde kullanılacakları donanımların doğru seçilmesinin stratejik bir karar verme sürecini gerektirdiğini görmüşlerdir. Yüksekokulun sahip olduğu CNC tezgahları Dünya Bankasıyla yapılmış olan anlaşmalar kapsamında gelmiş olup oldukça eski ve günümüz teknolojisinde uzak kalmıştır. Endüstride kullanılan CNC tezgahlarıyla karşılaştıklarında uyum sorunu yaşamamaları için okul yönetimi yeni bir CNC torna tezgahı almayı planlamaktadır. Bu nedenle, bu stratejik kararın verilme süreci için bir analitik hiyerarşi süreci modeli oluşturulmuştur. Modeli destekleyen karar destek sistemi olarak da Expert Choice seçilmiştir.

İMYO'da Makine Atölyesi'ne alınması düşünülen CNC Torna Tezgahının türünün belirlenmesi için, önce tezgahı kullanan, öğretici, satın alan yani karar verme sürecine dahil olacak olan karar vericiler tespit edilmiştir. CNC torna tezgahının seçimine ilişkin kriterler, Delphi tabanlı analitik hiyerarşi süreci kullanılarak elde edilmiştir. Beş karar vericiye CNC torna tezgahı alımında önemli, olmazsa olmaz kriterleri sıralamaları istenmiştir. Analize orta ve en önemli olarak kabul edilen kriterler alınmış, önemsiz olarak nitelendirilen kriterler elenmiştir. Bu kriter değerlendirme aşamasının birinci turunda, tezgahın büyüklüğü, takım ömrü, işlenecek parça boyutu, CNC tezgah motor gücü, servisin hızlılığı alt kriterleri, beş karar vericinin puanlarının aritmetik ortalamasıyla elde edilen puanın 50'nin altında kalmasıyla önemsiz kabul edilip, elenmiştir. İkinci turun sonunda ise, satış sonrası servis maliyeti, kesici takımların seri üretime göre dizayn edilmiş olması ve tezgahın universal olması alt kriterleri, birinci turdaki değerlendirmenin aynısının uygulanması sonucunda önemsiz kabul edilip, analizden elenmiştir. Karar vericiler tarafından verilen puanların iki turda da aynı veya birbirine yakın olması nedeniyle iki turun yapılması yeterli görülmüştür.

Alternatifler; okul yönetiminin öğrenmeyi istediği CNC torna tezgahının türüne yönelik olarak iki tanedir. Eğitime yönelik CNC torna tezgahı ve sanayiye yönelik CNC torna tezgahıdır. Eğitime yönelik CNC torna tezgahından kasıt, öğrencilerin modern teknolojik yapıyla desteklenmiş ve piyasada eğitim amaçlı olarak satılmakta olan CNC torna eğitim tezgahlarıdır. Sanayiye yönelik CNC torna tezgahları ise, endüstride kullanılmakta olan, üretim amaçlı CNC torna tezgahlarıdır.

Kriterler ve alternatifler bu şekilde belirlendikten sonra, ikili karşılaştırmaların yapılması için, karşılıklı görüşme yoluyla karar vericilerle ikili karşılaştırma matrisleri doldurulmuştur. Yapılan karşılaştırmalar Expert Choice programına girilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, beş karar vericiden üçü sanayiye yönelik, ikisi eğitime yönelik CNC torna tezgahının alınmasını uygun görmüştür. Grup kararının alınmasıyla, %42,9 oranında sanayiye yönelik CNC torna tezgahı ve % 29,8 oranında eğitime yönelik CNC torna tezgahı tercih edilmiştir.

Analitik hiyerarşi sürecinin avantajlarından biri duyarlılık analizlerinin yapılmasına izin vermesidir. Çalışmada, karar vericilerin kriterlere verdiği öncelik değerleri dahilinde, iki tane senaryo kurgulanmıştır. Birinci senaryoda karar vericilerin kriter önem düzeyleri eşit olarak kabul edilmiş ve buna göre duyarlılık analizleri yapılmıştır. Birinci senaryo için grup kararı alındığında, sanayiye yönelik CNC torna tezgahının tercih oranı % 43,42'ye çıkmıştır.

İkinci senaryoda ise, karar vericilerin kriterlerin önceliklerini, fiyatı %60, teknik özellikleri %20, servisi %15 ve kaliteyi de % 05 oranında belirlemeleri üzerine kurgulanmıştır. Bu senaryonun sonunda elde edilen grup kararında, gerçek durumda iki kişi eğitime yönelik CNC torna tezgahı tercihinde bulunmuşken bu senaryoyla sayı üçe çıkmıştır. Ancak grup kararı yine % 42 oranıyla sanayiye yönelik CNC torna tezgahından yana olmuştur.

Sonuç olarak, herhangi bir sektörde faaliyet gösteren rekabetçi bir işletme, içinde bulunduğu koşullar gereği hayatını sürdürebilmek için her anlamda esnek ve sahip olduğu avantajların yanı sıra dezavantajları da birer fırsat haline dönüştürebilen bir yapıya sahip olmak durumundadır. Bu esnek yapıyı kurmak ve

işlerliliğini sağlamak çok kolay bir süreç değildir. Bu süreç kapsamında alınacak önemli kararların bilimin ışığında, modern teknik ve yöntemlerin desteğiyle alınması işletmenin her zaman bir adım önde olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abdi M.R. (2005). Selection Of A Layout Configuration For Reconfigurable Manufacturing Systems Using The AHP. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008 <http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Abdi M.R. Labib, A.W. (2003). A Design Strategy for Reconfigurable Manufacturing Systems (RMSs) Using Analytical Hierarchical Process (AHP): A Case Study. *International Journal of Production Research*, 41 (10) :2273–2299

Akça, S. (1998). *Esnek İmalat Sistemlerinin Tasarımı ve Uygulamaları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Akolaş A. (2004). Bilişim Sistemleri ve Bilişim Teknolojisinin Küreselleşme Olgusu ve Girişimcilik Üzerine Yansımaları, *Selçuk Üniversitesi SBE Dergisi*, 12:29–45

Alanbay Ö.(2005) ERP Selection Using Expert Choice Software. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008 <http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Alford, B.D. (2004) *Two Applications Involving The Analytic Hierarchy Process*. Master of Science, University of Maryland, College Park.

Atalay, N., Birbil, D., Demir, N. ve Yıldırım, Ş. (1998). KOBİ'lerin Esnek Üretim Sistemleri Yönünden İrdelenmesi ve Bir Uygulama. *MPM Yayınları*:632

Atmaca E., Erol S. (2001) Esnek Üretim Sistemleri İle İlgili Literatür Araştırması: Çok Amaçlı Karar Verme Yaklaşımı. *SDÜ İİBF Dergisi*. 6(1):73-86

Angra S., Sehgal R., Noori Z.S., (2008) Cellular Manufacturing - A Time-based Analysis to The Layout Problem *Int. J. Production Economics* 112 :427–438

Ayağ, Z. (2002) An Analytic-Hierarchy-Process Based Simulation Model For Implementation and Analysis of Computer-Aided Systems. *International Journal of Production Research*. 40:13, 3053- 3073

Aydoğan, E. (1998) *Esnek Üretim Sistemleri ve Türk Traktör Fabrikasında Yapılan Bir Alan Araştırması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Aydoğan E. (2005) Esnek Üretim Sistemlerinin İşletme Verimliliğine Etkisi: Bir Alan Araştırması. *Gazi Üniversitesi İİBF Dergisi* 7(1)

Aydoğan E., Semiz S. (2004) İşletmelerde Teknoloji Yönetimi Bağlamında İleri Üretim Teknolojileri ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi SBE Dergisi* 11

Azani H., Khorramshahgol, R.(1990) Analytic Delphi Method (ADM): A Strategic Decision Making Applied To Location Planning. *Engineering Costs and Production Economics*. 20:23–28

Azizi M. (2005) Decision Making for Raw Material Procurement in Paper Making Factory. ISAHP2005. Erişim:15.03.2008

<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Babu A.S., Nandurkar K.N., Thomas A. (2000) Development of Virtual Cellular Manufacturing Systems For SMEs. *Logistics Information Management*, 13(4):228–242

Baerz A.M. (1989) *Sanayi İşletmelerinin Otomasyon ve Karlılık İlişkileri*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Balim, A.R. (1994) *Esnek İmalat Sistemlerinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Bayazit, Ö. (2005) Use of AHP in Decision-Making for Flexible Manufacturing Systems. *Journal of Manufacturing Technology Management* 16(7): 808–819

Bayazit Ö. (2001) *Esnek Üretim Sistemleri ve Türkiye Uygulaması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Bayazit Ö., Karpak B. (2005) An AHP Application In Vendor Selection *ISAHP 2005, Honolulu, Hawaii*.

Borenstein, A. (1998) A Visual Interactive Multicriteria Decision Analysis Model. [*The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*](#) 14:848-857

Bozkurt H.C., Çınar Y., Kayayurt B., Sevinçli B., Tamer Ş.O., Usluoğlu D., Aktürk M.S.(2006). Tepe Mobilyada Hücresel Üretimle Teslimat Sürelerinin Kısaltılması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi Makine Mühendisleri Odası* 17(3):16-30

Buluş C. (1997) *Esnek İmalat Sistemlerinde Tek Parça Yapımına Yönelik DNC Oluşturma ve Kalite Denetimi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Burnaz Ş., Topçu Y.İ., (2005) A Multi-Criteria Decision Model For Turkish Soft Drink Industry. *ISAHP2005*,.Erişim:15.03.2008
<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Buyurgan N, Saygın C., Kılıç S.E. (2004) Tool Allocation in Flexible Manufacturing Systems With Tool Alternatives. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 20:341–349

Buzacott J. A., Yao D.D., (1986) Flexible Manufacturing Systems: A Review of Analytical Models. *Management Science* 32(7):890–905.

Çapçı S.(1997) Esnek İmalat Sistemleri. *Verimlilik Dergisi MPM Yayınları*:3

Cagno E., Caron F., Perego A. (2001) Multi-Criteria Assessment of The Probability of Winning in Competitive Bidding Process. *International Journal of Production Management* 19:313–324

Chan, F.T. S. (2003). Interactive Selection Model For Supplier Selection Process: An Analytical Hierarchy Process Approach. *International Journal of Production Research*. 41(15):3549–3579

Chan F.T.S, Abhary K. (1996) Design and Evaluation of Automated Cellular Manufacturing Systems With Simulation Modelling and AHP Approach: A Case Study. *Integrated Manufacturing Systems* 7(6):39–52

Chen C.Y., Tzeng G.H. (2005) To Establish the Criterion In The Evaluation of The Performance For KMProject. ISAHP 2005. .Erişim:15.03.2008 <http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Chen, C.J. Huang C.C. (2004) A Multiple Criteria Evaluation of High-Tech Industries for The Science-Based Industrial Park in Taiwan. *Information & Management* 41:839–851

Chiu Y.J., Chen Y.W. (2005) Using AHP On Patent Valuation. *ISAHP 2005*. Erişim: 15.03.2008 <http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Das S.R, Canel C. (2005) An Algorithm for Scheduling Batches of Parts in a Multi-cell Flexible Manufacturing System. *International Journal Production Economics* 97:247–262

Demir H., Gümüşoğlu Ő. (2003) *Üretim Yönetimi/İşlemler Yönetimi*. İstanbul:Beta Basım

Demirelli C. (2003) *Esnek İmalat Sistemleri ve Esnek İmalat Sistemlerinin Tekstil İşletmelerinde Uygulanabilirliği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Diñer Gönenç S. (2001) *Analysis Of The Factor That Affect The Motivation And Job Performance Of The Software Development Teams*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Doğan A. (2002). *Yapay Zeka*. İstanbul: Kariyer Yayıncılık.

Erarı, F. (2002) Küreselleşme Sürecinde KOBİ'lerin Verimlilik Düzeyi ve Rekabet Gücü. *Verimlilik Dergisi MPM Yayınları:1*

Eşiyok, B.A. (2001) Kriz, Esnek Üretim Sistemi ve Anadolu Sanayi Odakları (Anadolu Kaplanları): Kalkınmanın Neresinde? Ankara: *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Araştırma Müdürlüğü Yayınları*

Ertuğrul İ., Aytaç E. (2007) Öğrencilerin Üniversite Seçiminde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Uygulanabilirliği: Pamukkale Üniversitesi Örneği. *YAEM Kongresi 2007 bildirileri*

Eraslan E. (22.04.2008) Üretim Yönetim Sistemleri Ders Notları www.baskent.edu.tr/~eraslan/index2.htm

Expert Choice Software Tutorials (2000), *Expert Choice Inc.*, Pittsburgh

Fırat, E. (01.03.2004) Esnek Olma Zamanı. *Capital Dergisi*, <http://capital.com.tr> (11.10.2006)

Gerdsri N., Kocaoğlu D.F. (2005) Applying The Analytic Hierarchy Process (AHP) To Build A Strategic Framework For Technology Roadmapping, *ISAHP 2005*. <http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>
Erişim:15.03.2008

Gerwin D. (1993) Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective. *Management Science* 39(4):395–410

Gökçen H. (2002) .*Yönetim Bilgi Sistemleri*. Ankara: Epi Yayıncılık.

Gökşen Y. (2003) Geleneksel Üretimden Esnek Üretime: Karşılaştırmalı Bir İnceleme. *DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 5(4)

Gönen S., Çelik M. (2004). Esnek Üretim Sistemleri Uygulayan İşletmelerde Üretim Maliyetlerinin Değerlendirilmesi. *Ege Akademik Bakış Dergisi* :4(1-2)

Guerrero, F., Lozano, S., Koltai, T., Larraneta, J. (1999). Machine Loading and Part Type Selection in flexible Manufacturing Systems. *International Journal of Production Research*. 37:1303–1318.

Gupta, D. (1993) On Measurement and Valuation of Manufacturing Flexibility. *International Journal of Production Research*. 31(12):2947–2958

Güleş H.K. (2001) Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi İşletmelerinde İleri İmalat Teknolojileri Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. *G.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi*. 1:59-76

Gümüšoğlu, Ş., Gökşen Y. (2003). Hücreyel Üretim Sistemi – Diğer Çağdaş Üretim Teknikleri İlişkisi, ÜAS'03 III. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler. İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi:477 – 484.

Heragu S.S. (1994) Group Technology and Cellular Manufacturing. *Ieee Transactions On Systems Man And Cybernetics*. 24(2)

Huang, Y.F. (2002) Enhancement On Sensitivity Analysis Of Priority in Analytic Hierarchy Process. *International Journal of General Systems*. 31(5):531-542

Huizing E. K. R. E., Vrolijk H. C. J. (1997) Extending the Applicability of The Analytic Hierarchy Process. *Socio-Econ. Plann. Sci*. 31(1):29-39

Hsu, T.H. (1999) Public Transport System Project Evaluation Using The Analytic Hierarchy Process: A Fuzzy Delphi Approach. *Transportation Planning and Technology*. 22(4):229-246

Hwang H.S. (2005) Web-Based Multi-Attributes Analysis Model For Make-Or-Buy Decision. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008
<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Hwang H.S., Chuang C.L., Jong M. (2005). Supplier Selection And Planning Model Using AHP. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008
<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Islam R. Rasad S.M. (2005) Employee Performance Evaluation By AHP: A Case Study. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008

<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

İç, Y.T., Yurdakul, M. (2000) Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemini Kullanan Bir Kredi Değerlendirme Sistemi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fak. Dergisi* 15(1):1-14

Jablonsky J. (2005) Measuring Efficiency Of Production Units By AHP Models. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008

<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Kalabek B. (2006) *Esnek Üretim Sistemleri ve Simülasyon Yoluyla İş Çizelgelemesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kanda T. (2005) Studies On Values For Paired Comparison In AHP. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008

<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Kapanoglu M., Miller W.A. (2004) An Evolutionary Algorithm-Based Decision Support System For Managing Flexible Manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 20:529–539

Kazan H., Günlük H. (2006) Esnek Üretim Sisteminde Modüler İmalatın İşletmeler ve Müşteriler Açısından Önemi Üzeri Bir Araştırma. *Verimlilik Dergisi MPM Yayınları*:1.

Khorranshahgol, R., Moustakis S.(1988) Delphic Hierarchy Process (DHP): A Methodology For Priority Setting and Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 37:347-354

Kıral, Ç. (1996) Esnek Üretim/Esnek Otomasyon Sistem ve Teknolojileri. *BTSP Çalışmaları*. <http://www.tubitak.gov.tr>, Erişim:12.11.2006

Kıran,A.,Ş., Karabatı,S. (1989) Esnek Üretim Sistemleri Çizelgeleme Problemi. *Yöneylem Araştırması Bildiriler'89*, Ankara.

Ko J. (2005) Solving A Distribution Facility Location Problem Using An Analytic Hierarchy Process Approach. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008
<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Kogan, K. (2001). Scheduling Concurrent Production Over A Finite Planning Horizon: Polynomially Solvable Cases. *Computers & Operations Research*, 27(14):409–1419.

Korpela J. et al. (2002) An Analytic Approach To Production Capacity Allocation and Supply Chain Design. *International Journal of Production Economics* 78(2):187-195

Korpela J., Tuominen M. (1996) A Decision Aid in Warehouse Site Selection. *International Journal of Production Economics* 45(1–3):169–180

Koksal G., Eğitmen A. (1998) Planning and Design of Industrial Engineering Education Quality. *Computers and Industrial Engineering* 35(3–4):639–642.

Kumar, N., Shankar, K. (2000). A Genetic Algorithm For FMS Part Type Selection and Machine Loading. *International Journal of Production Research*. 38:3861–3888.

Kuo R.J., Chi S.C., Kao S.S. (1999) A Decision Support System For Locating Convenience Store Through Fuzzy AHP. *Computers and Industrial Engineering* 37(1–2):323–326.

Kuruüzüm A., Atsan N. (2001) Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* 1:83-105

Kusiak A. (2000) *Computational Intelligence In Design And Manufacturing*.
www.books.google.com ,Erişim: 12.03.2008

Lai V., Wong B.K., Cheung W.(2002) Group Decision Making in A Multiple Criteria Environment: A Case Using The AHP in The Software Selection. *European Journal of Operational Research* 137(1):134-144.

Mamat N.J.Z., Daniel J.K. (2005) Singular Value Decomposition Vs Duality Approach In AHP: Time And Rank Comparisons In Faculty Member Selection. *ISAHP 2005*,.Erişim:15.03.2008

<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Matur B. (2003) Esnek Üretim Süreçlerinin Türkiye Sanayileşmesinde Bir Strateji Olarak Geçerliliği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara:Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Milling P.M., Schwellbach U., Thun J.H. (2000) The Role Of Speed In Manufacturing. *First World Conference On Production and Operations Management POM* Sevilla,Spain

Miyaji, Y. Nakagawa, K.O. (1995) Decision Support System For The Composition of The Examination Problem. *European Journal of Operational Research* 80(1):130–138.

Mohamed, N. S. (1998). Operations Planning and Scheduling Problems In an FMS: An Integrated Approach. *Computers & Industrial Engineering*. 35:443–446.

Monks, J.G., Çev:Üreten S. (1996) *Schaum's Serisinden İşlemler Yönetimi Teori ve Problemler*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım

Moreno-Jime'nez J. M., Aguaron J., Escobar M. T. (2008) The Core of Consistency in AHP-Group Decision Making. *Group Decision and Negotiation*. 17(3)

Mulebekel J.A.W., Zheng L. (2005) The Analytic Network Process: Evaluation And Selection Of PDP Software. *ISAHP 2005*,.Erişim:15.03.2008
<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Özdemir Sağır M. (2002) Bir İşletmede Analitik Hiyerarşı Süreci Kullanılarak Performans Değerleme Sistemi Tasarımı. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*: 2

Özdemir A., Özveri O. (2004) Çok Kriterli Envanter Sınıflandırılmasında, Analitik Hiyerarşi Süreci Analizinin Uygulanması. *D.E.Ü.İ.İ.B.F.Dergisi*. 19(2):137-154

Özgen H., Savaş H. (1996) Bir Tekstil İşletmesinde Esnek Üretim Sistemlerinin Firma Verimliliğine Katkısı Üzerine Bir Araştırma. *Verimlilik Dergisi MPM Yayınları*:2.

Özveri O. (2006) Bilgi Toplumunda Yöneticilerin Kararlarını Delphi İlişkili Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) İle Oluşturulması. 5. *Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Kongresi Bildirisi*.

Özveri, O. (2006) Maksimum Anlama Yöntemi İle Grup Kararlarının Sıralanması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 8(3)

Özmehmet Tasan S., Tunalı S. (2003) Hücre Oluşturma Amaçlı Bir Karar Destek Sistemi. *Journal of Computer Applications in Technology* 17(2):101-109, web2.deu.edu.tr/fak/muhendislik/endustri/textT.doc Erişim:01.02.2008

Papantonopoulos, S. (2004) System Design in Normative and Actual Practice: A Comparative Study of Cognitive Task Allocation in Advanced Manufacturing Systems. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*. 14(2):181-196

Pekmezci, T., Demirelli, C. (2005) Esnek Üretim Sistemleri: Esnek Üretim Sistemlerinin Tekstil İşletmelerinde Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma. *C.Ü. İİBF Dergisi*. 6(1):132

Piplani R, Wetjens D. (2007) Evaluation of Entropy-based dispatching in Flexible Manufacturing Systems. *European Journal of Operational Research* 176:317–331

Ramanathan R., Ganesh L.S. (1995) Using AHP For Resource Allocation Problems. *European Journal of Operational Research* 80(2):410–417.

Rao, R. V. (2007) Evaluating Flexible Manufacturing Systems Using A Combined Multiple Attribute Decision Making Method. *International Journal of Production Research*. 46(7)1975-1989

Reddy K., Xie N., Subramaniam V. (2004) Dynamic Scheduling of Flexible Manufacturing Systems. *Innovation in Manufacturing Systems and Technology (IMST)*- <http://dspace.mit.edu/retrieve/3809/IMST007.pdf> Erişim: 18.02.2008

Rezaie K., Ostadi B. (2007) A Mathematical Model For Optimal and Phased Implementation of Flexible Manufacturing Systems. *Applied Mathematics and Computation* 184:729-736

Rossetti M.D., Selandari F. (2001) Multi-Objective Analysis Of Hospital Delivery Systems. *Computers and Industrial Engineering* 41(3):309–333.

Saaty T., Vargas G.L. (1994) *The AHP Series Vol:III Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments with the AHP*. USA: First Edition, RWS Publications

Saaty T.L., Özdemir M.S. (2003) Why The Magic Number Seven Plus Or Minus Two. *Mathematical and Computer Modelling*. 38(3):233-244

Saaty T.L. (1990) How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48: 9-26

Saaty, T.L. (2001) *Decision Making With Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. USA: RWS Publications.

Saaty, T.L. (2003) Decision-Making With The AHP: Why Is The Principal Eigenvector Necessary. *European Journal of Operational Research* 145:85–91

Saaty, T. L. (1998) Ranking by Eigenvector Versus Other Methods In The Analytic Hierarchy Process. *Appl. Math. Lett.* 11(4):121-125

Saaty, T.L. Erişim:05.09.2007 THE ANALYTIC NETWORK PROCESS. <http://www.springerlink.com/content/p9r45787q7u914n9/fulltext.pdf>

Saaty T.L. (2004) Scales From Measurement Not Measurement from Scales! *MCDM 2004*. Whistler, B. C. Canada

Safsten K., Winroth M., Stahre J. (2007) The Content And Process Of Automation Strategies. *Int. J. Production Economics* 110:25–38

Samari D., Estelaji A.R., Azizi M., Salehnasab G.H. (2005) Selecting An Appropriate Forestry Extension Model For The Zagros Area In Iran Through The AnalyticHierarchy Process (AHP). *ISAHP 2005*. *Erişim:15.03.2008*
<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Saraç T., Özçelik F, “Alternatif Rotaların Varlığında Üretim Hücrelerinin Genetik Algoritma Kullanılarak Oluşturulması” *Endüstri Mühendisliği Dergisi Makine Mühendisleri Odası Cilt: 17 Sayı: 4 Sayfa: (22-36) Aralık 2006*

Saraç T., Sipahioğlu A. (2007) Plastik Enjeksiyon Üretim Sürecinde, Parça Benzerliklerinin AHP Yaklaşımıyla Belirlenmesi. *YAEM Kongresi 2007 Bildirileri*

Sarkis, J., Talluri, S. (1999) A Decision Model For Evaluation Of Flexible Manufacturing Systems In The Presence Of Both Cardinal And Ordinal Factors. *International Journal of Production Research*. 37(13) : 2927- 2938

Sert, Ş. (1997) *Analitik Hiyerarşi Yöntemi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Şevkli, M., Koh, S. C. L., Zaim, S., Demirbağ, M., Tatoğlu, E. (2003) An Application Of Data Envelopment Analytic Hierarchy Process For Supplier Selection: A Case Study Of BEKO In Turkey. *International Journal of Production Research*, 45(9):1973–2003

Shang J., Sueyoshi T. (1995) A Unified Framework For The Selection Of A Flexible Manufacturing System. *European Journal of Operational Research* 85(2):297-315.

Sharifi H., Zhang Z. (2001) Agile Manufacturing In Practice Application Of A Methodology. *International Journal of Operations & Production Management*. 21(5/6):772–794.

Shnits, B., Rubinovitz, J., Sinreich, D. (2004) Multicriteria Dynamic Scheduling Methodology For Controlling A Flexible Manufacturing System. *International Journal of Production Research* 42(17):3457–3472

Singh N.(1993) Design Of Cellular Manufacturing Systems: An Invited Review. *European Journal of Operational Research* 69:284–291

Soyuer H., Aracıoğlu B. (2007). Üretim Yönetimi Alanında Yaşanan Paradigmal Değişimler ve Kullanılan Nicel Yöntemlere Etkileri. *Sıtkı Gözlı'ye Armağan*, ss:307 İstanbul: Çağlayan Basımevi.

Stecke, K. E. (1983). Formulation and Solution Of Nonlinear Integer Production Planning Problems For Flexible Manufacturing Systems. *Management Science*, 29:273–288.

Stylianides C.(1995) Animating An Integrated Job Shop/Flexible Manufacturing System. *International Journal of Operations & Production Management*. 15(8):63-72.

Suryadi K. (2005) Planning and Developing A Web Based Group Decision Support System For Project Oriented Company Using Analytic Hierarchy Process Method. *ISAHP 2005*. Erişim:15.03.2008

<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/Participants.html>

Tam M.C.Y., Tummala V.M.R. An Application Of The AHP In Vendor Selection Of A Telecommunications System. *Omega* 29(2):171–182.

Tarcan, E. (2000) Esnek İstihdamdaki Trend Ve İşletmelerle Çalışanlar Üzerine Etkileri. *Gazi Üniversitesi İİBF Dergisi* 2(3):1-18.

Teale M., Dispenza V., Flynn J., Currie D.(2003) Management Decision Making: Towards and Integrative Approach. *Prentice Hall Financial Times*. www.books.google.com Erişim:01.02.2008

Thomas R., Troutt M.D. (2007) Comparison Of Objective Criteria For Set-up Planning In Complementary Flexible Manufacturing Systems. *Computers & Industrial Engineering* 53:17–29

Tiwari, M. K. Banerjee, R. (2001) A Decision Support System For The Selection Of A Casting Process Using Analytic Hierarchy Process. *Production Planning & Control*, 12(7):689-694

Triantaphyllou E, Mann S.H. (1995) Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some Challenges. *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*. 2(1):35-44

Toncich T.J. (1989) *Dynamic Simulation Of A Computer-Controlled Flexible Manufacturing System*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Avustralya: Melbourne Üniversitesi

Tütek H., Gümüšođlu Ş. (2008) *İşletme İstatistiği*. İstanbul: Beta Basım.

Ulucan A. (2004) *Analitik Hiyerarşi Süreci ve Uygulamaları*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Yayın No:34

Ünal B. Süreç Seçimi ve Tesis Yerleşimi Sunumu. <http://bunal.etu.edu.tr/dosyalar/Sunu9.pps> , Erişim:30.04.2007

Uygun Ö., Kubat C. (2004) Zeki İmalat Bilişim Sistemlerinin Karakteristikleri. YA/EM'2004 - Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep-Adana.15-18 Haziran 2004.

Waters, C.D.J. (1989) *A Practical Introduction to Management Science*. Great Britain: Addison-Wesley Pub.Co. www.books.google.com Erişim:01.12.2007

Wu, S. Lee, A. Tah, J.H.M., Aouad G. (2007) The Use Of A Multi-Attribute Tool For Evaluating Accessibility In Buildings: The AHP Approach. *Emerald Group Publishing Limited* 25(9/10):375-389

Vaidya O.S., Kumar S. (2006) Analytic Hierarchy Process:An Overview Of Applications. *European Journal of Operational Research* 169:1-29

Vickery S.K., Dröge C., Markland R.E. (1997) Dimensions Of Manufacturing Strength In The Furniture Industry. *Journal of Operations Management* 15:317-330

Yılmaz Ebru.(2007) Esnek Üretim Sistemlerinde Tasarım Problemleri”, *YAEM Kongresi 2007 Bildirileri*

Yılmaz, Ersin (1999) Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü. *DOA Dergisi Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını*. 5:95-122.

Yılmaz, Ersin (2005) Analitik Hiyerarşi Süreci Tekniği ve Orman Kaynakları Planlanmasına Uygulanması Örnekleri. *DOA Dergisi* 11:1-33

Yılmaz Nevin (2000) *Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yurdakul M. (2004) Selection Of Computer-Integrated Manufacturing Technologies Using A Combined Analytic Hierarchy Process and Goal Programming Model. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 20:329–340

Yurdakul, M., Cogun, C. (2003). Development of A Multi-Attribute Selection Procedure for Non-Traditional Machining Processes. *Journal Engineering Manufacture*,.217.

Yurdakul M. (2004) AHP As A Strategic Decision-Making Tool To Justify Machine Tool Selection. *Journal of Materials Processing Technology* 146:365–376

Yücel D., Erkut H. (2003) Bilişim Teknolojilerinin Çalışma Yaşam Kalitesi Üzerine Etkisi. *İTÜ Dergisi/d mühendislik* 2(2):49-59

Zeng, Y. (2004) *A New Methodology of Process Design For Reconfigurable Manufacturing Systems*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. USA: Michigan State Üniversitesi.

EKLER

EK-1: Birinci Tur İçin Bilgi Toplama Formu

Sayın Yetkili,

Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler ve Yönetim Bilimi Programı olarak, bu sene mezun olacak öğrencimle birlikte, İzmir Meslek Yüksekokulu'nun Makine Atölyesi'ne daha iyi eğitim vermek için alınacak/alınabilecek CNC torna tezgahının türünü tespit etmek amacıyla bir çalışma yürütmekteyiz.

Bu araştırmaya yapacağınız değerli katkılar için teşekkür eder, çalışmalarınızda başarılar dilerim...

Prof. Dr.Şevkinaz GÜMÜŞOĞLU

1.Makine atölyesinin yeni bir CNC torna tezgahına ihtiyacı var mıdır?

a)Evet b)Hayır

2.Alınmasını istediğiniz CNC torna tezgahı ne tür olmalıdır?

a) Eğitim amaçlı b) Sanayiye yönelik

3.CNC torna tezgahı seçilirken en önemli dört kriteri sıralayınız.

a)..... b)..... c) d).....

4. Belirttiğiniz a kriterinin alt kriterlerini sıralayınız.

5. Belirttiğiniz b kriterinin alt kriterlerini sıralayınız.

6. Belirttiğiniz c kriterinin alt kriterlerini sıralayınız.

7. Belirttiğiniz d kriterinin alt kriterlerini sıralayınız.

EK 2: İkinci Tur İçin Kriter Puanlama Formu

Sayın Yetkili,

İzmir Meslek Yüksekokulu Makine Atölyesi'ne alınması düşünülen CNC torna tezgahı ile ilgili araştırmamızın ikinci ayağında, sizden elde edilen kriterler, aşağıdaki şekilde listelenmiştir. Lütfen aşağıdaki ölçek aralığında önem puanlarınızı, kriterlerin karşısına belirtiniz. İlginize teşekkürler.

Değer	Puan
En önemli	100-70
Orta önemli	50-69
Önemsiz	1-49

KRİTER	PUAN	KRİTER	PUAN
1.Fiyat	X	3.Servis	X
Ödeme şekli/ Taksit imkanı/ Kredi kolaylığı		Üretici kaynaklı hata çözümü	
Bütçeye uygunluk		Kullanıcı kaynaklı hata çözümü	
Opsiyon Süresi		Servis elemanının yeterliliği	
2.Teknik	X	Satış sonrası servis maliyeti	
a.İşleyebileceği malzeme çeşidi		Yedek parça temini	
b.Kesici takımların seri imalata göre dizayn edilmiş olması		Ucuz yedek parça temini	
c.Kullanım/ Fonksiyonlarını yerine getirme kolaylığı		Yakınlık	
d.Eğitim yetenekleri çeşitliliği		Hızlılık(geri dönüşü en az 1 ay olan)	
e.Eğitimin etkinliği		Süreklilik(en az 2 yıl garanti)	
f..Kontrol ünitesi		4.Kalite	X
g.Ünitelerin demontaj olurluğu		Kullanıma Uygunluk(ergonomi)	
h.Teknoloji gelişimine duyarlılığı		Satış sonrası servis hızı	
ı.İşlenecek Parça Boyutu	X	Avrupa normlarına uygunluğu	
ı.1.Büyük boyutlu parçalar			
ı.2.Küçük boyutlu parçalar			
j.CNC Tezgah Motor Gücü	X		
j.1.Büyük boy			
j.2.Orta boy			
j.3.Küçük boy			
k.Programlama Dili	X		
k.1.Fanuc			
k.2.Siemens			
l.Tezgah Kapasitesi	X		
l.1.İmalat Kapasitesi			
l.2.İmalat Süresi			
l.3.Yatırım Maliyeti			
l.4.Tezgah verimi			
m.Tezgahın Mekanik Yapısı	X		
m.3.Tezgah Hassasiyeti			
m.4.Yüzey hassasiyeti			
m.5.Universal olması			
m.6.Tezgahın büyüklüğü			
n.Takım değiştirmede minimum zaman kaybı			
o.Takım ömrü			

EK 3: Üçüncü Tur İçin Kriter Puanlama Formu

Sayın Yetkili,
İzmir Meslek Yüksekokulu Makine Atölyesi'ne alınması düşünülen CNC torna tezgahı ile ilgili araştırmamızın üçüncü ayağında, verdiğiniz önem puanlarının ortalamaları alınarak oluşturulan grup kararı puanları (P1 sütunu) aşağıdaki şekilde çıkarılmıştır. Lütfen aşağıdaki ölçek aralığında önem puanlarınızı, P2 boşluğuna belirtiniz. İlginize teşekkürler. GKE*=Grup kararıyla elenmiştir.

Değer	Puan
En önemli	100-70
Orta önemli	50-69
Önemsiz	1-49

KRİTER	PUAN		KRİTER	PUAN	
	P1	P2		P1	P2
1.Fiyat	X		3.Servis	X	
a.Ödeme şekli/ Taksit imkanı/ Kredi kolaylığı	80,2		a.Üretici kaynaklı hata çözümü	94	
b.Bütçeye uygunluk	78,2		b.Kullanıcı kaynaklı hata çözümü	88	
c.Opsiyon Süresi	54,4		c.Servis elemanının yeterliliği	90	
2.Teknik	X		d.Satış sonrası servis maliyeti	91	
a.İşleyebileceği malzeme çeşidi	73,2		e.Yedek parça temini	92	
b.Kesici takımların seri imalata göre dizayn edilmiş olması	58,4		f.Ucuz yedek parça temini	66,2	
c.Kullanım/ Fonksiyonlarını yerine getirme kolaylığı	91		g.Yakınlık	62	
d.Eğitim yetenekleri çeşitliliği	73,2		Hızlılık(geri dönüşü en az 1 ay olan)	GKE*	46
e.Eğitimin etkinliği	74,2		h.Süreklilik(en az 2 yıl garanti)	96,6	
f.Kontrol ünitesi	93,4		4.Kalite	X	
g.Ünitelerin demontaj olurluğu	54		a.Kullanıma Uygunluk(ergonomi)	97	
h.Teknoloji gelişimine duyarlılığı	75,2		b.Satış sonrası servis hızı	96	
ı.Takım değiştirmede minimum zaman kaybı	88		c.Avrupa normlarına uygunluğu	87	
j.Programlama Dili	X				
k.1.Fanuc	98				
k.2.Siemens	76				
k.Tezgah Kapasitesi	X				
l.1.İmalat Kapasitesi	98				
l.2.İmalat Süresi	86				
l.3.Yatırım Maliyeti	69,2				
l.4.Tezgah verimi	85				
l.Tezgahın Mekanik Yapısı	X				
m.3.Tezgah Hassasiyeti	95				
m.4.Yüzey hassasiyeti	94				
m.5.Universal olması	56,4				
m.6.Tezgahın büyüklüğü	GKE*	49,4			
m. Takım ömrü	GKE*	34,6			
İşlenecek Parça Boyutu	GKE*				
ı.1.Büyük boyutlu parçalar	46,4				
ı.2.Küçük boyutlu parçalar	36,4				
CNC Tezgah Motor Gücü	GKE*				
j.1.Büyük boy	30,6				
j.2.Orta boy	34,6				
j.3.Küçük boy	10,8				

EK 4: Karşılaştırmaları Yapılacak Kriterlerin Aldıkları Puanların Listesi

KRİTER	PUAN		KRİTER	PUAN	
	P1	P2		P1	P2
1.Fiyat	X		3.Servis	X	
a.Ödeme şekli/ Taksit imkanı/ Kredi kolaylığı	80,2	85,2	a.Üretici kaynaklı hata çözümü	94	97,2
b.Bütçeye uygunluk	78,2	67,6	b.Kullanıcı kaynaklı hata çözümü	88	94
c.Opsiyon Süresi	54,4	62,2	c.Servis elemanının yeterliliği	90	97,6
2.Teknik	X		d.Satış sonrası servis maliyeti	91	49,5
a.İşleyebileceği malzeme çeşidi	73,2	71,2	e.Yedek parça temini	92	96,6
b.Kesici takımların seri imalata göre dizayn edilmiş olması	58,4	47,2	f.Ucuz yedek parça temini	66,2	64,8
c.Kullanım/ Fonksiyonlarını yerine getirme kolaylığı	91	94	g.Yakınlık	62	71,4
d.Eğitim yetenekleri çeşitliliği	73,2	68,2	Hızlılık(geri dönüşü en az 1 ay olan)	GKE* 46	
e.Eğitimin etkinliği	74,2	71,2	h.Süreklilik(en az 2 yıl garanti)	96,6	99
f..Kontrol ünitesi	93,4	97,4	4.Kalite	X	
g.Ünitelerin demontaj olurluğu	54	52	a.Kullanıma Uygunluk(ergonomi)	97	96,6
h.Teknoloji gelişimine duyarlılığı	75,2	69,6	b.Satış sonrası servis hızı	96	97
ı.Takım değiştirmede minimum zaman kaybı	88	71,2	c.Avrupa normlarına uygunluğu	87	86
j.Programlama Dili	X				
k.1.Fanuc	98	95,2			
k.2.Siemens	76	75			
L.Tezgah Kapasitesi	X				
l.1.İmalat Kapasitesi	98	96			
l.2.İmalat Süresi	86	90			
l.3.Yatırım Maliyeti	69,2	57,4			
l.4.Tezgah verimi	85	87,4			
l.Tezgahın Mekanik Yapısı	X				
m.3.Tezgah Hassasiyeti	95	98,4			
m.4.Yüzey hassasiyeti	94	97,2			
m.5.Universal olması	56,4	47,2			
m.6.Tezgahın büyüklüğü	GKE* 49,4				
m. Takım ömrü	GKE* 34,6				
İşlenecek Parça Boyutu	GKE*				
ı.1.Büyük boyutlu parçalar	46,4				
ı.2.Küçük boyutlu parçalar	36,4				
CNC Tezgah Motor Gücü	GKE*				
j.1.Büyük boy	30,6				
j.2.Orta boy	34,6				
j.3.Küçük boy	10,8				

EK 5: Kriterler İçin Karşılaştırma Matrisleri

Ana kriterler için ikili karşılaştırma tablosu

	FİYAT	TEKNİK ÖZELLİKLER	SERVİS	KALİTE
FİYAT	1			
TEKNİK ÖZELLİKLER		1		
SERVİS			1	
KALİTE				1

1. Fiyat kriteri için

	Ödeme Şekli	Bütçeye Uygunluk	Opsiyon Süresi
Ödeme Şekli	1		
Bütçeye Uygunluk		1	
Opsiyon Süresi			1

2. Kalite kriteri için

	Kullanıma Uygunluk(ergonomi)	Satış sonrası servis hızı	Avrupa normlarına uygunluğu
Kullanıma Uygunluk(ergonomi)	1		
Satış sonrası servis hızı		1	
Avrupa normlarına uygunluğu			1

3. Servis kriteri için a) Servisin Yeterliliği

	Yedek parça temini	Ucuz y.parça temini	Yakınlık	Süreklilik(en az 2 yıl garanti)
Yedek parça temini	1			
Ucuz y.parça temini		1		
Yakınlık			1	
Süreklilik(en az 2 yıl garanti)				1

b) Servisin Etkinliği

	Üretici kaynaklı hata çözümü	Kullanıcı kaynaklı hata çözümü	Servis elemanının yeterliliği
Üretici kaynaklı hata çözümü	1		
Kullanıcı kay.hata çözümü		1	
Servis elemanının yeterliliği			1

4. Teknik Özellikler kriteri için
a.Mikro Teknik Özellikler

	İşleyebileceği malzeme çeşidi	Kontrol ünitesi	Ünitelerin demontaj olurluğu	Programlama Dili	Tezgah Kapasitesi	Tezgahın Mekanik Yapısı
İşleyebileceği malzeme çeşidi	1					
Kontrol ünitesi		1				
Ünitelerin demontaj olurluğu			1			
Programlama Dili				1		
Tezgah Kapasitesi					1	
Tezgahın Mekanik Yapısı						1

b.Makro Teknik Özellikler

	Kullanım Kolaylığı	Eğitim yetenekleri çeşitliliği	Eğitimin etkinliği	Teknoloji gelişimine duyarlılığı	Takım değiştirmede minimum zaman kaybı
Kullanım Kolaylığı	1				
Eğitim yetenekleri çeşitliliği		1			
Eğitimin etkinliği			1		
Teknoloji gelişimine duyarlılığı				1	
Takım değiştirmede minimum zaman kaybı					1

EK 6: Kriterlere Göre Alternatiflerin Değerlendirilme Matrisleri

Eğitime yönelik CNC >Sanayiye Yönelik CNC'den önemliyse **siyah** olarak
Sanayiye Yönelik CNC'den > Eğitime yönelik CNC önemliyse **kırmızı** olarak
değer veriniz. (1,2,3,4,5,6,7,8,9)

1)CNC torna tezgahını, ödeme şekli/taksit imkanı/kredi kolaylığı kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

2)CNC torna tezgahını, bütçeye uygunluk kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

3)CNC torna tezgahını, opsiyon süresi kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

4)CNC torna tezgahını, işleyebileceği malzeme çeşidi kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

5)CNC torna tezgahını, kontrol ünitesi kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

6)CNC torna tezgahını, ünitelerin demontaj olurluğu kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

7)CNC torna tezgahını, Fanuc kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

8)CNC torna tezgahını, Siemens kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

9)CNC torna tezgahını, İmalat kapasitesi kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

10)CNC torna tezgahını, imalat süresi kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

12)CNC torna tezgahını, tezgah verimi kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

13)CNC torna tezgahını, yatırım maliyeti kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

14)CNC torna tezgahını, tezgah hasaasiyeti kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

15)CNC torna tezgahını, yüzey hassasiyeti kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

16)CNC torna tezgahını kullanım kolaylığı kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

17)CNC torna tezgahını, eğitim yetenekleri çeşitliliği kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

18)CNC torna tezgahını, eğitim etkinliği kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

19)CNC torna tezgahını, teknoloji gelişimine duyarlılığı kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

20)CNC torna tezgahını, takım değiştirmede minimum zaman kaybı kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

21)CNC torna tezgahını, yedek parça temini kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

22)CNC torna tezgahını, ucuz yedek parça temini kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

23)CNC torna tezgahını, servisin yakınlığı kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

24)CNC torna tezgahını, servisin sürekliliği kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

25)CNC torna tezgahını, üretici kaynaklı hata çözümü kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

26)CNC torna tezgahını, kullanıcı kaynaklı hata çözümü kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

27)CNC torna tezgahını, servisin yeterliliği kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

28)CNC torna tezgahını, ergonomi kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

29)CNC torna tezgahını, satış sonrası servis hızı kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

30)CNC torna tezgahını, Avrupa normlarına uygunluğu kriterine göre puanlayınız.

	Sanayiye Yönelik CNC
Eğitime Yönelik CNC	

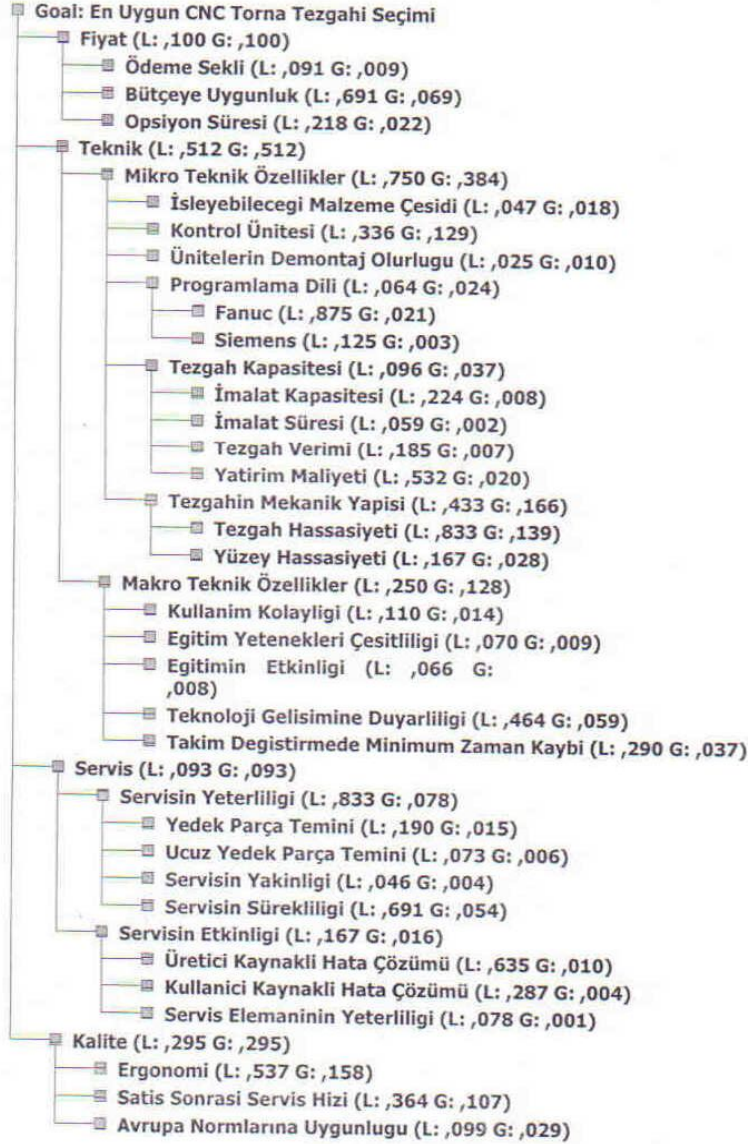
EK 7: Expert Choice Çıktıları

16.05.2008 16:12:22

Page 1 of 2

Model Name: KararVerici1

Treeview



16.05.2008 16:12:22

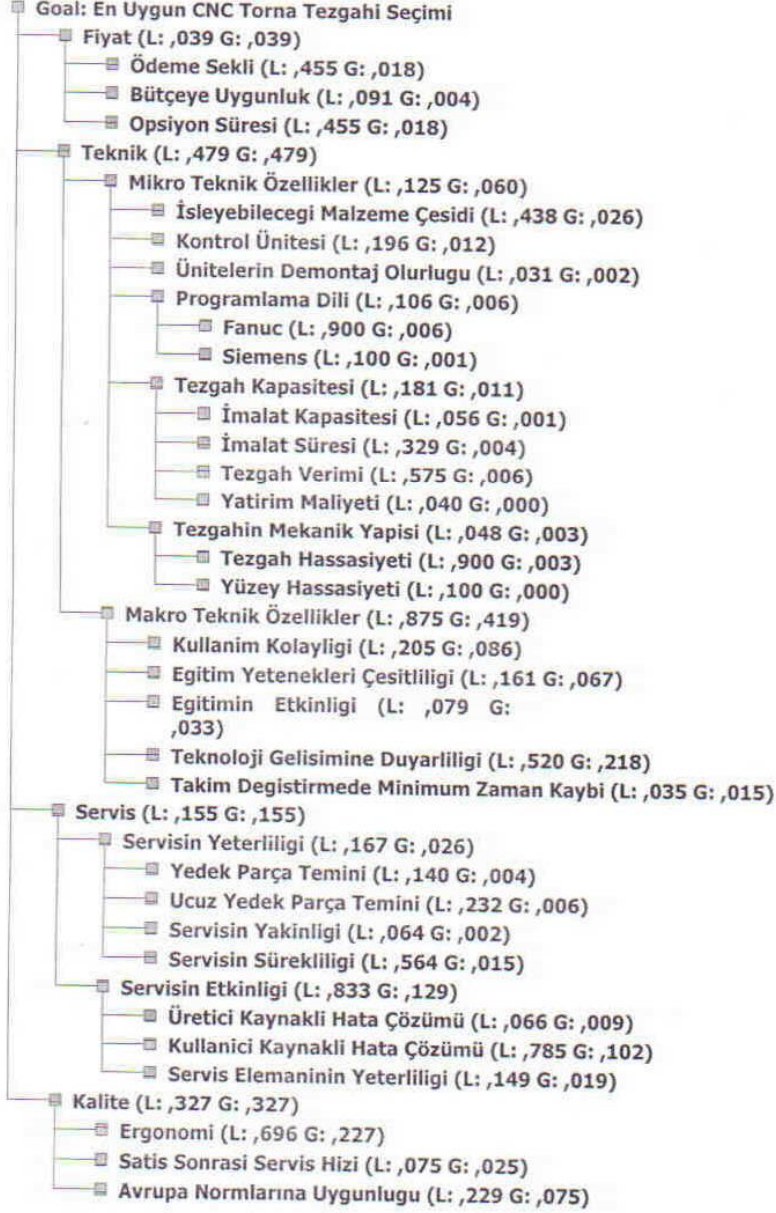
Page 2 of 2

Alternatives

Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahi	,115
Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgahi	,885

Model Name: KararVerici2

Treeview

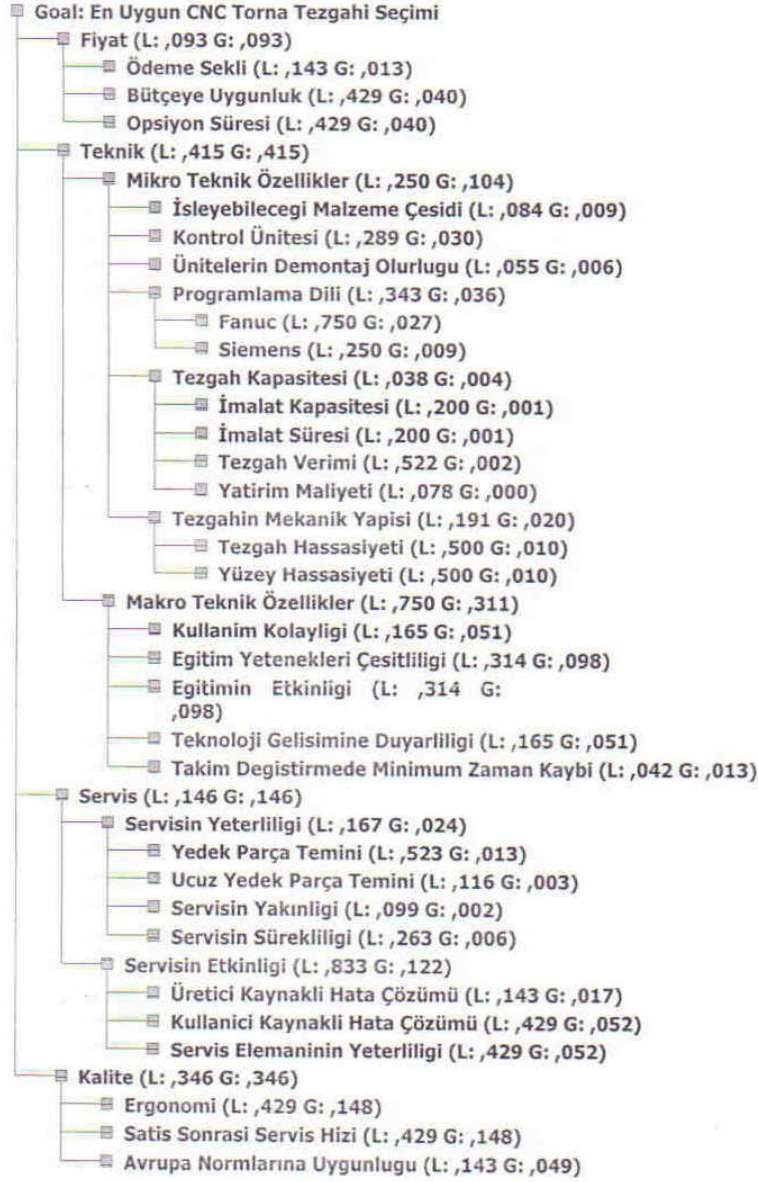


Alternatives

Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahi	,270
Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgahi	,730

Model Name: KararVerici3

Treeview

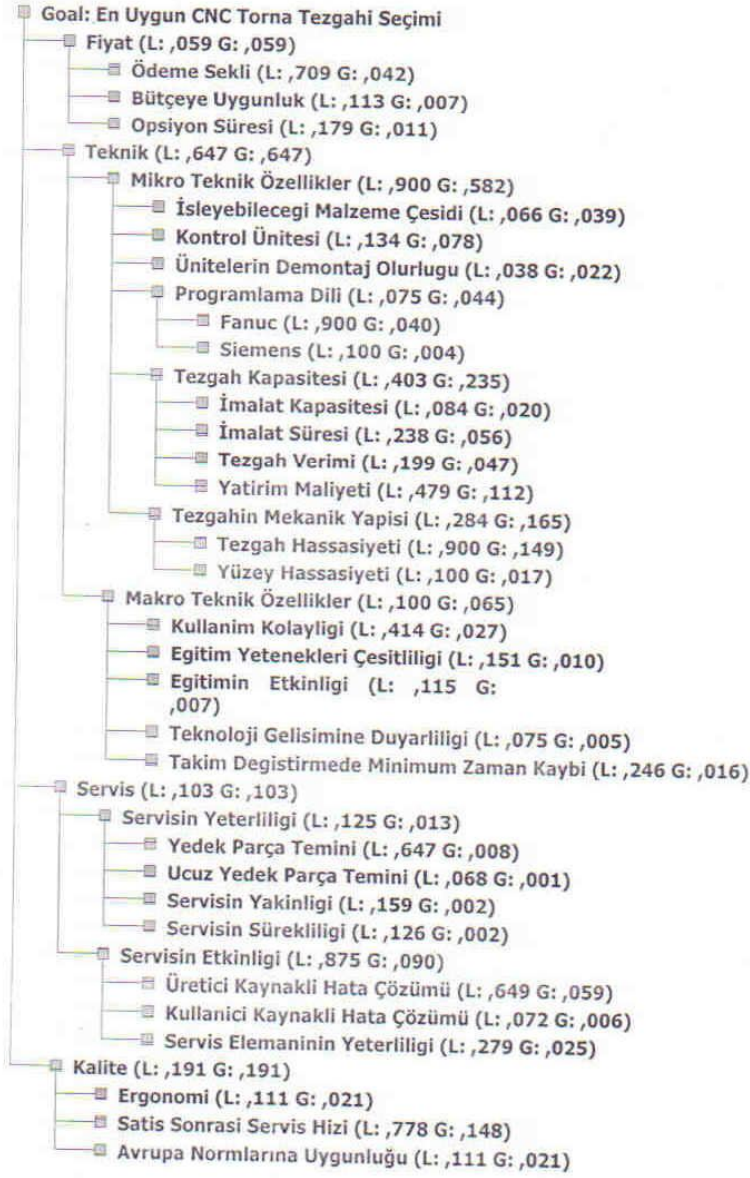


Alternatives

Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahi	,270
Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgahi	,730

Model Name: KararVerici4

Treeview

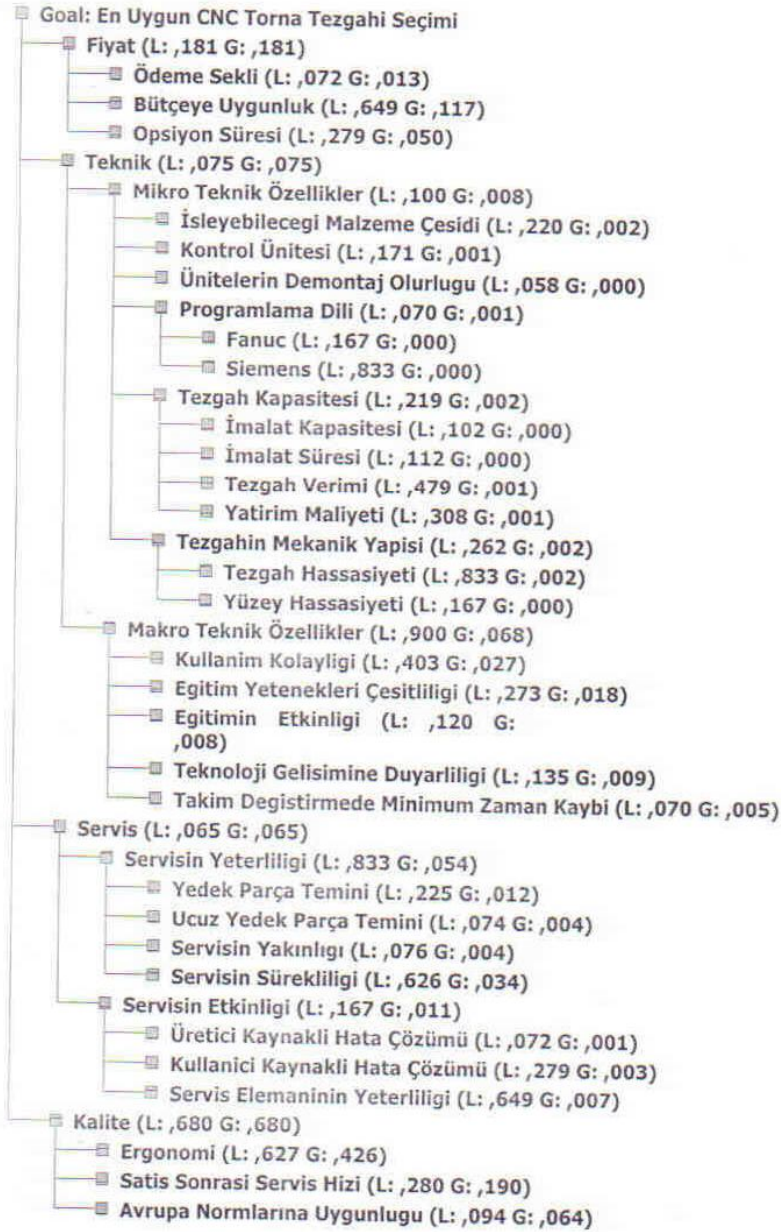


Alternatives

Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgahı	,110
Sanayiye Yönelik CNC Tona Tezgahı	,890

Model Name: KararVerici5

Treeview



Alternatives

Eğitime Yönelik CNC Torna Tezgaahi	,884
Sanayiye Yönelik CNC Torna Tezgaahi	,116