

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Doğrusal Yollu Esn. Üret. Sirt. Tas.
ve Benz. için bir Uzm. Sist. Geliş.

Doktora Tezi

Semih Önüt

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 371
Alındığı Yer : 23
Tarih : Y.T.Ü.
Tarih : 12.9.1995
Fatura :
Fiyatı : 450.000 TL.
Ayniyat No : 1-15
Kayıt No : 51659
UDC :
Ek :

Y.T.Ü.

KÜTÜPHANE DOK. DAİRE BAŞKANLIĞI

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ

v

TABLO LİSTESİ

ix

KISALTMALAR LİSTESİ

xi

TEŞEKKÜR

xii

ÖZET

xiii

ABSTRACT

xiv

**DOĞRUSAL YOLLU ESNEK ÜRETİM
SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI ve BENZETİMİ
İÇİN BİR UZMAN SİSTEMİN GELİŞTİRİLMESİ**

1.1.2. Bilgi Yolları ve Bilgi Akışı Hiyerarşisi

5

1.2. Yapılan Çalışmaların Özeti

6

1.3. Sistemin Yapılan Çalışmaların Özeti

13

1.4. Tezün Organizasyonu

13

End.Yük.Müh. Semih ÖNÜT

BÖLÜM 2. ESNEK ÜRETİM

17-31

F.B.E. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan

17

DOKTORA TEZİ

18

2.2.1. Bilgi Yolları ve Bilgi Akışı

21

2.2.2. İstatistiksel Analiz

26

2.2.3. Modelleme ve Simülasyon

27

2.2.4. İstatistiksel Analiz

28

Tez Danışmanı
Jüri Üyeleri

: Prof. Yaşar Baki CENGİZ
: Prof.Dr. Ali Rıza KAYLAN
Prof.Dr. Halit KASA

30

30

İSTANBUL, Şubat 1994

32-55

33

35

36

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ

TABLO LİSTESİ

KISALTMALAR LİSTESİ

TEŞEKKÜR

ÖZET

ABSTRACT

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Bilgisayarla Bütünleşik Üretim

1.1.1. Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Elemanları

1.1.2. Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Hiyerarşisi

1.2. Yapılan Çalışmanın Amacı

1.3. Sistemin Yazılım Olarak Yapısı

1.4. Tezin Organizasyonu

BÖLÜM 2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ

2.1. Esnek Üretim Sisteminin Tanımı

2.2. Esnek Üretim Sisteminin Temel Elemanları

2.2.1. Bilgisayar Sistemi

2.2.2. İstasyon Sistemi

2.2.3. Malzeme İletim Sistemi

2.2.4. Diğer Fonksiyonlar

2.3. Bir Esnek Üretim Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması

2.3.1. Araştırma ve Planlama Safhası

2.3.2. Tasarım ve Kuruluş Safhası

2.3.3. Uygulama ve Faaliyete Geçirme Safhası

BÖLÜM 3. YAPAY ZEKÂ VE BENZETİMİN ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNE UYGULANMASI

3.1. Yapay Zekâ ve Uzman Sistemler

3.1.1. Bilginin Sunulması

3.1.2. Uzman Sistemler Geliştirmek için Kullanılan Araçlar

3.1.3. Uzman Sistemlerin Üretimdeki Uygulamaları

	<u>Sayfa No</u>
3.2. Benzetim	39
3.2.1. Esnek Üretim Sistemlerinin Benzetimi	40
3.2.2. Bir Esnek Üretim Sistemi Modelinin Kurulması	43
3.2.3. Seçilen EÜS Tipi İçin Modelleme Tekniğinin Belirlenmesi	46
3.3. Benzetimde Uzman Sistem Uygulamaları ve Bütünleşik Ortamlar	48
BÖLÜM 4. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ TASARIM PROBLEMLERİ VE OPERASYONEL PROBLEMLER	56-64
4.1. Esnek Üretim Sistemlerinin Planlama ve Kontrolunda Karşılaşılan Problemler	56
4.2. Esnek Üretim Sistemlerinin Operasyonel Problemleri	59
4.3. Esneklik ve Sistem Kısıtları	61
4.3.1. Üretim Ekipmanına Bağlı Olarak Ortaya Çıkan Kısıtlar	61
4.3.2. Üretime Yardımcı Elemanların Neden Olduğu Kısıtlar	61
4.3.3. Yazılım Sisteminin Neden Olduğu Kısıtlar	62
4.4. Seçilen Esnek Üretim Sistemi Tipine Bağlı Olarak Karşılaşılabilecek Problemler	62
4.4.1. Esneklik Çeşitleri	62
4.4.2. Esnek Üretim Sistemi ve Malzeme İletim Sistemi Tipi	63
4.4.3. Yüksek Takım Çeşitliliği Ortamı	63
4.4.4. Küçük Yığın Hacimleri ve Uzun İşleme Zamanları	64
BÖLÜM 5. TASARLANAN UZMAN SİSTEM İÇİN GEREKLİ OLAN VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI	65-75
5.1. Esnek Üretim Sistemi Tasarım Verileri	65
5.2. Operasyonel Veri Dosyaları	67
5.3. Esnek Üretim Sistemi Tasarım Verisi İçin Gerekli Olan Veri Tabanının Oluşturulması	69
5.3.1. Tasarımın Amaçları	69
5.3.2. Veri Yapısı	71
5.3.3. Dosyalama Sistemi	74
5.4. Arabirim Oluşturan Programlar	74

**BÖLÜM 6. TASARLANAN UZMAN SİSTEM İÇİN ESNEK ÜRETİM
SİSTEMİ KONFIGÜRASYONLARININ BELİRLENMESİ
VE SİSTEMİN VERİ GİRİŞ SAFHASI**

6.1. Esnek Üretim Sistemi Yerleşim Konfigürasyonları	76
6.2. Esnek Üretim Sistemi Konfigürasyonlarının Tasarımı	82
6.3. Veri Giriş Alanı	85
6.3.1. Malzeme İletim Sisteminin Tariflendiği Alan	85
6.3.2. İstasyonların Tariflendiği Alan	86
6.4. Değişim Alanı	86
6.5. Uygulanabilirlik Kontrol Alanı	86

**BÖLÜM 7. TASARLANAN UZMAN SİSTEM İÇİN BENZETİMİN
İŞLETİLMESİ, SONUÇLARIN YORUMLANMASI VE
REFERANS OLUŞTURULMASI SAFHASI**

7.1. Esnek Üretim Sistemi Konfigürasyonlarının Modellenmesi	90
7.2. Modellenen Konfigürasyon Proseslerinin Geçerliliklerinin Sağlanması	91
7.3. SIMAN Benzetim Dili	94
7.3.1. Veri Girişi	97
7.3.2. Çıktıların Elde Edilmesi	99
7.4. SIMAN Benzetim Sonuçlarının İstatistiksel Analizi	101
7.5. Hata ve Problem Teşhis Alanı	108
7.5.1. Problem Belirleyici ve Hata Bulucu Kurallar	112
7.5.2. Çözüm Önerici Kurallar	118
7.6. Mevcut EÜS' lerinin Referans Olarak Kullanılması	120
7.7. Veri Saklama ve Çağırma	122

BÖLÜM 8. ÖRNEK UYGULAMA

124-147

SEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Sayfa No

BÖLÜM 9. SONUÇLAR VE GELECEKTEKİ ARAŞTIRMALAR

SEKİL 1.1. İÇİN TAVSİYELER	148-153
9.1. Sonuçların Değerlendirilmesi	148
9.2. Tasarlanan Uzman Sistemin Özellikleri Hakkında Yorumlar	151
9.3. İlerideki Çalışmalar İçin Öneriler	152

KAYNAKLAR

EK 1	154-162
EK 2	163-185
ÖZGEÇMİŞ	186-190

SEKİL 1.5. BBL Sisteminin Oluşturulmasına Öncelik Eden Çeşitli Teknolojik Yöntemler ve Yollar (Mour, 1989)	8
SEKİL 1.6. Etnik Üretim Sistemlerinin Tasarımına Yönelik Uzman Sistem Akış Modeli	12
SEKİL 1.7. Uzman Sistem Oluşturan Yazınlar ve Ara Programlar	14
SEKİL 1.8. Bir Sistemin Baskınlığı	18
SEKİL 2.2. Bir Etnik Üretim Sisteminin Temel Elemanları	20
SEKİL 2.3. Etnik Üretim Sistemi Ana Bilgisayar Tarafından Yürüten Genişleten Fonksiyonlar (Parrish, 1990)	21
SEKİL 2.4. Etnik Üretim Sisteminde Arabirimin İletişimi (Parrish, 1990)	23
SEKİL 2.5. Altyapı Düzeyi ile Ana Bilgisayar Arasındaki İlişkiler (Parrish, 1990)	24

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Sayfa No

ŞEKİL 1.1: Bir Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sisteminin Temel Yapısı
(Bernard, 1989)

1

ŞEKİL 1.2: Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Teknolojisi (Parrish, 1990)

2

ŞEKİL 1.3: Bir Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Ortamındaki Planlama
ve Kontrol Fonksiyonları (Bilberg et al, 1991)

6

ŞEKİL 1.4: Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemlerindeki Hiyerarşik
Kontrol Düzeyleri (Parrish, 1990)

7

ŞEKİL 1.5: BBÜ Sistemlerinin Oluşturulmasına Öncülük Eden Çeşitli
Teknolojik Yöntemler ve Yollar (Moir, 1989)

8

ŞEKİL 1.6: Esnek Üretim Sistemlerinin Tasarımına Yönelik Uzman
Sistemin Akış Modeli

12

ŞEKİL 1.7: Uzman Sistemi Oluşturan Yazılımlar ve Ara Programlar

14

ŞEKİL 2.1: Bir Sistemin Esnekliği

18

ŞEKİL 2.2: Bir Esnek Üretim Sisteminin Temel Elemanları

20

ŞEKİL 2.3: Esnek Üretim Sistemi Ana Bilgisayarı Tarafından Yerine
Getirilen Fonksiyonlar (Parrish, 1990)

21

ŞEKİL 2.4: Bir Esnek Üretim Sisteminde Arabirimlerin İletişimi
(Parrish, 1990)

23

ŞEKİL 2.5: Atölye Düzeyi İle Ana Bilgisayar Arasındaki İlişkiler
(Parrish, 1990)

24

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL 2.6: Üretim Kontrol Yazılımı Girdileri	25
ŞEKİL 2.7: Bir Bütünleşik Üretim Sistemi Tasarım Prosedürü (Browne, 1985)	29
ŞEKİL 2.8: Bir Esnek Üretim Sisteminin Tasarım ve Uygulama Safhaları (Parrish, 1990)	31
ŞEKİL 3.1: Bir Uzman Sistemin Bilgi Tabanı	32
ŞEKİL 3.2: Bir Uzman Sistemin Temel Yapısı	33
ŞEKİL 3.3: Esnek Üretim Modelleri İçin Benzetim Metodlarının Sınıflandırılması (Parrish, 1990)	41
ŞEKİL 3.4: Benzetim üreteçleri ve uzman sistemler (Haddock, 1987)	50
ŞEKİL 3.5: Bir Bütünleşik Benzetim Ortamı (Henriksen, 1983)	52
ŞEKİL 4.1: Üretim Modellerinin Hiyerarşik Planlama Yapısı (Van Looveren, 1986)	57
ŞEKİL 4.2: Esnek Üretim Sistemlerinin Tasarlanması Aşamasında Kullanılan Taktik Planlama Düzeyi ve Benzetim (Van Looveren, 1986)	59
ŞEKİL 5.1: Esnek Üretim Tasarım Sisteminin Farklı Modülleri Arasındaki Veri Akışı	66
ŞEKİL 5.2: Bir Esnek Üretim Sistemi İçin Gerekli Olan Veri Dosyalarının Organizasyonu	68

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL 5.3: Bir Tasarım Prosesine ait Kayıtların Hiyerarşik Yapısı	70
ŞEKİL 6.1(a): Tek Yönde İş Akışına Sahip Hat Şeklindeki Konfigürasyon (Groover, 1987)	77
ŞEKİL 6.1(b): Her İki Yönde İş Akışına Sahip Hat Şeklindeki Konfigürasyon (Groover, 1987)	77
ŞEKİL 6.2: Döngüsel Esnek Üretim Sistemi Konfigürasyonu. (Groover, 1987)	77
ŞEKİL 6.3: Merdiven Yapıdaki Esnek Üretim Sistemi (Groover, 1987)	78
ŞEKİL 6.4: 1. Sistem	80
ŞEKİL 6.5: 2. Sistem	80
ŞEKİL 6.6: 3. Sistem	80
ŞEKİL 6.7: 4. Sistem	81
ŞEKİL 6.8: 5. Sistem	81
ŞEKİL 6.9: Bir esnek Üretim Sistemi Konfigürasyon Hiyerarşisi	84
ŞEKİL 7.1: SIMAN Yazılımının Genel Yapısı (Pegden, 1982)	96
ŞEKİL 7.2: SIMAN Tarafından Oluşturulan Dosyalardan Esnek Üretim Sistemi Performans Ölçülerinin Elde Edilmesi	100
ŞEKİL 7.3: SIMAN OUTPUT İşlemcisinden Elde Edilen Sonuçların Tasarlanan Uzman Sistem Yardımıyla Yorumlanması	101

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Sayfa No

ŞEKİL 7.4: Klasik Kapasite Analizi Tekniklerinin, Tasarlanan Esnek Üretim Sistemine Uygulanma Prosedürü	105
TABLO 7.1: Esnek Üretim Sistemine Uygulanma Prosedürünün Yerine Getirdiği Faydalar (Parnish, 1990)	22
ŞEKİL 7.5: Klasik Analiz Teknikleri ve Benzetim Sonuçlarından Performans Ölçülerinin Elde Edilmesi	107
TABLO 7.2: Esnek Üretim Sistemine Uygulanma Prosedürünün Yerine Getirdiği Faydalar ve Veri Tipleri	72
ŞEKİL 7.6: Referans Safhasındaki Veri Akışı ve Genel Yapısı	123
TABLO 8.1: Seçilen Bazı Esnek Üretim Sistemi Tiplerinde Kullanılan Genel Amaçlı Yükleme-boşaltma İstasyonlarına ve Tezgah Üstlerindeki Tamponlara Sahip Doğrusal Yollu Esnek Üretim Sistemi	125
TABLO 8.2: Konfigürasyon Kuralları Ait Kurallar	88
TABLO 7.1: Sabit örnek miktarı ile ilgili yaklaşımların karşılaştırılması (Law ve Kelton, 1991)	103
TABLO 7.2: Performans Ölçülerinin Yorumlanmasında Kullanılan Çeşitli Üzmen Kuralları	110
TABLO 7.3: Çeşitli Esnek Üretim Sistemi Elemanlarının Durumlarını Analiz Etme İçin Kullanılan Üzmen Sistem Kuralları	114
TABLO 7.4: Lokal Tamponlara Sahip Tezgahlardan Oluşan Esnek Üretim Sistemleri İçin Olguşurulan Operasyonel Kurallar	116
TABLO 7.5: Lokal Tamponlara Sahip Esnek Üretim Sistemleri İçin Olguşurulan Operasyonel Kurallara Ait Sonuçlar	116
TABLO 7.6: Sistemde Değişik Olarak Bulunan Tamponlara Sahip Esnek Üretim Sistemleri İçin Geliştirilen Kurallar	117
TABLO 7.7: Tamamen Boyutlanmış Tamponlara Sahip Esnek Üretim Sistemleri İçin Olguşurulan Operasyonel Kurallara Ait Sonuçlar	117

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Sayfa No

TABLO 2.1: Bir Esnek Üretim Sistemi Ana Bilgisayarının Yerine Getirdiği Faaliyetler (Parrish, 1990)	22
TABLO 5.1: Esnek Üretim Sisteminde Kullanılacak Veri Tabanları İçin Gerekli Kayıtlar ve Veri Tipleri	72
TABLO 6.1: Seçilen Bazı Esnek Üretim Sistemi Tiplerinde Kullanılan Malzeme İletim Sistemleri (Groover, 1987)	78
TABLO 6.2: Konfigürasyon Kısıtlarına Ait Kurallar	88
TABLO 7.1: Sabit örnek miktarı ile ilgili yaklaşımların karşılaştırılması (Law ve Kelton, 1991)	103
TABLO 7.2: Performans Ölçülerinin Yorumlanmasında Kullanılan Çeşitli Uzman Kuralları	110
TABLO 7.3: Çeşitli Esnek Üretim Sistemi Elemanlarının Durumlarını Analiz Etmek İçin Kullanılan Uzman Sistem Kuralları	114
TABLO 7.4: Lokal Tamponlara Sahip Tezgahlardan Oluşan Esnek Üretim Sistemleri İçin Oluşturulan Operasyonel Kurallar	116
TABLO 7.5: Lokal Tamponlara Sahip Esnek Üretim Sistemleri İçin Oluşturulan Operasyonel Kurallara Ait Sonuçlar	116
TABLO 7.6: Sistemde Dağınık Olarak Bulunan Tamponlara Sahip Esnek Üretim Sistemleri İçin Geliştirilen Kurallar	117
TABLO 7.7: Sistem Boyunca Dağıtılmış Tamponlara Sahip Esnek Üretim Sistemleri için Oluşturulan Operasyonel Kurallara Ait Sonuçlar	117

KISALTMALAR LİSTESİ

Sayfa No

TABLO 7.8: Çözüm Önerici Kuralların Listesi	119
TABLO 7.9: Esnek Üretim Sistemi Referans Dosyasında Bulunması Gerekli Bazı Bilgiler	121
TABLO 8.1: İstasyonlara, Malzeme İletim Sistemine ve Operasyonel Koşullara Ait Veri Girişlerinin Ekran Çıktısı Örnekleri	127
TABLO 8.2: İstasyonlar ve Malzeme İletim Sisteminde İzin Verilen Çalışma Şartları	132
TABLO 8.3: Örnek Esnek Üretim Sistemine Ait SIMAN Model Programı	133
TABLO 8.4: Örnek Esnek Üretim Sistemine Ait SIMAN Deneysel Programı	135
TABLO 8.5: Modele Ait SIMAN Çıktı Sonuçları	138
TABLO 8.6: Uzman Sistemin Benzetim Sonuçlarını Yorumlaması ve Kullanıcıya Verilen Öneriler	142
TABLO 8.7: Palet Sayıları Arttırılarak Yeniden Benzetilen Modele Ait SIMAN Çıktısı	143
TABLO 8.8: Uzman Sistemin Esnek Üretim Sisteminde Gerekli Değişiklikler Yapıldıktan Sonra, Modele Ait Benzetim Sonuçlarını Tekrar Yorumlaması ve Kullanıcıya Verilen Öneriler	145
TABLO 8.9: Örnek Esnek Üretim Sistemimize Ait Referans Bilgileri	146

KISALTMALAR LİSTESİ

AK	: Alan Kontrolcüsü
BBÜ	: Bilgisayarla Bütünleşik Üretim
BDDK	: Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol
BDM	: Bilgisayar Destekli Mühendislik
BDP	: Bilgisayar Destekli Planlama
BDPP	: Bilgisayar Destekli Proses Planlama
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
BDTÇ	: Bilgisayar Destekli Tasarım ve Çizim
BDÜ	: Bilgisayar Destekli Üretim
BDÜY	: Bilgisayar Destekli Üretim Yönetimi
BEAM	: Background And Enhanced Animation For MAST
CAPS	: Computer Aided Programming Systems
CNC	: Bilgisayar Nümerik Kontrol
DNC	: Direk Nümerik Kontrol
ECSL	: Extended Control Simulation Language
EÜH	: Esnek Üretim Hücresi
EÜM	: Esnek Üretim Montajı
EÜS	: Esnek Üretim Sistemi
HK	: Hücre Kontrolcüsü
IGES	: Temel Grafik Değişim Spesifikasyonu
KEE	: Knowledge Engineering Environment
MAP	: Üretim Otomasyon Protokolü
MAST	: Manufacturing System Design Tool
MİP	: Malzeme İhtiyaç Planlaması
MİS	: Malzeme İletim Sistemi
NC	: Nümerik Kontrol
OKA	: Otomatik Klavuzlu Araç
PLC	: Programlanabilir Otomasyon Cihazları
SPAR	: System Planning of Aggregate Requirements
TEZVER	: Tezgah Verisi
TOP	: Teknik Ofis Protokolü
ÜKP	: Üretim Kaynakları Planlaması
ÜRVER	: Üretim Verisi
VTs	: Veri Toplama Sistemi

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin seçiminde ve tez çalışmam sırasında beni teşvik eden ve yönlendiren, her türlü destek ve anlayışı esirgemeyen Hocam Sayın Prof. Yaşar Baki CENGİZ'e içtenlikle teşekkür ederim. Ayrıca tezin yazımı ve programlarının hazırlanması aşamasında, gerek bilgi açısından ve gerekse fiili yardımda bulunan çalışma arkadaşlarım Ar.Gör.Tufan DEMİREL, Ar.Gör.F.Güney GÜNAY ve Ar.Gör.H.İbrahim ERDEM'e de teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Bilgisayar teknolojileri, fabrika otomasyonu ve yönetim kontrolunda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Geçen otuz yıl boyunca bilgisayar endüstrisi, yüksek düzeyli programlama dillerinden, kolay kullanılabilir paket yazılımlara kadar uzanan bir gelişme göstermiştir. Bunun sonucunda da günümüz yapay zekâ ve uzman sistem teknolojileri ortaya çıkmıştır.

Bu tez, esnek üretim sistemlerinin tasarım ve planlama problemlerine, uzman sistemler ile çözüm bulunması amacını taşımaktadır. Özellikle doğrusal yollu esnek üretim sistemleri konu kapsamı içine alınmış ve bu tür esnek üretim sistemlerinin tasarım ve planlama problemleri incelenerek, daha sonra diğer çeşit esnek üretim sistemlerinin de bu çalışma kapsamına ne şekilde sokulabileceği tartışılmıştır. Bir esnek üretim sisteminin tasarlanması aşamasında tasarımcı, çok sayıda mümkün yerleşim tipi ve tasarım parametreleri içinden seçim yapmak gibi zor bir karar ile karşı karşıya kalır. Bu çeşit problemlerin çözümüne yönelik değişik metodlar vardır. Fakat bunların çoğunun hem kullanımı hem de öğrenimi oldukça zordur. Bilgi tabanlı bir yaklaşım, bu tip durumlar için en uygun olanıdır. Bazı uzman karar kurallarına sahip farklı algoritmalar ve yaklaşımlardan oluşan bir uzman sistem ise, esnek üretim sistem tasarımcısının en büyük yardımcısı olacaktır.

Tasarlanan esnek üretim uzman sistemi dört farklı safhadan meydana gelmektedir. Bunlar sırasıyla veri girişi ve uygulanabilirlik kontrol safhası, benzetim safhası, sonuçların analizi ve yorumlanması safhası, ve referans safhasıdır. Benzetim safhasında SIMAN benzetim dili kullanılmıştır. Diğer safhalarda ve safhalar arasındaki iletişim için yazılan arabirim programlarında ise BORLAND PASCAL 7.0 programlama dilinden yararlanılmıştır. Kullanıcı tarafından tasarlanmakta olan esnek üretim sistemine ait veriler girildikten sonra, modelin uygulanabilirlik kontrolü yapılır. Daha sonra, oluşturulan model benzetilir ve elde edilen sonuçlar analiz edilmek ve yorumlanmak üzere uzman sistemin ilgili kısmına yollanır. Burada olması gereken değerler ile bulunan değerler karşılaştırılır ve kullanıcıya mevcut modeli kabul etmesi ya da önerilen değişiklikleri yapması yönünde çeşitli tavsiyeler verilir. Kabul edilen bir model, daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere, referans safhasında saklanır.

Esnek üretim sistemi tasarım prosesi ile ilgili tüm veriler, kullanıcıya yönelik hazırlanan veri tabanlarında tutulurlar. Benzetim sonuçlarının yorumlanması ve esnek üretim sistemi tasarımlarının uygulanabilirlik kontrolü, kural esaslı bilgi tabanı yardımıyla yapılır. Uzman sistemin çıkarım mekanizması ise, hem geriye hem de ileriye doğru zincir metodlarından yararlanır.

Yapmış olduğumuz çalışmalar ve uygulamalardan da anlaşılacağı üzere, doğrusal yollu esnek üretim sistemleri içinde yer almak koşuluyla, mevcut yazılımlarda hiçbir değişiklik yapılmaksızın, istenilen miktar ve şartlarda ekipman, oluşturulan esnek üretim uzman sistemimize kolaylıkla uygulanabilir. Bu husus, uzman sistemin yapısındaki esnekliği ifade eder. Kullanım açısından ve diğer tipteki esnek üretim sistemlerine uygulanabilme açısından önemli bir esneklik elde edilmiş olunur.

ABSTRACT

Computer technologies have recorded significant advances in factory automation and management control. Over the past thirty years, the computer industry progressed from high-level languages to user friendly packaged software. Today, the efforts are concentrated on adding intelligence to computer programs through developments of expert systems.

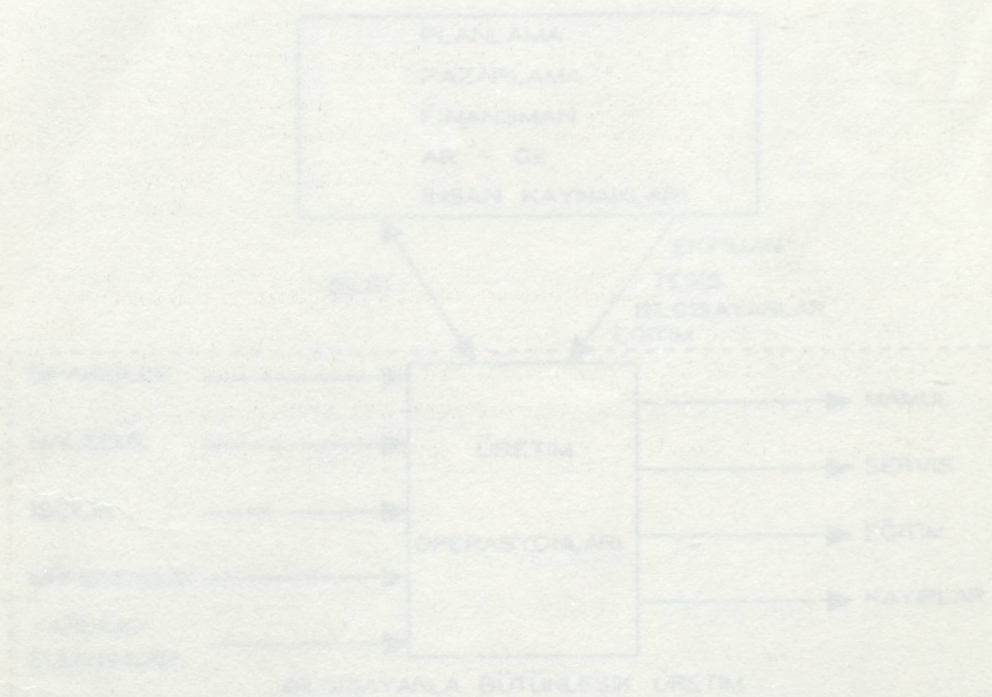
This thesis presents an expert system solution to the design and planning problems of flexible manufacturing systems. Especially flexible manufacturing systems with linear tracks have been considered in this study. The designer, or user, is faced with a difficult task of considering a vast number of possible configurations of machine tools, material handling systems, buffers, etc., and interacting design parameters when designing a flexible manufacturing system. Various generative and evaluative models are available, but some of them are difficult to learn and use. Moreover most models, particularly the analytical models, usually address some of specific aspects of the flexible manufacturing system design problem and are only applicable provided certain assumptions are true. A knowledge-based approach is most appropriate in this type of situation and it is possible to construct an expert system embodying different algorithms and approaches, together with some expert decision rules. Such a system will be of great help to the flexible manufacturing system designer. In this study, different software tools and simulation techniques are brought together and integrated into an expert system.

Flexible manufacturing expert system designed consists of four areas and modules, namely, data input and feasibility control module, simulation module, analysis results and recommendation module and reference module. Flexible manufacturing system design problems involve a great amount of data analysis. To handle this volume of data, some form of database management system must be present. Furthermore two types of input data can be distinguished, namely, layout data which refers to the number of stations, and their types, material handling system used, layout of the flexible manufacturing system, buffer arrangements, the utilisation figures, etc., and operational data which includes mainly the parts' data and the routing information. The layout data are held in ASCII files external to the expert system and these external files complement the data contained in the user-oriented database. Communications are in both directions which mean that data contained in the external files can be extracted and added to the database. Feasibility of flexible manufacturing system configurations, buffer sizes and number of pallets used are checked against a set of simple rules contained in a rule base. The main purpose of this stage is to eradicate obvious errors and prepare the model for the use of decision points in modelling the flexible manufacturing system. The essential performance statistics of the flexible manufacturing system under study, such as, the number of parts completed, the utilisation figures for the stations and transporter, etc., are all contained in the output files from the SIMAN. The OUTPUT processor of

SIMAN is used to handle the simulation data. The performance measures are then passed on to the diagnosis area for interpretation. A diagnostic rule-base expert system is present at this stage of dedicated system to interpret the simulation results.

The simulation language used in the simulation module is SIMAN 3.5 simulation language. BORLAND PASCAL 7.0 programming language is used to develop the other stages and interfaces of the dedicated expert system. All the data for the flexible manufacturing system design process are held in the user-oriented databases. Flexible manufacturing expert system designed has a rule-based knowledge representation for checking the feasibility of flexible manufacturing system designs and for analysing simulation results. The inference engine which is the part of the expert system that guides the exploration of the expert model uses both types of inference modes, backward chaining and forward chaining. At the same time production rules, or IF-THEN rules, are used in this area. Expert system has been applied to the design of flexible manufacturing systems with linear tracks, but this could be extended in future to cope with other kind of flexible manufacturing system configurations.

Even though the analysis of methods and tools gives a solution, this solution can not be effective. In practice, we can confront with a sub-objective that will not be satisfied by any operator and also we can confront with an undesired environment. That is, the fact of realising a specific sub-objective can violate the originally desired objective. We here consider some sub-objectives which are mutually interconnected with each other.

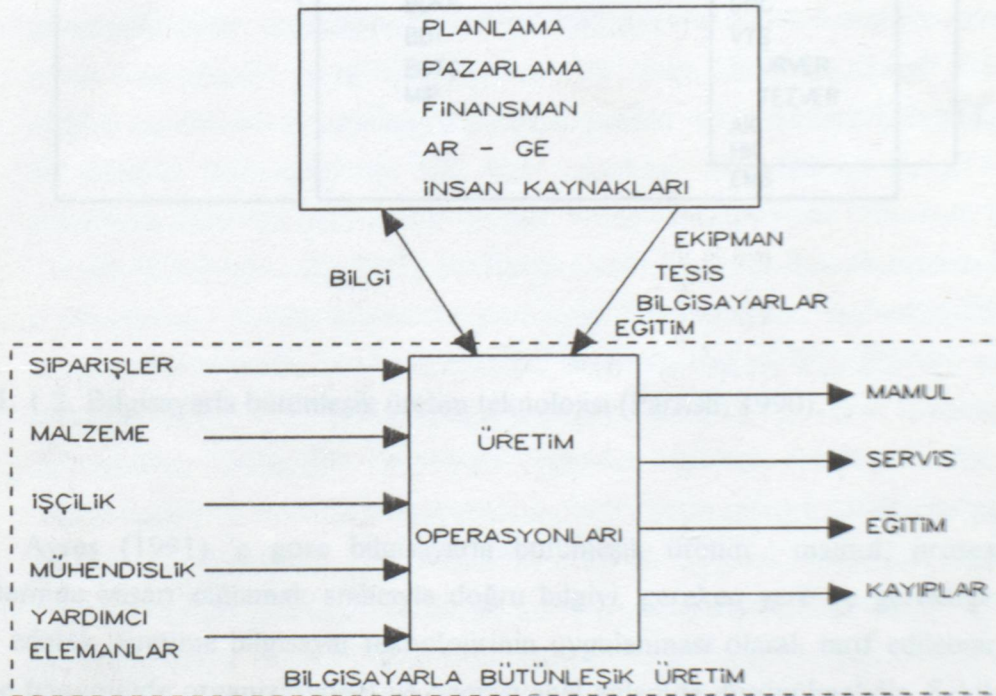


Şekil 1.1 Bir giyayarla bütünek üretim sisteminin temel yapısı (Bernard)

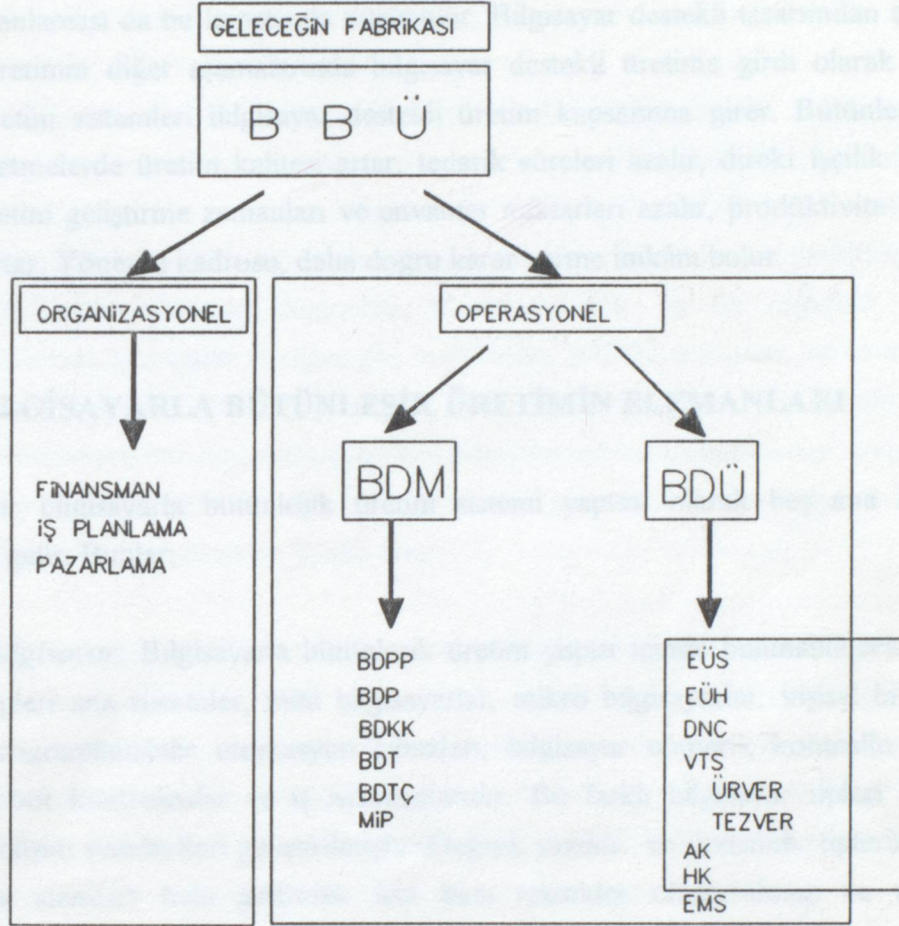
BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM (BBÜ)

Bir üretim sisteminin etkinliği ve verimliliği büyük ölçüde otomasyon düzeyine ve bütünleşme tipine bağlıdır. Bilgisayar teknolojisindeki ve veri iletişimindeki gelişmeler üretim faaliyetlerinin bütünleştirilmesine imkân sağlamışlardır. Bu faaliyetlerin, otomatik veri transferi doğrultusunda bütünleştirilmesi ise bilgisayarla bütünleşik üretimin amacını oluşturur. Bu terim ilk olarak 1970' lerin başında ortaya çıkmıştır. Daha sonra teknolojik gelişmeye uygun olarak günümüzdeki şeklini almıştır. Bütünleşik üretim tarihsel olarak dört safhadan geçmiştir. Bunlar sırasıyla el ile üretim, mekanizasyon, otomasyon ve bütünleşmedir. Üretim operasyonlarının direkt olarak kontrolü için fabrika düzeyinde bilgisayar sisteminin kurulması, bu sistemin üretim tasarımı safhasından, pazarlama safhasına kadar tam bir bütünleşme çerçevesinde ele alınması Şekil 1.1 de şematik olarak gösterilmiştir. Bu sistem, bilgisayarla bütünleşik bir üretim sisteminin tüm üretim operasyonlarını kapsayan en basit şeklidir.



ŞEKİL 1.1: Bir bilgisayarla bütünleşik üretim sisteminin temel yapısı (Bernard, 1989).



ŞEKİL 1.2: Bilgisayarla bütünleşik üretim teknolojisi (Parrish, 1990).

Ayres (1991) 'e göre bilgisayarla bütünleşik üretim mamul, proses ve iş hedeflerinde başarı sağlamak amacıyla doğru bilgiyi, gereken yere ve gerektiği zaman temin ederek, üretime bilgisayar teknolojisinin uygulanması olarak tarif edilebilir. BBÜ işletme bünyesinde organizasyonel ve operasyonel anlamda düşünülmelidir. Şekil 1.2 de bilgisayarla bütünleşik üretim teknolojisi görülmektedir. Operasyonel olarak bilgisayarla bütünleşik üretim, bilgisayar destekli mühendislik ve bilgisayar destekli üretim olmak

üzere iki alt grupta ele alınır. Bilgisayar destekli mühendislik tasarım, konstrüksiyon ve çizim işlemlerinin yapıldığı bilgisayar destekli tasarım, ile bilgisayar destekli kalite kontrol ve test, ve bilgisayar destekli proses planlama olarak üç ana kısma ayrılır. Malzeme ihtiyaç planlaması da bu kapsamda düşünülür. Bilgisayar destekli tasarımdan elde edilen çıktılar üretimin diğer aşamalarında bilgisayar destekli üretime girdi olarak kullanılır. Esnek üretim sistemleri bilgisayar destekli üretim kapsamına girer. Bütünleşik üretim yapan işletmelerde üretim kalitesi artar, tedarik süreleri azalır, direkt işçilik maliyetleri düşer, üretim geliştirme zamanları ve envanter miktarları azalır, produktivite ve tasarım kalitesi artar. Yönetim kadrosu, daha doğru karar verme imkânı bulur.

1.1.1. BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞİK ÜRETİMİN ELEMANLARI

Bir bilgisayarla bütünleşik üretim sistemi yapısal olarak beş ana elemandan meydana gelir. Bunlar;

1. *Bilgisayar:* Bilgisayarla bütünleşik üretim yapısı içinde bulunabilecek bilgisayar tipleri ana sistemler, mini bilgisayarlar, mikro bilgisayarlar, kişisel bilgisayarlar, programlanabilir otomasyon cihazları, bilgisayar nümerik kontrollu tezgahlar, robot kontrolcular ve iş istasyonlarıdır. Bu farklı bilgisayar tipleri için çeşitli iletişim standartları geliştirilmiştir. Değişik yazılım ve donanım tiplerini birbirleri ile standart hale getirmek için bazı teknikler oluşturulmuş ve uluslararası standartlar meydana getirilmiştir. Bunlar, Üretim Otomasyonu Protokolü (MAP), Teknik Ofis Protokolü (TOP) ve Temel Grafik Değişim Spesifikasyonu (IGES) standartlarıdır. Üretim otomasyon protokolü, farklı satıcılar tarafından geliştirilen otomasyona yönelik üretim sistemleri arasında uygunluk sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. Bu modelin amacı, üretim otomasyonu için tam bir bütünleşme sağlamaktır. Geliştirilen MAP ile kullanıcı, işletme içindeki herhangi bir bilgisayardan sisteme müdahale edebilir. TOP, büro içinde bütünleşme sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir standarttır. MAP, üretim prosesleri arasındaki bütünleşme için geliştirilirken, TOP, genel iş yönetiminde bütünleşme sağlar. Bu protokol dosya transferi, dosya yönetimi, dosya erişimi, mesaj iletimi ve veri tabanı yönetimi amacıyla geliştirilmiştir. IGES, MAP ve TOP standartlarından çok daha fazla kısıtlara sahiptir ve bilgisayar destekli tasarım ve çizim (BDTÇ) sistemlerinin arasında iletişim sağlamak amacına yöneliktir. IGES spesifikasyonun

esas yapısı, birbiri ile bağlantılı iki BDTÇ sistemi arasında düzenlenmiş bir aktarıcı olmasıdır. Sistemler bilgileri birbirlerine bu aktarıcı yardımı ile iletirler. Bu iletim IGES formatı ile yapılır. Daha sonra bu bilgi tekrar BDTÇ sistemi tarafından kullanılabilir formata dönüştürülür.

2. *Girdi-çıkı (Input-Output)*: Üretim içinde bilgisayarlarla birlikte yazıcılar, klavyeler, monitörler ve çizicilerin yanısıra, çeşitli girdi ve çıkı cihazları ile, bunlar arasında arabirim oluşturacak bir yapıya da ihtiyaç vardır. Bunlar kullanıcıdan aldıkları komutları sayısal sinyallere çevirirler ya da tersini yaparlar. Girdi-çıkı cihazları elektronik, elektromekanik ya da mekanik olabilirler. Motorlar, pompalar ve diğr güç merkezleri, AC/DC motorlar, servo motorlar ve senkro motorlar, görsel algılayıcılar, sesli algılayıcılar, fiziki algılayıcılar, veri giri terminalleri, bar kod okuyucuları kullanıcılar ve çeşitli teçhizatlar arasında girdi-çıkı görevini yaparlar. Bu fonksiyon, veri girişi için insana daha az bağımlı bir sistemin geliştirilmesine imkân tanır.
3. *Robot*: Bilgisayarla bütünleşik üretim yapısı içinde robotlar en önemli elemanları oluştururlar. Vail (1988)'e göre robot, diğrişik programlar yardımıyla malzeme, parça, takım ya da özel cihazları taşımak ya da hareket ettirmek amacıyla tasarlanan, yeniden programlanabilir, çok fonksiyonlu bir cihazdır. Robotların bilgisayarla bütünleşik üretimde prodüktif olarak kullanılmaları yanında, ayrıca insanlar için güç olan işlerde de çalıştırılmaları uygundur.
4. *Malzeme İletimi*: İşletmelerde malzemenin geldiği, stoklandığı ve kontrol edildiği alanlar vardır. Malzeme iletim sistemlerinin ana fonksiyonları takımları ve iş parçalarını takım tezgahına getirmek ve götürmektir. Bilgisayarla bütünleşik üretimde minimum düzeyde yarı mamul envanteri bulundurulması istendiğinden, etkin bir malzeme iletimi sistemi, bilgisayar kontrolü ile başarılabilir. Çok çeşitli malzeme iletim teçhizatı vardır. Bunlar, yükleme ve boşaltma amaçlı olup, çoğunlukla robotlardır. Konveyör ve otomatik kılavuzlu araçlar gibi taşıyıcılar, malzeme iletimi teçhizatının önemli bir kısmını oluştururlar.
5. *Bilgisayar Destekli Fonksiyonlar*: Bilgisayar kontrollu takım tezgahları, robotlar ve malzeme iletimi cihazlarından başka diğr programlanabilir cihazlar da bütünleşik üretim için büyük önem taşırlar. Bunlar çeşitli bilgisayar destekli

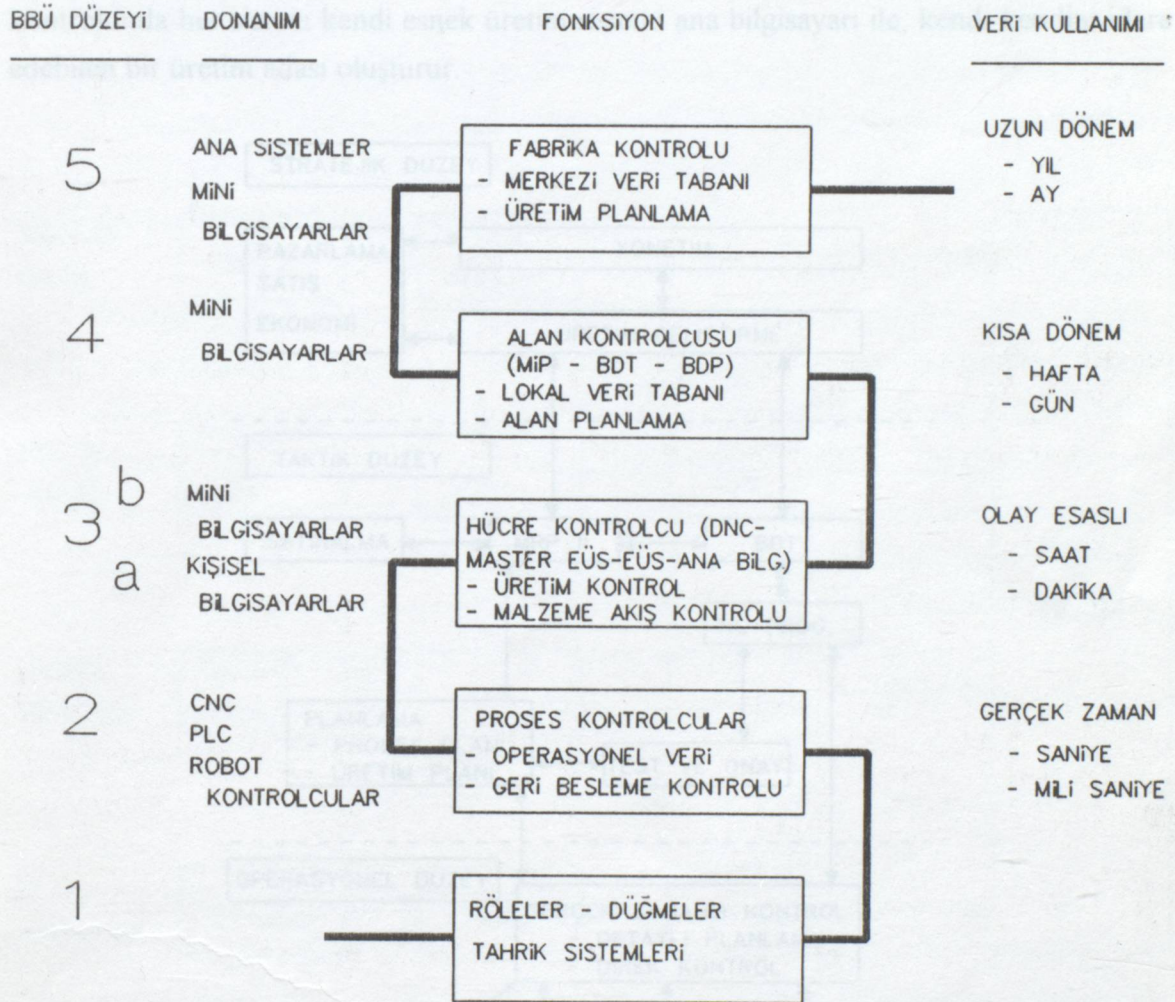
gruplar içinde yer alırlar. En önemli gruplar bilgisayar destekli mühendislik, bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli test ve bilgisayar destekli üretimdir. Bu fonksiyonlar planlama, çizelgeleme, satın alma, envanter kontrolü, yükleme ve taşıma gibi üretimde gerekli olan tüm faaliyetleri bünyelerinde bulundururlar. Fabrika içinde tezgahlar ya bilgisayar tarafından direkt olarak, ya da hiyerarşik yapıdaki bilgisayarlar tarafından gruplar halinde kontrol edilirler. Bu sistem, bilgisayar destekli üretim olarak adlandırılır. Bilgisayar destekli tasarım ise tasarım mühendisine, imal edilecek parçaların geliştirilmesi aşamasında yardımcı olur. Bu iki sistemin birbiri ile bağlantısı ise bilgisayarla bütünleşik üretimin en önemli elemanı olan BDT/BDÜ fonksiyonunu oluşturur.

1.1.2. BİLGİSAYARLA BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM HİYERARŞİSİ

Bilgisayarla bütünleşik üretimde amaç, esnek ve yüksek verimliliğe sahip bir üretim sistemini oluşturmaktır. Bu faaliyetleri başarmak ise, ancak etkin bir planlama ve kontrol sisteminin kurulması ile mümkün olabilir. Şekil 1.3 de görüldüğü gibi bir bilgisayarla bütünleşik üretim ortamında, planlama ve kontrol fonksiyonları üç düzeyde incelenir. Bunlar stratejik düzey, taktik düzey ve operasyonel düzey olmaktadır. İşletmeye ait tüm hedefler stratejik düzeyde belirlenir. Bu bir uzun dönemli planlama safhasıdır. Taktik düzeyde, üretime hazırlık yapılır. Burada ürünler tasarlanır, NC programları yapılır, proses ve üretim planları hazırlanır. Operasyonel düzeyde ise, üretim alanındaki faaliyetlerin on-line kontrolü yer alır. Kısa dönemli bir planlama yapılarak tezgahlara iş parçalarının yüklenmesi ve takım hazırlama gibi faaliyetler yürütülür. Operasyonel düzeyde tezgahlar, taşıyıcılar, ambarlar, parçalar, bağlama düzenleri, paletler ve takımlar gibi fiziksel elemanlar arasında senkronizasyon sağlayacak bir kontrol sisteminin kurulması gerekir. Bu kontrol faaliyetleri, esnek üretim sistemi bilgisayarı ya da bir başka deyişle hücre kontrolcüsü tarafından yerine getirilir.

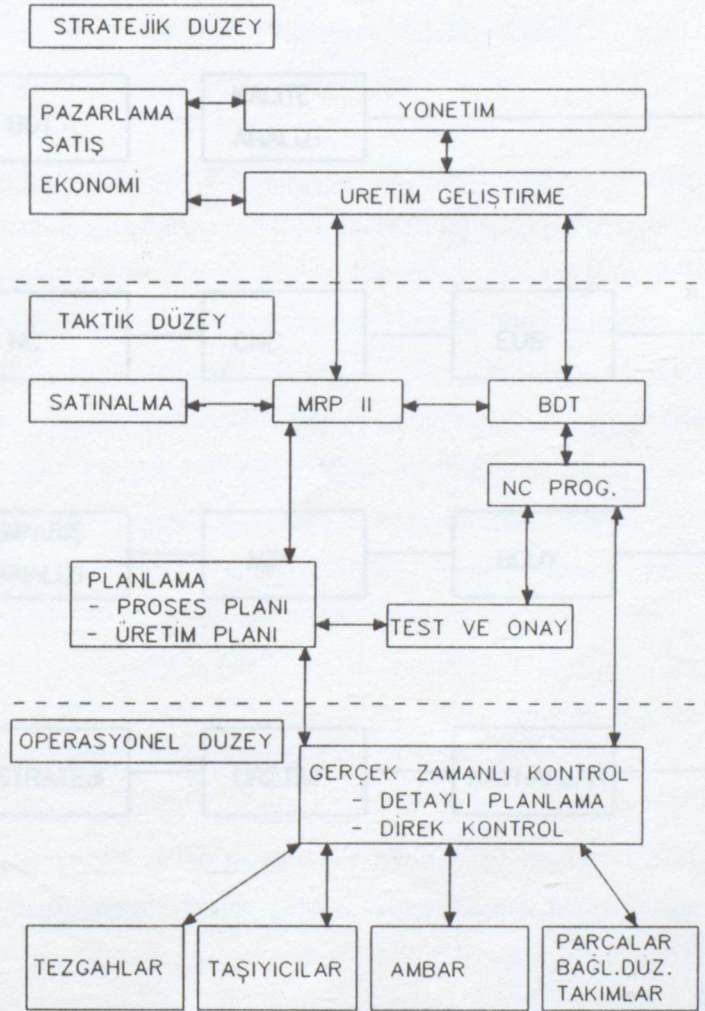
Bilgisayarla bütünleşik üretim yapan bir fabrikada tezgahlardaki tüm işleme fonksiyonlarını kontrol eden bir ana bilgisayar vardır. Her tezgahta ise hiyerarşik kontrol sistemine göre çalışan birkaç işlemci düzeyi vardır. Şekil 1.4 de bir bilgisayarla bütünleşik üretim sistemindeki hiyerarşik kontrol düzeyleri görülmektedir. En alt düzeyde kesici takım kontrol mekanizmaları ve bunları idare eden çeşitli fonksiyonlar bulunur. Üçüncü, dördüncü ve beşinci düzeyler, diğerlerinden elde edilen veriler sayesinde alınan kararlara

dayanarak işletmeyi organize ederler. Birinci ve ikinci düzeylerde ise bu kararların uygulaması yapılır ve durum izlenir. Düzeyler ve fonksiyonlar arasındaki iletişim MAP ile sağlanır. İkinci düzey, prosesi kontrol eden ve proses kontrolcuları olarak adlandırılan CNC, Programlanabilir Otomasyon Cihazları (PLC) ve mikrobilgisayarlardan meydana gelir.



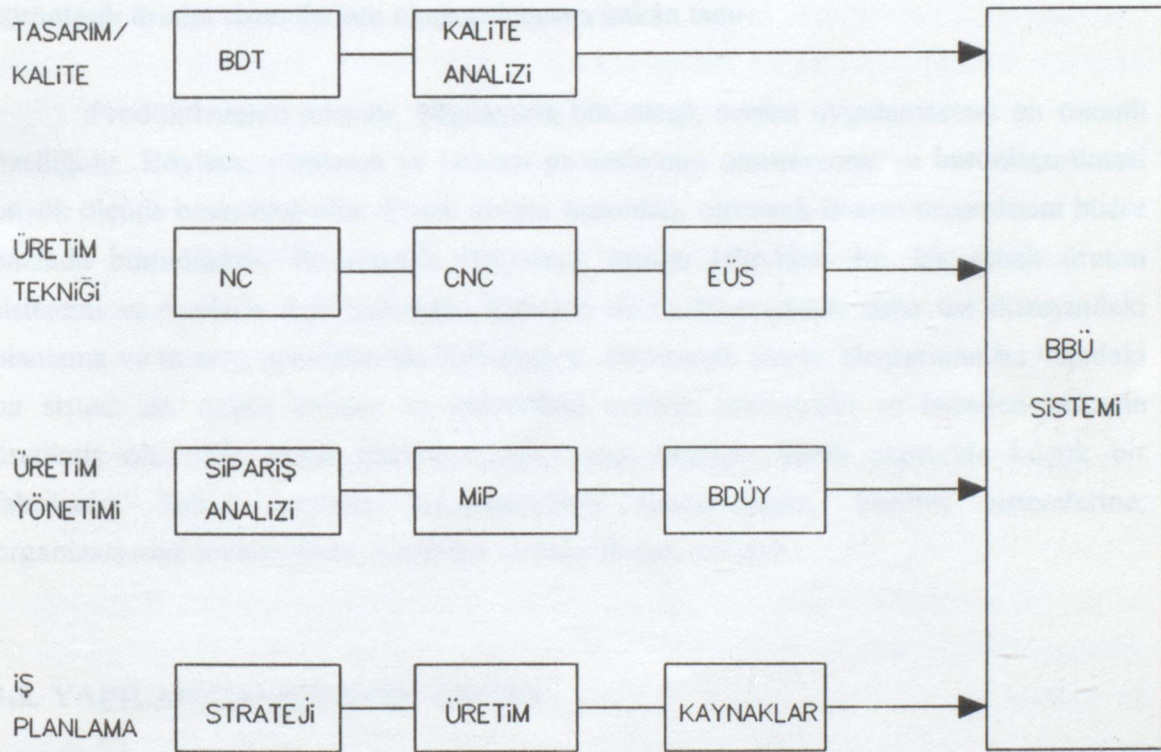
ŞEKİL 1.3: Bir bilgisayarla bütünleşik üretim ortamındaki planlama ve kontrol fonksiyonları (Bilberg et al, 1991).

Bunlar hiyerarşinin diğer düzeylerindeki kontrol elemanlarından destek almaksızın, kendi başlarına çalışma ve çeşitli durumlara reaksiyon gösterme yeteneğine sahiptirler. Böylece daha yüksek bir sistem güvenilirliği sağlanmış olur ve esneklik artar. Eğer sistemdeki herhangi bir parça arızalanırsa, kalanlar fonksiyonlarını devam ettirebilirler. Üretim hücresi ana (host) bilgisayarı bu tip tezgahlar grubunu organize etmek ve izlemek için kurulmuştur. Üçüncü düzey olarak adlandırılan bu safhada genellikle kişisel bilgisayarlar ve mini bilgisayarlar ile bir ana bilgisayar bulunur. Ana bilgisayar hücreyi kontrol etme görevini üstlenir ve hücre kontrolcüsü olarak adlandırılır. Hücre kontrolunda her sistem kendi esnek üretim sistemi ana bilgisayarı ile, kendi kendini idare edebilen bir üretim adası oluşturur.



ŞEKİL 1.4: Bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerindeki hiyerarşik kontrol düzeyleri, (Parrish, 1990).

Daha büyük bir üretim adası oluşturulması durumunda ise, sistem içindeki üretim hücresi kontrolcuları, bir (master) ana bilgisayar yardımıyla koordine edilebilir. Dördüncü düzey, işletme içindeki herhangi bir alan (örneğin üretim alanı, ambarlar vs.) için gerekli olan kontrol düzeyini belirler. Bu alana malzeme giriş ve çıkışı, alandaki teçhizatın kapasite planlaması olarak, bu düzeyde programlanır. Alan kontrolcüsü olarak adlandırılan bir bilgisayar, esnek üretim sistemi (master) ana bilgisayarı ile planlama amacıyla diyalog kurar. Eğer bu bilgisayarla planlama yapılmayıp sadece üçüncü düzeyden bilgi toplamak ve geliştirmek amaçlanmışsa bu, yönetim bilişim sistemine yönelik bir uygulama olur.



ŞEKİL 1.5: Bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerinin oluşturulmasına öncülük eden çeşitli teknolojik yöntemler ve yollar (Moir, 1989).

Beşinci düzeydeki minibilgisayarlar ve ana sistemler işletme düzeyinde otomasyon sağlarlar. Bu fonksiyonlar bilgisayar destekli planlama, bilgisayar destekli tasarım, malzeme ihtiyaç planlaması, pazarlama, finansman vs. içerir.

Her düzeydeki bilgisayar ya da kontrolcü, kendi fonksiyonlarını yerine getirmekle yükümlüdür. Bunu yapmak için her kontrolcü bir üzerindeki düzeyden, çalışabilmesi için gerekli olan verilere ihtiyaç duyar. Bir işletmede dört ayrı teknolojik yol izlenerek, bilgisayarla bütünleşik üretime ulaşılması, hiyerarşik olarak Şekil 1.5 de görülmektedir. Üretim şirketleri, her safhada bilgisayarla komple bir bütünleşme sağlayarak, bu amaca ulaşabilirler. CAD doğrultusunda, önceden analizi yapılmış ve kaliteli mamuller elde edilmesi, NC ve CNC sayesinde esnek üretim sistemlerinin kurulması, üretim kaynak planlaması sayesinde bilgisayar destekli üretim yönetimi (BDÜY) sağlanması, bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerinin oluşturulmasına imkân tanır.

Prodüktivitenin artması, bilgisayarla bütünleşik üretim uygulamasının en önemli özelliğidir. Böylece, planlama ve tasarım proseslerinin otomasyonu ve bütünleştirilmesi büyük ölçüde başarılmış olur. Esnek üretim sistemleri, otomatik üretim proseslerini hücre bazında bütünleştirir. Bilgisayarla bütünleşik üretim teknikleri ise, bir esnek üretim sistemini ve bunlarla ilgili prosesleri diğerleri ile ve hiyerarşinin daha üst düzeyindeki planlama ve tasarım prosesleri ile bütünleştirir. Hiyerarşik olarak oluşturulan bu yapıdaki bir sistem ile, doğru karışım ve miktardaki mamul, zamanında ve istenilen kalitede üretilmiş olur. Bir esnek üretim sistemi, esas itibarıyla kendi yapısında küçük bir fabrikadır. Hücre bazında bütünleştirilmiş fonksiyonlara, kontrol sistemlerine, organizasyonel teknolojilere, malzeme ve bilgi akışına sahiptir.

1.2. YAPILAN ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın en önemli amacı, günümüze kadar elde edilen tüm bilgi birikimlerinden yararlanarak, esnek üretim sistemlerinin tasarımında karşılaşılabilecek problemleri, benzetim ve diğer bilgisayar programları yardımıyla minimuma indirmek ve bunları bir uzman sistem çatısı altında toparlayarak etkin bir analiz sistemi oluşturmak olarak, ifade edilebilir. Bu sistem yardımıyla kullanıcı, sistemdeki esnek üretim sistemi tasarımlarından optimum sonucu alabilecektir. Klasik programlama dilleri ve uzman sistemler arasındaki kullanılabilirlik açısından çeşitli karşılaştırmalar Bölüm 3' de yapılmış

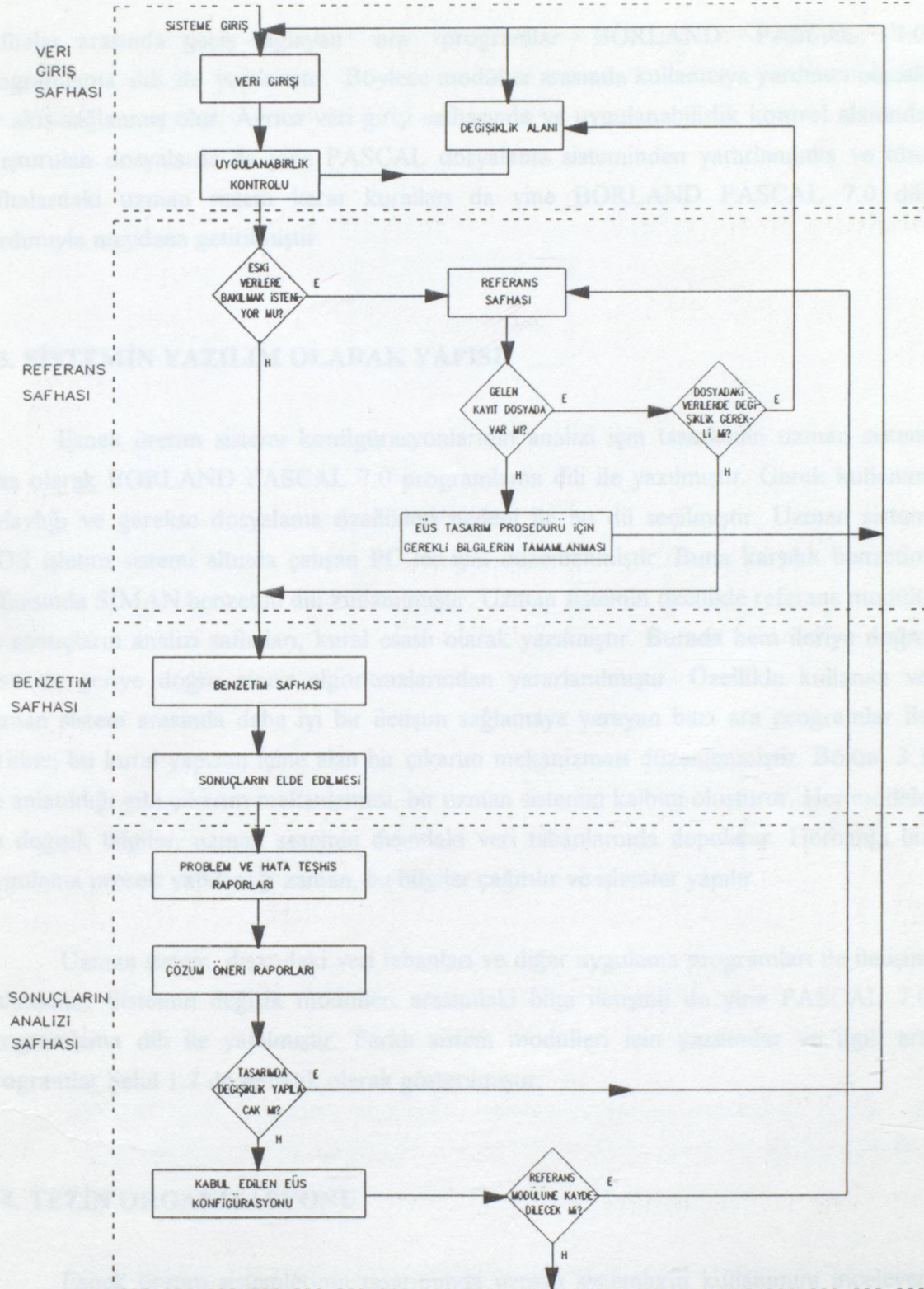
ve ayrıntılı açıklamalar sunulmuştur. Uzman sistemler kullanıcıya zeki bir yardımcı ve iyi bir tavsiye edici olarak hizmet sunarlar. Esnek üretim sistemlerinin tasarımında esnek üretim sistemi tasarımcısı esnek üretim sisteminin yapısındaki istasyonlar, malzeme iletim sistemi, tamponlar, palet stokları gibi çeşitli elemanların farklı yerleşimlere sahip çok sayıdaki konfigürasyonundan dolayı önemli ölçüde kararsızlık içine düşebilir. Gerçi her bir modelin ve konfigürasyonun analiz edilmesine yardımcı olacak çeşitli türetici ve değerlendirici modeller de vardır. Fakat bunların çoğunun ya kullanımları çok zordur ya da öğrenimi çok zaman alıcıdır. Örneğin bu tür sistemler doğrusal programlama veya doğrusal olmayan programlama ile oldukça uzun bir süre içinde çözülebilir. Hatta bazı durumlarda, gerek kullanıcının konuyu ve kullanılan benzetim dilini çok iyi bilmesi zorunluluğu ve gerekse bunların öğrenilmesinin alacağı uzun süreler dikkate alınırsa, benzetimin esnek üretim sistemlerine uygulanması bile oldukça riskli bir iştir. Oysa bilgi tabanlı bir model yaklaşımı, bu tür durumlar için en uygun olanıdır. Bu durumda, bazı özel detaylar minimize edilerek, esnek üretim sistemi tasarımcısına büyük faydalar sağlanmış olur. Bu çalışmada oluşturulmaya çalışılan uzman sistemin sahip olduğu avantajlar şöyle özetlenebilir:

1. Oluşturulan referans ya da kütüphane sistemi yardımıyla geçmiş deneyimlerin ve yapılacak olan analiz sonuçlarının ortak bir veri tabanında saklanması ve gerektiğinde başvurulması sağlanmıştır.
2. Oluşturulan bilgi tabanı her zaman güncelleştirilip, değiştirilmeye açık bir yapıdadır. Yani sistemde veri esnekliği mevcuttur.
3. Esnek üretim sistemi tasarım prosesi çok miktarda veri içerdiğinden ve bu veriler farklı esnek üretim sistemi elemanlarına ait olduğundan, herhangi bir karışıklık yaşanmasına engel olacak bir dosyalama sistemi oluşturulmuş ve her modele ait elemanlar ayrı veri dosyalarında saklanmışlardır.
4. Sistem, kullanıcı ile gerek verilerin girilmesi ve gerekse sonuçların yorumlanması aşamasında sürekli etkileşim halindedir.

Çalışmamızda bu şekilde avantajlara sahip bir esnek üretim sistemi tasarım prosesi ile bir esnek üretim sisteminin detaylı bir tasarımının yapılması yani, her model için uygun takım tezgahı tiplerinin belirlenmesi, malzeme iletim sisteminin kapasitesi, tamponların

tipleri ve büyüklüklerinin tespiti gibi çeşitli esnek üretim sistemi elemanlarının tasarlanması amaçlanmıştır. Buna göre tasarlanan uzman sistem öncelikle dört safhaya ayrılmıştır. İlk safha, konfigürasyon bilgisinin sisteme girildiği ve bir esnek üretim sisteminin hangi elemanlardan, nasıl oluşturulabileceğini temsil eden, veri giriş safhasıdır. İkinci aşamada sistem, kendi bünyesinde çalışarak, girilen esnek üretim sisteminin benzetim sonucunda elde edilen bilgilerini analiz eder. Bu, benzetim safhasıdır. Daha sonra referans safhası gelir. Burada geçmiş deneyimlerden yararlanılır, ya da elde edilen sonuçlar daha sonra kullanılmak üzere veri tabanına yüklenir. Son safha ise, benzetimden elde edilen sonuçların analizi, yorumlanması, mevcut hataların bulunması ve kullanıcıya çeşitli çözümlerin önerilmesini içerir. Tasarlanan bu sistem Şekil 1.6 da şematik olarak görülmektedir.

Sistemin birinci safhası veri girişi safhasıdır. Burada kullanıcı, bilgisayar ekranında kendisine sunulan imkânlarla, sorulan sorulara cevaplar vererek esnek üretim sistemine ait elemanlarla ilgili çeşitli konfigürasyon bilgilerini ve operasyonel verileri, uzman sistemin veri tabanına girer. Tüm veriler girildikten sonra, bunların gerçek bir esnek üretim sistemi tasarımına uygun olup olmadıkları, uygulanabilirlik kontrol alanında kontrol edilir. Eğer tasarımda konfigürasyona aykırı herhangi bir unsur varsa kullanıcı, uzman sistemin karar kuralları tarafından uyarılır. Herhangi bir değişiklik varsa, yapılır. Daha sonra sistemin ikinci safhası olan referans kısmına geçilir. Referans safhasında sisteme girilen modelin daha önceden kullanılıp kullanılmadığı ya da sistemde olup olmadığına bakılır. Eğer model daha önceden sisteme girilmişse ve herhangi bir değişiklik yapılacaksa, tekrar değişiklik alanına yollanır. Aksi takdirde prosedür benzetim safhasına geçer. Burada SIMAN benzetim dili ile mevcut sistem benzetilir ve elde edilen sonuçlar SIMAN OUTPUT işlemcisi tarafından analiz edilir. Sonuçların ve modelin geçerlilikleri de yine burada sağlanır. Elde edilen kullanım şekilleri, kuyruk uzunlukları ve sistem süreleri gibi performans ölçüleri yorumlanmak üzere sonuçların analizi safhasına gönderilir. Eğer bulunan sonuçlar ile olması gereken değerler arasında farklar varsa, hata ve problem bulucu uzman sistem kuralları tarafından kullanıcı uyarılır ve hemen arkasından bunları önlemek üzere çözüm önerici kurallar devreye sokulur. Yapılan tavsiyelere göre kullanıcı ya prosedürü bitirir ya da sistem konfigürasyon verilerinde değişiklik yapmak üzere veri giriş safhasına geri döner ve tüm prosedürü hatalar ortadan kalkıncaya kadar devam ettirir. Elde edilen gerçek esnek üretim sistemi konfigürasyonu, eğer istenirse, referans dosyasına daha sonraki uygulamalarda kullanılmak üzere yollanır.



ŞEKİL 1.6: Esnek üretim sistemlerinin tasarımına yönelik uzman sistemin akış modeli.

Safhalar arasında geçiş sağlayan ara programlar BORLAND PASCAL 7.0 programlama dili ile yazılmıştır. Böylece modüller arasında kullanıcıya yardımcı olacak bir akış sağlanmış olur. Ayrıca veri girişi safhasında ve uygulanabilirlik kontrol alanında oluşturulan dosyalarda da yine PASCAL dosyalama sisteminden yararlanılmış ve tüm safhalardaki uzman sistem karar kuralları da yine BORLAND PASCAL 7.0 dili yardımıyla meydana getirilmiştir.

1.3. SİSTEMİN YAZILIM OLARAK YAPISI

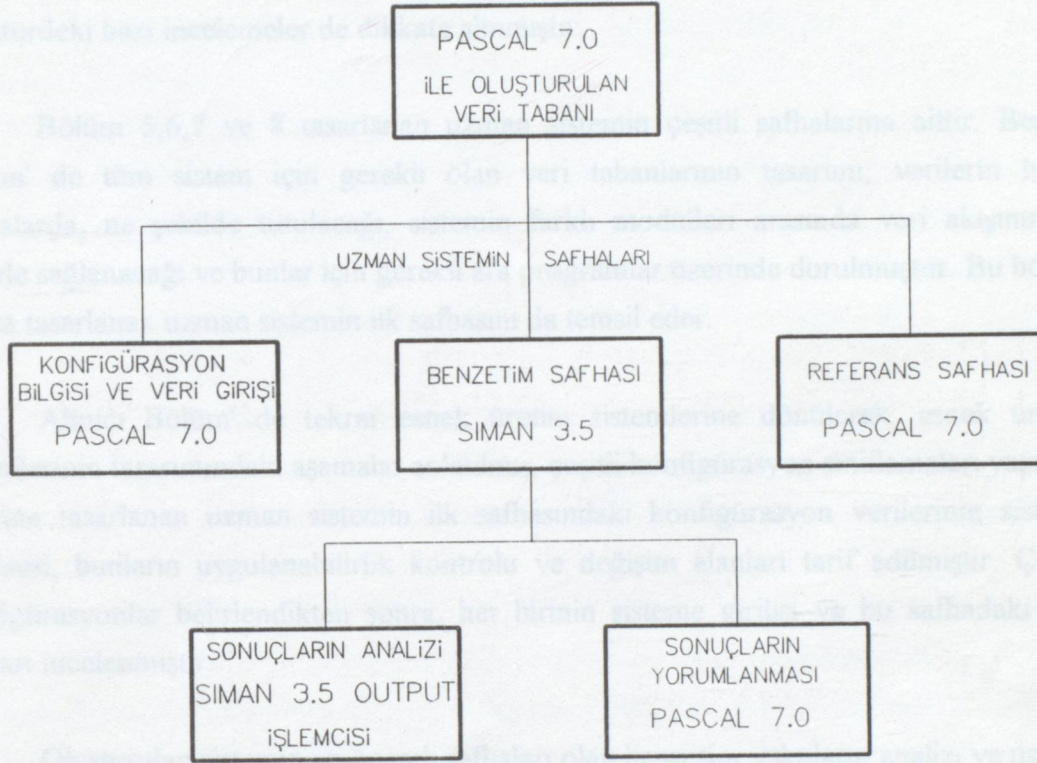
Esnek üretim sistemi konfigürasyonlarının analizi için tasarlanan uzman sistem esas olarak BORLAND PASCAL 7.0 programlama dili ile yazılmıştır. Gerek kullanım kolaylığı ve gerekse dosyalama özellikleri nedeni ile bu dil seçilmiştir. Uzman sistem DOS işletim sistemi altında çalışan PC ler için düzenlenmiştir. Buna karşılık benzetim safhasında SIMAN benzetim dili kullanılmıştır. Uzman sistemin özellikle referans modülü ile sonuçların analizi safhaları, kural esaslı olarak yazılmıştır. Burada hem ileriye doğru hem de geriye doğru zincir algoritmalarından yararlanılmıştır. Özellikle kullanıcı ve uzman sistem arasında daha iyi bir iletişim sağlamaya yarayan bazı ara programlar ile birlikte, bu kural yapısını içine alan bir çıkarım mekanizması düzenlenmiştir. Bölüm 3.1 de anlatıldığı gibi çıkarım mekanizması, bir uzman sistemin kalbini oluşturur. Her modele ait değişik bilgiler, uzman sistemin dışındaki veri tabanlarında depolanır. Herhangi bir uygulama prosesi yapılacağı zaman, bu bilgiler çağırılır ve işlemler yapılır.

Uzman sistem, dışarıdaki veri tabanları ve diğer uygulama programları ile iletişim halindedir. Sistemin değişik modülleri arasındaki bilgi iletişimi de yine PASCAL 7.0 programlama dili ile yapılmıştır. Farklı sistem modülleri için yazılımlar ve ilgili ara programlar Şekil 1.7 de şematik olarak gösterilmiştir.

1.4. TEZİN ORGANİZASYONU

Esnek üretim sistemlerinin tasarımında uzman sistemlerin kullanımını inceleyen bu tezde esas olarak iki ana kısım vardır. Birinci kısımda bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerinden başlanarak, esnek üretim sistemlerine kadar konuyla ilgili kısa açıklamalar verilmiş ve kullanılacak olan benzetim ve uzman sistemler hakkında bazı hatırlatıcı

bilgiler sunulmuştur. İkinci kısımda ise tasarlanan uzman sistem tarif edilmiş, gerekli açıklamalar yapılmış ve sonuçta esnek üretim sistemlerinin tasarımına yönelik bir uzman sistemin oluşumu gerçekleştirilmiştir.



ŞEKİL 1.7: Uzman sistemi oluşturan yazılımlar ve ara programlar.

Esnek üretim sistemleri bilgisayarla bütünleşik üretim kapsamına girdiği için, Birinci Bölüm'de bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerinin genel bir tanımı verilmiş ve esnek üretim kavramını açıklamaya yarayan bazı ön bilgiler sunulmuştur.

İkinci Bölüm ise, esnek üretim sistemlerinin ve bir esnek üretim sistemi içinde bulunabilecek elemanların açıklandığı ve yine esnek üretim sistemlerinin tasarım prosedürlerinin kısaca tanımlandığı bölümdür.

Üçüncü Bölüm'de önce yapay zekâ ve uzman sistemler açıklandıktan sonra, benzetim modelleri ve sınıflamaları üzerinde durulmuş ve benzetimdeki uzman sistem uygulamaları incelenmiştir.

Dördüncü Bölüm esnek üretim sistemlerinin tasarımı esnasında karşılaşılabilecek çeşitli tasarım ve operasyon düzeyindeki problemlere ayrılmıştır. Burada özellikle literatürdeki bazı incelemeler de dikkate alınmıştır.

Bölüm 5,6,7 ve 8 tasarlanan uzman sistemin çeşitli safhalarına aittir. Beşinci Bölüm' de tüm sistem için gerekli olan veri tabanlarının tasarımı, verilerin hangi dosyalarda, ne şekilde tutulacağı, sistemin farklı modülleri arasında veri akışının ne şekilde sağlanacağı ve bunlar için gerekli ara programlar üzerinde durulmuştur. Bu bölüm ayrıca tasarlanan uzman sistemin ilk safhasını da temsil eder.

Altıncı Bölüm' de tekrar esnek üretim sistemlerine dönülerek, esnek üretim sistemlerinin tasarımıdaki aşamalar anlatılmış, çeşitli konfigürasyon sınıflamaları yapılmış ve yine tasarlanan uzman sistemin ilk safhasındaki konfigürasyon verilerinin sisteme girilmesi, bunların uygulanabilirlik kontrolü ve değişim alanları tarif edilmiştir. Çeşitli konfigürasyonlar belirlendikten sonra, her birinin sisteme girişi ve bu safhadaki veri akışları incelenmiştir.

Oluşturulan sistemin en önemli safhaları olan benzetim, çıktıların analizi ve uzman kurallar tarafından bunların yorumlanması ise, Yedinci Bölüm' de ele alınmıştır. Burada önce modelleme aşaması açıklanmış, çeşitli model geçerliliği sağlama metodları incelenmiş ve SIMAN benzetim dili hakkında bilgiler verildikten sonra SIMAN OUTPUT işlemcisi yardımıyla sonuçların analizi ve geçerliliklerinin sağlanması anlatılmıştır. Yedinci bölümün en önemli ikinci kısmı ise, hata ve problem teşhis alanlarının açıklandığı kısımdır. Burada hem hata ve problem belirleyici kuralların ve hem de çözüm önerici kuralların geniş bir tanımı ve dökümü verilmiştir. Uzman sistemin son aşaması olan referans oluşturma safhası da yine Yedinci Bölüm' de yer almaktadır. Burada hem geçmiş verilerden yararlanılması ve hem de elde edilen yeni konfigürasyon verilerinin sisteme aktarılması açıklanmıştır.

Sekizinci Bölüm, oluşturulan uzman sistemle ilgili örnek bir uygulamayı içermekte ve Dokuzuncu Bölüm' de ise sonuç ve tartışma yer almaktadır.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, tezin organizasyonu içinde literatür araştırmasına herhangi bir bölüm ya da kısım ayrılmamıştır. Yapılan literatür araştırmaları gereken yerlerde bölümlerin ve konuların arasına dağıtılmıştır ve gerekli referanslar da konulmuştur.

ESNEK ÜRETİMİN TANIMI

Esneklik, modern üretim teknolojisi için önemli bir karakteristiktir. Bunun anlamı bir üretim sisteminin, yüksek üretim hızlarında bile, değişik tipteki parçaları üretilebilmesi, istenildiğinde hatlarda değişiklik yapılabilmesi ve sistemin her türlü değişikliğe uyandırılabilmesidir. Akıcı tipi üretim ile karşılaştırıldığında geleneksel yığın tipi üretim, yüksek yarı mamul envanter düzeyleri, düşük tezgah kullanım oranları gibi dezavantajlara sahiptir. Bundan dolayı esnek üretim kavramı, yığın tipi üretimlerde üretim hızını artırarak bir avantaj olarak geliştirilmiştir. Esnek üretim sistemlerinde, farklı tipteki parçaları, üretim akış hatları ile karşılaştırılabilecek bir esneklikte üretilebilir ve aynı esneklikte aynı esneklikte de elde edilmiş olur. Tek bir CNC tezgahı, yüksek esnekliğe, fakat düşük hacimli üretim hızına sahiptir. Buna karşılık üretim hatları, yüksek üretim hacmine, fakat düşük esnekliğe sahiptir. Bir esnek üretim sistemi ise, esneklik ve üretim hızı arasında optimum dengesi kurmuştur. Esnek üretim sistemleri için birçok tanım yapılmıştır. Bunlardan bazıları şöyledir:

- * "Fairbank (1990)' e göre bir esnek üretim sistemi, merkezi olarak bir ana bilgisayarın kontrolünde otomatik organize edilen ve fiziksel olarak merkezi bir işletim sistemi tarafından bağlantısı kurulan üretim teçhizatının bir topluluğudur."
- * "Grosser (1987) esnek üretim sistemini, bir otomatik malzeme iletim ve depolama sistemi ile birbirine bağlanmış ve bütüncül bir bilgisayar sistemi tarafından kontrol edilen bir iş istasyonları grubu olarak tanımlamıştır."
- * "Jainand (1984) tarafından verilen tanıma göre bir esnek üretim sistemi, merkezi iş makinelerinin, hücrelerin, işletim merkezlerinin ve robotların bir topluluğudur ve aynı anda koordinasyonla çalışarak çalışır."

Esnek üretim sistemlerinin en önemli karakteristiği esnekliktir. Browne (1984) tarafından verilen esneklik tipi şöyle tanımlanmıştır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

BÖLÜM 2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ

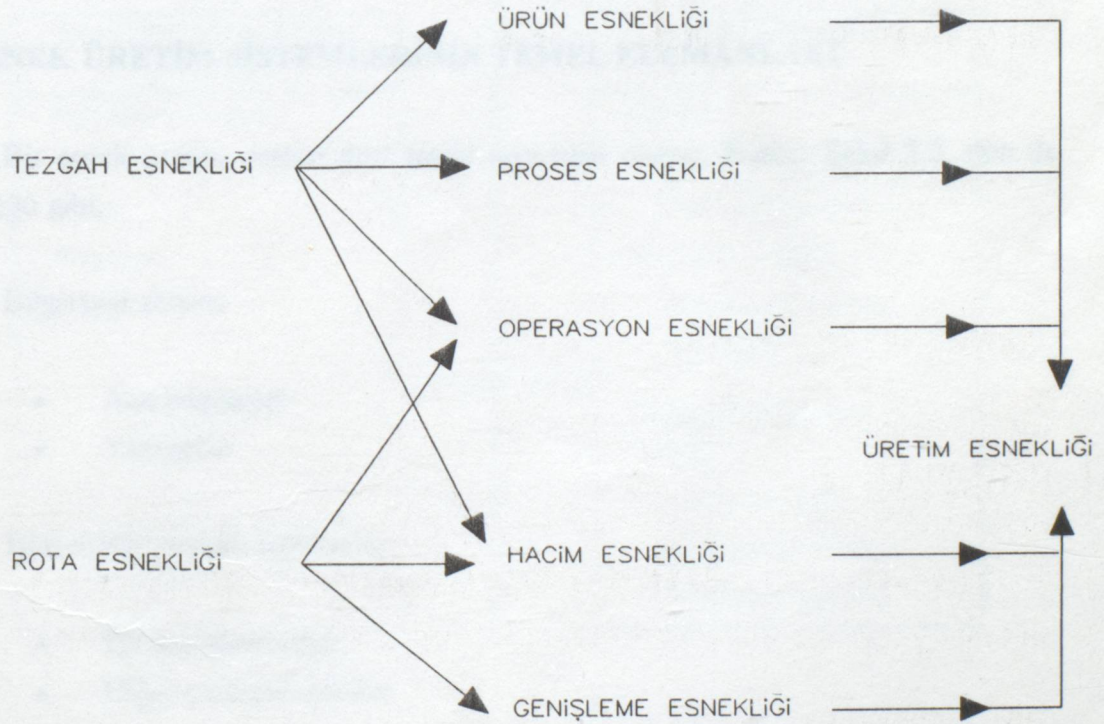
2.1. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİNİN TANIMI

Esneklik, modern üretim teknolojisi için önemli bir karakteristiktir. Bunun anlamı bir üretim sisteminin, yüksek üretim hızlarında bile, değişik tipteki parçaları üretebilmesi, istenildiğinde hatlarda değişiklik yapılabilmesi ve sistemin her türlü değişikliğe uyarlanabilmesidir. Akış tipi üretim ile karşılaştırıldığında geleneksel yığın tipi üretim, yüksek yarı mamul envanter düzeyleri, düşük tezgah kullanım oranları gibi dezavantajlara sahiptir. Bundan dolayı esnek üretim kavramı, yığın tipi üretimlerde prodüktiviteyi arttıran bir strateji olarak geliştirilmiştir. Esnek üretim sistemlerinde, farklı tipteki parça yığınları, üretim akış hatları ile karşılaştırılabilir bir etkinlikte üretilir ve aynı zamanda atölye esnekliği de elde edilmiş olur. Tek bir CNC tezgahı, yüksek esnekliğe, fakat düşük hacimli üretim hızına sahiptir. Buna karşılık üretim hatları, yüksek üretim hacmine, fakat düşük esnekliğe sahiptir. Bir esnek üretim sistemi ise, esneklik ve üretim hızı arasında optimum dengeyi kurmuştur. Esnek üretim sistemleri için birçok tarif yapılmıştır. Bunlardan bazıları şöyledir:

- " Parrish (1990)' e göre bir esnek üretim sistemi, mantıksal olarak bir ana bilgisayarın kontrolü altında organize edilen ve fiziksel olarak merkezi bir iletişim sistemi tarafından bağlantısı kurulan üretim teçhizatının bir bileşimidir."
- " Groover (1987) esnek üretim sistemini, bir otomatik malzeme iletim ve depolama sistemi ile birbirine bağlanan ve bütünleşik bir bilgisayar sistemi tarafından kontrol edilen bir iş istasyonları grubu olarak tanımlamıştır. "
- " Amstead (1987) tarafından verilen tarife göre ise, esnek üretim sistemleri, münferit iş istasyonlarının, hücrelerin, işleme merkezlerinin ve robotların bir bilgisayarın kontrolü altında koordine edilerek işletilmesidir. "

Esnek üretim sistemlerinin en önemli karakteristiği esnekliktir. Browne (1984) tarafından sekiz esneklik tipi tanımlanmıştır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- *Tezgah esnekliği*, verilen bir parça ailesini üretmek için ihtiyaç duyulan değişiklikleri yapmanın kolaylık derecesidir.
- *rn esnekliği*, yeni bir ürün kümesinin üretimine hızlı ve ekonomik bir şekilde geçebilme kabiliyetini gösterir.
- *Operasyon esnekliği*, her parça tipi için gerekli olan operasyonları yapabilme derecesinin lsdr.
- *Rota esnekliği*, sistemde üretim sürerken meydana gelebilecek arızaların etkilerini ortadan kaldırabilme yeteneğidir.
- *Hacim esnekliği*, bir esnek üretim sisteminin farklı üretim hacimlerinde krlı olarak çalışabilmesidir.



şEKİL 2.1: Bir sistemin esnekliği

- *Genişleme esnekliği*, ihtiyaç duyulduğunda bir esnek üretim sisteminin kolaylıkla ve modüler bir şekilde genişleyebilme yeteneğini gösterir.
- *Üretim esnekliği*, esnek üretim sisteminin üretebileceği parça tiplerinin genelliğini ifade eder.

Şekil 2.1 de bir üretimin esnekliğinin nasıl elde edilebileceği görülmektedir.

Bu esnekliklere göre esnek üretim sistemleri dört gruba ayrılırlar (Dupond, 1982; Stecke ve Browne, 1984):

1. Esnek üretim hücresi
2. Esnek üretim sistemi
3. Esnek transfer hattı
4. Esnek çok transferli hat

2.2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN TEMEL ELEMANLARI

Bir esnek üretim sistemi dört temel unsurdan oluşur. Bunlar Şekil 2.2. den de görüldüğü gibi;

1. Bilgisayar sistemi
 - Ana bilgisayar
 - Yazılımlar
2. İstasyonlar ve ilgili teçhizatlar
 - İşleme istasyonları
 - Diğer yardımcı tesisler
3. Malzeme iletim sistemi
4. Paletler, bağlama düzenleri, takımlar ve iş gücüdür.

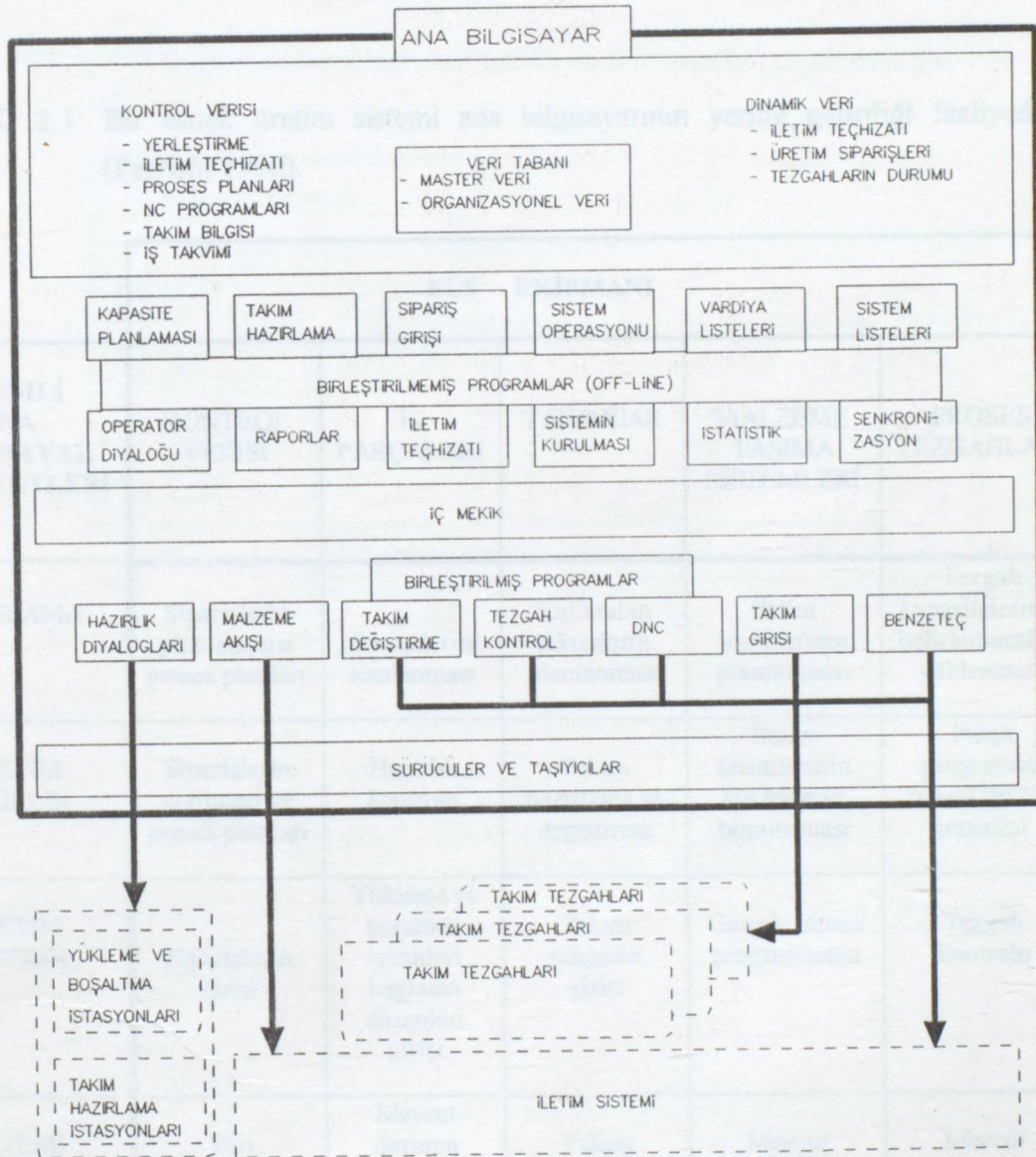
2.2.1. BİLGİSAYAR SİSTEMİ

ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ

ŞEKİL 2.2: Bir esnek üretim sisteminin temel elemanları

2.2.1. BİLGİSAYAR SİSTEMİ

Ana bilgisayar mini, mikro ya da kişisel bilgisayar donanımından ve gerekli işletim sistemleri ile esnek üretim sistemi yazılımından meydana gelir. Mini bilgisayarlar esnek üretim sistemleri için, kişisel bilgisayarlar ise daha küçük esnek üretim hücreleri için uygundur. Ana bilgisayarın esas görevi, sistemde organizasyonu sağlamaktır. Bir başka



ŞEKİL 2.3: Esnek üretim sistemi ana bilgisayarı tarafından yerine getirilen fonksiyonlar (Parrish, 1990).

deyişle, ana bilgisayar esnek üretim sistemindeki işleri planlar, bu işleri yapmak için operatörlere iş emirlerini yollar, iş parçalarının taşınmasını organize eder ve hataları önlemek ya da prosesi kontrol etmek amacıyla esnek üretim sistemini izler. Planlara göre olaylara reaksiyon gösterir. Teçhizatlarda sürekli olarak ya da bakım amacıyla kontrol yapmaz. Bu işlem lokal bir CNC ya da PLC tarafından yerine getirilir. Şekil 2.3 de bir esnek üretim sistemi ana bilgisayarı tarafından yerine getirilen önemli fonksiyonlar görülmektedir.

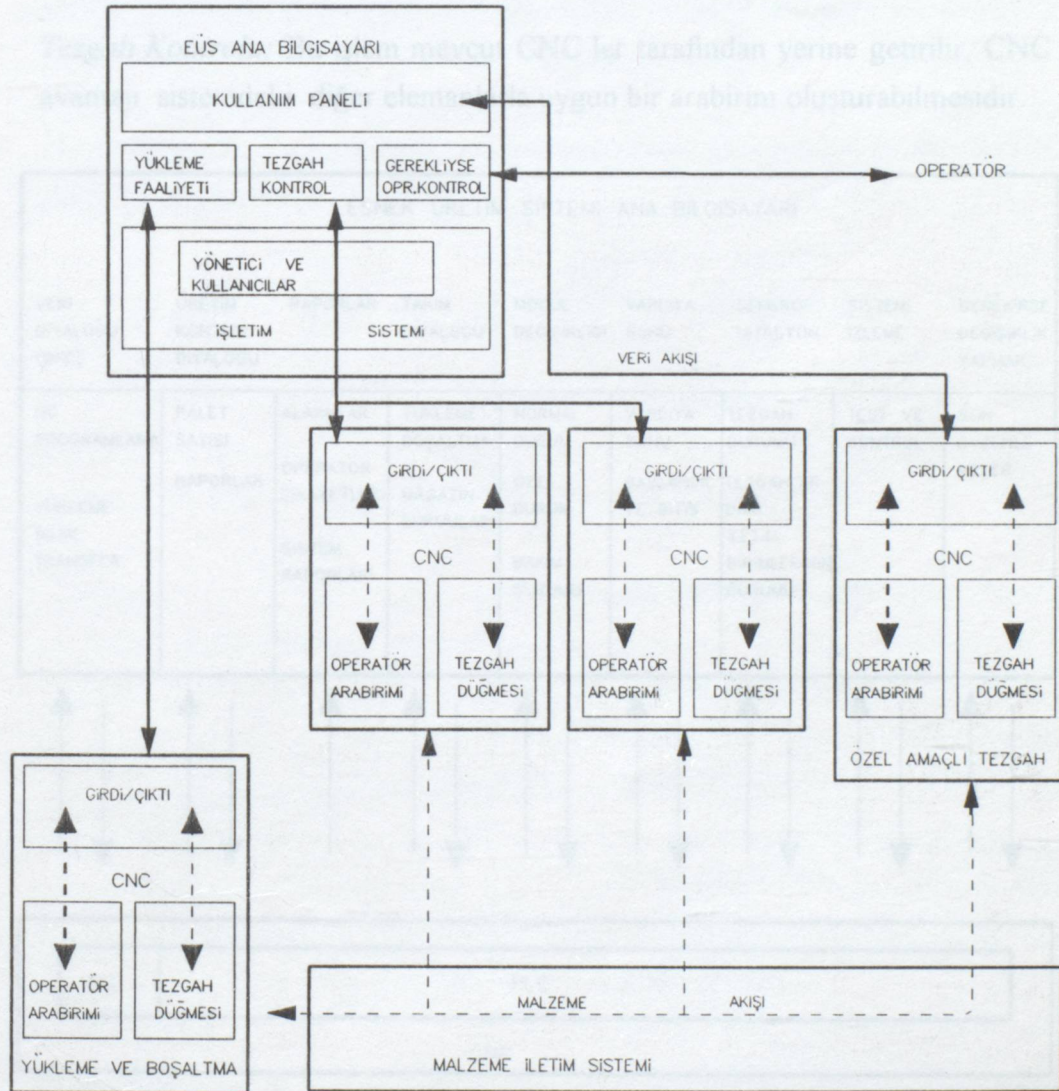
TABLO 2.1: Bir esnek üretim sistemi ana bilgisayarının yerine getirdiği faaliyetler (Parrish, 1990).

ÖNEMLİ ANA BİLGİSAYAR FAALİYETLERİ	EÜS EKİPMANI				
	KONTROL VERİSİ	İŞ PARÇALARI	TAKIMLAR	MALZEME TAŞIMA SİSTEMLERİ	PROSES TEZGAHLARI
PLANLAMA	Siparişlerin planlanması proses planları	Proseslerin rotalanması	Kullanılan takımların planlanması	İletim teçhizatının planlanması	Tezgah kapasitelerinin belirlenmesi ve yüklenmesi
ÜRETİM HAZIRLIK	Siparişlerin verilmesi ve proses planları	Hazırlık kontrolü	Takım hazırlama ve değiştirme	İletim birimlerinin yükleme ve boşaltılması	Parça programla- rının DNC' ye transferi
ÜRETİM KONTROL	Siparişlerin girişi	Yükleme ve boşaltma işlemleri bağlama düzenleri girişi	Takım magazin girişi	Gerçek zaman programlama	Tezgah kontrolü
SİSTEMİ İZLEME	Veri senkroni- zasyonu	Mevcut durumu hurda oranlarını ve arızaları izleme	Takım ömürleri ve kırılmalar	Mevcut durum	Mevcut durum

Kısaca özetlemek gerekirse, bir esnek üretim sistemindeki operasyonların organizasyonunda, ana bilgisayar şu fonksiyonlara sahiptir:

1. Üretim kapasite planlaması,
2. Üretime hazırlık,
3. Üretim kontrolü,
4. Üretim verisinin girişi.

Tablo 2.1 de bu fonksiyonların her biri ile ilgili faaliyetler görülmektedir.

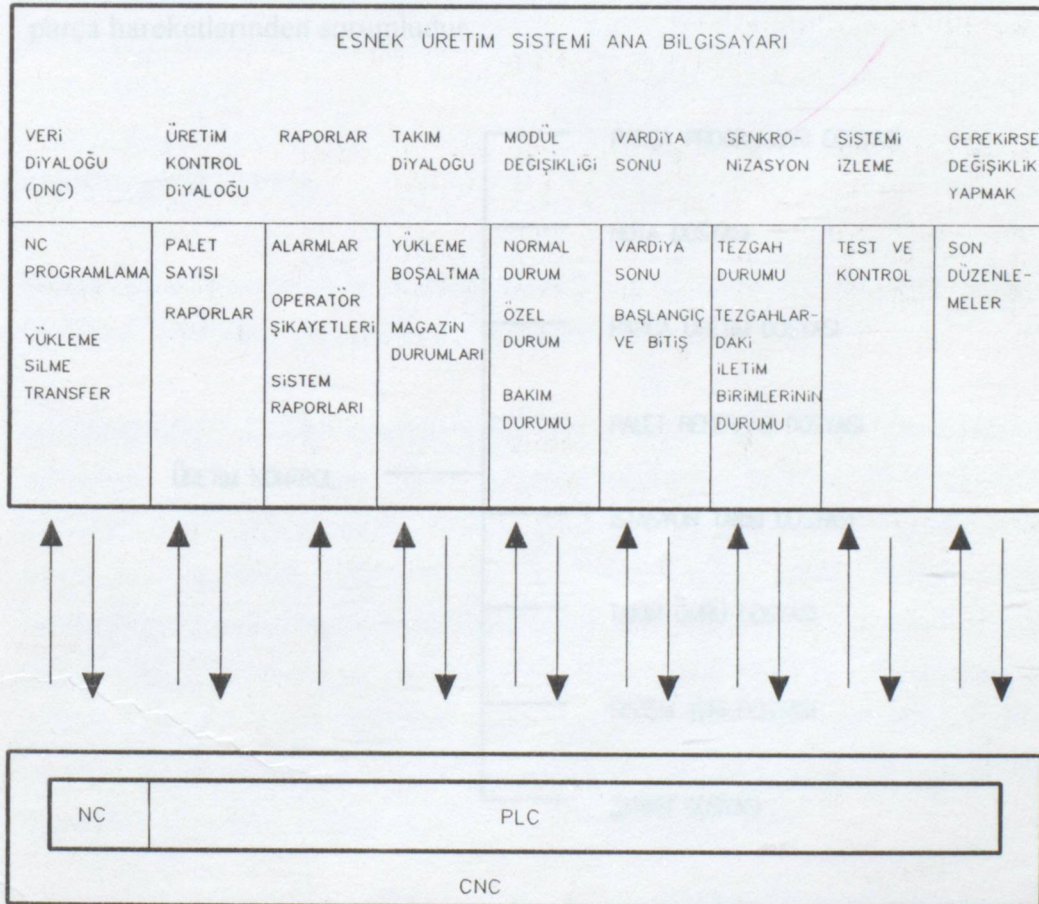


ŞEKİL 2.4: Bir esnek üretim sisteminde arabirimlerin iletişimi (Parrish, 1990).

Bir esnek üretim sistemi, bilgisayarlardan ve kontrolculardan meydana gelir. Ana bilgisayar da bunların içinden seçilen herhangi biri olabilir. Her bilgisayar veri transferi amacıyla, bilgisayarla bütünleşik üretim hiyerarşisi içinde birbirleri ile iletişim halinde olmalı yani arabirim oluşturmalıdır (Şekil 2.4). Fonksiyonlar arasındaki diyaloglar spesifikasyonlarla belirlendiğinde, gerekli diyalogları yapıp fonksiyonları başarı ile yerine getirmek amacıyla kontrolcular için yazılımlar oluşturulabilir. Şekil 2.5 bu tip kontrolcular arasındaki ilişkileri, diyalogları ve yerine getirilen fonksiyonları gösterir.

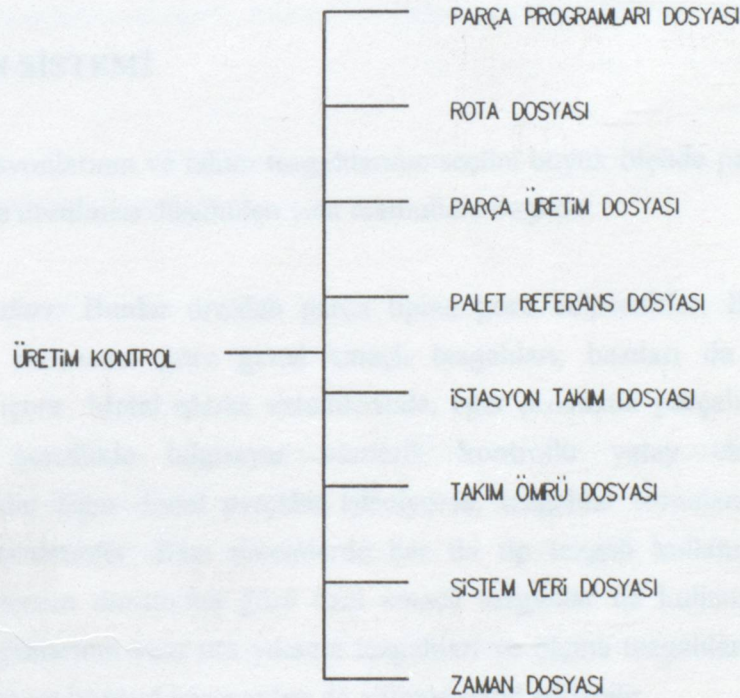
Buna göre bilgisayar kontrol sistemi tarafından yerine getirilen fonksiyonlar sekiz kısma ayrılabilir:

1. **Tezgah Kontrolü:** Bu işlem mevcut CNC ler tarafından yerine getirilir. CNC nin avantajı sistemdeki diğer elemanlarla uygun bir arabirim oluşturabilmesidir.



ŞEKİL 2.5: Atölye düzeyi ile ana bilgisayar arasındaki ilişkiler (Parrish, 1990).

2. *Direkt nümerik kontrol:* Esnek üretim sistemlerinin çoğu direkt nümerik kontrol altında çalışır. Bunun amacı NC parça programları dosyalarının oluşturulması, bu programların sistemdeki diğer tezgahlara dağıtımı gibi DNC fonksiyonlarının yerine getirilmesidir.
3. *Üretim kontrol:* Üretim kontrol yazılımı, genel olarak üretim planının belirlenmesinden sorumludur. Bu fonksiyon, sistemdeki çeşitli parçaların girdi oranları ve parça karışımları hakkındaki kararları içerir. Sisteme girilen verilerle, paletlerin yükleme/boşaltma alanlarına rotdanması ve bunlar hakkında operatörlere gerekli bilgilerin verilmesi sağlanarak üretim kontrol fonksiyonu yerine getirilmiş olur. Şekil 2.6 da üretim kontrol yazılımında girdi olarak kullanılabilecek çeşitli veriler görülmektedir.
4. *Trafik kontrolu:* Bu fonksiyon, ana malzeme iletim sisteminden ve sistem içindeki parça hareketlerinden sorumludur.



ŞEKİL 2.6: Üretim kontrol yazılımı girdileri.

5. *Mekik (shuttle) kontrolu:* Bu kısım, takım tezgahlarındaki parça iletim sistemlerinin hareketleri ile ilgilidir. Her mekik sistemi, ana malzeme iletim sistemi ile ve takım tezgahına paletlerin yüklenmesi ve boşaltılması operasyonları ile, koordineli çalışmak zorundadır.
6. *Takım kontrolu:* Kesici takımın durumunun izlenmesi ve kontrolu ile ilgilenen sistem fonksiyonudur. İki ayrı görevi yerine getirir. Bunlar, esnek üretim sistemindeki her takımın yerini saptamak ve takım ömürlerini izlemektir.
7. *Sistem performansının izlenmesi ve rapor edilmesi :* Sistem bilgisayarı, yönetim tarafından sistem performansı hakkında arzu edilen çeşitli raporları oluşturmak amacıyla programlanabilir. Üretim sistemindeki operasyonları kontrol etmek için bilgisayar, parça programları dosyası, rotalama dosyası, parça üretim dosyası (her parça için üretim parametreleri), palet referans dosyası, istasyon takım dosyası ve takım ömrü izleme dosyası içindeki bilgilere göre stratejiler oluşturur.

2.2.2. İSTASYON SİSTEMİ

İşleme istasyonlarının ve takım tezgahlarının seçimi büyük ölçüde parça hacmine, şekline, çeşidine ve üretilmesi düşünülen yeni mamullere bağlıdır.

1. *İş istasyonları:* Bunlar üretilen parça tipine göre belirlenirler. Bazı sistemler operasyon ihtiyacına göre genel amaçlı tezgahları, bazıları da özel amaçlı tezgahları içerir. Metal işleme sistemlerinde, eğer prizmatik parçalar işleniyorsa, tezgahlar genellikle bilgisayar nümerik kontrollü yatay eksenli işleme merkezleridir. Eğer dönel parçalar işleniyorsa, tezgahlar tornalama merkezleri olarak düzenlenirler. Bazı sistemlerde her iki tip tezgah kullanılabildiği gibi, işlenen parçanın durumuna göre özel amaçlı tezgahlar da kullanılabilir. Metal işleme tezgahlarının yanı sıra yıkama tezgahları ve ölçme tezgahları ya da başka tip muayene ve kontrol istasyonları da sisteme dahil edilebilir.
2. *Yükleme/Boşaltma istasyonları:* Parçalar sisteme, belirli noktalardaki yükleme ve boşaltma istasyonları tarafından sokulurlar. Burada parçalar genellikle insanlar tarafından paletlere yerleştirilir. Bazı durumlarda ise, sisteme uygun daha değişik

cihazlar geliştirilebilir ve robot tarafından yükleme ve boşaltma yapılabilir. Yükleme genellikle aynı istasyonda yapılırken, boşaltma işlemi için ayrı istasyon bulunmalıdır. Bazı sistemlerde yalnızca bir çeşit iş parçasına hizmet verilirken, bazılarında ise her çeşit iş parçası yüklenip boşaltılabilir.

2.2.3. MALZEME İLETİM SİSTEMİ

Malzeme veya iş parçası, yükleme istasyonundan üretim ekipmanına ya da tekrar geriye boşaltma istasyonuna, malzeme iletim sistemi ile taşınmak zorundadır. Malzeme iletimi konveyörler, robotlar ya da kılavuzlu araçlarla yapılır. Robotlar hem iş parçası hem de takım iletiminde kullanılır. Bunlar sabit ya da hareketli olabilirler. Konveyör sistemlerinde genellikle çevrimsel yollar üzerindeki istasyonlara servis verilir ve bir çeşit adresleme sistemi kullanılır. Birçok kılavuzlu ya da kılavuzsuz araç çeşidi vardır. İstasyonlarla bağlantılı raylar üzerinde çalışan raylı arabalar genellikle doğrusal yollar izlerler ve bundan dolayı küçük esnek üretim sistemleri için daha uygundurlar. Otomatik kılavuzlu araçlar, zemindeki elektrik tellerinden gelen sinyalleri izlerler ve karmaşık bir yol yerleşimini kullanırlar.

2.2.4. DİĞER FONKSİYONLAR

Bir esnek üretim sisteminde bulunması gereken diğer fonksiyonlar ise şöyle sıralanabilir:

1. *Paletler:* İş parçaları tezgah tablalarına yerleştirilirken ve taşınırken paletlere konulurlar. Çeşitli palet tipleri vardır. Bunların bazıları, küçük parçalardan oluşan partileri taşımak için kullanılırken, bazıları da tek tip parçalar için uygundurlar.
2. *Bağlama düzenleri:* Bunlar iş parçalarını paletlere yerleştirmek için kullanılırlar. Genellikle herhangi bir parça tipine göre yapılırlar.
3. *Takımlar:* Her operasyon kendine özgü takım gerektirir. İşleme merkezleri takım magazinlerine sahiptir.

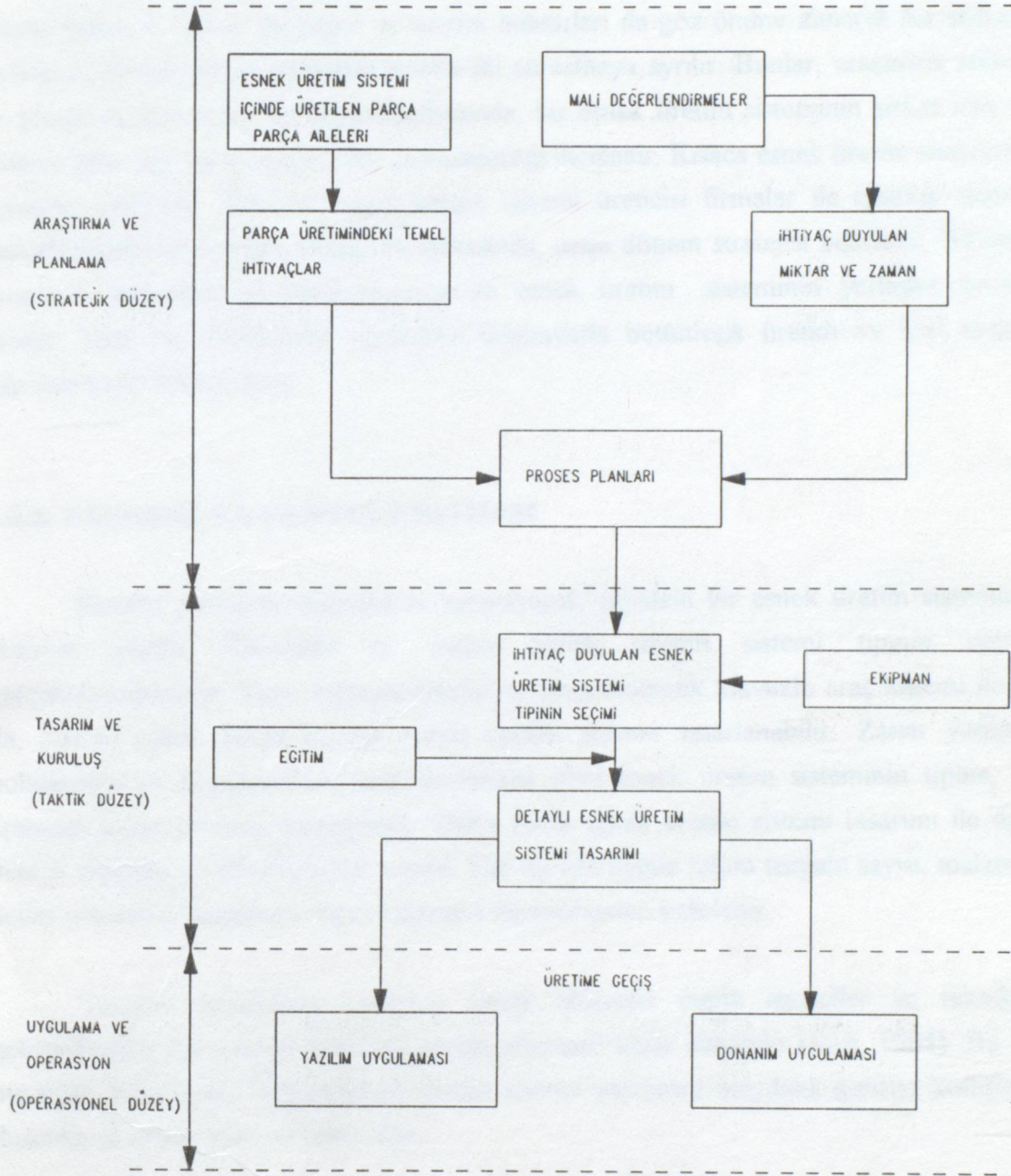
4. *Takım tedariki:* Genellikle takım tedariki için robotlar kullanılır.
5. *İş istasyonlarındaki tampon stoklar:* Bunlar iş parçası naklini bekleyen istasyonların, mevcut malzeme iletim sistemi diğer bir istasyonla meşgul iken, boş kalmamasını sağlarlar. Genellikle tezgahların önünde iki palet yeri vardır. Bunların biri tezgahta işlenmeyi bekleyen kuyruk pozisyonunu oluştururken, diğeri işlenmesi biten parçaların malzeme iletim sistemi tarafından alınmasını bekleyen kuyruğu oluşturur. Bunlar yükleme-boşaltma mekiği olarak da adlandırılabilir. Bazı istasyonlarda döner palet mekikleri bulunur.
6. *Diğer stok tesisleri:* Yarı mamuller, paletler, bağlama düzenleri ve hammaddeler içindir. Yarı mamul tampon stok noktaları iş akışındaki herhangi bir aksaklığı düzeltmek amacıyla sistem boyunca dağıtılabilir. Her palet için tek bir bekleme pozisyonu vardır. Bazı sistemler merkezi bir stok alanına sahiptir. Bazıları ise hammaddeler için otomatik stoklama ve çekme sistemlerini içerir.
7. *İnsan:* Esnek üretim sistemi içinde insan çeşitli fonksiyonlara sahiptir. İş parçalarının yüklenip boşaltılması, takım hazırlama, hata düzeltme ve sistemi izleme gibi genel olarak sistemin yönetimi ile ilgili görevler, çalışanlar tarafından yerine getirilebilir.

2.3. BİR ESNEK ÜRETİM SİSTEMİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI

Browne (1985) tarafından, esnek üretim sistemlerinin tasarımı için bütünlük bir yapı oluşturulmuştur. Şekil 2.7 de bir esnek üretim sisteminin tasarımı ve uygulaması için üç faaliyet düzeyi tarif edilmiştir. Bu faaliyet düzeyleri sırasıyla ;

- Araştırma ve planlama safhası,
- Tasarım ve kuruluş safhası,
- Uygulama ve faaliyete geçirme safhası

olarak sıralanabilir.



ŞEKİL 2.7: Bir bütünlük esnek üretim sistemi tasarım prosedürü (Browne, 1985).

2.3.1. ARAŞTIRMA VE PLANLAMA SAFHASI

Esnek üretim sistemlerinde üretilecek parça ailelerinin seçimi ve bu parçaların proses planları, teknik ihtiyaçlar ve üretim miktarları da göz önüne alınarak bu safhada belirlenir. Genel olarak planlama safhası iki alt safhaya ayrılır. Bunlar, araştırma safhası ve planlama safhasıdır. Araştırma safhasında, bir esnek üretim sisteminin şirket için ne anlama geleceği, bu sistemle neler yapılabileceği incelenir. Kısaca esnek üretim sisteminin faydaları araştırılır. Mevcut esnek üretim sistemi üreticisi firmalar ile işbirliği yapıp gerekli bilgiler elde edilir. Planlama safhasında, uzun dönem stratejisi belirlenir. Mamul, proses ve malzeme standardizasyonları ile esnek üretim sisteminin yerleşim planları yapılır. Tüm bu planlamalar yapılırken bilgisayarla bütünleşik üretim ve ileri üretim teknikleri göz önüne alınır.

2.3.2. TASARIM VE KURULUŞ SAFHASI

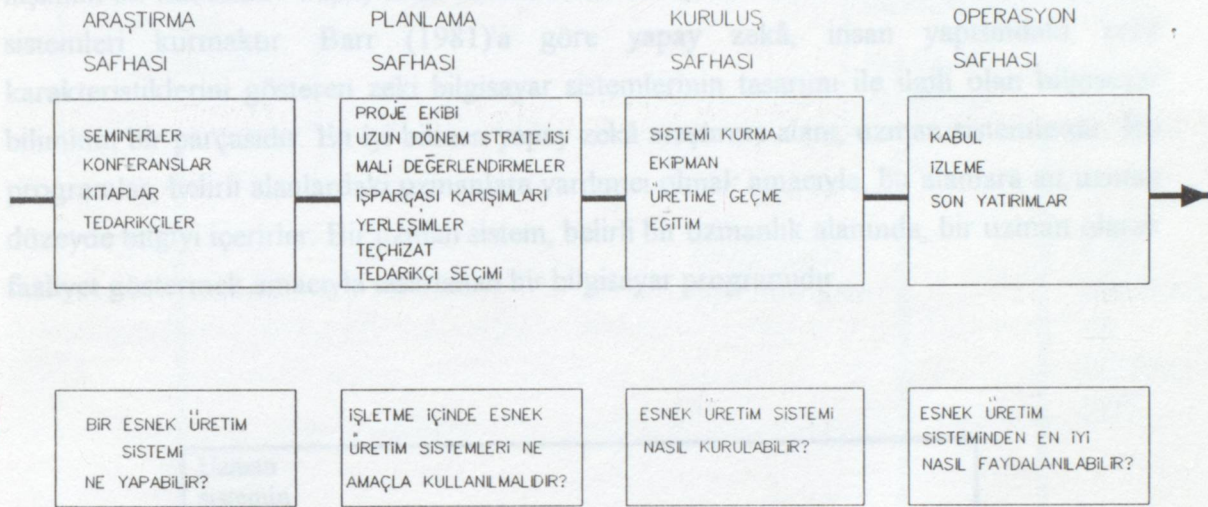
Burada planlama ihtiyaçlarını karşılayacak yapıdaki bir esnek üretim sisteminin tasarımı yapılır. Öncelikle en uygun esnek üretim sistemi tipinin seçimi gerçekleştirilmelidir. Yani doğrusal araçlar ile veya otomatik klavuzlu araç sistemi ile ya da, birkaç esnek hücre ile bir esnek üretim sistemi tasarlanabilir. Zaten yönetim politikasına ya da işletmenin mali durumuna göre esnek üretim sisteminin tipine, bu aşamada karar verilmiş durumdadır. Daha sonra esnek üretim sistemi tasarımı ile ilgili detaylı seçimler ve düzenlemeler yapılır. Her tip için uygun takım tezgahı sayısı, malzeme iletim sisteminin kapasitesi, tipi ve tampon düzenlemeleri belirlenir.

Tasarım kararlarına yardımcı olmak amacıyla çeşitli modeller ve teknikler geliştirilmiştir. Bu modeller ile çok sayıda alternatif karar alınabilir (Suri, 1984). Bu tür modeller daha sonra uygun esnek üretim sistemi yapılarını meydana getiren kompleks durumların çözümüne yardımcı olur.

2.3.3. UYGULAMA VE FAALİYETE GEÇİRME SAFHASI

Bu safhada yazılım ve donanımın tasarımı ve uygulaması yapılır. Co (1984), bir esnek üretim sisteminin tasarlanması ve uygulamaya konulmasında iki önemli problem

tarif etmiştir. Bunlar, iş seçimi problemleri ve donanım seçimi problemidir. İş seçimi parça seçimi, parti oluşturma ve iş çizelgeleme problemlerini de içine alır. Donanım seçimi ise, tezgah seçimi ve ekipman ihtiyaçlarının planlaması, malzeme iletim sisteminin tipi, tezgah sıra veya gruplarının oluşturulması gibi problemleri kapsar. Şekil 2.8 de bir esnek üretim sisteminin tasarım ve uygulama safhaları görülmektedir.

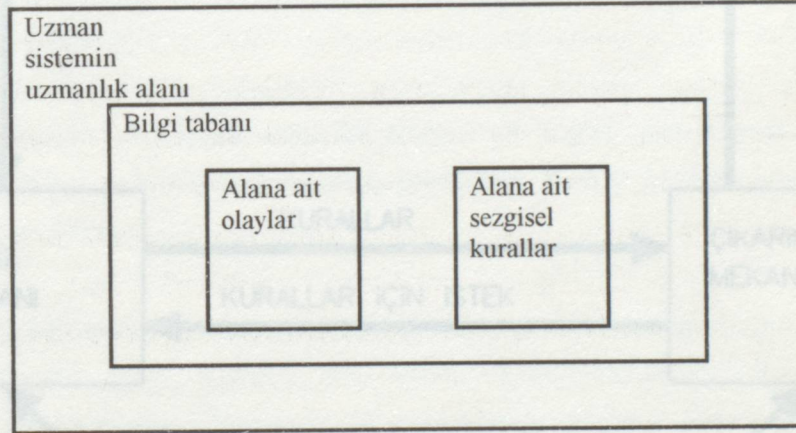


ŞEKİL 2.8: Bir esnek üretim sisteminin tasarım ve uygulama safhaları (Parrish, 1990).

BÖLÜM 3. YAPAY ZEKÂ VE BENZETİMİN ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNE UYGULANMASI

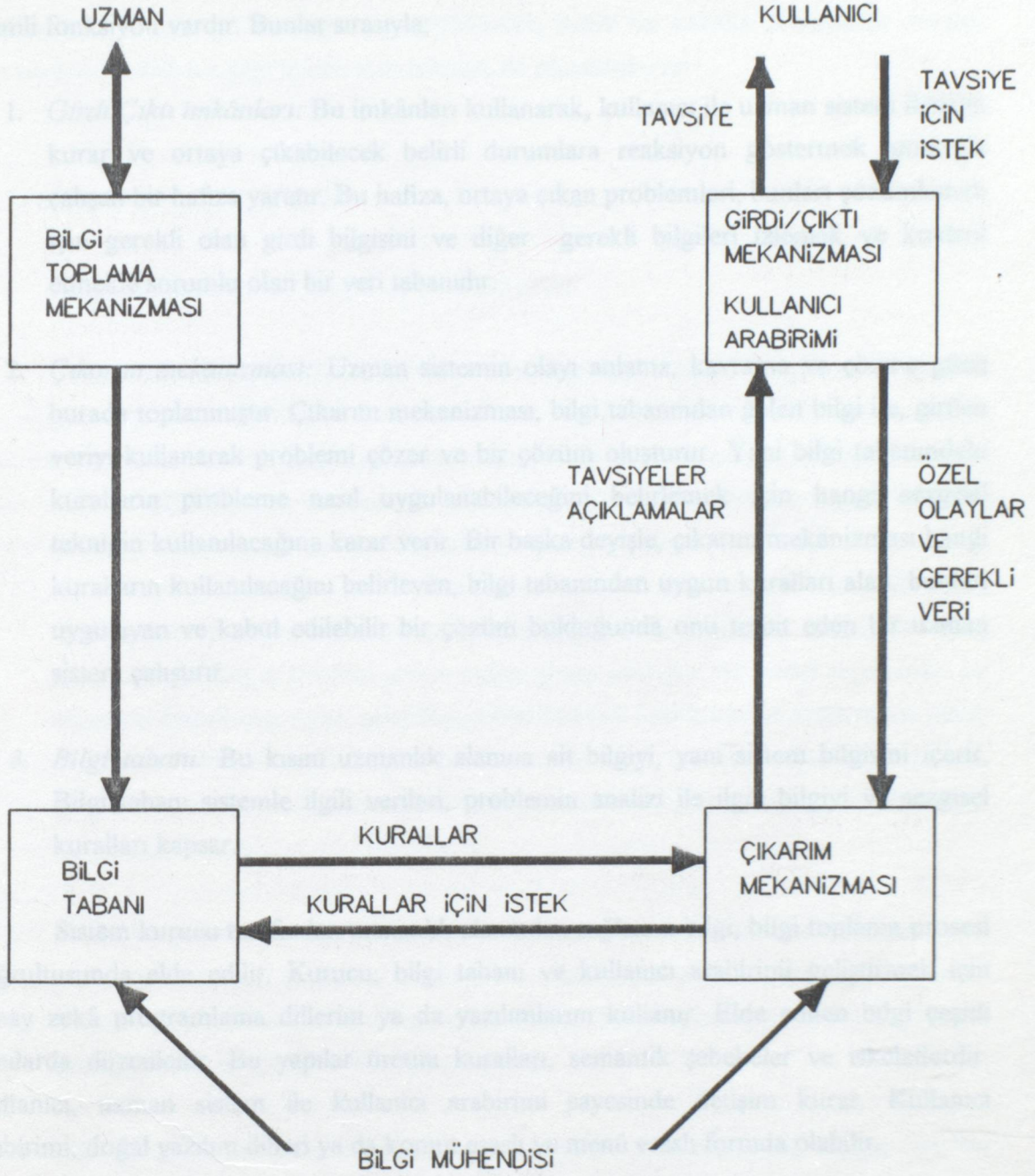
3.1. YAPAY ZEKÂ VE UZMAN SİSTEMLER

Yapay zekâ, bilgisayar biliminin bir dalıdır ve hesaplama ile kavrama arasındaki ilişkinin bir ifadesidir. Yapay zekâ sistemlerinde amaç, istenen alanlarda uzman bilgisayar sistemleri kurmaktır. Barr (1981)'a göre yapay zekâ, insan yapısındaki zekâ karakteristiklerini gösteren zeki bilgisayar sistemlerinin tasarımı ile ilgili olan bilgisayar biliminin bir parçasıdır. En iyi bilinen yapay zekâ araştırma alanı, uzman sistemlerdir. Bu programlar, belirli alanlardaki uzmanlara yardımcı olmak amacıyla, bu alanlara ait uzman düzeyde bilgiyi içerirler. Bir uzman sistem, belirli bir uzmanlık alanında, bir uzman olarak faaliyet göstermek amacıyla tasarlanan bir bilgisayar programıdır.



ŞEKİL 3.1: Bir uzman sistemin bilgi tabanı

Forsyth (1989)' a göre aynı zamanda bilgi destekli sistem olarak da bilinen uzman sistem, uzmanlık alanı hakkındaki bilgileri ve bunlara uygulanacak sezgisel kuralları içeren bir



ŞEKİL 3.2: Bir uzman sistemin temel yapısı.

bilgi tabanından oluşur. Şekil 3.1 de bir uzman sistemin bilgi tabanının elemanları görülmektedir. Bir uzman sistemin temel yapısı ise Şekil 3.2 de görülmektedir. Burada üç önemli fonksiyon vardır. Bunlar sırasıyla;

1. *Girdi/Çıktı imkânları:* Bu imkânları kullanarak, kullanıcı ile uzman sistem iletişim kurar ve ortaya çıkabilecek belirli durumlara reaksiyon göstermek amacıyla çalışan bir hafıza yaratır. Bu hafıza, ortaya çıkan problemleri, bunları çözümlemek için gerekli olan girdi bilgisini ve diğer gerekli bilgileri izlemek ve kontrol etmekle sorumlu olan bir veri tabanıdır.
2. *Çıkarım mekanizması:* Uzman sistemin olayı anlama, kavrama ve çözme gücü burada toplanmıştır. Çıkarım mekanizması, bilgi tabanından gelen bilgi ile, girilen veriyi kullanarak problemi çözer ve bir çözüm oluşturur. Yani bilgi tabanındaki kuralların probleme nasıl uygulanabileceğini belirlemek için hangi sezgisel tekniğin kullanılacağına karar verir. Bir başka deyişle, çıkarım mekanizması hangi kuralların kullanılacağını belirleyen, bilgi tabanından uygun kuralları alan, bunları uygulayan ve kabul edilebilir bir çözüm bulduğunda onu tesbit eden bir uzman sistem çalıştırır.
3. *Bilgi tabanı:* Bu kısım uzmanlık alanına ait bilgiyi, yani sistem bilgisini içerir. Bilgi tabanı sistemle ilgili verileri, problemin analizi ile ilgili bilgiyi ve sezgisel kuralları kapsar.

Sistem kurucu tarafından uzmanlık alanından sağlanan bilgi, bilgi toplama prosesi doğrultusunda elde edilir. Kurucu, bilgi tabanı ve kullanıcı arabirimi geliştirmek için yapay zekâ programlama dillerini ya da yazılımlarını kullanır. Elde edilen bilgi çeşitli yapılarda düzenlenir. Bu yapılar üretim kuralları, semantik şebekeler ve iskeletlerdir. Kullanıcı, uzman sistem ile kullanıcı arabirimi sayesinde iletişim kurar. Kullanıcı arabirimi, doğal yazılım dilleri ya da komut esaslı ve menü esaslı formda olabilir.

Yapay zeka öğrenme, çözüm bulma, problem çözme ve anlama gibi insana ait bazı karakteristiklere sahip olacak şekilde, bilgisayar sistemlerinin belirli ölçüler dahilinde tasarlanmasıdır. Özellikle insan-makina etkileşimlerinin ve veri tabanlarının oluşumundaki gelişmeler sayesinde bilgisayarlar veri işleme araçlarından, karar destek sistemlerine doğru bir gelişme göstermiştir. Uzman sistem uygulamalarını yapay zeka

araştırmalarından ayrı düşünmek gereklidir. Çünkü, bu tür sistemlerde ana amaç, sonuca varmak için gerekli olan temel mekanizmaları anlamak yerine direkt olarak sonuçları elde edebilmektir. Uzman ya da bilgi tabanlı sistemler, belirli bir kurallar kümesi ile verilen deneyimlerin belirli bir yapı içinde tasarlanması ile oluşturulurlar.

3.1.1. BİLGİNİN SUNULMASI

Bilgi sunulmasının en yaygın üç şekli şunlardır:

1. *Üretim kuralları:* Burada bilgi bir üretim kuralları kümesi ile gösterilir. Bunlar aynı zamanda IF-THEN kuralları olarak da bilinir. Kuralın IF kısmı, koşul bölümüdür. Bu bölüm, uygulanan kural için mevcut olması gereken koşulu belirtir. THEN kısmı ise, faaliyet bölümüdür. Yapılması gereken uygun hareketi gösterir. Kural esaslı uzman sistemdeki çıkarım stratejisi, ya ileriye doğru zincir şeklinde ya geriye doğru zincir şeklinde, ya da heriki çıkarım metodunun karışımı olabilir. İleriye doğru zincir stratejisi giriş bilgisinden sonuçlara ulaşan bir kural esası kullanır. Diğer taraftan geriye doğru zincir stratejisi, bir hedef seçilmesini ve sonra bu hedefi başaracak olan faaliyetleri bulmak için kuralları araştırmayı amaç edinmiştir. Problemlerin büyük bir kısmı bu bilgi sunuluş yapısı kullanılarak çözülebilir. Fakat bu kurallar Alty (1986) tarafından tarif edilen bazı kısıtlamalara da sahiptir.
2. *Semantik şebekeler:* Her semantik şebeke bir düğümler kümesinden meydana gelir. Bu düğümler amaçları, olayları, kavramları ve benzeri hususları ifade eder. Düğümler, bunlar arasındaki ilişkileri gösteren yaylar ile birleştirilir. Bu bağlantılar çeşitli yollarla tarif edilebilirler (is-a ilişkisi).
3. *İskeletler:* Bir iskeletin organizasyonu semantik şebekelere çok benzer. Bu bir düğümler ve ilişkiler kümesinin hiyerarşik bir formudur. Bundan dolayı, düğümler sadece bazı değerleri değil, ayrıca değerlerin elde edildiği prosedürleri de içerir.

3.1.2. UZMAN SİSTEMLER GELİŞTİRMEK İÇİN KULLANILAN ARAÇLAR

Forsyth (1989) tarafından uzman sistemler oluşturmak için esas olarak dört çeşit yazılım tipi tanımlanmıştır. Bunlar;

1. Klasik diller (PASCAL ve C),
2. Yapay zekâ dilleri (LISP ve PROLOG),
3. Yapay zekâ geliştirme ortamları (ART ve KEE),
4. Yapay zekâ kabukları (shell) (EMYCIN-MYCIN).

Yapay zekâ için yazılan bilgisayar programları çeşitli dillerde olabilir. Bir uzman sistemin yazılması için doğru bir seçim yapmak, büyük ölçüde bu sistemin göreceği işe ve hizmet edeceği alana bağlıdır. Bir uzman sistemi, veri tabanı oluşturarak, PASCAL ya da FORTRAN gibi bilgisayar dilleri ile de yazmak mümkündür. Yapay zekâ geliştirme ortamları Bundy (1986) tarafından bir katalog halinde toplanmıştır. Uzman sistem geliştirme ortamlarına örnek olarak KEE (Knowledge Engineering Environment) ve OPS-5 (Carnegie-Mellon University, 1985) verilebilir.

En önemli uzman sistem geliştirme araçları, uzman sistem kabuklarıdır. Uzman sistemler pahalı ve geliştirilmeleri zaman alıcı olduğundan, daha basit ve herkesin kolayca kullanabileceği yöntemler üzerinde çalışılmıştır. Bunun ilk örneklerinden biri olan MYCIN (Stanford Medical School, 1975) uzman sistem programı, Buchanan ve Shortliffe (1984) tarafından çıkarım mekanizması, bazı kullanıcı arabirimi imkânları ve bilgi toplama olanakları eklenilerek, EMYCIN (Essential MYCIN) adı altında yeniden düzenlenmiştir. Bu kabuk, yeni bir uzman sistem oluşturmak için başka bir bilgi tabanı ile beraber kullanılabilir.

3.1.3. UZMAN SİSTEMLERİN ÜRETİMDEKİ UYGULAMALARI

İlk uzman sistemler tıp, matematik, kimyasal araştırmalar gibi özel alanlar için geliştirilmişti. Sonraları üretim sektörü için de çok sayıda uzman sistem uygulaması yapılmıştır. Özellikle proses planlaması konusunda çeşitli uzman sistemler geliştirilmiştir. Fox (1984), bir zeki yönetim sistemini endüstriyel kuruluşlara uygulamıştır. Ayrıca kalite kontrol, robotlar, bakım, proses kontrol gibi konularda da uygulamalar bulunmaktadır.

Fisher (1984) tarafından tesis planlama ve tasarımı için FADES uzman sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem özellikle esnek üretim sistemi tasarımı problemlerine de uygulanmış ve başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Abels et.al.(1994), bir endüstriyel tesisin davranışını benzetim yardımıyla analiz eden ve bilgi tabanlı bir destek sağlayan BEST optimizasyon sistemi ile OFFICE proje yönetim sisteminden oluşan bütünleşik bir benzetim ortamı geliştirmişlerdir. Günümüzde MADEMA (Salonna, 1990), OPIS (Smith, 1990), IMACS (O'Connor, 1984), ISIS (Fox, 1984) gibi çok sayıda zeki tesis planlama ve çizelgeleme sistemi bulunmaktadır.

Bir uzman sistem, üretim kararlarının alınmasında yönetime destek olmak amacıyla tasarlanabilir. Shannon et.al. (1985)' a göre, yapay zeka destekli uzman benzetim sistemleri bir üretim ortamında,

- Tesis planlama, yeni ekipmanların hazırlanması, alternatif işletme politikaları gibi konulara yardımcı bir tasarım ve analiz aracı,
- Otomasyonda bir çizelgeleme aracı,
- Bir gerçek zaman sisteminin parçası olarak

kullanılabilir.

Esnek üretime en iyi uygulanabilen teknoloji yapay zekâdır. Esnek üretim sistemlerinde üstesinden gelinmesi gerekli en zor problem, otomatik tezgahların insanlarda doğuştan varolan yeteneklere benzer hareketler yapabilmedeki kabiliyetsizlikleridir. Bu, özellikle montaj operasyonlarında ortaya çıkar. Yapay zekâ, bu tür problemleri çözmeye yardımcı olur. İnsan zekâsını örnek alarak, zeki kararlar alan bilgisayar sistemlerinin oluşturulmasını sağlar. Yapay zekâ kullanan bu bilgisayar kontrollü sistemler, uzman sistemler olarak adlandırılır. Yapay zekâ ve uzman sistemler robotlarda, malzeme iletiminde ve otomatik montajda birçok uygulama alanı bulmuştur. Esnek üretim, tüm bu alanları tek bir hücre ya da sistemde bir araya getirir. Böylece montaj yapabilen robotlar, malzeme ileten çeşitli cihazlar ve bilgi yönetim sistemi özelliği bulunan esnek üretim hücreleri ve sistemleri oluşturulabilir. Liu ve Rozenblit (1990), öncelikle bilgi tabanlı sistem tasarımı ve benzetim konusundaki çalışmalar ile bilgi sistemlerinin geliştirilmesi konularını incelemişler, daha sonra iki sistem arasında,

literatüre dayalı olarak, bir bilgi sisteminin gereksinimlerinin belirlenmesinde bilgi tabanlı sistem tasarımı ve benzetimin oynadığı rolü araştırmışlardır.

Fox (1984) klasik programlama yaklaşımlarındaki kısıtlamaları şöyle açıklamıştır:

1. Bu programlar belirli parametreler için oluşturulduğundan, esnek değillerdir.
2. Modelleme tekniklerinin yöneticiler ve mühendisler tarafından öğrenilmesi güçtür.
3. Herhangi bir değişiklik isteği, modelde ve ilgili sistemlerde önemli değişiklikler gerektirebilir.
4. Oluşturulduktan sonra modellerin anlaşılması ve değişiklik yapılması oldukça zordur.
5. Kullanıcı kendi kurallarını ya da deneyimlerini pakete uygulayamaz.

Bunlar klasik programlama dillerini kullanan yazılım sistemlerinin genel karakteristikleridir. Diğer taraftan bir uzman sistem ise, kullanıcıya zeki bir yardımcı olarak hizmet sunar. Her türlü anlama, kavrama ve kullanım esnekliğine sahiptir ve bu yüzden de yukarıda klasik programlama dilleri için verilen kısıtlamaları da ortadan kaldırmıştır.

Bu çalışmadaki esnek üretim sistemi tasarımı probleminden dolayı, sistem tasarımcısı takım tezgahları, malzeme iletim sistemleri, tampon düzenlemelerine ait farklı ve çok sayıda konfigürasyon ile karşı karşıya kalır. Çeşitli genel ve geliştirilebilen modeller mevcuttur, fakat bunların bazılarını öğrenip kullanmak oldukça zordur. Ayrıca modellerin çoğu, ve özellikle analitik modeller, genellikle belirli esnek üretim sistem tasarımı problemlerine yöneliktir ve sadece belirli kabullerle sisteme uygulanabilirler. Bilgi tabanlı bir yaklaşım, bu tip durumlara çok uygundur. Farklı algoritmaları ve yaklaşımları, bazı uzman karar kuralları ile birlikte ifade edebilen bir uzman sistem oluşturmak mümkündür. Böyle bir sistem, esnek üretim sistemi tasarımcısının en büyük yardımcısı olur. Spesifik detayları minimize edip yapılan işi basitleştirerek doğru kararların alınmasını sağlar.

3.2. BENZETİM

2. Benzetim, gerçek sistemin bir modelini oluşturmak ve gerçek şartlarda sistemin davranışlarını görmek amacıyla onu çalıştırmaktır. Bir model oluşturulduğunda sistemin değişik çalışma koşulları altındaki davranışlarını analiz etme yeteneği, onun başarısını belirler. Bu, özellikle daha gelişme aşamasında olan sistemler için büyük avantaj sağlar. Bir model, bilgisayar programı olarak bilgisayarda oluşturulabileceğinden, benzetim ve bilgisayar teknolojisi yakın ilişki içindedirler. Programdaki parametreler değiştirilerek, modeldeki değişiklikler hızla analiz edilebilir. Amaç, modellenen sistemin karakteristiklerini tam olarak tarif eden bir bilgisayar modeli geliştirmektir. Benzetim tekniği, yeni üretim sistemlerinin planlanması ve uygulanması aşamasında birçok kritik soruya cevap verebilir.

Benzetim modelleri kesikli ve sürekli olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Sürekli benzetim, dinamik sistemlerin fiziksel karakteristiklerini modellemek için kullanılır. Örneğin şehiriçi trafik akışı ya da su depolama sistemleri sürekli sistemlerdir. Kesikli benzetim ise, bir sistem yapısı içindeki elemanların, parçaların ve müşterilerin mantıksal akışının modellenmesi ile ilgilidir. Burada zaman göz önüne alınır ve diğer değişkenlerin kesikli olduğu kabul edilir. Kesikli benzetim modelleri, esnek üretim sistemlerinin planlama ve kontrolunda kullanılır. Faaliyet çevrim diyagramlarından, modelin formülasyonu safhasında yararlanılır. Bu diyagramlar model kurma aşamasında büyük yarar sağlarlar.

Her sistem, elemanlardan (entity) meydana gelir. Her eleman faaliyet çevriminden geçerek kuyruğa girer. Carrie (1992)' ye göre bu elemanlar için faaliyet çevrim diyagramlarının oluşturulması beş kurala göre yapılır:

1. Her eleman tipi bir faaliyet çevrimine sahiptir.
2. Çevrim faaliyet ve kuyruklardan oluşur.
3. Faaliyetler ve kuyruklar çevrim içinde birbirlerini takip ederler.
4. Çevrim kapalıdır.
5. Faaliyetler dikdörtgen, kuyruklar daire ile gösterilir.

Sistem, benzetim modeli olarak tariflenirken programlama dillerinden yararlanılır. Bu amaçla kullanılan yazılımlar Carrie (1992) tarafından dört ayrı sınıfa ayrılmıştır:

1. Genel amaçlı yüksek düzeyli programlama dilleri (FORTRAN, C, PASCAL, MODULA 2),
2. Benzetim dilleri (GPSS, SLAM II, SIMAN, ECSL),
3. Benzetim paketleri (GASP, SIMON),
4. Üretime yönelik benzeticiler (MAST, MAP/1, AUTOMOD, WITNESS, PS-SIM, PRO-MODEL).

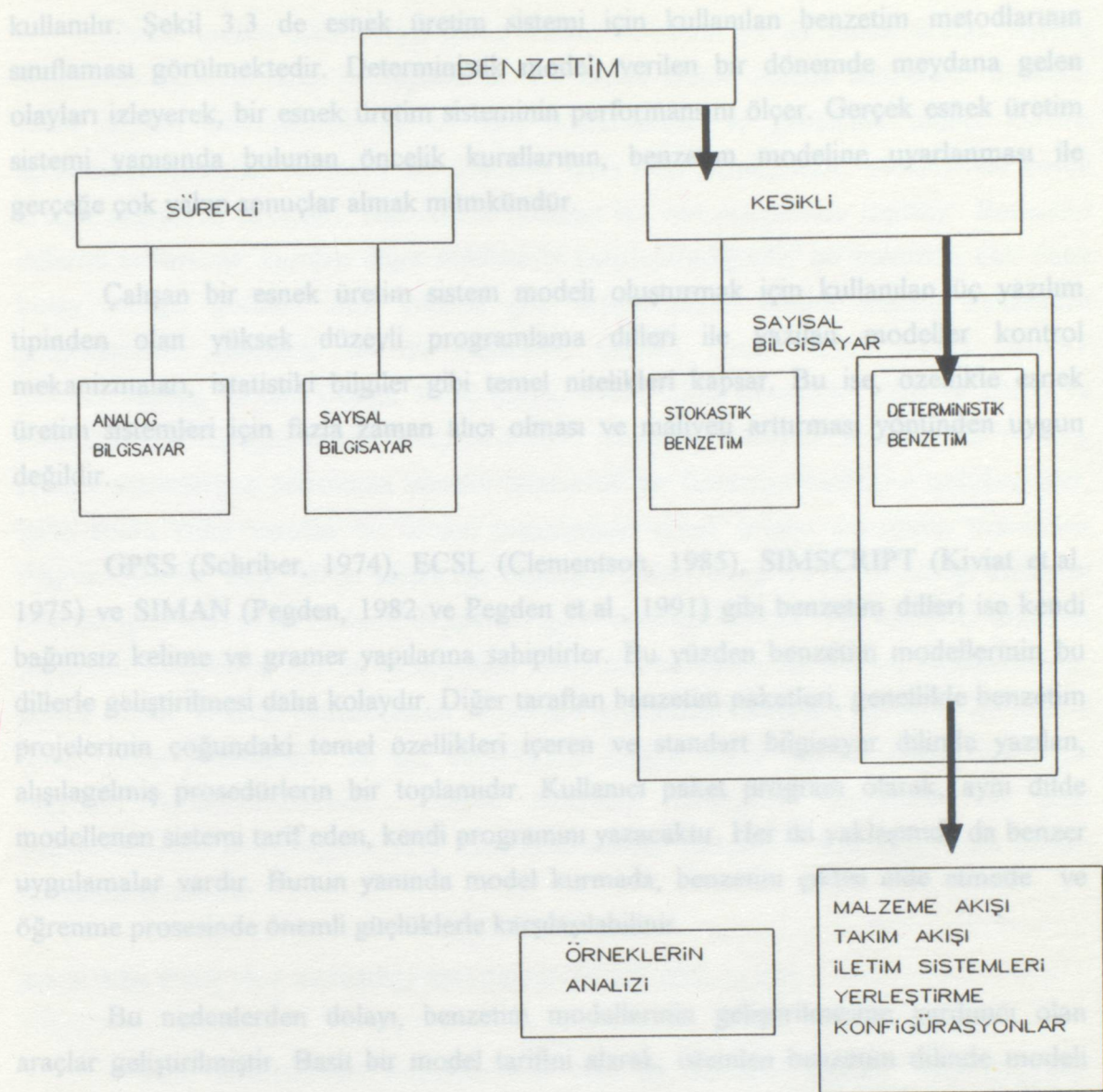
Üretim sistemlerinin analizinde, benzetimden kapasite ve hassaslık analizlerinde yararlanılır.

3.2.1. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN BENZETİMİ

Carrie (1992)' ye göre esnek üretim sistemlerinin benzetiminin temel amaçları şunlardır:

1. Sistemdeki kapasite ve teçhizat kullanımlarını belirlemek,
2. Sistemdeki darboğazları ortaya çıkarmak,
3. Alternatif tasarımların performanslarını karşılaştırmak,
4. Esnek üretim sisteminin tasarımında hiçbir hata ya da zayıflık olmadığından emin olmak,
5. Çizelgeleme ve iş sıralama için geçerli stratejiler geliştirmek.

Esnek üretim sisteminde yerleşim oluşturmak çok önemlidir. Bu, esnek üretim sistemi ana bilgisayarının hazırlık faaliyetlerini ve iş parçalarının malzeme akışını organize etmesi olayıdır. Ana bilgisayar tarafından organize edilen malzeme akışı, birçok malzeme iletim stratejisinden sadece biri kullanılabileceğinden, oldukça kritik bir pozisyon oluşturur. Bu strateji takım tezgahlarının kullanımlarını da etkiler. En iyi yöntem sistemi benzeterek, durumu önceden görmektir. Benzetim modeli, kullanıcıya farklı



ŞEKİL 3.3: Esnek üretim modelleri için benzetim metodlarının sınıflandırılması (Parrish, 1990).

yerleşimleri veya esnek üretim sistemindeki farklı iş parçası ve iş karışımlarının durumlarını analiz etme imkânı tanır. Benzetim bilgisayarları, yapılan uygulamalara göre değişik nitelikler taşır. Daha önce de belirtildiği gibi, sürekli ya da kesikli benzetim tipine uygun olarak çalışabilirler. Esnek üretim sistemi benzetiminde, deterministik metod

kullanılır. Şekil 3.3 de esnek üretim sistemi için kullanılan benzetim metodlarının sınıflaması görülmektedir. Deterministik model, verilen bir dönemde meydana gelen olayları izleyerek, bir esnek üretim sisteminin performansını ölçer. Gerçek esnek üretim sistemi yapısında bulunan öncelik kurallarının, benzetim modeline uyarlanması ile gerçeğe çok yakın sonuçlar almak mümkündür.

Çalışan bir esnek üretim sistem modeli oluşturmak için kullanılan üç yazılım tipinden olan yüksek düzeyli programlama dilleri ile yazılan modeller kontrol mekanizmaları, istatistiki bilgiler gibi temel nitelikleri kapsar. Bu ise, özellikle esnek üretim sistemleri için fazla zaman alıcı olması ve maliyeti arttırması yönünden uygun değildir.

GPSS (Schriber, 1974), ECSL (Clementson, 1985), SIMSCRIPT (Kiviat et.al. 1975) ve SIMAN (Pegden, 1982 ve Pegden et.al., 1991) gibi benzetim dilleri ise kendi bağımsız kelime ve gramer yapılarına sahiptirler. Bu yüzden benzetim modellerinin bu dillerle geliştirilmesi daha kolaydır. Diğer taraftan benzetim paketleri, genellikle benzetim projelerinin çoğundaki temel özellikleri içeren ve standart bilgisayar dilinde yazılan, alışlagelmiş prosedürlerin bir toplamıdır. Kullanıcı paket program olarak, aynı dilde modellenen sistemi tarif eden, kendi programını yazacaktır. Her iki yaklaşımda da benzer uygulamalar vardır. Bunun yanında model kurmada, benzetim çıktısı elde etmede ve öğrenme prosesinde önemli güçlüklerle karşılaşılabilir.

Bu nedenlerden dolayı, benzetim modellerinin geliştirilmesine yardımcı olan araçlar geliştirilmiştir. Basit bir model tarifini alarak, istenilen benzetim dilinde modeli çalıştırmaya yarayan programı üreten bir yazılım aracı, program üreticine tipik bir örnektir. ECSL için program üretici olarak kullanılan CAPS, SIMAN için BLOCK ve ELEMENT prosedürleri aynı kategorideki araçlardır.

Ayrıca benzetim sonucunda grafik animasyon elde etmek de mümkündür. Böylece esnek üretim sistemi içindeki parça akışının nasıl olduğu kolayca görülebilir. Benzetim sonuçları, grafik olarak da elde edilebilir. Tüm bunlar kullanıcıya, benzetim modelini daha iyi anlama ve onu kullanma esnasında daha aktif bir rol oynama imkânı sağlar. SIMAN için CINEMA (Systems Modelling, 1988) programı ve SIMSCRIPT için SIMGRAPHICS (Caci, 1988), tipik grafik ve animasyon örneklerdir.

Esnek üretim sistemi için genel model kullanımı ya da esnek üretim sistemi benzeticisi tümüyle farklı yaklaşımlardır. Bir esnek üretim sistemi benzeticisi özellikle esnek üretim sisteminin benzetimi için tasarlanmıştır ve genellikle model kurucu açısından, kullanılan benzetim dili üzerinde fazla bilgi gerektirmez. Modellenen esnek üretim sisteminin detayları, benzeticide bulunan bir veri dosyasında toplanır. Benzetim dillerini kullanarak kurulan diğer modellerle karşılaştırıldığında, bu metodun çok daha kolay olduğu görülür. Son yıllarda çok sayıda esnek üretim sistemi benzeticisi geliştirilmiştir. Bunların en iyi bilinenleri GCMS (Lenz et.al., 1977), MAST (Manufacturing System Design Tool) (Lenz, 1983; CMS Research, 1986 ve 1989) ve FMSSIM (El-Maraghy et.al., 1982) ve MAP/1 (Rolston, 1985) tir. Kıran et. al. (1989), üretim sistemlerinin tasarımına yönelik bütünsel bir benzetim yaklaşımı geliştirmişler, daha sonra bunu varolan bir üretim ortamındaki esnek üretim sisteminin tasarımına uygulamışlardır. Elde edilen tasarımlar ortalama sistem süresi ya da ortalama kullanım oranları gibi sistem performans ölçülerine göre karşılaştırılmıştır. Bir kullanıcı arabirim programı yardımıyla, her bir senaryonun kolaylıkla bir benzetim modeli oluşturulabilir. Esnek üretim sistemi benzeticisinin seçiminde göz önüne alınması gereken en önemli kriter, onun genelliğidir. Bu ise, benzeticinin değişik esnek üretim sistemi tiplerinde başarıyla kullanılabilmesidir. Üretim benzetim sistemleri alanındaki en yeni uygulamalardan biri Lilegdon et.al. (1994) tarafından geliştirilen FACTOR/AIM üretim benzetim sistemidir.

3.2.2. BİR ÜRETİM SİSTEMİ MODELİNİN KURULMASI

Üretim sistemlerinin modellenmesi yeni bir kavram değildir. Bir atölyenin modellenmesi durumunda çok sayıda olasılığa bağlı değişken ortaya çıkabilir ve bu rassal değişkenlerin etkilerini ortadan kaldırmak için çok sayıda deneme yapmak gerekebilir. Fakat yine de doğru sonuçlar elde edilmeyebilir. Diğer taraftan esnek üretim sistemleri, mükemmel yakın bir modelleme için parametrelerin çoğunun deterministik olduğu ve sistem mantığının açıkça tariflendiği ideal bir ortam oluşturur.

Suri (1985), esnek üretim sistemlerinin tasarımında kullanılabilecek karar destek modellerini iki grupta toplamıştır. Bunlar;

1. *Türetici (prescriptive) Modeller:* Bu modeller, bir amaçlar ve kısıtlar kümesi şeklinde tanımlanırlar ve en iyi çözümü bu şekilde sağlayabilirler. Genellikle

doğrusal ya da doğrusal olmayan programlama modelleri gibi matematiksel modellere dayanırlar. Karmaşık problemleri çabuk bir şekilde çözebilmelerine ve probleme ait bazı iyi sonuçlar verebilmelerine rağmen, esnek değildir ve bazı durumlarda iyi sonuçlar alınamayabilir.

2. *Değerlendirici (descriptive) Modeller:* Bu tür modeller, verilen bir kararlar kümesi ile geliştirilebilir. Esnek olmalarına rağmen, yararlı kararların bulunması oldukça zaman alıcı olabilir.

Türetici modeller, karmaşık problemlerin çözümünde çok etkin olmalarına rağmen, bunların endüstride sık rastlanan karmaşıklıklara ve değişikliklere uyum sağlamaları oldukça zordur. Ayrıca karar alan kişiye, sistem davranışını anlamasına yardımcı olacak bir olanak da sağlamazlar. Değerlendirici modeller ise bunların aksine kullanıcıya büyük faydalar sağlarlar. Bu yüzden de esnek üretim sistemlerinin tasarım, planlama ve operasyonunda önemli bir rol oynarlar. Wilhelm (1983), O'Grady et. al. (1985), Buzzacot (1985), Glenney et. al. (1985), Choobineh et. al. (1986), ve Gershwin (1986) aşağıdaki model tiplerini, esnek üretim sistemlerinin analizinde kullanmışlardır:

1. *Statik Atama Modelleri:*

Statik atama modelleri, modelleme teknikleri arasındaki en basit yaklaşımdır. Temel olarak sistem performansını tahmin etmek için kullanılır. Bu teknik MAST benzetim paketinin SPAR modülünde kullanılır. Bu tür modellerin dezavantajı, sistemdeki dinamik etkileşimleri ihmal etmesidir. Daha karmaşık sistemlerde duyarsız bir hal alabilir ve beklenmedik sonuçlara varılabilir. Buna karşılık en önemli avantajı, uygulanabilir olmayan alternatifleri göz önüne almayarak, uygulanabilir olmayan sonuçların gereksiz yere benzetim işlemine tabi tutulmamasını sağlamasıdır.

2. *Kuyruk Modelleri:*

Bu tür modellemede sistem, iş parçalarının çevrim yaptığı bir iş istasyonları kümesi olarak göz önüne alınır. Her iş istasyonu bir kuyruk ve servisçi kümesinden oluşmuştur. Jackson (1957 ve 1963) bir şebeke modelinin genel karakteristiklerini tanımlayarak, kuyruk modelleri üzerindeki ilk çalışmaları başlatmış ve sonraları çalışmasını daha büyük şebekelere doğru genişletmiştir. İlerleyen yıllarda Gordon et. al.

(1967), Piosner et. al. (1968) ve Buzen (1973) 'in çalışmalarına dayanarak Solberg (1977), esnek üretim sistemi tipi tesisler için bir kuyruk şebeke modelini (CAN-Q) oluşturmuştur. Modelin temel kabulleri, sistemdeki toplam iş sayısının sabit, tüm istasyonların "ilk gelen önce servis görür" kuyruk disiplinine sahip ve servis zamanı dağılımının üssel, tüm istasyonların yeteri kadar geniş bir stok alanına sahip ve tezgahların işler için daima kullanılabilir durumda olduğudur. Bu tür modellerden çok sayıda performans ölçüsü elde edilebilir. Çeşitli teknikler geliştirilmiş olmasına rağmen, aşağıdaki özelliklerin hiçbiri kuyruk şebeke modellerinde göz önüne alınmamıştır:

- Rassal iş emri gelişleri,
- Rotalama ve programlama kararlarına bağlı zaman,
- Merkezi stoklama,
- Nakil vasıtaları arasındaki ilişki.

Bu tür modelleme tekniklerinin kullanıldığı en yeni çalışmalardan biri Kellert ve Ruch (1993) tarafından yapılmıştır. Kellert ve Ruch (1993), öncelikle benzetim çalışmalarında karşılaşılabilecek en önemli problemin, gerçek sistemi yansıtan bir modelin kurulması ve bilgisayarda kullanılabilecek bir yapıya sokulması olduğunu irdelemiş, bu amaçla, özellikle esnek üretim sistemlerinin çalışma kuralları ile temel karakteristiklerinin bir benzetim modeline nasıl uygulanabileceğini incelemiş ve esnek üretim sistemi modellerinin otomatik olarak oluşturulması amacıyla nesneye yönelik bir benzetim modelinin kurulmasına yardımcı olan bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu çalışmada QNAP2 (Queueing Network Analysis Package) kuyruk şebeke analiz programı kullanılmıştır.

3. Benzetim:

Üretim sistemlerinin modellenmesinde kesikli olay benzetimi önemli bir yer tutar. Daha önce bölüm 3.2 de sınıflandırıldığı gibi üretim sistemlerinin benzetimi yüksek düzeyli programlama dilleri, benzetim dilleri, benzetim paketleri ve genel benzeticiler yardımıyla olmaktadır.

4. Düzensizlik (Perturbation) Analizi:

Bu teknik, üretim hatlarında görülen bazı tasarım problemlerinin çözümü amacıyla Suri et. al. (1984) ve Ho (1985) tarafından geliştirilen yeni bir yaklaşımdır.

Düzensizlik analizi, sistemde nominal gözlem değeri olarak adlandırılan tek bir değeri gözleyerek çalışır. Bu bir benzetim deneyi ya da sistemdeki gözlemlerin bir grubu olabilir. Sistem gözlenirken bazı küçük hesaplamalarla sistem davranışı tahmin edilebilir. Burada önemli husus, tüm tahminler bir defada elde edildiğinden, tekrardan benzetim koşumuna gerek olmamasıdır.

3.2.3. SEÇİLEN ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ TİPİ İÇİN MODELLEME TEKNİĞİNİN BELİRLENMESİ

Verilen bir sistem için modelleme tekniği seçimi oldukça güç bir iştir. Bu amaçla aşağıdaki kriterleri göz önüne almak gerekir:

- Sistemdeki tıkanıklıklar ve karmaşık karar kuralları gibi esnek üretim sistemi ile ilgili önemli özellikleri modelleme kabiliyeti,
- Bağlama düzenleri, paletler gibi yardımcı üretim ekipmanları tarafından oluşturulan kısıtları modelleme yeteneği,
- Geçici dönemlerdeki sistem performansını tahmin etme başarısı,
- Sistemdeki takım akışını modelleyebilmek.

Statik atama modelleri, alt sistemler arasındaki ilişkileri göz önüne almadığından, operasyonel düzeyde problemlerin çözümüne uygun değildir. Kuyruk şebeke modelleri esnek üretim sistemlerinin bazı özelliklerini sağlamalarına rağmen, yukarıdaki ilk üç koşulu yerine getiremeyecekleri için kullanılmaları olumlu sonuç vermeyebilir. Aynı şekilde düzensizlik analizi de sistem performansındaki aşırı düzensizlikler ile ilgili değildir. Buradan anlaşılağı üzere, benzetim en etkili modelleme tekniğı olarak kendini gösterir.

Carrie (1985) ve Carrie (1986) ye göre, genel olarak bir esnek üretim sistemi ya da herhangi bir üretim sisteminin modellenmesindeki adımlar şunlardır:

1. Modellenecek sistemin tarif edilmesi,

2. Modelin kuruluşu,
3. Veri toplama,
4. Modelin geçerliliğini kontrol etmek,
5. Modeli kullanarak denemeler yapmak,
6. Modeli yeniden düzenleyerek denemeleri tekrarlamak.

Birinci adım olan sistemin tarif edilmesinde, esnek üretim sisteminin temel yapısı, kaç tane tezgah bulunacağı, bunların tipleri ya da hepsinin aynı tipte olup olmadığı, gruplanıp gruplanamayacakları, konveyörle mi yoksa otomatik klavuzlu araçlarla mı taşıma yapılacağı, kaç tane otomatik klavuzlu araç kullanılması gerektiği, parçaların paletlere yerleştirilip yerleştirilmeyeceği, yükleme ve boşaltmanın nasıl yapılacağı, hangi türde yarı mamul envanteri kullanılacağı, her tezgah için tampon stoklama yapılıp yapılmayacağı, bağlama düzenleri ve takımlar, kaç parça tipinin üretileceği, bunların benzer işleme operasyonlarına sahip olup olmadıkları, operasyonların tezgahlara nasıl atanacağı, nasıl bir üretim programının belirlendiği gibi konular göz önüne alınmalıdır. Bu bilgiler ile modeldeki elemanlar ve faaliyetler tariflenir ve meydana gelen her faaliyet için ihtiyaç duyulan koşullar belirlenir.

İkinci adım, modelin kurulmasıdır. Burada gerçek sisteme ait tarifler, bilgisayar modeline dönüştürülür. Gerçek sistemi aynen tanımlayan bir model yoktur. Gerektiğinde modele gerekli faaliyetler eklenebilir ya da çevrim esnasında bazı detaylar göz ardı edilebilir. Esnek üretim sistemleri bilgisayarla kontrol edildiğinden, kaynaklardaki düzensizliklerin çoğu elimine edilmiştir ve sistemin yapısına ait kurallar tamamıyla tariflenebilir. Bundan dolayı diğer sistemlere göre daha güvenli benzetim sonuçları elde edilmiş olur. Ayrıca yapılan çalışmanın kalitesi ve doğruluğu büyük ölçüde kullanılan benzetim diline ya da paketine bağlıdır.

Üçüncü adım olan veri toplama safhası esnek üretim sistemi projesinin uygulamaya konulmasında önemli rol oynar. Mevcut verilerin kalitesi modelin doğruluğunu ve detay düzeyini belirleyen temel bir faktör olabilir. Buradaki en önemli husus, modelleme prosesini basitleştirmek için verilerin nasıl sadeleştirilebileceğinin ve veri tahminlerindeki hata paylarının nasıl minimize edileceğinin bilinmesidir.

Dördüncü adım, modelin geçerliliğinin sağlanmasıdır. Model, sonuçlara güvenilirliği sağlamak zorundadır. Bu, genellikle modelden elde edilen sonuçlar ile,

gerçek sistem verilerinin karşılaştırılması ve kullanılan karar destek modelinin yardımı ile yapılır.

Beşinci adımda, modelin doğruluğu kanıtlandıktan sonra, sistemin performansını belirlemek amacıyla sistem çalıştırılır. Değişik faktörlere göre sistemin performansını belirlemek için farklı veriler ile model denenir.

Son safhada ise, sonradan oluşabilecek veya planlama esnasında karşılaşılabilecek aksaklıklara göre yapılan değişikliklerin modele uyarlanıp, gerekli ayarlamaların yapılması ele alınır.

3.3. BENZETİMDE UZMAN SİSTEM UYGULAMALARI VE BÜTÜNLEŞİK ORTAMLAR

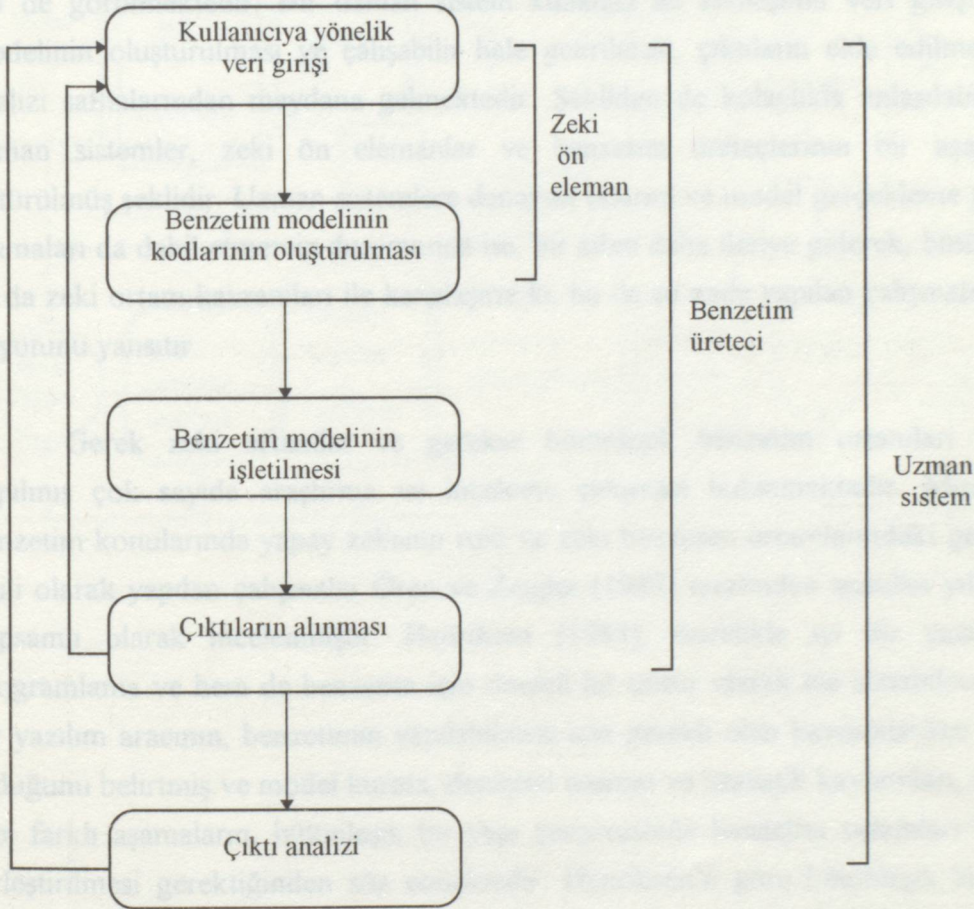
Benzetim dilleri ve benzetim modelleri yapay zekada kullanılan fikirlerin çoğunu bünyelerinde barındırırlar. Yapay zeka destekli ya da uzman bir benzetim sistemi ile bir benzetim modeli arasında bazı temel farklılıklar vardır. Shannon et.al. (1985)'a göre en önemli fark modelin kuruluşunda ve çalıştırılmasındadır. Benzetim modelin kurulduğu, deneysel tasarımın yapıldığı ve sonuçların analiz edildiği iterasyonlara dayanan bir prosestir. Benzetim sistemleri karar verme ile ilgili herhangi bir yardım sağlamaz. Buna karşılık yapay zeka tabanlı bir uzman sistemde ise, kullanıcı, sisteme ait bilgiyi girer, hedefleri tanımlar ve bilgisayarın sonuçları bulmasını bekler. Diğer bir farklılık da, bir yapay zeka tabanlı sistemin veri tabanının, bilgi tabanının ve kontrol yapısının ayrı ayrı düzenlenmesi ve herbirinin diğerlerini etkilemeksizin kolaylıkla değiştirilebilmesidir. Buna karşılık bazı benzetim modelleri bütünleşik bilgi ve kontrol yapısına sahiptir. Bazıları ise, ayrı yapılar halinde düzenlenmiştir. Bir diğer fark, veri tabanının yapısıdır. Klasik veri tabanı sistemleri kesin tariflenmiş veri yapılarına gereksinim gösterirler. Buna karşılık, bir yapay zeka veri tabanı sisteminin yapısı herhangi bir veri tipinin toplanıp kullanılabilmesine imkan tanır.

Benzetime uzman sistemlerin uygulanması en önemli gelişmelerden biridir. Bilgisayar teknolojisindeki artan gelişmeler, benzetimin gelişmesinde yeni alanların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Benzetimde uzman sistem uygulamaları şu yollarla olmaktadır:

1. *Zeki ön elemanlar:* Bir uzman sistem, benzetim için bir zeki ön eleman olarak kullanılabilir. ECSL benzetim programı için yazılan CAPS, bu türe en iyi örnek olup bir yapay zekâ dili yerine FORTRAN ile yazılmıştır.
2. *Esnek üretim sistemi benzetimi için benzetim program modüllerinin seçimi:* Modellenilecek esnek üretim sistemi hakkında sorular sorarak, bilgi toplayan ve daha sonra bu bilgiyi bir benzetim modeli oluşturmak için kullanan bir program geliştirilebilir. Bu, benzetim mühendisliği ile bilgisayar mühendisliği arasında iletişim kuran bir uzman sistemdir.
3. *Bir benzetim koşumunun başlangıç koşulları için gerekli olan verinin belirlenip toplanması:* Bir model için başlangıç koşulları belirlendiğinde, özelliklerin değerlerinin belirlenmesi oldukça güçtür. Özellikle fazla karmaşık modeller için bu işlemlerin elle yapılması zorunluluğu doğar. Bu zaman alıcı ve hataya sevkedicidir. Oysa bir uzman sistem, bu işlemleri kolayca başarabilir. Basit kurallar ile programlar oluşturulabilir.
4. *Benzetim gözlemlerinin tasarımı:* Benzetimin uzman sistem uygulamalarından elde edilen faydalara benzer özelliklerinden biri, gözlemlerin tasarımıdır. Burada göz önünde bulundurulması gerekli en önemli husus, benzetim sonuçlarının doğru olarak kabul edilmesinden önce, geçerliliklerinin onaylanmış olması zorunluluğudur. Benzetim gözlemleri, yeterli ve kabul edilebilir sayıda koşum yapılmasını sağlayacak şekilde tasarlanmış olmalıdır. Bu koşumlar esnasında ortaya çıkan koşullar belirlenmek zorundadır. Bir uzman sistem, bu tip parametrelerin belirlenmesinde oldukça yararlı olur.
5. *İstatistiksel Mukayese:* Esnek üretim sistemlerinde, diğer üretim sistemlerine göre daha karmaşık bir problem oluşturan, iş parçası bağlama düzenleri, takım değiştirme işlemleri ve palet temini gibi birçok ilave özelliği göz önüne almak gerekir. Bu yüzden, uzman sistemlerin istatistiksel mukayese yetenekleri, bu tür problemlerin çözümüne uygundur.

Uzman sistemler ile benzetimin ortak bir yapı içinde birleştirilmesi, bütünleşik ve zeki ortamların da temelini oluşturmaktadır. Bu amaçla uygulanan yöntemlerden biri O'Keefe (1986) 'nin belirttiği gibi, bir benzetim modelinin içine bir uzman sistemi ya da

bir uzman sistemin içine bir benzetim modelini yerleştirmektedir. Burada amaç, uzman sistemden benzetim koşumlarının yapılması amacıyla yararlanılmasıdır. Diğer bir yöntem ise, ayrı yazılımlar olarak tasarlanan, geliştirilen ve uygulanan benzetim modelleri ve uzman sistemlerin, paralel yapılar halinde oluşturulmasıdır. Bu yöntem karmaşık bir sistem için geliştirilen benzetim modelleri için oldukça faydalıdır. Ortak bir veriyi kullanan benzetim ve uzman sistem yapıları ise, uzman sistemin model oluşumunda ya da bitmiş bir benzetimde yardımcı bir araç olarak kullanıldığı yöntemidir.



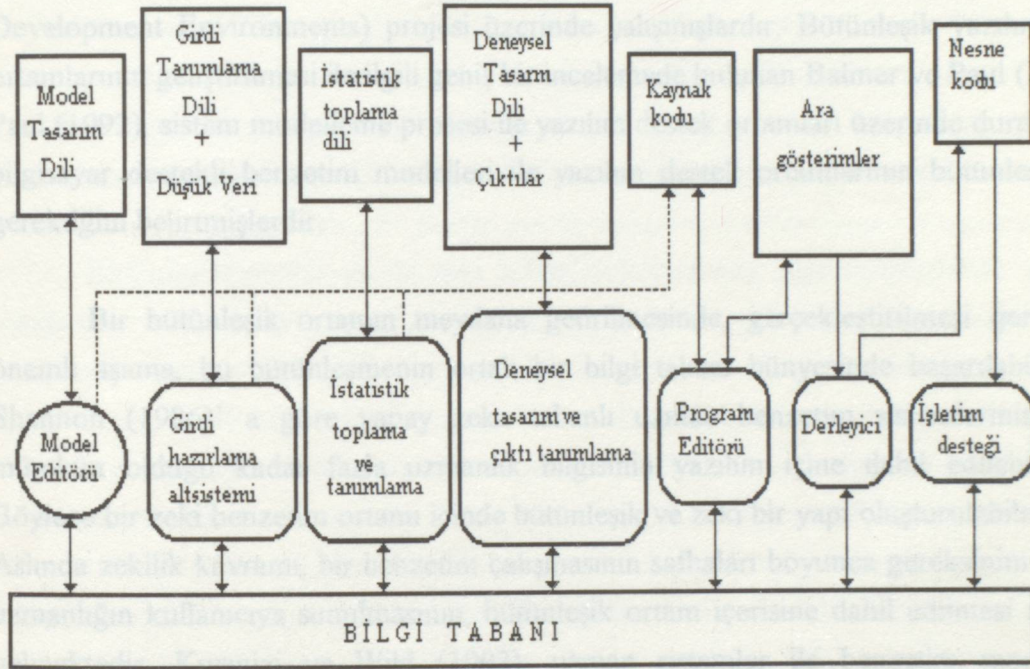
ŞEKİL 3.4: Benzetim üreticileri ve uzman sistemler (Haddock, 1987).

Benzetimdeki gelişmeler arasında, benzetim model kurucuları, bir uzman sistemin uygulama alanı bulduğu en önemli alanlardan biridir. Bu tür sistemler O'Keefe (1986)'ye göre, zeki ön elemanlar olarak sınıflandırılmışlardır. Zeki ön elemanlar kullanıcı ve

program arabirimini sağlayarak, kullanıcı ile etkileşimli olarak program kodlarını oluşturur ve benzetimden elde edilen sonuçları kullanıcıya sunar. Haddock (1987) ve Haddock (1988), bir benzetim uzman sisteminin geliştirilmesi aşamalarını, bir esnek üretim sistemi benzetim model kurucusunun tasarlanmasını ele alarak incelemiştir. Buradaki uzman sistem program oluşturma elemanı, esnek üretim sistemlerinin tasarım ve kontrolü için geliştirilen, kullanıcıya yönelik bir benzetim üreticidir ve SIMAN benzetim diline hizmet vermek üzere hazırlanmıştır. Haddock (1987)'a göre benzetim üreticileri ve uzman sistemler, yapılarına göre üç safhada ele alınabilirler. Bu husus Şekil 3.4 de görülmektedir. Bir uzman sistem kullanıcı ile etkileşimli veri girişi, benzetim modelinin oluşturulması ve çalışabilir hale getirilmesi, çıktıların elde edilmesi ve çıktı analizi safhalarından meydana gelmektedir. Şekilden de kolaylıkla anlaşılabileceği gibi uzman sistemler, zeki ön elemanlar ve benzetim üreticilerinin bir aşama ileriye götürülmüş şeklidir. Uzman sistemlere deneysel tasarım ve model gerçekleştirme gibi değişik aşamaları da dahil etmemiz durumunda ise, bir adım daha ileriye giderek, bütünleşik yapı ya da zeki ortam kavramları ile karşılaşırız ki, bu da şu anda yapılan çalışmaların en ileri boyutunu yansıtır.

Gerek zeki ortamlar ve gerekse bütünleşik benzetim ortamları konusunda yapılmış çok sayıda araştırma ve inceleme çalışması bulunmaktadır. Modelleme ve benzetim konularında yapay zekanın rolü ve zeki benzetim ortamlarındaki gelişmeler ile ilgili olarak yapılan çalışmalar Ören ve Zeigler (1987) tarafından sunulan yıllık raporda kapsamlı olarak incelenmiştir. Henriksen (1983), öncelikle iyi bir yazılımın hem programlama ve hem de benzetim için önemli bir unsur olarak ele alınabileceğini, fakat bir yazılım aracının, benzetimin yapılabilmesi için gerekli olan kavramlardan sadece biri olduğunu belirtmiş ve model kurma, deneysel tasarım ve istatistik kavramları, çıktı analizi gibi farklı aşamaların, bütünleşik bir yapı çerçevesinde benzetim ortamları bünyesinde birleştirilmesi gerektiğinden söz etmektedir. Henriksen'e göre bütünleşik bir benzetim ortamında bulunması gereken aşamalar Şekil 3.5 de görüldüğü gibi tanımlanmalıdır. Buna göre bir bilgi tabanı ile etkileşimli olarak çalışan model tasarımı alt sistemi, veri hazırlama alt sistemi, istatistiki analizlerin ve tariflerin yapıldığı alt sistem, deneysel tasarım ve çıktıların analizi alt sistemi, benzetim program kodlarının hazırlandığı alt sistem ve derleyici alt sisteminden meydana gelen bir benzetim ortamının oluşturulması tasarlanmıştır. Rao et.al. (1990), geliştirilen uzman benzetim sistemlerinin özellikle mühendislik problemlerinin çözümünde yetersiz kaldığını belirterek, farklı uzman sistemlerin ve nümerik benzetim paketlerinin daha büyük bir sistemin bünyesinde

koordineli olarak kullanılmasına imkan tanıyan bir bütünlük zeki benzetim ortamının tasarımını gerçekleştirmişlerdir.



ŞEKİL 3.5: Bir bütünlük benzetim ortamı (Henriksen, 1983).

Benzetim modellerinin geliştirilmesine yönelik ortamların oluşturulmasıyla daha güvenilir ve kaliteli modeller elde edilmekte, veri girişi, bunların analizi, benzetimi ve elde edilen çıktıların değerlendirilmesi aşamalarındaki verimlilik ve güvenilirlik artışı da doğal olarak model geliştirme süresini azaltmaktadır. Sadece bir programlama prosesi ile desteklenen bir benzetim dilinin, karmaşık ve büyük sistemler için yeterli olamayacağını

çalışmalarında özellikle vurgulayan Balcı et.al. (1990) ve Balcı ve Nance (1992) ihtiyaç duyulan bilgisayar desteğinin programlama prosesinin de ötesinde, bir sistemin benzetim modelinin geliştirilmesi ile ilgili tüm safhaları içine alacak olan bütünleşik bir karar ortamını da kapsamı gerekeceği üzerinde durmuşlar, bu gereksinimleri karşılayacak bir yapının, ilgili tüm yazılım ve donanım araçlarını bütünleştirecek bir ortamın bünyesinde oluşturulabileceğini belirterek, dört kısımdan meydana gelen ve benzetim destek ortamı olarak faydalanan bir benzetim modeli geliştirme ortamları (SMDE-Simulation Model Development Environments) projesi üzerinde çalışmışlardır. Bütünleşik yazılım destek ortamlarının geliştirilmesi ile ilgili geniş bir incelemede bulunan Balmer ve Paul (1990) ve Paul (1992), sistem modelleme prosesi ile yazılım destek ortamları üzerinde durmuşlar ve bilgisayar destekli benzetim modelleri ile yazılım destek ortamlarının bütünleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Bir bütünleşik ortamın meydana getirilmesinde, gerçekleştirilmesi gereken en önemli aşama, bu bütünleşmenin ortak bir bilgi tabanı bünyesinde başarılabilmesidir. Shannon (1986)' a göre yapay zeka tabanlı uzman benzetim sistemlerinin amacı, mümkün olduğu kadar fazla uzmanlık bilgisinin yazılım içine dahil edilebilmesidir. Böylece bir zeki benzetim ortamı içinde bütünleşik ve zeki bir yapı oluşturulabilmektedir. Aslında zekilik kavramı, bir benzetim çalışmasının safhaları boyunca gereksinim duyulan uzmanlığın kullanıcıya sunulmasının, bütünleşik ortam içerisine dahil edilmesi anlamına gelmektedir. Kwanjai ve Wild (1992), uzman sistemler ile benzetim modellerinin bütünleşik olarak bir ortam içinde kullanılmasına üç boyutlu bir yaklaşım getirmişler, özellikle zeki benzetim ortamlarının oluşturulmasını ve bunların yapay zeka kavramları ile benzetim teknikleri bünyesinde bir bütün olarak ele alınmasını inceleyerek, benzetim sistemlerinin tasarımı için gerekli değişkenlerin uygulanabilir değerlerinin bulunmasına yönelik olarak, bir benzetim programı ile bir uzman sistemi birleştiren bir ters benzetim yaklaşımı geliştirmişlerdir.

Karmaşık sistemlerin analizi, tasarımı ve kontrolü, bu sistemlerin değişik yapılar halinde modellenmesini gerektirir. Özellikle yazılım ve donanım sistemlerindeki gelişmeler ve bunlar arasında artan bütünleşme ihtiyacı, beraberinde bütünleşik model destek ortamlarının da oluşmasına öncülük etmektedir. Vangheluwe et.al. (1994), karmaşık sistemlerin tasarım ve kontrolünde ve özellikle bu tür sistemlerin modellenmesinde karşılaşılan güçlüklerle değinmişler, bütünleşik bir modelleme ortamının oluşturulmasının faydalarını incelemişler ve böyle bir ortamda yapay zeka teknikleri

yardımı ile bilginin toplanmasına, farklı model tiplerinin oluşturulmasına ve bu modellerin benzetimini gerçekleştirerek optimize edilmesine yardımcı olacak GISMOS (Generic Interactive System for Modeling and Simulation) adlı bir modelleme ve benzetim ortamını geliştirmişlerdir.

Russel et.al. (1992), ele alınan bir sistemin benzetim prosesi ile karar alma prosesinin birbirinden ayrı olarak düşünülmesi gerektiğini, böylece daha etkin ve verimli bir benzetim yapılabileceğini belirtmişler ve bu amaçla hem benzetim ve hem de yapay zeka açısından faydalı olabilecek bir benzetim-yapay zeka arabirim modeli (SSKI-Standard Simulation-Knowledge Interface) geliştirerek, bunun bir üretim alanındaki çizelgeleme ve planlama problemine ne şekilde uygulanabileceğini incelemişlerdir.

Bütünleşik yapılar ya da zeki ortamlar konusunda yapılan çalışmalar mümkün olduğunca daha fazla uzmanlığın ortam içine dahil edilebilmesine yönelmiştir. Bir bütünleşik ortam, model kurma, deney tasarımı, çıktıların analizi gibi benzetim aşamalarının, ortak bilgi tabanları ile bütünleştirilmesi ve her aşamaya gerekli uzmanlık bilgisinin sağlanması ile oluşturulabilmektedir. Zeki bir ortamın oluşturulması ise, ancak gerekli düzeydeki bir uzmanlık bilgisinin, ortam içerisindeki belirli aşamalara tatbik edilmesi ile mümkün olabilir. Yapılan çalışmamız bu açılarından değerlendirildiğinde bazı değişik durumlar ortaya çıkmaktadır. Öncelikle sistem ile kullanıcı arasında iletişim sağlayan çeşitli arabirimler geliştirilmiştir. Bunlar ortak bir bilgi tabanında saklanarak gerektiğinde kullanıcının faydalanmasına olanak sağlamaktadır. Benzetim çalışmasının her aşamasında, yani veri girişinden, model kurulmasına ve çıktıların elde edilip analiz edilmesine kadar her safhada bilgi tabanındaki verilerden yararlanılabilmektedir. Buna karşılık bir benzetim ortamı oluşturulması için yapılması gereken model kurma, veri girişlerinin hazırlanması, istatistiki tanımlamaların sisteme girilmesi, program kodlarının oluşturulması ve programların derlenmesi gibi aşamalar çalışmanın bünyesi içinde bulunmaktadır, fakat gerçek bir bütünleşik yapı oluşturulması amaçlanmamıştır. Tezin özellikle model kurma, çıktıların yorumlanması ve analizi safhalarında, girilen uzman kurallar ölçüsünde uzmanlık sağlanmış bulunmaktadır. Buna karşılık, oluşturulan uzman sistemin zeki bir ortam olarak iş görmesi, doğal olarak düşünülemez. Bu açıdan Shannon (1986)' ın belirttiği gibi mümkün olan en yüksek düzeydeki uzmanlığın ortama aksettirilmesine çalışılmış ve belirli ölçülerde bu başarılabilmektedir.

Örneğin benzetim için gerekli olan verilerin hazırlanması, düzenlenmesi ve olasılık dağılımlarının bulunması, yani dağılım belirleme analizlerinin yapılması işlemleri tamamen kullanıcı tarafından yapılmakta olup, sistemin yapısı içine bu tür bir modül dahil edilmemiştir. Kullanıcı, elde ettiği deneysel bilgileri sistemin ilgili bilgi tabanına girmektedir. Yine aynı şekilde elde edilen benzetim modellerinin geçerlilikleri de, yine kullanıcı tarafından kontrol edilmektedir. Dolayısıyla daha evvel de belirtildiği gibi, kurulan sistem, bir bütünlük yapı olmayıp, sadece bir bilgi tabanı esasına dayanarak modeli kurma ve çıktıların analizi işlemini gerçekleştiren ve bilgi tabanındaki kurallara göre elde edilen tasarımların geçerli olup olmadığını kullanıcı ile etkileşimli olarak belirleyen, eğer geçersiz bir durum mevcutsa, kullanıcıya yeni tasarımlar öneren bir uzmanlık sahasına sahiptir. Haddock (1987)' un da belirttiği gibi bir uzman sistemin oluşturulması için öncelikle zeki ön eleman ve benzetim üretici oluşumlarını tamamlamak ve bunları belirli bir yapı içinde kendi bünyesinde barındırmak gereklidir. Yani yapılması gerekenler sırasıyla, kullanıcı ile etkileşimli veri girişinin hazırlanması, benzetim program kodlarının oluşturulması, modelin çalıştırılması ve elde edilen çıktıların analizi safhalarıdır. Haddock' a göre, bu aşamaların gerçekleştirilmesi ile bir uzman sistem oluşturulabilmektedir. Bunun, model gerçekleştirme, deneysel tasarım ve veri analizi safhalarını kapsayan daha geniş şekli ise bütünlük ortamları oluşturmaktadır. Yapılan çalışma bu açılardan değerlendirildiğinde, bir uzman sistem yapısına daha uygun olduğu ortaya çıkmaktadır.

- Her parçaya kaç tane bağlama düzeni ve palet tahsis edilecektir?
- Tampon stok miktarı edilecek mi?
- Kontrol yapısına hangi kurallar dahil edilecek?

Bu problemlerin bazıları aşırıya kaçmamak için, bazıları ise sadece bir amaçla sınırlıdır. Van Looveren (1986), örnek ortamı oluşturulduğu planlama problemlerinde üç düzey ve üç planlama düzeyi tanımlanmıştır (Şekil 4.1).

1. Stratejik planlama düzeyi.
2. Taktik planlama düzeyi.
3. Operasyonel planlama düzeyi.

BÖLÜM IV. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ TASARIM PROBLEMLERİ VE OPERASYONEL PROBLEMLER

4.1. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN PLANLAMA VE KONTROLUNDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

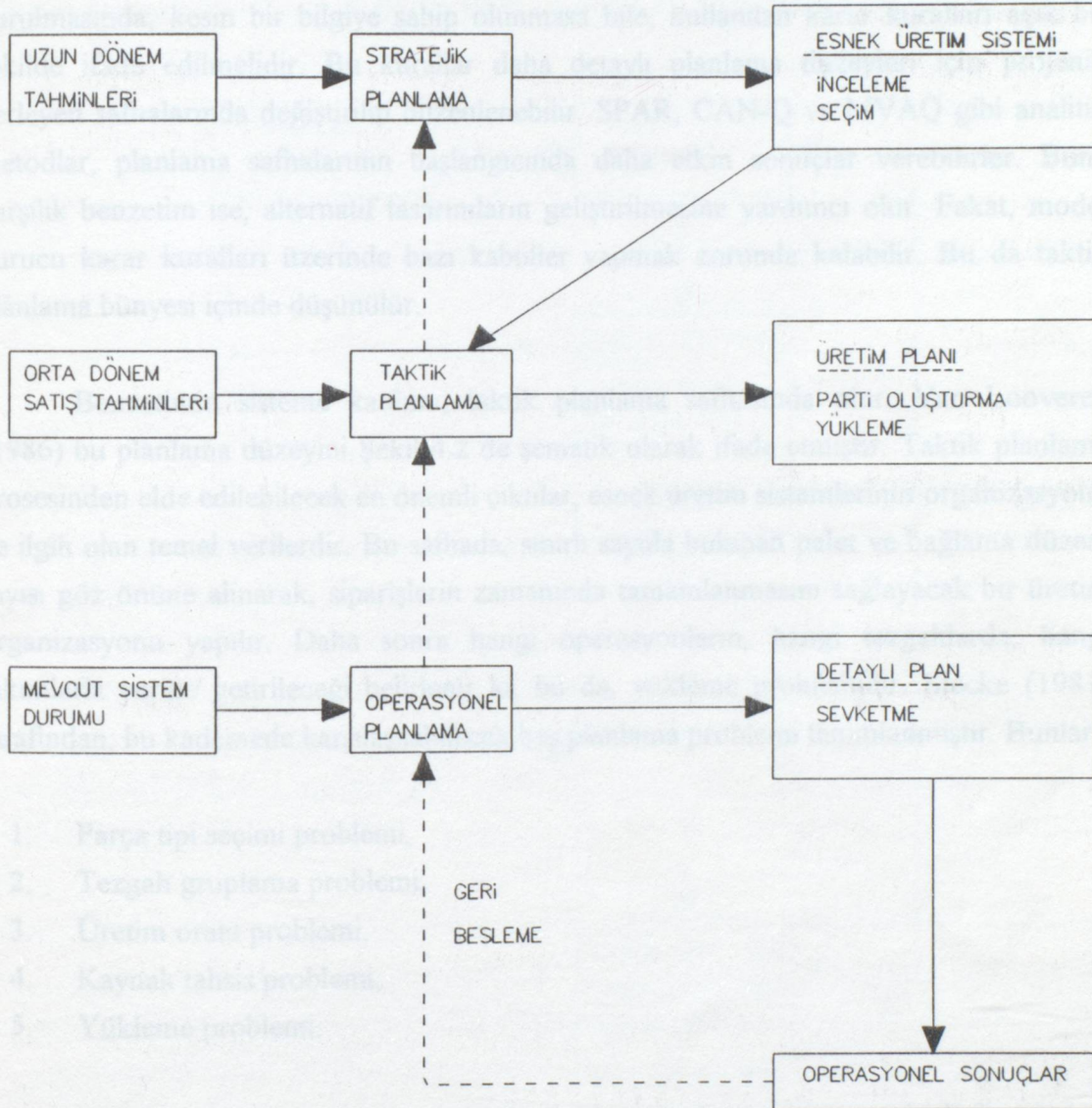
Bir sistemi, verimliliği maksimum olacak şekilde çalıştırmak gerekir. Bu ise, ancak birçok faktörün detaylı analizi ile mümkün olabilir. Carrie (1986), bir esnek üretim sisteminin planlanması esnasında cevaplanması gereken bazı soruları şöyle özetlemiştir:

- Esnek üretim sisteminde hangi parçalar üretilecek?
- Bunlar için hangi operasyonlar gerekli?
- Hangi tezgah tipine ihtiyaç duyulacak?
- Her tipten kaç tane tezgah gerekli?
- Sistemde parçalar nasıl bağlanacak, paletlere yerleştirilecek ve taşınacak?
- Her operasyon için hangi takımlar gerekli?
- Tezgahlar nasıl gruplanmalı?
- Hangi tezgah gruplarına hangi operasyonlar ve takımlar tahsis edilmeli?
- Kaç tane tezgah, bağlama düzeni, palet, taşıyıcı ve takım gerekli?
- Her parçaya kaç tane bağlama düzeni ve palet tahsis edilmeli?
- Tampon stok temin edilmeli mi?
- Kontrol yazılımına hangi kurallar dahil edilmeli?

Bu problemlerin bazıları sistemin tasarımı, bazıları ise sistemin çalışması ile ilgilidir. Van Looveren (1986), esnek üretim sistemlerindeki planlama problemlerini ele almış ve üç planlama düzeyi tanımlamıştır (Şekil 4.1);

1. Stratejik planlama düzeyi,
2. Taktik planlama düzeyi,
3. Operasyonel planlama düzeyi.

ŞEKİL 4.1. Üretim modellerinin Esneklik, Planlama ve Kontrol düzeyleri



ŞEKİL 4.1: Üretim modellerinin hiyerarşik planlama yapısı (Van Looveren, 1986).

Stratejik planlama düzeyinde üretim teçhizatının, rotaların ve operasyon sürelerinin yaklaşık olarak belirlenebilmesi için benzetim modelleri kullanılır. Bu safhada, öncelikle verimli olmayan tasarımları elimine etmek için mevcut alternatifler arasında ekonomik bir değerlendirme yapılır. Daha sonra teknik ve ekonomik faktörler göz önüne alınarak maksimum düzeyde tasarruf sağlayan bir alternatif seçilir. Benzetim modellerinin kurulmasında, kesin bir bilgiye sahip olunmasa bile, kullanılan karar kuralları açık bir şekilde ifade edilmelidir. Bu kurallar daha detaylı planlama düzeyleri için projenin ilerleyen safhalarında değiştirilip düzenlenebilir. SPAR, CAN-Q ve MVAQ gibi analitik metodlar, planlama safhalarının başlangıcında daha etkin sonuçlar verebilirler. Buna karşılık benzetim ise, alternatif tasarımların geliştirilmesine yardımcı olur. Fakat, model kurucu karar kuralları üzerinde bazı kabuller yapmak zorunda kalabilir. Bu da taktik planlama bünyesi içinde düşünülür.

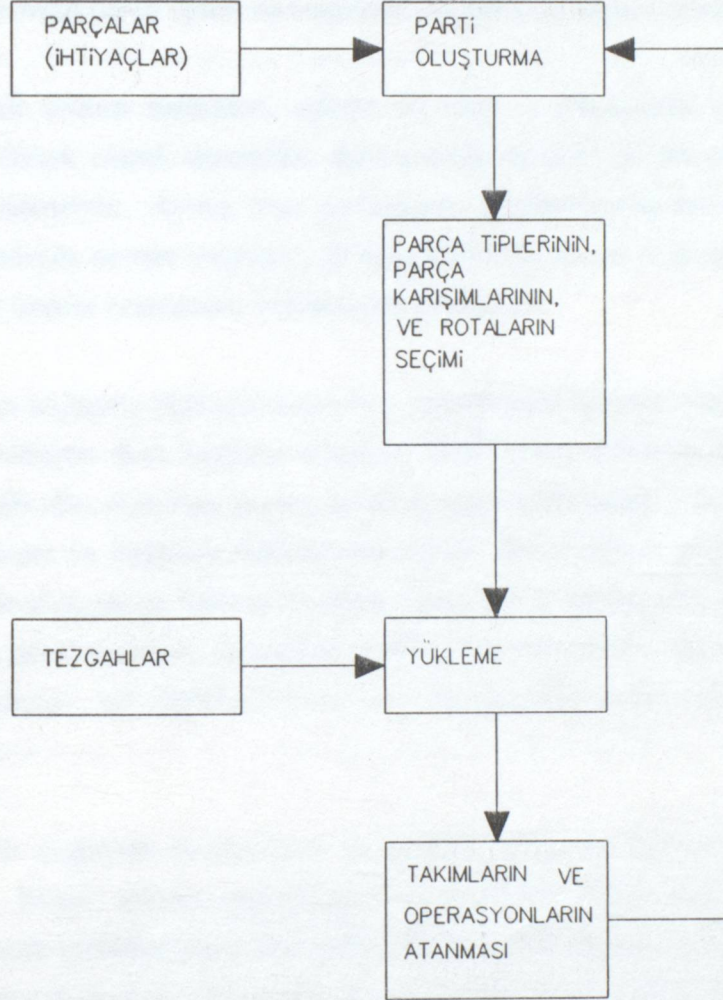
Benzetimin sisteme katılımı, taktik planlama safhasında olur. Van Looveren (1986) bu planlama düzeyini Şekil 4.2 de şematik olarak ifade etmiştir. Taktik planlama prosesinden elde edilebilecek en önemli çıktılar, esnek üretim sistemlerinin organizasyonu ile ilgili olan temel verilerdir. Bu safhada, sınırlı sayıda bulunan palet ve bağlama düzeni sayısı göz önüne alınarak, siparişlerin zamanında tamamlanmasını sağlayacak bir üretim organizasyonu yapılır. Daha sonra hangi operasyonların, hangi tezgahlarda, hangi takımlarla yerine getirileceği belirlenir ki, bu da, yükleme problemidir. Stecke (1981) tarafından, bu kademedeki karşılaşılabilecek beş planlama problemi tanımlanmıştır. Bunlar;

1. Parça tipi seçimi problemi,
2. Tezgah gruplama problemi,
3. Üretim oranı problemi,
4. Kaynak tahsis problemi,
5. Yükleme problemi.

Operasyonel düzeyde sistem yöneticisi, parçaların sisteme girişleri, tampon stoklardaki parçalar, bunların öncelik durumları ve taşıma araçlarının programlanması gibi konularla ilgilidir. Bu düzeyde, benzetim daha az bir role sahiptir. Çünkü burada önemli olan, sistemdeki mevcut durumdur. Operasyonel planlamada karşılaşılan iki önemli problem tüm parça tipleri için yapılacak kaynak tahsisatlarını göz önüne alarak, sistemdeki iş akışının kontrol edilmesi ve sistem içindeki parça rotalarının belirlenmesidir.

4.2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN OPERASYONEL PROBLEMLERİ

Esnek üretim sistemleri, bilgisayarla kontrol edilen otomatikleşmiş sistemler olmalarına rağmen, sistemi planlama ve kontrol konularındaki zorluklar giderilememiştir. Bu hususlar, bu tip sistemler için önemli operasyonel problemleri de beraberinde getirir. Esnek üretim ortamında karşılaşılan tipik üretim planlama problemleri şöyle özetlenebilir:



ŞEKİL 4.2: Esnek üretim sistemlerinin tasarlanması aşamasında kullanılan taktik planlama düzeyi ve benzetim (Van Looveren, 1986).

1. Operasyonel prosedürün ömür çevrimi, sistem tarafından üretim emirleri alındığında başlar. Çeşitli nedenlerden dolayı tüm iş parçalarının aynı anda

işlenmesi mümkün olmayabilir. Bunun için uygun parça tiplerinin seçilmesi gereklidir. Parça tipleri seçildikten sonra, proses gereksinimleri, takım temini gibi bilgiler elde edilebilir.

2. Sistem farklı planlama dönemlerinde farklı parça tiplerini imal ettiğinden, sabit bir tezgah gruplama şekli oluşturmak mümkün olmayabilir. Farklı üretim karışımları, farklı iş yükü dağıtım şekilleri ve farklı takım kombinasyonları meydana getirir. Böylece mevcut parça tipleri ile tezgahlar, mantıksal gruplara ayrılabilirler.
3. Bazı esnek üretim sistemleri, ihtiyaç duyulan iş parçalarını belirli oranlarda üretirler. Örnek olarak sistemden, daha sonraki montaj işi için çok sayıda parça üretmesi istenebilir. Ayrıca bazı performans ölçülerini maksimize etmek üzere belirli oranlarda üretim yapılması da arzu edilebilir. Bundan dolayı seçilen parça tipleri için üretim oranlarının belirlenmesi gerekebilir.
4. Sistemlerin çoğunda bağlama düzenleri, paletler gibi üretime yardımcı elemanlar sınırlandırılmıştır. Bazı bağlama düzenleri farklı parça tipleri tarafından ortaklaşa kullanılabilir. Bu durumda sistem, kısıtlı kaynaklar ile çalıştırıldığından, bu kısıtlı sayıdaki palet ve bağlama düzenlerinin seçilen parça tipleri arasında dağıtılması gerekir. Seçilen parça tiplerinin üretim oranları belirlendiğinde, her parça tipine ait üretim gereksinimleri, operasyon modüllerine bölünebilir. Bu durumda seçilen parça tiplerine ait operasyonların ve takımların, tezgah gruplarına tahsisi gereklidir.
5. Sistemlerin çoğunda operasyonel stratejilerin gelişimi, kullanıcının inisiyatifine kalmıştır. Esnek üretim sistemlerine ait planlama problemleri çözüldüğünde sistem, parça işlemeye hazır hale gelir. Diğer önemli husus ise, sistemdeki parça akışını kontrol etmektir. Bir esnek üretim sistemi farklı parça tiplerini aynı anda işleme yeteneğine sahip olduğundan, sisteme farklı sıradaki parçaları kabul etmek mümkündür. Buna karşılık bazı sistemlerde, sınırlı sayıdaki kaynak tarafından neden olunan kısıtlardan kaçınmak için işleme sıralarını ve parça tiplerini kontrol etmek gerekebilir. Bundan dolayı, seçilen parça tiplerini sisteme optimal sırada sokmak önemli bir avantaj sağlar.

4.3.3. Esnek üretim sistemleri çok farklı yapılarda ve çeşitlerde olabilir. Farklı sistemler, farklı komplekslik düzeylerinde çalışırlar. Burada önemli olan, seçilen esnek üretim sistemi tipinin temel karakteristiklerini tanımlamaktır.

4.3. ESNEKLİK VE SİSTEM KISITLARI

Bir esnek üretim sistemindeki esneklik kavramı ve esneklik tipleri Bölüm 2.1 de incelenmişti. Esnek üretim için uygun olan parça aileleri kümesinin belirlenmesi, esnek üretim sistemi tasarım prosesinin en önemli kısmını teşkil eder. Bu, parçaların karakteristikleri ve bunların üretim ihtiyaçları, iş istasyonlarının sayısı ve tipi, malzeme iletim sistemi, palet sayısı gibi temel sistem özelliklerini belirler. Esnek üretim sistemi tasarımını etkileyen bazı sistem kısıtları aşağıda sınıflandırılmıştır.

4.3.1. ÜRETİM EKİPMANINA BAĞLI OLARAK ORTAYA ÇIKAN KISITLAR

Üretim ekipmanı iş istasyonları, malzeme iletim sistemi ve kontrol istasyonları gibi elemanlardan oluşur. Bu gruplar, daha yüksek düzeydeki kısıtları da beraberinde getirir. Örneğin, bir işleme merkezi, belirli sayı ve hacimdeki parçayı işleyebilir. Aynı şekilde malzeme iletim sistemi de kısıtlı hacim ve ağırlıktaki parçayı taşıyabilir. Takım magazin kapasitesi de diğer önemli bir kısıttır. Bu kısıtlarda değişiklik yapmak, yüksek yatırım maliyetlerini de beraberinde getirir ve bunlar ancak uzun dönemde üretim ortamında bir etkiye sahip olurlar.

4.3.2. ÜRETİME YARDIMCI ELEMANLARIN NEDEN OLDUĞU KISITLAR

Bağlama düzenleri, takımlar ve paletler gibi üretime yardımcı elemanlar, sistemde işlenebilecek parça tiplerini ve adetlerini kısıtlarlar. Bunların üretimi çok fazla etkilemeleri durumunda, ortama daha fazla takım ve bağlama düzeni ekleyerek, esnek üretim kapsamını genişletmek mümkündür. Genellikle bu tür işlemler, yüksek yatırım gerektirmez. Böylece sistem esnekliği kısa dönemli müdahalelerle sağlanmış olur.

4.3.3. YAZILIM SİSTEMİNİN NEDEN OLDUĞU KISITLAR

Sistem yazılımı, sistem için gerekli olan tüm operasyonel stratejileri belirler. Operasyonel stratejilerdeki herhangi bir değişiklik, sistem yazılımına aynen yansıtılmış olmalıdır. Bununla birlikte, eğer, modüler bir yapı kullanılıyorsa, yazılımda değişiklik yapmak kolaydır. Bu değişikliklerin maliyeti, değişikliklerin artım derecesi ile doğru orantılıdır.

Yukarıda ifade edildiği gibi üretim ekipmanı tarafından neden olunan kısıtları değiştirerek, sistemin üretim ve hacim esnekliği kısa dönemde arttırılabilir.

4.4. SEÇİLEN ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ TİPİNE BAĞLI OLARAK KARŞILAŞILABİLECEK PROBLEMLER

Esnek üretim sistemlerinin işletiminde parçaların ve yığınların işleme karakteristikleri önemli bir yer tutar. Çeşitli işleme karakteristikleri arasında, işleme zamanı en önemlisidir ve operasyonel stratejiler geliştirilirken göz önünde bulundurulur. Buna karşılık geliştirilen metodların çoğunda sistemler kısa işleme zamanları ve büyük yığın miktarları ile sınırlandırılmış durumdadır. Esnek üretim sistemi tipini seçerken bu ve buna benzer çeşitli faktörleri göz önüne almak gereklidir. Aşağıdaki sistem karakteristikleri üretim planlama ve kontrol problemlerine farklı bir boyut getirir. Genelde, bu özellikler operasyonel stratejilerin karmaşıklığını artırır.

- Esnek üretim sistemlerinde geçerli olan tüm esneklik çeşitleri,
- Esnek üretim sistemi ve malzeme iletim sistemi tipi,
- Yüksek takım çeşitliliği ortamı,
- Küçük yığın hacimleri ve uzun işleme zamanları.

4.4.1. ESNEKLİK ÇEŞİTLERİ

Daha evvel de belirtildiği gibi yüksek sistem esnekliği, ele alınan herhangi bir problem için çok sayıda alternatif kararın üretilmesine neden olur. Bu durumda en iyi kararı bulmak için alternatifler arasında eleme yapılması gerekebilir. Esneklik düzeyi

zamanla değişebilir ve bu dinamizm beraberinde ilave operasyonel problemler getirir. Örneğin üretim esnekliği sisteme daha fazla takım ekleyerek artırılabilir. Fakat bu durumda ortaya parça giriş sıralarının kontrolü sorunu çıkar.

4.4.2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ VE MALZEME İLETİM SİSTEMİ TİPİ

Esnek üretim sistemlerinde kullanılan malzeme iletim teçhizatının tipi, sistem içinde bulunan en kompleks değişken tipidir ve birçok problemi de beraberinde getirir. Örneğin sistem, malzeme iletim araçlarında meydana gelebilecek karışıklıklara engel olabilmeli ve daha etkin taşıyıcı atama stratejileri ile malzeme iletim sisteminin kullanımını arttırabilmelidir.

4.4.3. YÜKSEK TAKIM ÇEŞİTLİLİĞİ ORTAMI

Üretim planlama ve kontrol problemlerinin çoğu, takım magazin kapasitelerinden ortaya çıkar. Takımlardan dolayı görülen bazı problemler şunlardır;

1. *Acil işleme durumunda parça kümelerinin seçimi:* Esnek üretim sistemi ortamında, kısıtlı sayıda bağlama düzenleri ve tezgah kapasitesi gibi kriterlerle karşılaşılabılır. Bununla birlikte, bu ortamda takım magazin kapasitesi en önemli unsurdur. Bundan dolayı, parçaların acil işleme durumları ortaya çıktığında, bunların ortak takım kullanabilme durumları gözönüne alınmalıdır. Aksi taktirde belirli aralıklarla takım değişiklikleri yapmak gerekebilir.
2. *Tezgah gruplama:* Tezgahlar üretim ortamındaki değişiklikleri karşılayabilecek şekilde gruplandığında, her grupta çok sayıda tezgah olacak şekilde birkaç tezgah grubu oluşturmak gerekir. Eğer takım gereksinimleri magazin kapasitesini aşarsa, sistemdeki rota esnekliğini azaltarak, daha fazla tezgah grubu oluşturulabilir.
3. *Seçilen parça tiplerinin üretim oranları:* Genellikle montaj hattı gibi sistemlerin esnek üretim sistemleri tarafından beslendiği durumlarda, belirli tipler için belirli parça oranlarının sağlanması gerekir. Bu şartlar altında takım gereksinimi de aynı şekilde parça oranını kontrol edebilir. İşlenen parça tiplerinden bazıları daha fazla

takım değiştirilmesini gerektiren operasyonları içerebilir. Eğer belirli üretim dönemlerinde sadece bu tip parçalar üretiliyorsa, takım değişim sayısı fazlaşır ve takım iletim sistemi bu yükü taşımaz. Bu da takımsızlıktan dolayı yetersizliklere neden olur. Fakat bu durum tüm parçaların karışımından oluşan parça aileleri oluşturularak kontrol altına alınabilir.

4. *Parça rotalama stratejisi:* Parçalar sisteme farklı sıralarda girerler. Burada çok sayıda alternatif sıra ortaya çıkabilir. Bunun sonucunda da üretim çeşitliliğinden dolayı farklı sayıda takım değiştirme gereksinimi doğar.

4.4.4. KÜÇÜK YIĞIN HACİMLERİ VE UZUN İŞLEME ZAMANLARI

Yığın hacimleri küçük ve işleme zamanları uzun olduğunda, sistem sabit bir duruma ulaşmayabilir. Uzun işlem zamanları toplam sistem zamanını olumsuz yönde etkilerken, küçük yığın hacimleri ise sürekli olarak ürün karışım değişiklikleri gerektirir. Bundan dolayı, sistem belli bir durumda kalmadığından gerçek zaman verisi kullanılmalıdır.

BÖLÜM 5. TASARLANAN UZMAN SİSTEM İÇİN GEREKLİ OLAN VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI

5.1. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ TASARIM VERİLERİ

Esnek üretim sistemi tasarım problemleri büyük miktarda veri analizi gerektirir. Bu derece büyük hacimli verilerin idare edilmesi ise, ancak etkin bir veri tabanı yönetim sistemi kurulması ile mümkün olabilir. Bu konu ile ilgili şimdiye kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde çok çeşitli veri tabanı oluşumları olduğu görülmektedir. Kapsam açısından incelendiğinde bir esnek üretim sisteminin tasarımında kullanılabilecek girdi tiplerini ikiye ayırmak uygun olur;

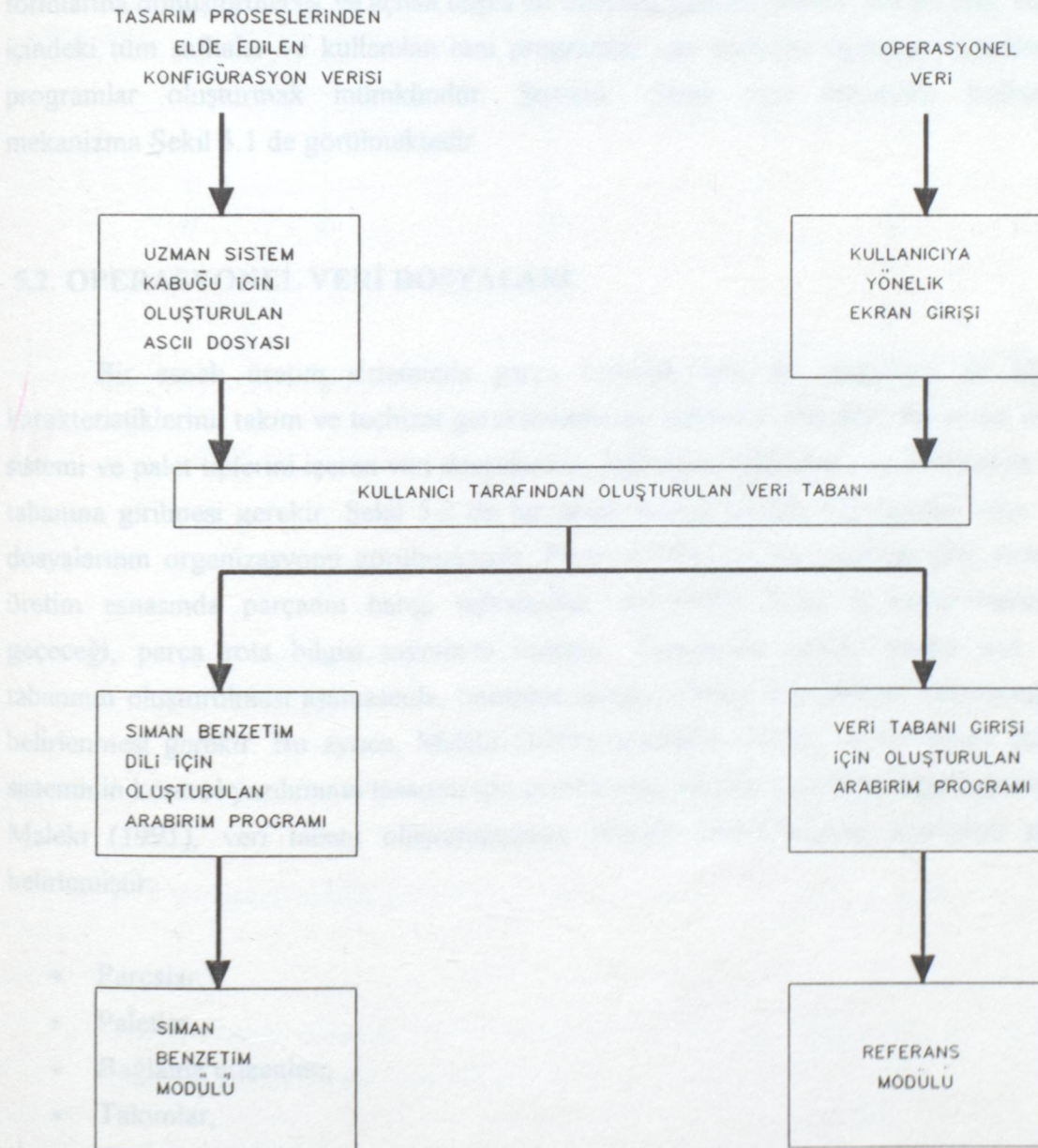
- Konfigürasyona ait veri ve
- Operasyon verisi.

Konfigürasyon bilgisi, istasyon sayıları ve tipleri, kullanılan malzeme iletim teçhizatı, tipi ve sayısı, esnek üretim sistemi yerleşim tipi, tampon düzenlemeleri ve kullanım şekilleri gibi tasarım prosesi boyunca değişmeye tabi tutulan tüm bilgilere karşılık gelir. Bunlar uzman sistemin çalışan hafızasında ya da veri tabanında saklanırlar ve modelin istenilen andaki mevcut durumunu ifade ederler.

Esnek üretim sistemi tasarım çalışması ile ilgili olan diğer veri tipi, tasarım prosesi boyunca değişmeden kalan verilerle ilgilidir. Bunlar, kabaca parça verileri ve rota bilgisinden ibarettir. Burada parça tarifleri, üretim miktarları, parça rotaları ve palet gereksinimleri gibi oluşturulması düşünülen, esnek üretim sisteminde üretilen parçalara ait detayların tümü içerilir. Gerekirse parçalara ait optimal rotalar, tezgahların meşgul ya da arızalı olmasını da göz önüne alarak, alternatif rotalar ile birlikte belirlenirler.

Tüm bu verileri saklamak için kullanıcının kurabileceği bir veri tabanının geliştirilmesi gerekir. Bu veri tabanı ile etkileşimli olarak çalışacak olan soru ve cevap şeklindeki prosedür, kullanılacak olan uzman sistem kabuğundaki kullanıcı arabirimi yardımıyla yerine getirilir. Fakat büyük hacimli girdi verileri ile çalışıldığında bu metod etkin olarak kullanılamayabilir. Bu durumda veri girişi için, ayrı bir kullanıcı arabirimini devreye sokmak gerekir.

Konfigürasyona ait veriler, uzman sistemin dışında, ASCII dosyalarının içinde tutulurlar. Oluşumu kullanıcı tarafından tamamlanan bu dosyalar, kullanıcının kurduğu veri tabanında saklanırlar. Burada her yönde iletişim vardır. Yani, dışarıdaki dosyalarda bulunan bu veriler, gerektiğinde buradan çıkarılıp veri tabanına eklenebilir ya da tersine veri tabanından bu dosyalara bilgi aktarımı yapılabilir. Uzman sistemde bulunan diğer safhalarda kullanılacak olan girdi bilgilerine ait dosyalar ise, bu kısımlar için gerekli olan özel format yapılarına dönüştürülmek zorundadır. Bundan dolayı, bu tür verilerin çeşitli



ŞEKİL 5.1: Esnek üretim tasarım sisteminin farklı modülleri arasındaki veri akışı

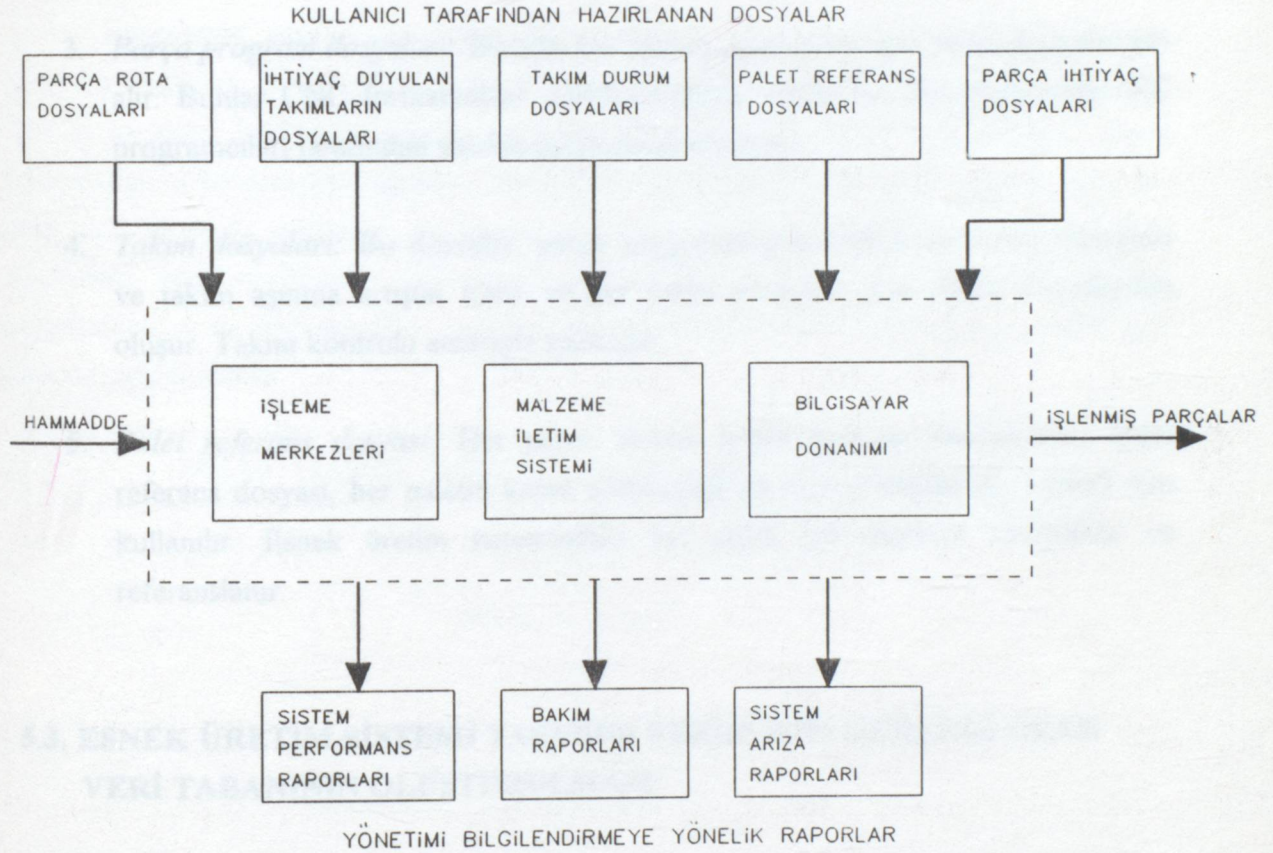
modüllere girişini sağlamak üzere, özel arabirimlerin oluşumunu gerçekleştiren programların da sisteme dahil edilmesi gerekir. Örneğin uzman sistem yapısı içinde bulunan benzetim safhasında, (ki burada SIMAN benzetim dilinin kullanılması kararlaştırılmıştır) kullanılan SIMAN benzetim dili için özel bir arabirim programı oluşturmak zorunluluğu vardır. Kullanıcıya yönelik veri tabanından ve tasarım prosesi sonucunda elde edilen mevcut durumun saklandığı sistem dışındaki diğer veri dosyalarından sağlanan uygun veriler, benzetim modülüne uygun yapıdaki girdi formlarına dönüştürülecek ve açılan başka bir dosyaya kaydedilecektir. Bu şekilde, sistem içindeki tüm safhalar ve kullanılan tüm programlar için arabirim sağlayan dosyalar ve programlar oluşturmak mümkündür. Şematik olarak veri iletiminde kullanılan mekanizma Şekil 5.1 de görülmektedir

5.2. OPERASYONEL VERİ DOSYALARI

Bir esnek üretim sisteminde parça üretmek için, bu parçalara ait işleme karakteristiklerini, takım ve teçhizat gereksinimlerini, kullanılan istasyon, malzeme iletim sistemi ve palet tiplerini içeren veri dosyalarının, kullanılan bilgisayara ve dolayısıyla veri tabanına girilmesi gerekir. Şekil 5.2 de bir esnek üretim sistemi için gerekli olan veri dosyalarının organizasyonu görülmektedir. Perara (1988)'nın da belirttiği gibi, örneğin üretim esnasında parçanın hangi safhalardan, dolayısıyla hangi iş istasyonlarından geçeceği, parça rota bilgisi sayesinde bulunur. Tasarlanan uzman sistem için veri tabanının oluşturulması aşamasında, öncelikle sistemde hangi kaynakların bulunacağını belirlenmesi gerekir. Bu ayrıca, Maleki (1991) tarafından verilen ve bir esnek üretim sisteminin kontrol yazılımının tasarımı için gerekli olan adımların da birincisini teşkil eder. Maleki (1991), veri tabanı oluşturulmasına yönelik temel kaynak sınıflarını şöyle belirlemiştir:

- Parçalar,
- Paletler,
- Bağlama düzenleri,
- Takımlar,
- Tezgahlar,
- Malzeme iletim sistemleri,
- Stok alanları.

Diğer adım, belirtilen bu kaynakları kontrol ve idare etmeye yardımcı olacak bilgisayar programlarının oluşumunu destekleyen veri tabanının tasarımıdır. Veri tabanı mümkün olduğunca atölyedeki gerçek durumu yansıtmalıdır. Groover (1987), Perara (1988) ve Maleki (1991) yaptıkları çalışmalarda bu tür veri tabanlarının içinde bulunabilecek bazı dosya tiplerini ve bunların içindeki elemanları şöyle ifade etmişlerdir:



ŞEKİL 5.2: Bir esnek üretim sistemi için gerekli olan veri dosyalarının organizasyonu.

1. *Parça üretim dosyası:* Bu dosya, her iş parçası için parça tipi, adı ve ihtiyaç duyulan miktarlar gibi üretim parametrelerini içerir.
2. *Parça rota dosyası:* Her parça için farklı dosyaları bulundurur. Üretilen her parça tipi için bir parça rota dosyası olmalıdır. Bu dosyalar şu bilgileri içerir:

- Operasyon sayısı,
- Tezgah seçenekleri,
- Parça program dosya isimleri,
- İhtiyaç duyulan takım dosyalarının isimleri,
- İş sırası seçimleri,
- Tahmini operasyon süreleri.

3. *Parça program dosyaları:* Burada, her işleme operasyonu için farklı dosyalar yer alır. Bunlar CNC formatındaki ASCII program verileridir. Bu programlar NC programcılar tarafından yazılan parça programlarıdır.

4. *Takım dosyaları:* Bu dosyalar, parça programlarında kullanılan takım numarası ve takım aşınma artışını içerir ve her parça programı için farklı dosyalardan oluşur. Takım kontrolü amacıyla kullanılır.

5. *Palet referans dosyası:* Her palet sadece belirli parçalar bağlanabilir. Palet referans dosyası, her paletin kabul edebileceği parçaların kayıtlarını tutmak için kullanılır. Esnek üretim sistemindeki her palet, bu dosyada tanımlanır ve referanslanır.

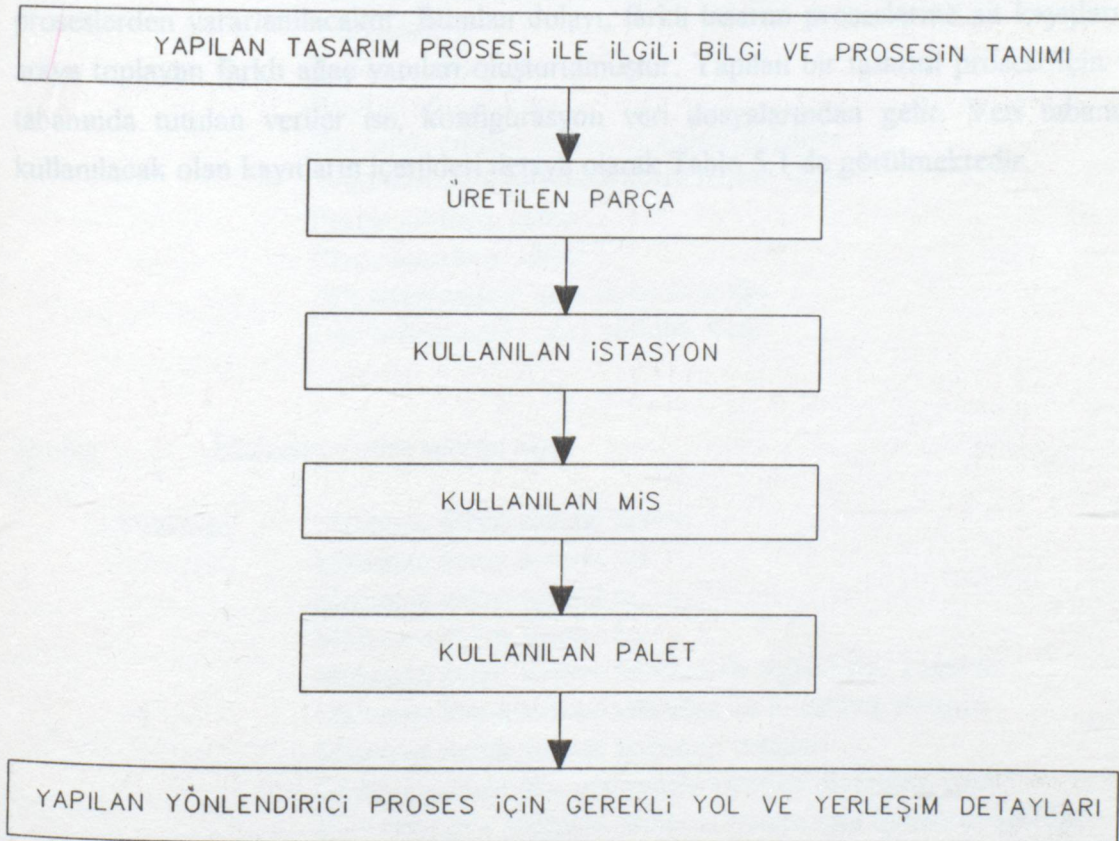
5.3. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ TASARIM VERİSİ İÇİN GEREKLİ OLAN VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI

5.3.1. TASARIMIN AMAÇLARI

Esnek üretim sistemi tasarım prosesi için gerekli olan veri, tasarım prosesinin farklı modülleri boyunca, değişik dosyalarda saklanmıştır. Veri tekrarını minimize etmek, daha sistematik ve idare edilmesi kolay bir veri akışı sağlamak amacıyla, her model için kullanılması muhtemel olan tüm verileri içine alan değişik veri tabanlarının tasarımı uygun olur. Bu durumda ilgili veriler, tek bir kaynaktan, her bir modüle dağıtılabilir. Burada modül olarak adlandırılan kısımlar, esnek üretim sistemindeki değişik elemanlara aittir. Örneğin istasyon, malzeme iletim sistemi alt modülleri gibi. Tasarım aşamasında, öncelikle veri birimleri arasındaki ilişkiler göz önüne alınmalıdır. Bu amaçla, hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Tasarlanan uzman sistemdeki tüm modüllerin, veri tabanından

gerekli bilgiyi alabilmelerine imkân tanıyacak şekilde, verileri organize eden bir dosyalama sisteminin modellenmesi, hem modüller arası ortak veri tabanı kullanımını sağlamış, hem de modüller arasındaki bilgi akışını daha kolay ve basit hale getirmiştir. Tüm veri elemanları arasında etkileşimli ilişkiler sağlanması ile münferit kayıtlara giriş yapılabilir ve aynı zamanda da sisteme veri ekleme ve silinmesinde bütünlük elde edilmiş olur.

Tasarlanan uzman sistemdeki farklı alanlar ile veri tabanı arasındaki iletişim, arabirim sağlayan programlar yardımıyla sağlanır. Bu programlar, modüller arasında ASCII karakter kodlarını taşırlar. Uzman sistem içindeki tüm modüller veri yapısı bakımından birbirlerinden bağımsız olarak geliştirilebilirler ve bu, bir modülden diğerine olan veri akışında herhangi bir karmaşıklığa yol açmaz. Güncelleştirme ve değişik modüllere yeni özelliklerin eklenmesi, oldukça kolay hale gelir. Ayrıca daha iyi algoritmalar ya da bilgi tabanları, mevcut veri organizasyonunu etkilemeksizin, kolaylıkla sisteme uygulanabilir.



ŞEKİL 5.3: Bir tasarım prosesine ait kayıtların hiyerarşik yapısı.

5.3.2. VERİ YAPISI

Veri kayıtları, Perera (1988), Carrie ve Duffy (1993) ve Christie (1993) tarafından yapılan çalışmalarda fonksiyonlarına göre farklı ağaç yapıları içinde gruplandırılmışlardır. Her ağaç, kayıtların hiyerarşik bir oluşumudur. Her kayıt ise, sadece bir bilgi türüne sahip olabilir, fakat birden fazla eleman ile ilişkilidir.

Her bir kayıt hiyerarşisi bir veri tabanı kaydı oluşturacaktır. Böylece her ağaç, kendisini tek bir veri tabanı kaydı altında şekillendirecektir. Şekil 5.3 de, bir tasarım prosesine ait kayıtların hiyerarşik yapısı görülmektedir. Burada yapılan tasarım prosesine ait olan kayıtların hiyerarşik yapısı verilmektedir. Yani, yapılan her bir tasarım prosesi, bu yapıdaki elemanları kullanmak zorundadır.

Veri yapısı, aynı anda birden fazla tasarım prosesinin yapılabilmesine ve idaresine imkân tanıyacak şekilde tasarlanmalıdır. Çünkü özellikle referans safhasında bu tür proseslerden yararlanılacaktır. Bundan dolayı, farklı tasarım proseslerine ait kayıtları bir araya toplayan farklı ağaç yapıları oluşturulmuştur. Yapılan bir tasarım prosesi için veri tabanında tutulan veriler ise, konfigürasyon veri dosyalarından gelir. Veri tabanında kullanılacak olan kayıtların içerikleri detaylı olarak Tablo 5.1 de görülmektedir.

Dosya	Malzeme iletim sistemi tipi
Veri tipi	Malzeme iletim sistemi tanımı
	Malzeme iletim sistemi tipi
	Malzeme iletim sistemi sayısı
	Malzeme iletim sistemi hızı
	Malzeme iletim sistemi hareketi ile ilgili karar kuralları
	Malzeme iletim sistemi yükleme ve boşaltma metodu
	Malzeme iletim sistemi kullanım oranları
	Çeşitli operasyonlar arasındaki tampon düzenlenimleri
	BCS boyunca dağıtılan tampon stoklar için kullanım şekilleri
	Malzeme iletim sistemi taşıma kapasitesi

TABLO 5.1: Esnek üretim sisteminde kullanılacak veri tabanları için gerekli kayıtlar ve veri tipleri..

Dosya	Operasyon
Veri tipi	Prosesin yapısı
	Operasyon tanımı
	Kullanılan istasyon
Veri tipi	Proses süresi
Dosya	İstasyon tipi
Veri tipi	İstasyon tipi
	Kullanılan istasyon sayısı
	İstasyonun fonksiyonu
	İstasyon için tampon stok tipi
	İstasyona yüklenen ve boşaltılan parçalarla ilgili karar kuralları
	Yerleşim tipi
	Kullanım oranları
	Kuyruk uzunlukları
	Her istasyondaki işleme süresinin dağılımı
	Yükleme ve boşaltma istasyonlarının sayısı
	Parça yükleme süresi
	Parça boşaltma süresi
	Her istasyondaki giriş tampon stoğu
	Her istasyondaki çıkış tampon stoğu
Dosya	Malzeme iletim sistemi tipi
Veri tipi	Malzeme iletim sistemi tanımı
	Malzeme iletim sistemi tipi
	Malzeme iletim sistemi sayısı
	Malzeme iletim sistemi hızı
	Malzeme iletim sistemi hareketi ile ilgili karar kuralları
	Malzeme iletim sistemi yükleme ve boşaltma metodu
	Malzeme iletim sistemi kullanım oranları
	Çeşitli operasyonlar arasındaki tampon düzenlemeleri
	EÜS boyunca dağıtılan tampon stoklar için kullanım şekilleri
	Malzeme iletim sistemi taşıma kapasitesi

Dosya Palet tipi

Veri tipi	Palet tipi tanımı Paletlerin yerleştirildiği istasyon EÜS de kullanılan palet sayısı Bu paletlere yüklenebilecek parça tipleri Bu paletlere yüklenebilecek parça sayısı
------------------	---

Dosya Tasarım prosesi detayları

Veri tipi	Sistemin adı Benzetim parametreleri Yol parametreleri Rapor parametreleri Esnek üretim sistemi tipi Esnek üretim sistemi konfigürasyon detayları Kullanılan karar noktalarının sayısı
------------------	---

Dosya Üretilen parça

Veri tipi	Üretilen parça tipi Üretilen parça tanımı Üretim hacmi Sistemdeki maksimum parça sayısı Her parça tipinin kesikli dağılıma göre belirlenmesi Parti miktarı Parça tipi sayısı Parça malzemesi Parçanın boyutları
------------------	---

Dosya Yol detayları

Veri tipi	Yol tanımı Erişilebilen karar noktalarına uzaklık Yolun yapısı
------------------	--

5.3.3. DOSYALAMA SİSTEMİ

Tüm kayıtları ve aralarındaki ilişkileri oluşturmak amacıyla iki dosya yaratılması uygun olur. Bu dosyalar tasarlanan uzman sistemin veri tabanını meydana getirir. Dosyalama sistemi, kullanıcı spesifikasyonlarına uygun kayıtlara erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Kullanılacak olan dosyalar şöyle tariflenebilir:

1. *Rehber dosya:* Bu dosya, veri tabanı dosyasında bulunan kayıtların tümünün listesini içerir. Kullanıcı her kayıda ait kayıt kodunu ya da ismini kullanarak, veri tabanı dosyasında, buna karşılık gelen kayıt dökümüne erişebilir.
2. *Veri tabanı dosyası:* Bu dosya, esnek üretim sistemi tasarım probleminin tüm veri özelliklerini içerir. Bunun içindeki her kayıt, bir kayıt numarası ile tanımlanmıştır. Kayıt dökümleri, ikili sisteme göre saklanırlar.

5.4. ARABİRİM OLUŞTURAN PROGRAMLAR

Arabirim programı, kullanıcı tarafından oluşturulan veri tabanı ile tasarlanan uzman sistemin değişik modülleri arasında bağlantı oluşturur. Veri tabanından elde edilen veriler, diğer modüller tarafından kullanılacak bir yapıda nakledilebilmelidir. Arabirim programları bu amaca hizmet ederler. Tasarlanan uzman sistem için ihtiyaç duyulan veri dosyalarını oluşturmak için özel arabirim programları geliştirilmiştir. Bunlar:

- SIMAN benzetim dilini kullanarak esnek üretim sistemi konfigürasyonlarını benzetime tabi tutmak,
- Mevcut esnek üretim sistemi yerleşim tiplerini araştırarak, geçmiş deneyimleri gözden geçirmek,

amacıyla kullanılmıştır. Örneğin eğer, yapılan tasarım prosesleri esnasında SIMAN benzetim modülünün kullanımı gerekiyorsa, SIMAN için hazırlanan arabirim programı çalıştırılacak, uygun veriler veri tabanından alınacak ve tüm bu bilgiler, SIMAN girdi formatına dönüştürülmüş olan başka bir dosyaya yazılacaktır.

BÖLÜ Sonuç olarak, esnek üretim sistemi tasarım prosesinde iki önemli veri tipi kullanılması uygun olur. Esnek üretim sistemi tasarım prosesi ile ilgili olan verilerin tümünü içine alan, kullanıcıya yönelik bir veri tabanı tasarlanmıştır. Eğer kullanılan uzman sistem kabuğu büyük hacimli veri girişlerinde yetersiz kalırsa, operasyonel verilerin girişinde ilave bir kullanıcı arabirimi oluşturulabilir.

Groover (1987) tarafından esnek üretim sistemlerinin yapılandırılmasına ait konfigürasyonlar beş sınıfa ayrılmıştır. Bunlar;

1. Hat şeklinde,
2. Döngüsel,
3. Merdiven şeklinde,
4. Açık alan şeklinde,
5. Merkezinde robot bulunan hücreler

olarak sıralanabilir.

Şekil 6.1 de görülen hat şeklindeki konfigürasyon, geri dönüşüm için verimliliği bir iş istasyonundan diğerine belirli bir sıra dahilinde parçaların ürettiği motorlar için uygundur. Bu sistemler transfer hatlarına çok benzerler. İş daima bir yönde akar (Şekil 6.1(a)). Esnekliğe ve üretim sisteminin stoklama özelliklerine bağlı olarak, her istasyona sistemden iş geri dönüşü sağlayan yardımcı bir üretim sistemi oluşturmak gerekebilir (Şekil 6.1(b)).

Şekil 6.2 de bir döngüsel konfigürasyon görülmektedir. Parçaların hareketi, herhangi bir istasyonda durabilmelerine imkan sağlayan bu sistemde, akış genellikle döngü boyunca tek yöndedir. Yükleme ve boşaltma istasyonları, çevrimin sonunda, döngü boyunca çevrimi bozmayacak şekilde her istasyonda bir yardımcı üretim sistemi vardır.

Şekil 6.3 de merdiven şeklindeki bir konfigürasyon görülmektedir. Burada iş istasyonlarının yerleştirildiği basamaklar vardır. Bu basamaklar bir istasyondan diğerine gidilebilecek alternatif yolları artırır.

BÖLÜM 6. TASARLANAN UZMAN SİSTEM İÇİN ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ KONFIGÜRASYONLARININ BELİRLENMESİ VE SİSTEMİN VERİ GİRİŞ SAFHASI

6.1. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ YERLEŞİM KONFIGÜRASYONLARI

Groover (1987), tarafından esnek üretim sistemlerinin yerleşimlerine ait konfigürasyonlar beş sınıfa ayrılmıştır. Bunlar;

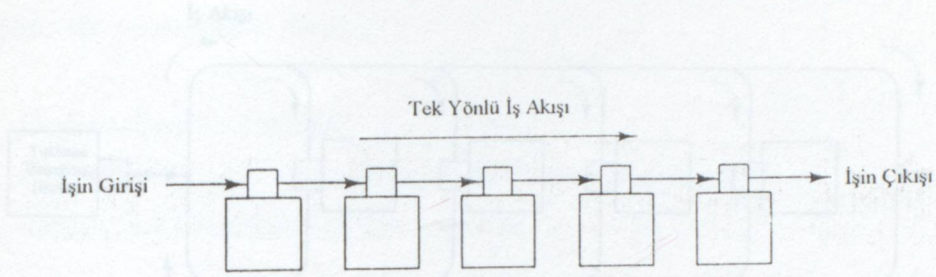
1. Hat şeklinde,
2. Döngüsel,
3. Merdiven şeklinde,
4. Açık alan şeklinde,
5. Merkezinde robot bulunan hücreler

olarak sıralanabilir.

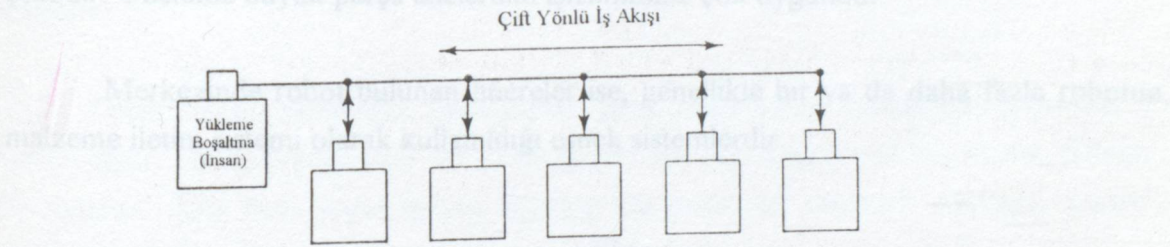
Şekil 6.1 de görülen hat şeklindeki konfigürasyon, geri dönüşün izin verilmediği, bir iş istasyonundan diğerine belirli bir sıra dahilinde parçaların iletildiği sistemler için uygundur. Bu sistemler transfer hatlarına çok benzerler. İş daima bir yönde akar (Şekil 6.1(a)). Esnekliğe ve iletim sisteminin stoklama özelliklerine bağlı olarak, her istasyona sistemden iş geri dönüşü sağlayan yardımcı bir iletim sistemi oluşturmak mümkündür (Şekil 6.1(b)).

Şekil 6.2 de bir döngüsel konfigürasyon görülmektedir. Parçaların istenildiğinde, herhangi bir istasyonda durabilmelerine imkân sağlayan bu sistemde, akış genellikle döngü boyunca tek yöndedir. Yükleme ve boşaltma istasyonları, çevrimin sonundadır. Döngü boyunca, çevrimi bozmayacak şekilde her istasyonda bir yardımcı iletim sistemi vardır.

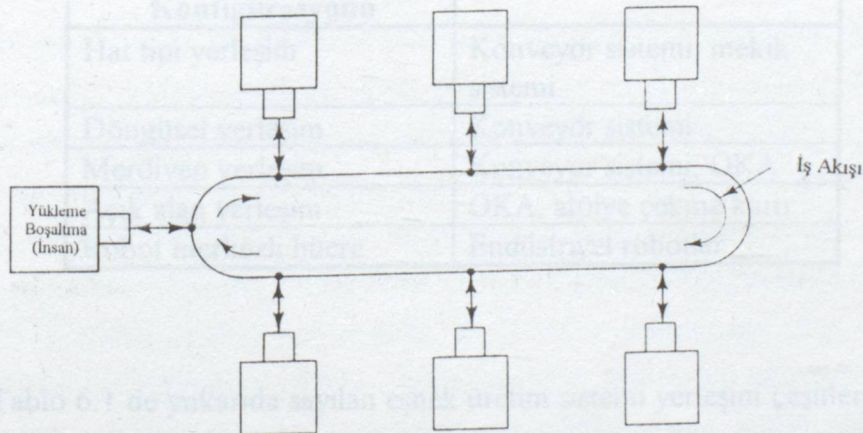
Şekil 6.3 de merdiven şeklindeki bir konfigürasyon görülmektedir. Burada iş istasyonlarının yerleştirildiği basamaklar vardır. Bu basamaklar bir istasyondan diğerine gidilebilecek alternatif yolları arttırır.



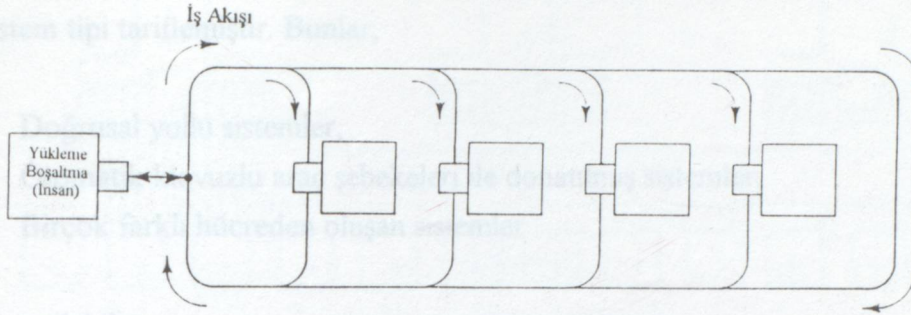
ŞEKİL 6.1(a): Tek yönde iş akışına sahip hat şeklindeki konfigürasyon (Groover, 1987).



ŞEKİL 6.1(b): Her iki yönde iş akışına sahip hat şeklindeki konfigürasyon (Groover, 1987).



ŞEKİL 6.2: Döngüsel esnek üretim sistemi konfigürasyonu (Groover, 1987).



ŞEKİL 6.3: Merdiven yapıdaki esnek üretim sistemi (Groover, 1987).

Açık alan yerleşim tipi döngülerin, merdiven yapıların ve yan hatların birleşik bir şeklidir. Özellikle büyük parça ailelerinin işlenmesine çok uygundur.

Merkezinde robot bulunan hücreler ise, genellikle bir ya da daha fazla robotun, malzeme iletim sistemi olarak kullanıldığı esnek sistemlerdir.

TABLO 6.1: Seçilen bazı esnek üretim sistemi tiplerinde kullanılan malzeme iletim sistemleri (Groover, 1987).

Esnek Üretim Sistemi Konfigürasyonu	Malzeme İletim Sistemi
Hat tipi yerleşim	Konveyör sistemi, mekik sistemi
Döngüsel yerleşim	Konveyör sistemi
Merdiven yerleşim	Konveyör sistemi, OKA
Açık alan yerleşim	OKA, atölye çekme kartı
Robot merkezli hücre	Endüstriyel robotlar

Tablo 6.1 de yukarıda sayılan esnek üretim sistemi yerleşim çeşitlerinde kullanılan malzeme iletim sistemlerinin kısa bir özeti verilmiştir.

Carrie (1992), halen tarif edilen, çalışan ve tasarlanan, çok sayıda esnek üretim sistemi olduğunu belirterek, bunları sınıflamanın zorluğu üzerinde durmuş ve sonuçta üç ayrı sistem tipi tariflemiştir. Bunlar;

1. Doğrusal yollu sistemler,
2. Otomatik klavuzlu araç şebekeleri ile donatılmış sistemler,
3. Birçok farklı hücreden oluşan sistemler

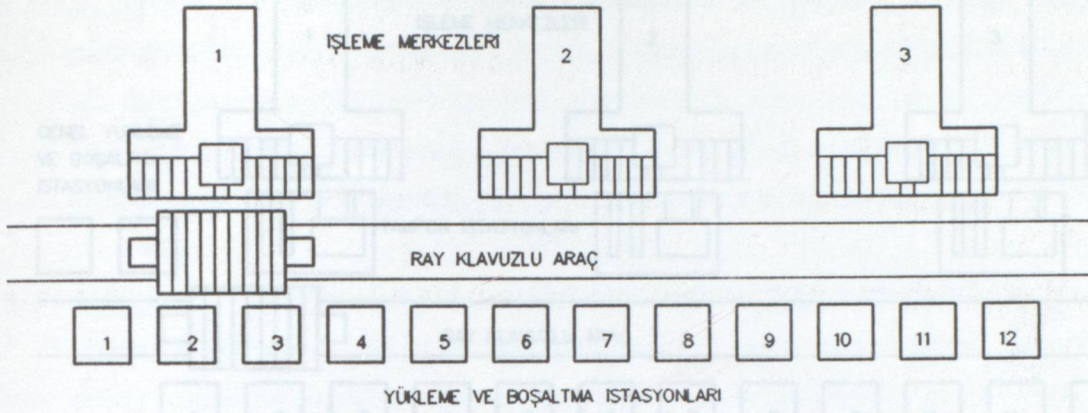
olarak verilebilir.

Doğrusal yollu sistemler genellikle sadece bir araca sahiptirler. Bu ya bir ray klavuzlu araç, ya da otomatik klavuzlu araç olabilir. Ayrıca birden fazla araç da kullanılabilir. Bu tür sistemler çeşitli işletmelerde oldukça çok sayıda kullanılmakta olup, benzetim modellerinin oluşturulması, fazla komplike olmadıklarından dolayı oldukça kolaydır.

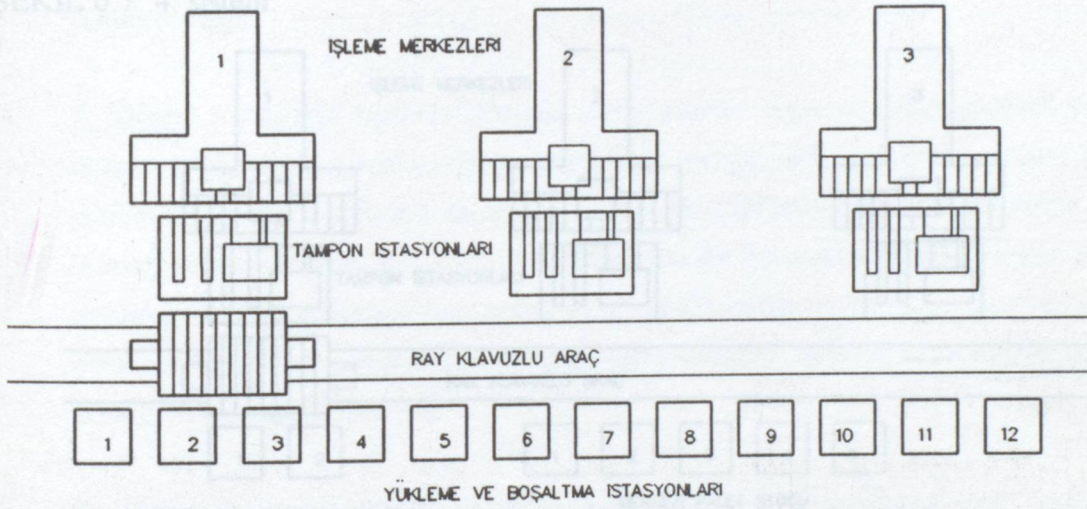
Otomatik klavuzlu araç şebekelerine sahip sistemlerde sadece tek iletim aracı kullanılabilir. Bu bazı yönlerden bir kısıtlamadır. Hareket yoğunluğunun büyük olduğu durumlarda, daha fazla araca ihtiyaç duyulur. Bu durumda, otomatik klavuzlu araçlar çeşitli küçük döngüler ve dallanmalar içeren yollarla çalışırlar.

Çeşitli hücrelerden oluşan sistemler, bir esnek üretim sisteminin ana karakteristiklerine sahip çok sayıda farklı alt bölümlerden oluşurlar.

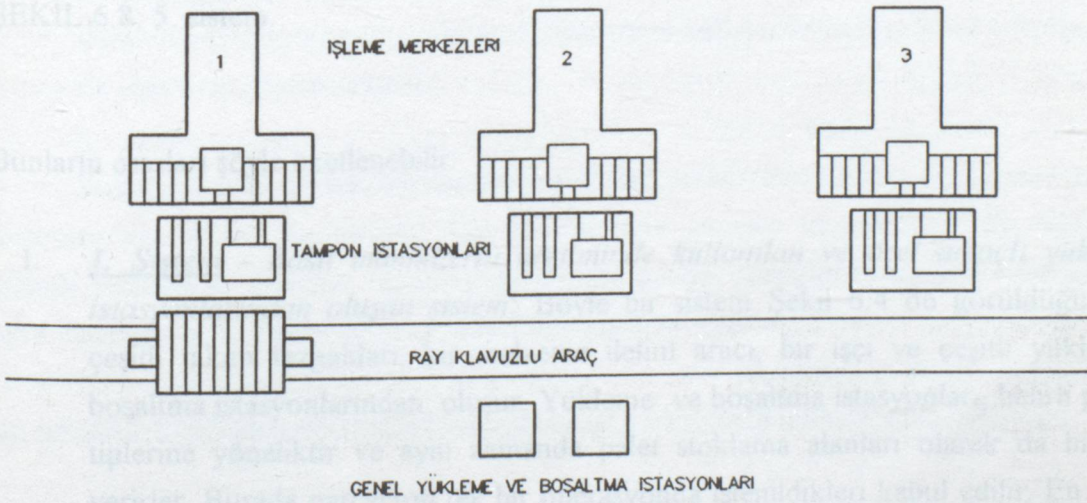
Bu şekilde genel bir sınıflama verildikten sonra, kullanıldıkları yerlere göre çeşitli konfigürasyonlar oluşturulabilir. Çok çeşitli tipte ve karmaşıklıkta konfigürasyon bulunması muhtemeldir. Bu yüzden tasarlanan uzman sistem için en uygun olanı, mevcut kaynaklardan toplanan çeşitli sistem verilerini veri tabanına girmek ve daha sonra kullanıcıya yönelik veri girişi prosesi ile sürekli bir güncelleştirmeye tabi tutmaktır. Bu amaçla, yapılan bu çalışmada, Carrie et. al. (1984), Carrie (1986), Banerjee et. al. (1987), Tang (1987), Carrie (1992) ve Carrie et. al. (1992) tarafından geliştirilen çeşitli esnek üretim sistemi konfigürasyon tipleri, veri tabanı için esas teşkil edecektir. Yapılan bu çalışmalardan ve uygulamalardan seçilen beş adet konfigürasyon, Strathclyde Üniversitesi ile Strathclyde Enstitüsü'nde araştırma çalışmaları yapılmış olan ve Glasgow çevresindeki çeşitli işletmelerde halen uygulamaları bulunan sistemlere aittir.



ŞEKİL 6.4: 1. sistem.

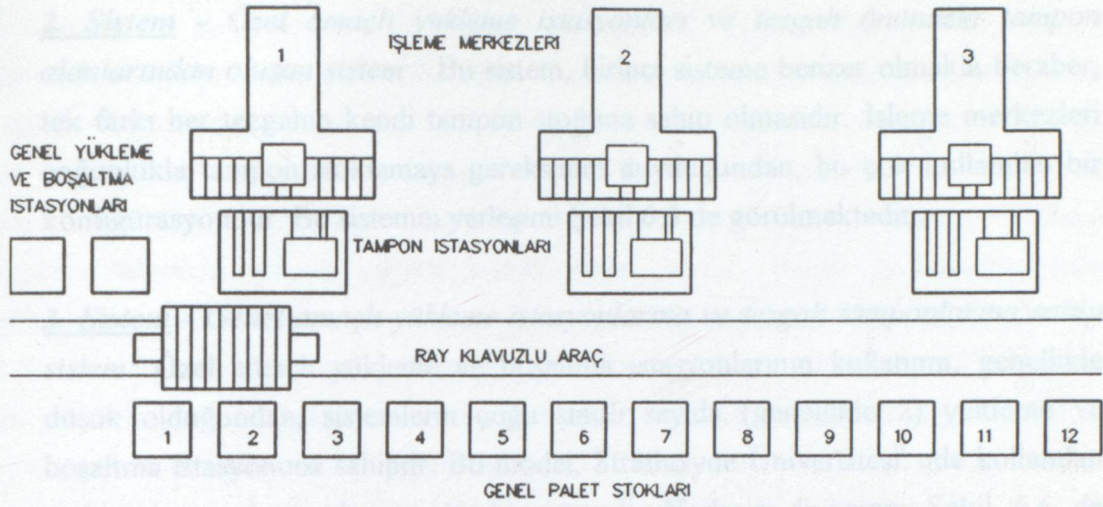


ŞEKİL 6.5: 2. sistem.

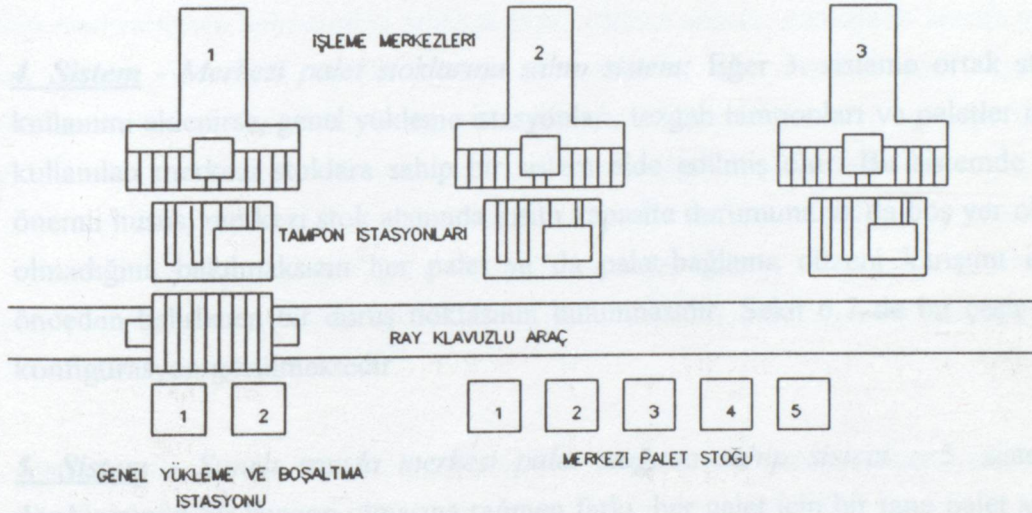


ŞEKİL 6.6: 3. sistem.





ŞEKİL 6.7: 4. sistem.



ŞEKİL 6.8: 5. sistem.

Bunların esasları şöyle özetlenebilir:

1. **1. Sistem** - Basit mamullerin üretiminde kullanılan ve özel amaçlı yükleme istasyonlarından oluşan sistem: Böyle bir sistem Şekil 6.4 de görüldüğü gibi çeşitli takım tezgahları, bir malzeme iletim aracı, bir işçi ve çeşitli yükleme-boşaltma istasyonlarından oluşur. Yükleme ve boşaltma istasyonları, belirli parça tiplerine yöneliktir ve aynı zamanda palet stoklama alanları olarak da hizmet verirler. Burada parçaların tek bir operasyonda işlenildikleri kabul edilir. En basit esnek üretim sistemlerinden biridir.

2. **2. Sistem** - *Özel amaçlı yükleme istasyonları ve tezgah önündeki tampon alanlarından oluşan sistem* : Bu sistem, birinci sisteme benzer olmakla beraber, tek farkı her tezgahın kendi tampon stoğuna sahip olmasıdır. İşleme merkezleri yoğunlukla tampon stoklamaya gereksinim duyduğundan, bu çok kullanılan bir konfigürasyondur. Bu sistemin yerleşimi Şekil 6.5 de görülmektedir.
3. **3. Sistem** - *Genel amaçlı yükleme istasyonlarına ve tezgah tamponlarına sahip sistem*: Özel amaçlı yükleme ve boşaltma istasyonlarının kullanımı, genellikle düşük olduğundan, sistemlerin çoğu sınırlı sayıda (genellikle 2) yükleme ve boşaltma istasyonuna sahiptir. Bu model, Strathclyde Üniversitesi'nde kullanılan ve birçok gerçek uygulaması olan bir sistemdir. Yerleşim diyagramı Şekil 6.6. da görülmektedir.
4. **4. Sistem** - *Merkezi palet stoklarına sahip sistem*: Eğer 3. sisteme ortak stok kullanımı eklenirse, genel yükleme istasyonları, tezgah tamponları ve paletler için kullanılan merkezi stoklara sahip bir sistem elde edilmiş olur. Bu sistemde en önemli husus, merkezi stok alanında kısıtlı kapasite durumuna ya da boş yer olup olmadığına bakılmaksızın her palet ya da palet-bağlama düzeni karışımı için önceden belirlenen bir duruş noktasının bulunmasıdır. Şekil 6.7 de bu çeşit bir konfigürasyon görülmektedir.
5. **5. Sistem** - *Sınırlı sayıda merkezi palet stoğuna sahip sistem* : 5. sistem, dördüncünün bir benzeri olmasına rağmen farkı, her palet için bir tane palet stok alanı yerine, sınırlı sayıda palet stok alanlarının bulunabilmesidir. Şekil 6.8, bu tür bir yerleşimi göstermektedir.

Yukarıda sözü edilen konfigürasyon tipleri, halen mevcut ve çalışmakta olan yüzlercesi arasından, Strathclyde Üniversitesi'nde yapılan uygulamalar da dikkate alınarak seçilmiştir. İlerideki benzetim ve uzman sistem çalışmalarında, gerekirse daha başka konfigürasyon tipleri de çalışmaya dahil edilebilecektir.

6.2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ KONFIGÜRASYONLARININ TASARIMI

Esnek üretim sistemlerinin tasarımında en önemli husus, önceki bölümde anlatıldığı gibi, gerekli veri dosyalarının ve dolayısıyla bunlara bağlı olarak veri tabanının

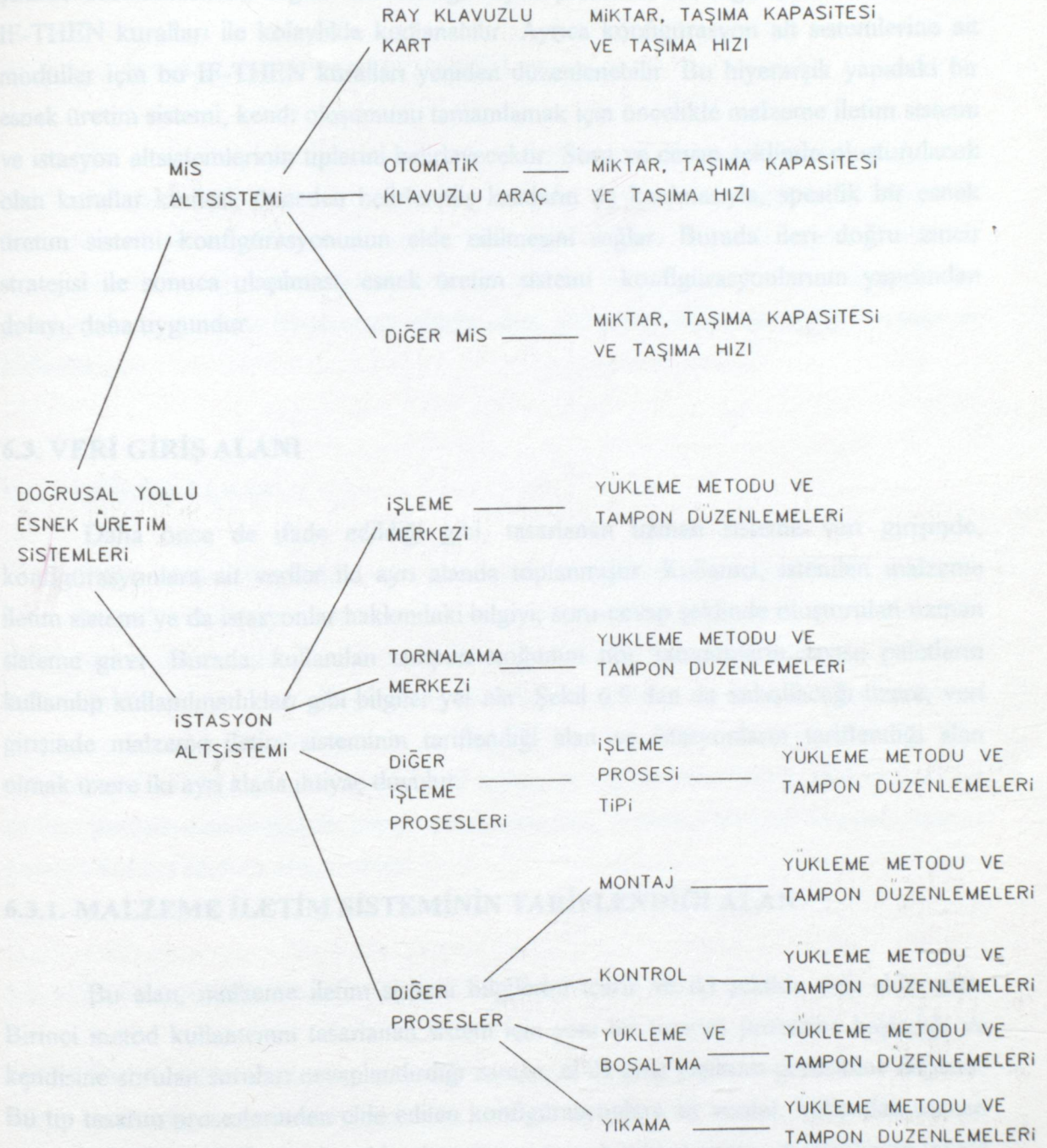
oluşturulmasıdır. Bu oluşumların hassas bir şekilde sağlanması, ileriki tasarım safhalarından sağlıklı sonuç alınmasını sağlar. Esnek üretim sistemi tasarım prosedüründe veri tabanı oluşturulduktan sonraki ikinci adım, ele alınan bir esnek üretim sistemi için en uygun konfigürasyonun belirlenmesidir. En basit esnek üretim sisteminde bile, gerek sistemi oluşturan elemanlar arasında ve gerekse esnek üretim sistemi konfigürasyonlarında birçok geçerli kombinasyon vardır. Farklı kombinasyonlarla ilgilenmek güç olduğundan, mevcut konfigürasyonları alt sistemlere ve bileşenlere bölerek, bunlar arasındaki ilişkileri incelemek daha yararlı sonuçlar verecektir. Esnek üretim sistemlerinin konfigürasyonu safhasında amaç, önceden belirlenen bazı kısıtları da göz önüne alarak, uygun çözümler elde etmektir.

Konfigürasyon bilgisi alanında, tasarlanan uzman sistem, bir esnek üretim sisteminin elemanlarının belirlenmesi amacını taşır. Uzman sistem, etkileşimli olarak yeni verilerin girişine ve daha önceki tasarım proseslerine ait esnek üretim sistemi konfigürasyonlarının değiştirilebilmesine yardımcı olur. Kural tabanında bulunan basit kurallar ile esnek üretim sistemi konfigürasyonlarının uygulanabilirliği, tampon büyüklükleri ve kullanılan palet sayıları kontrol edilir. Bu safhada, bu basit kurallar ile esnek üretim sisteminin geçerliliğinin kanıtlanması yapılamaz. Burada ana amaç, görülebilir tasarım hatalarını bulmak ve daha sonra kullanılacak olan benzetim safhası için uygun bir model hazırlamaktır.

Esnek üretim sistemi tasarım problemleri ile mühendislik tasarım prosesi arasında bazı benzerlikler vardır. Bu konularla ilgili çeşitli uzman sistemler geliştirilmiştir. Bunlar Suri (1985) tarafından, problemlerin çözülme derecelerine bağlı olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Birinci kısımda üretim problemleri yer almaktadır. Hata teşhis ve tezgah elemanlarının seçimi gibi problemler bunlara en iyi örneklerdir. İkinci grup ise, parça ve takım tasarımı gibi çoğunlukla tasarım problemlerini kapsayan şekillendirici problemlerdir.

Bu iki problem grubunun arasında yer alan ve hem üretici hem de şekillendirici problemlere ait özellikleri içeren kısım ise proses planlama ve sistem konfigürasyonlarının belirlenmesi gibi problemleri kapsar.

Esnek üretim sistemi konfigürasyon probleminde en önemli iki eleman, malzeme iletim alt sistemi ve istasyon alt sistemidir. Bu sistemlerde birçok mümkün alternatifle



ŞEKİL 6.9: Bir esnek üretim sistemi konfigürasyon hiyerarşisi.

karşılaşılır. Şekil 6.9 da bu iki alt sisteme ait ağaç yapıdaki ilişkiler, hiyerarşik olarak görülmektedir. Bu hiyerarşi tasarım prosesinin, hedefe ulaşılmasına yardımcı olacak şekilde düzenlenmesini sağlar. Bu konfigürasyon prosesine ait bilgi, kural esaslı olarak IF-THEN kuralları ile kolaylıkla kodlanabilir. Ayrıca konfigürasyon alt sistemlerine ait modüller için bu IF-THEN kuralları yeniden düzenlenebilir. Bu hiyerarşik yapıdaki bir esnek üretim sistemi, kendi oluşumunu tamamlamak için öncelikle malzeme iletim sistemi ve istasyon altsistemlerinin tiplerini belirleyecektir. Soru ve cevap şeklinde oluşturulacak olan kurallar kümesi, önceden belirlenmiş kısıtların da katılmasıyla, spesifik bir esnek üretim sistemi konfigürasyonunun elde edilmesini sağlar. Burada ileri doğru zincir stratejisi ile sonuca ulaşılması, esnek üretim sistemi konfigürasyonlarının yapısından dolayı, daha uygundur.

6.3. VERİ GİRİŞ ALANI

Daha önce de ifade edildiği gibi, tasarlanan uzman sisteme veri girişinde, konfigürasyonlara ait veriler iki ayrı alanda toplanmıştır. Kullanıcı, istenilen malzeme iletim sistemi ya da istasyonlar hakkındaki bilgiyi, soru-cevap şeklinde oluşturulan uzman sisteme girer. Burada, kullanılan tampon stoğunun tipi, tamponların sayısı, paletlerin kullanılıp kullanılmadıkları gibi bilgiler yer alır. Şekil 6.9 dan da anlaşılabacağı üzere, veri girişinde malzeme iletim sisteminin tariflendiği alan ve istasyonların tariflendiği alan olmak üzere iki ayrı alana ihtiyaç duyulur.

6.3.1. MALZEME İLETİM SİSTEMİNİN TARİFLENDİĞİ ALAN

Bu alan, malzeme iletim sistemi bilgilerini içerir ve iki şekilde veri elde eder. Birinci metod kullanıcının tasarlanan sistem için yeni bir tasarım prosesine başladığı ve kendisine sorulan soruları cevaplandığı zaman, el ile giriş yapması prensibine dayanır. Bu tip tasarım proseslerinden elde edilen konfigürasyonlara ait veriler, kullanılan uzman sistem kabuğunun hafızasında saklanır ve tüm proses bittikten sonra, gerektiğinde tekrar kullanılmak üzere sistem dışındaki bir dosyaya yüklenir. Daha önce yapılmış herhangi bir tasarım prosesine ait konfigürasyon bilgilerine tekrar ihtiyaç duyulduğunda, ikinci veri elde etme metodu kullanılmalıdır. Bu durumda, dışarıdaki dosyalarda saklanan ve daha

önceki proseslere ait malzeme iletim sistemi bilgileri alınır ve uzman sistem tarafından anlaşılabilen veri tiplerine dönüştürülür.

6.3.2. İSTASYONLARIN TARİFLENDİĞİ ALAN

Bu alan istasyon bilgilerinin tarifi için kullanılır. Burada yıkama ve kontrol istasyonları gibi diğer yardımcı istasyonlara ve palet sayılarına ait bilgiler bulunur. Veri elde edilmesi, malzeme iletim sistemi alanındaki gibidir ve iki metodla yapılır. Kullanılan uzman sistem kabuğu tarafından soru-cevap bölümü ile sağlanan kullanıcı arabiriminin yanında, uzman sistem kural esaslı olduğundan, veri girişi alanında çeşitli kurallar da kullanılır.

6.4. DEĞİŞİM ALANI

Eğer kullanıcı, yaptığı veri girişlerinde değişiklik yapmak isteyip, yeni bir prosedür başlatmak yerine bazı soruları yeniden cevaplandırmayı arzu ederse bu alanı kullanması gerekecektir. Yapılan tasarım proseslerine ait konfigürasyon bilgileri, dışarıdaki bir dosyada tutulduğundan, bu bilgilere gereksinim duyulduğunda, bunlar yeniden çağırılarak değiştirilebilir ve bu değişiklikler istenildiği kadar saklanabilir. Veri girişi alanında olduğu gibi, malzeme iletim sistemi ve istasyonların konfigürasyonunda, ya da bazı parçalarında değişiklik yapılması mümkündür. Kullanıcı ya yeni kayıtları sisteme girer ya da bazı bilgileri değiştirebilir.

6.5. UYGULANABİLİRLİK KONTROL ALANI

Esnek üretim sisteminin bileşenleri veri girişi safhasında tanımlanmasına rağmen, böyle bir konfigürasyonun uygulanabilir olduğunun garantisi yoktur. Bu yüzden, bu safhada konfigürasyonların uygulanabilirliğini kontrol etmek üzere basit kuralların kullanılması yerinde olur. Bunlar konfigürasyon kısıtları olarak adlandırılır ve Tablo 6.2 de kısaca özetlenmişlerdir. Uygulanabilirlik kontrolü için kullanılan konfigürasyon kısıtları şu kısımlara ayrılabilir:

1. *Genel konfigürasyon kontrolü:* Esnek üretim sistemlerinin kesin veya anlaşılır olmayan tanımlamalarının ya da kullanımı mümkün olmayan konfigürasyonların kontrolüne yarayan kurallardan ibarettir. Burada kullanıcı hatalı konfigürasyonlara karşı uyarılır.

2. *Genel tampon alanlarının kontrolü:* Eğer tampon stok noktaları, esnek üretim sistemi boyunca dağıtılmışsa, bu genel tampon stoklarının kullanıldığı anlamına gelir ve tampon büyüklüklerinin ihtiyacı karşılayıp karşılayamayacaklarını kontrol eden kuralların oluşturulmasını gerektirir.

3. *İstasyonlara ait tampon alanlarının kontrolü:* Bu alanda, istasyonlara ait tampon büyüklüklerinin kontrolüne yarayan kurallar toplanmıştır.

4. *Palet sayılarının kontrolü:* Her esnek üretim sistemi konfigürasyonuna ait uygun palet sayıları kontrol edilir.

Bu basit kurallar ile, esnek üretim sistemi konfigürasyonlarını geçerli kılmak mümkün değildir. Bu alanın ana amacı, olabilecek hataları ortadan kaldırmaktır. Konfigürasyonların detaylı analizi, ilerideki safhalarda benzetim yardımıyla yapılacaktır. Buradan elde edilecek olan çıktı, esnek üretim sisteminin mevcut durumunun uygulanabilirliğini gösterir. Uzman sistem kullanıcısı, eğer gerekli görürse, bunları göz önüne alır ve değişim alanına dönerek, konfigürasyona uygun olarak gerekli değişiklikleri yapabilir. Daha sonra eğer elde edilen konfigürasyon tatminkârsa, benzetim yardımıyla esnek üretim sistemi tasarımına ait sonuçlar elde edilir. Sonuçta, elde edilen esnek üretim sistemi konfigürasyonu dışarıdaki bir dosyaya yüklenir ve gerektiğinde referans alınmak üzere saklanır. Esnek üretim sisteminin yerleşimi, istasyon sayıları, tampon düzenlemeleri, palet sayıları gibi önemli parametreler bu dosyada bulunur ve gerektiğinde benzetim ya da referans modülleri için gerekli olan formatlara dönüştürülerek kullanılabilir.

TABLO 6.2: Konfigürasyon kısıtlarına ait kurallar.

Genel konfigürasyon kontrolüne ait kısıtlar.

KURAL 1. Eğer yükleme ve boşaltma mekiği tipinde tampon sistemi kullanılıyorsa, Tampon alanı için bir tane giriş-çıkış mekiği kullanılması.

EĞER Doğrusal yollu bir esnek üretim sistemi kullanılıyorsa,
BU DURUMDA Sistem içi tıkanıklıkları engellemek için yükleme ve boşaltma mekiği, döner palet ya da tampon stoklar kullanılabilir.

KURAL 2. Eğer Döner palet tipi tampon sistemi kullanılıyorsa,
BU DURUMDA Tampon pozisyonlarının sayısı dörtten fazla olmamalıdır.

KURAL 3. Eğer Doğrusal yollu bir esnek üretim sistemi kullanılıyorsa,
BU DURUMDA Taşıyıcılar düz bir yolda her iki yönde de hareket edebilmelidir.

KURAL 4. Eğer İstasyon bir parça işleme istasyonu değilse,
EĞER Doğrusal yollu bir esnek üretim sistemi kullanılıyor,
VE Sistemde birden fazla taşıyıcı mevcutsa,
BU DURUMDA Maksimum taşıyıcı sayısı ikiden fazla olmamalıdır.

KURAL 5. Eğer Doğrusal yollu bir esnek üretim sistemi kullanılıyor,
VE Sistemde birden fazla taşıyıcı mevcutsa,
BU DURUMDA Sistemde taşıyıcılar tarafından neden olunacak tıkanıklıkları engellemek için uygun noktalarda yan yollar bulundurulmalıdır.

Tampon stoklar için gerekli kısıtlar.

KURAL 6. Eğer Genel tampon stokları kullanılıyorsa,
BU DURUMDA Tampon pozisyonlarının sayısı, istasyonların sayısının toplamının iki katından büyük olmalıdır.

İstasyonların lokal tampon alanları için kullanılan kısıtlar.

KURAL 6.

EĞER Yükleme ve boşaltma mekiği tipinde tampon sistemi kullanılıyorsa,
BU DURUMDA Tampon alanı için bir tane giriş-çıkış mekiği kullanılması normaldir.

KURAL 7.

EĞER Döner palet tipi tampon sistemi kullanılıyorsa,
BU DURUMDA Tampon pozisyonlarının sayısı dörtten fazla olmamalıdır.

KURAL 8.

EĞER İstasyon bir parça işleme istasyonu değilse,
BU DURUMDA Kısmen kısa operasyonlarla karşılaşılabileceği düşünülerek daha fazla tampon stoğa ihtiyaç olabileceği göz önüne alınmalı ve ona göre tampon düzenlemeleri yapılmalıdır.

Sistemdeki toplam palet sayıları ile ilgili kısıtlar.

KURAL 9.

EĞER Sistemdeki toplam palet sayısı, sistemdeki palet yerleştirme pozisyonlarının toplamından büyük ya da ona eşitse,
BU DURUMDA Tıkanıklık meydana gelebilir ve sistemdeki palet sayısı azaltılmalıdır.

BÖLÜM 7. TASARLANAN UZMAN SİSTEM İÇİN BENZETİMİN İŞLETİLMESİ, SONUÇLARIN YORUMLANMASI VE REFERANS OLUŞTURULMASI SAFHASI

7.1. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ KONFIGÜRASYONLARININ MODELLENMESİ

Daha önce 3. Bölümde benzetim konusuna değinirken, esnek üretim sistemlerinin modellenmesinde üretici ve değerlendirici modellerin kullanılabileceği, özellikle esnek üretim sistemi konfigürasyonlarının oluşumunda değerlendirici modelleme tiplerinin kullanımının daha iyi sonuçlar vereceği belirtilmişti. Benzetim ile modelleme, düzensizlik analizi ve petri ağlarına göre esnek üretim sistemlerinin modellenmesinde daha olumlu sonuçlar vermektedir. Çünkü bu iki teknik, sistemin gerçek zaman verileri ve detaylı incelenmesi ile ilgilidirler. Başka bir deyişle bu teknikler esnek üretim sistemi tasarımı ile daha az ilgilidirler ve bu yüzden araştırmamızda kullanılmayacaklardır. Benzetim modellerinin doğruluğu, esas olarak gerçek sistemin doğru bir şekilde programlanmasına, doğru veri toplama derecesine ve modeli kullanarak uygun sayıda ve sürede koşum yapılmasına bağlıdır.

Daha önceki bölümlerde, oluşturulan uzman sistem ile ilgili bilgi tabanının ne şekilde kurulması gerektiği, bu bilgilerin, özellikle esnek üretim sistemlerinin benzetim modellerinin meydana getirilmesini sağlayacak yeterlik ve düzeyde toplanması ve düzenlenmesinin yeterli olacağı üzerinde durulmuş, daha sonra bu veriler yardımıyla bir esnek üretim sistemi benzetim modelinin ne şekilde oluşturulabileceği ve hangi esnek üretim sistemi modellerinin çalışma konusuna dahil edileceği incelenmiştir. Bu konuda şimdiye kadar yapılan çalışmalar göz önüne alındığında, sadece benzetim model üreteçlerinden, daha kapsamlı uzman sistemler ve bütünleşik-zeki ortamlara kadar çok sayıda çalışmanın mevcut olduğu ve çalışmamızın sadece kullanıcı ile etkileşimli olarak çalışan, karar almaya yardımcı bir uzman sistem olarak düzenlendiğini tekrardan vurgulamakta yarar görülmektedir. Bundan sonraki kısımlarda, bir kullanıcı arabirimi yardımıyla bilgi tabanına girilen esnek üretim sistemi konfigürasyon bilgisinin, öncelikle benzetim modellerinin program kodlarının oluşturulması, benzetim modellerinin çalışabilir hale getirilmesi, benzetimin yapılması ve çıktıların elde edildikten sonra bilgi tabanındaki uzman kurallar yardımıyla tasarım yönünden analiz edilmesi ile ilgili aşamalar

anlatılacaktır. Kullanıcının bilgi tabanına girdiği veriler yardımıyla Pascal dilinde yazılan arabirim programları, önce program kodlarını ve sonra da SIMAN model bloklarını oluşturur. Burada kullanıcının girdiği verilere göre benzetim modelinin kurulup çalıştırılması ve daha sonra da çıktıların elde edilmesi gerçekleştirilmektedir. Yazılıma sağlanan uzmanlık, bir ölçüde veri girişi yapıldıktan sonra çıktıların alınıp, bunların yorumlanması ve çeşitli öneriler verilmesine kadar devam eder. Bilgi tabanına girilen uzman kurallar yardımıyla, çıktı değerlerinin herbiri yorumlanır ve yine belirli kurallar dahilinde, kullanıcıya çeşitli öneriler yapılır. Yapılan analizler, istasyonların ve aracın doluluk oranları veya kullanım değerleri ile kuyruk oluşumlarına göredir. Yani sistemde darboğaz oluşmaması esas alınmıştır. Buna karşılık diğer çizelgeleme kuralları sistem yapısı içine dahil edilmemiştir. Bu çok daha kapsamlı ve farklı bir sistem oluşumunu gerektirmektedir.

7.2. MODELLENEN KONFIGÜRASYON PROSESLERİNİN GEÇERLİLİKLERİNİN SAĞLANMASI

Modelleme prosesindeki en önemli hususların başında modelin geçerliliği gelir. Model ne olursa olsun, geçerliliği kanıtlanmalıdır. Law ve Kelton (1991)'a göre bir benzetim modelinin geçerli kılınmasına öncülük edecek kesin bir metod ya da kural yoktur, fakat bazı kabullerin göz önünde bulundurulması yararlı olacaktır. Öncelikle bir benzetim modelinin belirli bir amaçlar kümesine yönelik olarak geliştirilmiş olması gereklidir. Gerçekte belirli bir amacı gerçekleyen bir benzetim modeli, diğer bir amaç için uygun olmayabilir. Ayrıca benzetim modellerinin geçerliliklerinin, gerçekten karar almak için kullanılacak olan performans ölçülerine göre kontrol edilmesi gereklidir. Böylece daha kesin sonuçlar elde edilebilir ve zaman tasarrufu sağlanmış olur. Dikkat edilmesi gerekli en önemli husus, bir benzetim modeli ile yapılan deneyimin, gerçek sistem ile yapılan deneyimin yerine kullanılacak olmasıdır. Benzetim modelinin yeteri kadar iyi olmasını sağlamak, gerçek sistem hakkında doğru kararların alınmasına da öncülük edecektir. Geçerlilik prosesinin kolaylığı ya da güçlüğü, modellenen sistemin karmaşıklığına bağlıdır. Sistem eğer henüz mevcut değilse ya da ulaşılması çok güç ise, kurulan modelin geçerli olup olmadığını hiç kimse bilemez. Yine aynı şekilde karmaşık sistemlerin benzetim modelleri de tam anlamıyla geçerli kılınamayabilir.

Geçerli ve güvenilir benzetim modellerinin oluşturulabilmesi amacıyla göz önüne alınması gereken adımları Naylor ve Finger (1967) ve Law ve Kelton (1991) şöyle sınıflandırmışlardır:

- Mümkün olduğunca yüksek geçerliliğe sahip bir modeli geliştirmek,
- Modeldeki kabulleri ampirik olarak test etmek,
- Benzetimden elde edilen çıktıların güvenilirliğini belirlemek.

Geçerli bir model kurulması, sistemi iyi tanıyan kişilerle görüş alışverişi yapılmasını ya da sistem ile ilgili bilgiyi içeren dökümanlardan faydalanılmasını gerektirir. Böylece model kurucu, sistem ile ilgili en doğru ve arındırılmış bilgiyi elde edebilir. Eğer sistem mevcutları ile benzerlik gösteriyorsa, bu durumda model kurmaya yardımcı olacak şekilde geçmiş kayıtlardan ya da hazırdaki model bilgilerinden, bu bilgilerin doğru olmaları şartıyla yararlanılabilir. Ya da eğer belirli bir sistemin benzetim modeli kurulmuşsa, bundan elde edilen sonuçlar, yapılan çalışmalar için karşılaştırma amacıyla esas teşkil etmek üzere göz önüne alınabilir. Bunlar, kurulacak bir benzetim modelinin doğruluğunun önceden saptanıp, daha gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesi ve gerçek sistemi mümkün olduğunca temsil eden bir model oluşturulması için dikkat edilmesi gereken hususlardır.

Model geçerliliğinin belirlenmesinde ikinci adım, gözlem verilerinin benzetim modelinde girdi olarak kullanılacak şekilde hangi olasılık dağılımlarına uyduğunu belirlemektir. Bu amaçla çeşitli dağılım bulma testlerinden ve son yıllarda gittikçe çoğalan paket programlardan yararlanılabilir. Burada göz önüne alınması gereken bir diğer husus da bir girdi verisinin, bir olasılık dağılımının ya da bir alt sistem detayının değişmesi durumunda, benzetim çıktılarında meydana gelebilecek değişikliklerin belirlenebilmesi, yani çıktıların hassaslığıdır. Bu ise, rassal sayılar yardımıyla ya da istatistiki deneysel tasarım yardımıyla yapılabilir. Model yapısının geçerliliğini kontrol etmek amacıyla aşağıdaki üç farklı teknik de kullanılabilir:

1. *Tek parça testi:* Bu durumda, tek bir parçanın sisteme girilmesiyle model çalıştırılır. Parçanın tüm hareketleri ve özellikleri, her safhada kontrol edilir. Bu kontrol, farklı işleme sıraları ile farklı parça tipleri için tekrarlanabilir. Eğer sistemdeki parça akışı istenildiği gibi ise bu, sistemle ilgili tüm olayların doğru sırada yürüdüğüünün garantisidir.

2. *Çok parçalı test:* Tek bir parça sisteme alındığında sistemin davranışı, sistem içinde birbirini etkileyen başka parça tipleri olmadığından oldukça belirgindir. Oysa birden fazla farklı parça tipine sahip parça kümelerini sisteme alarak, bunların hareketlerinin ve özellik değerlerinin izlenmesi ile, sistemdeki etkileşimler kontrol edilebilir. Bu, model kurucunun kuyruk disiplini ve kaynak seçim stratejilerinin doğruluğu gibi olayları kontrol etmesini sağlar.

3. *Grafik animasyon:* Yukarıdaki iki teknik, modelin davranışları hakkında yeterli güveni sağlayabilmelerine rağmen, oldukça zaman alıcı ve güç yöntemlerdir. Bu bakımdan, modelin geçerliliği kontrol edilirken, grafik animasyon kullanılması yararlı olabilir. Özellikle sistem içindeki elemanların hareketleri ve malzeme taşıyan araç yollarının yerleşimleri gibi faaliyetler kolaylıkla izlenebilir. Fakat unutulmamalıdır ki, grafik animasyon yalnız başına model geçerliliği saptamada yeterli değildir. Örneğin bir grafik animasyon, çeşitli performans değerlerini ortaya çıkaramaz.

Geçerlilik tespitinde göz önüne alınması gereken diğer önemli bir husus da ileriki kısımlarda daha ayrıntılı olarak ele alınacak olan çıktı analizi ya da benzetim çıktılarının gerçek sistemi temsil edebilme yeteneğidir. Eğer benzetimi yapılmakta olan sisteme benzer bir diğer sistem mevcutsa, ya da aynı sistemi temsil eden farklı çalışmalar yapılmışsa, bunlara ait değerler ile kendi çıktılarımız karşılaştırılarak modelin geçerliliği hakkında bir fikir elde edilebilir. Bir benzetim modelinden elde edilen çıktılar ile gerçek bir sisteme ya da daha önce benzetimi yapılmış olan modellere ait verilerin karşılaştırılmasına yarayan birçok istatistiki test mevcuttur. Fakat hem gerçek sistemlerin ve hem de benzetim çıktı proseslerinin sabit olmayıp, ardışık gözlem değerlerinin dağılımlarının zamana göre değiştiği ve otokorelasyona uğrayarak her bir prosesteki gözlem değerlerinin birbirini korelasyona maruz bırakmaları yüzünden, kesin bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Bu yüzden klasik istatistiki testler direkt olarak uygulanamamakta, muayene, güven aralıkları ve zaman serileri gibi alternatif yaklaşımlarla soruna çözüm getirilmeye çalışılmaktadır.

Çalışmamızda kurulan esnek üretim sistemi benzetim modellerinin geçerli olup olmadığını kontrol etmek amacıyla farklı bir modül oluşturulmamıştır. Fakat veri tabanlarında mevcut olan esnek üretim sistemi konfigürasyon modelleri, bu tür çalışmalar

için esas teşkil etmektedir. Yani kurulan modeller, gerçek sistemi tamamen yansıtan ve bazıları da literatürdeki çalışmalara dayanılarak oluşturulmuş bulunan modellerdir. Kullanıcı bu belirli tipteki modeller üzerinde değişiklik yaptığı zaman, sistem zaten bu geçerli model tiplerine göre düzenlendiği için herhangi bir geçerlilik kaybı meydana gelmemektedir. Uzman sistemin kuralları bu şekildeki modellerin geçerliliğini kontrol etmektedir. Teze konu olan benzetim modellerinin bir kısmı Glasgow' daki gerçek sistemlerden, bir kısmı da literatürdeki çalışmalardan faydalanılarak oluşturulmuştur. Bu yüzden yukarıda anlatılanlar dikkate alındığında oldukça doğru ve arındırılmış bir bilgi elde edildiği görülmektedir. Bilgi tabanında bulunan esnek üretim sistemi konfigürasyonlarına ait veriler ve tasarımlar girdilerin, olasılık dağılımlarının ya da herhangi bir verinin değişmesi durumunda bile çıktılarda hassasiyeti ve güvenilirliği tam anlamıyla sağlamaktadır. Bu da geçerli bir model için gerekli bir husustur.

7.3. SIMAN BENZETİM DİLİ

Bu çalışmada, tasarlanan esnek üretim uzman sisteminde belirlenen konfigürasyon modellerinin benzetimi için SIMAN benzetim dili kullanılacaktır.

SIMAN modelleme yapısı, Zeigler et. al. (1979) tarafından geliştirilen sistem teorisine dayanmaktadır. Bu yapı içinde, sistem modeli ve deneysel yapı arasında temel bir ayırım söz konusudur. Sistem modeli, sistemin statik ve dinamik karakteristiklerini tanımlamaktadır. Buradaki deneysel yapı, spesifik çıktıların elde edilmesinde, modelin işletileceği deneysel şartları ifade etmektedir. Herhangi bir model için, çıktı kümeleri halinde deneysel yapılar oluşabilir. Model yapısını ve deneysel yapıyı iki farklı elemana ayırarak, sadece deneysel yapının değiştirilmesiyle farklı benzetim deneyleri oluşturulabilir.

Bu yapı içinde, üç farklı modelleme türüne bağlı eleman modelleri tek sistem modeli halinde birleştirilebilir. Kesikli değişen sistemler için modelin tanımlanmasında prosese ya da olaya yönelik modelleme kullanılmaktadır.

Sistem modeli ve deneysel yapı verildiğinde SIMAN benzetim programı, benzetim boyunca oluşan model durum birimlerini kaydeden bir çıktı dosyası oluşturur.

Çıktı dosyasındaki veriler, histogramların ve tabloların oluşturulması gibi farklı veri analizleri için kullanılabilir.

SIMAN dilinde, benzetim programının geliştirilmesi ve çalıştırılmasından sonra veri analizi ve görüntüleme fonksiyonu gerçekleştirilir.

SIMAN modelleme yapısı ile modelleme iki türde olmaktadır. Bunlar;

1. Prosese Yönelik Modelleme,
2. Olaya Yönelik Modelleme

olarak verilebilir.

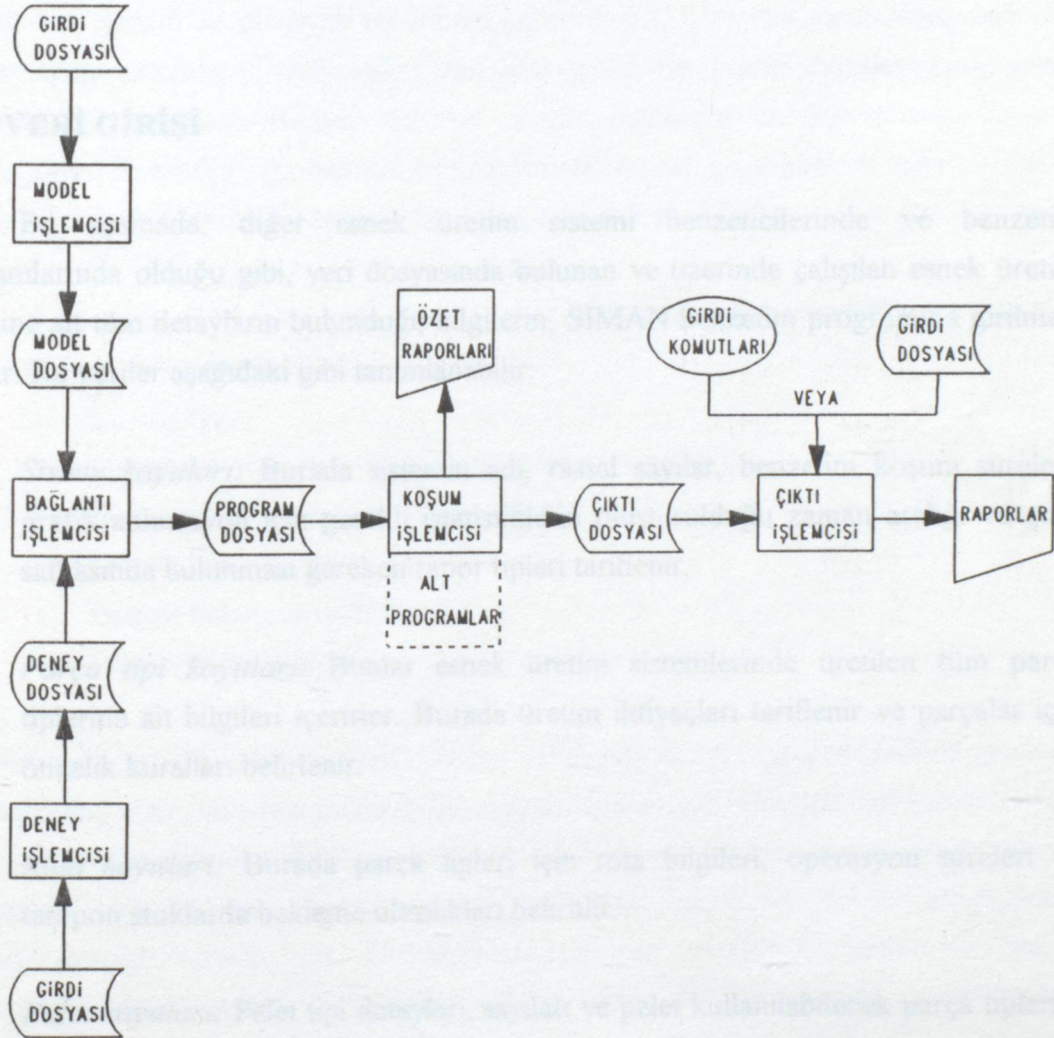
Prosese yönelik modellemede model, fonksiyonel operasyonları veya blok diyagramı şeklindeki sistemleri tanımlayarak kurulur. Blok diyagramı, gecikme zamanı ve kuyruklar gibi spesifik proses fonksiyonlarını temsil eden bir blok sırasıdır.

Kesikli değişen sistemler için ikinci bir modelleme ise, olaya yönelik modellemedir. Bu modelleme türünde, blok diyagram elemanlarının sayısı arttırılmaktadır. Olay elemanları, her olay zamanında ortaya çıkan gezer birimleri tanımlamak için matematiksel-lojik deyimleri içeren FORTRAN dilinde yazılmış alt programlardan oluşmaktadır. Buradaki alt programlar, SIMAN alt program kütüphanesinde bulunmaktadır.

Şekil 7.1' de gösterildiği gibi, bir SIMAN benzetimi üç farklı faaliyete ayrılır. Bunlar sistem modelinin geliştirilmesi, deneysel yapının oluşturulması ve veri analizidir. Bu üç faaliyet içinde SIMAN yazılımı, dört veri dosyasını (model dosyası, deney dosyası, program dosyası, çıktı dosyası) kullanan beş işlemciden oluşmaktadır. Bu işlemcileri şöyle sıralayabiliriz:

1. *Model işlemcisi*, blok diyagram modeli oluşturmak için kullanılmaktadır. Oluşturulan veri dosyası, model dosyası adını almaktadır.
2. *Deney işlemcisi*, sistem modelindeki deneysel yapıyı tanımlamak için kullanılmaktadır. Oluşturulan veri dosyası, deney dosyası adını almaktadır.

3. *Bağlantı işlemcisi*, program dosyasını oluşturmak üzere model dosyasını ve deney dosyasını birbirine bağlar.
4. *Program dosyası*, benzetimi çalıştıran ve sonuçları çıktı dosyasına yazan koşum işlemcisi için bir model girdidir. Eğer sistem modeli, bir olay veya sürekli model içeriyorsa, benzetime başlamadan önce, FORTRAN alt programlar koşum işlemcisi ile birleştirilmelidir.



Şekil 7.1: SIMAN Yazılımının Genel Yapısı (Pegden ,1982).

5. *Çıktı işlemcisi*, çıktı dosyasında bulunan verileri analiz etmek, düzenlemek ve göstermek için kullanılmaktadır.

SIMAN yazılımı içindeki bu beş bağımsız işlemci, benzetimin farklı fonksiyonel faaliyetlerini birbirinden ayırarak modelleme yapısını basitleştirmektedir. Beş işlemciden sadece bir tanesi bir kez çalıştırıldığından ve bilgisayar hafızasından tasarruf edildiğinden dolayı bu şekildeki bir ayırım oldukça pratik olmaktadır. Ayrıca, daha sonraki kullanımlar için model dosyalarının, deney dosyalarının, program dosyalarının ve çıktı dosyalarının disk üzerine yazılması ve saklanması da mümkündür.

7.3.1. VERİ GİRİŞİ

Bu aşamada, diğer esnek üretim sistemi benzeticilerinde ve benzetim programlarında olduğu gibi, veri dosyasında bulunan ve üzerinde çalışılan esnek üretim sistemine ait tüm detayların bulunduğu bilgilerin, SIMAN benzetim programına girilmesi gerekir. Bu veriler aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

1. *Sistem kayıtları*: Burada sistemin adı, rassal sayılar, benzetim koşum süreleri, grafik animasyon için gerekli istatistiklerin oluşturulduğu zaman aralığı ve çıktı safhasında bulunması gereken rapor tipleri tariflenir.
2. *Parça tipi kayıtları*: Bunlar esnek üretim sistemlerinde üretilen tüm parça tiplerine ait bilgileri içerirler. Burada üretim ihtiyaçları tariflenir ve parçalar için öncelik kuralları belirlenir.
3. *Rota kayıtları*: Burada parça tipleri için rota bilgileri, operasyon süreleri ve tampon stoklarda bekleme olasılıkları belirtilir.
4. *Palet kayıtları*: Palet tipi detayları, sayıları ve palet kullanılabilecek parça tiplerini içerir.
5. *İstasyon kayıtları*: Burada tampon pozisyonlarının sayısı, yollardan mekiklere (shuttle), mekiklerden tezgahlara ya da diğer alanlara olan parça hareketlerinin süreleri ve esnek üretim sistemindeki istasyonların yerleşimleri tariflenir.

6. *Araç kayıtları:* Araç tipleri, sayıları, hızları gibi bilgiler bulunur.

7. *Yol tarif kayıtları:* Parçaların esnek üretim sistemi içinde takip ettikleri yollara ait bilgileri, mesafeleri ve malzeme taşıma araçlarının hızları gibi bilgileri içerir.

Başarılı bir benzetim çalışması yapabilmek için daha önce sistemden alınmış olan deneysel bilgilerin belirli bir yapıda ve olasılık dağılımları ile modele tatbik edilmesi gereklidir. Benzetim çalışmalarının problemin formülasyonu, sistem bilgisinin toplanması, her bir rassallık kaynağının uygun bir olasılık dağılımı ile gösterilmesi, yani girdi modelleme, geçerli ve güvenilir bir model geliştirilmesi, benzetim yazılımının seçilmesi, ve benzetim çıktılarının analizinden meydana gelen bir proses olduğu daha önceki bölümlerde belirtilmişti. Burada özellikle olasılık dağılımlarının belirlenmesi üzerinde durulacaktır. Benzetim girdilerinin modellenmesi, model geçerliliğinin belirlenmesi ve çıktı analizi ile birlikte bir benzetim işleminin en önemli elemanıdır.

Law et.al. (1994)' a göre üretim sistemlerinin benzetim modellerinde rassallığı oluşturan başlıca kaynaklar şunlardır:

- Parçaların ya da hammaddelerin gelişlerarası süreleri,
- Parçaların işlenme ya da montaj süreleri,
- Tezgah arıza süreleri,
- Tezgah bakım ve onarım süreleri,
- Tezgah hazırlık süreleri.

Eğer bu verilere uygun bir standart dağılım bulunabilirse, benzetim modelinde rahatlıkla kullanılabilir. Aksi takdirde ampirik bir dağılım kullanmak zorunda kalınabilir. Rassal verilere uyan bir olasılık dağılımının belirlenmesi, el ile oldukça güç ve zaman alıcıdır. Bu yüzden çok sayıda dağılım seçen paket program geliştirilmiştir. Oluşturulan esnek üretim uzman sistemi içinde, bu fonksiyonlara hizmet veren herhangi bir modül bulunmadığından, sistem dışındaki herhangi bir dağılım bulma programından yararlanılarak, bu işlem gerçekleştirilebilir.

7.3.2. ÇIKTILARIN ELDE EDİLMESİ

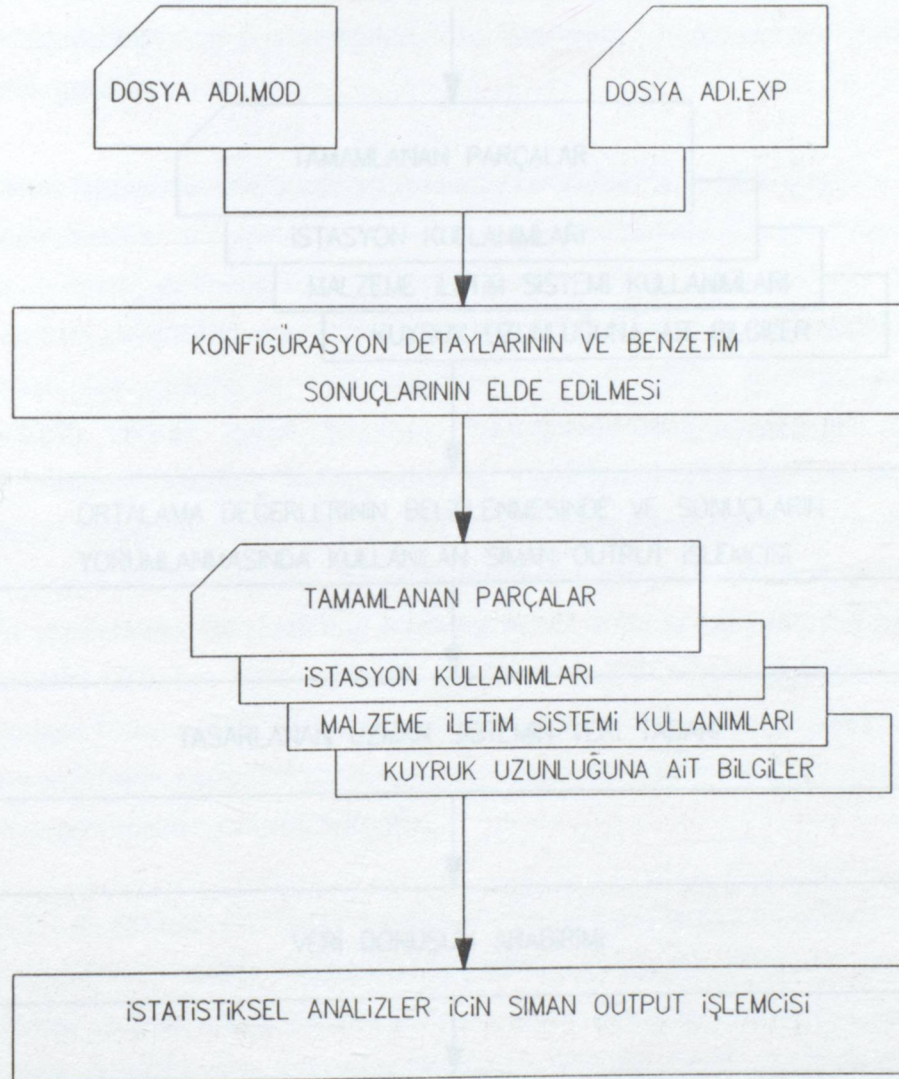
Daha önce de belirtildiği gibi benzetim, farklı esnek üretim sistemi konfigürasyonlarının değerlendirilmesinde daha güvenli bir yoldur. Fakat genellikle en büyük dezavantajı, her benzetim koşumu sonucunda, çok fazla miktarda istatistiki çıktı elde edilmesidir.

Benzetim çıktısında esnek üretim sistemi konfigürasyonları ile ilgili çok sayıda performans ölçüsü elde edilebilir. Bu performans ölçüleri şöyle sınıflandırılabilir:

1. *Bitmiş parçalar:* Belirli bir zaman dilimi boyunca her parça tipinden üretimi tamamlanmış olanların sayısı.
2. *İstasyon kullanım oranları:* Parça yükleme ve boşaltma da dahil olmak üzere çalışma ile ilgili geçen zamanın yüzdesi.
3. *Malzeme iletim sistemi kullanım oranları:* Malzeme iletim sisteminin kullanımına ait zaman yüzdesi.
4. *Kuyruk uzunluğu:* Her kaynağın önünde bekleyen parçaların ortalama zaman yüzdesi.

Burada kullanılan istasyon terimi nümerik kontrollü takım tezgahları, kontrol istasyonları, yükleme ve boşaltma istasyonları ve tampon stok istasyonlarına karşılık gelmektedir. Malzeme iletim sistemi ise, belirli parça rotalarına göre bir ya da daha fazla parçanın taşınabileceği sistemlerdir. Performans ölçülerinin çoğu, belirli aralıklarda elde edilen istatistiki özetlerden sağlanabilir ve çıktı dosyalarında tablolar halinde görülebilir. Bununla birlikte, tampon istasyonlarındaki kuyruk uzunlukları, olay sıralarının izlenmesi ile hesaplanmak zorundadır. Bu verilerin uygun dosyalardan çıkarılması ve farklı dosya kanallarına aktarılması işlemleri Şekil 7.2 de görülmektedir. Belirlenen performans ölçülerinin istatistiki olarak geçerliliğini sağlamak için ilave veri analizi yapılması gereklidir. Bir sonraki kısımda anlatıldığı gibi, bu performans ölçülerine dayanarak konfigürasyonun uzunluğu ile ilgili çeşitli tavsiyeler yapıp, kararlar alınabilir.

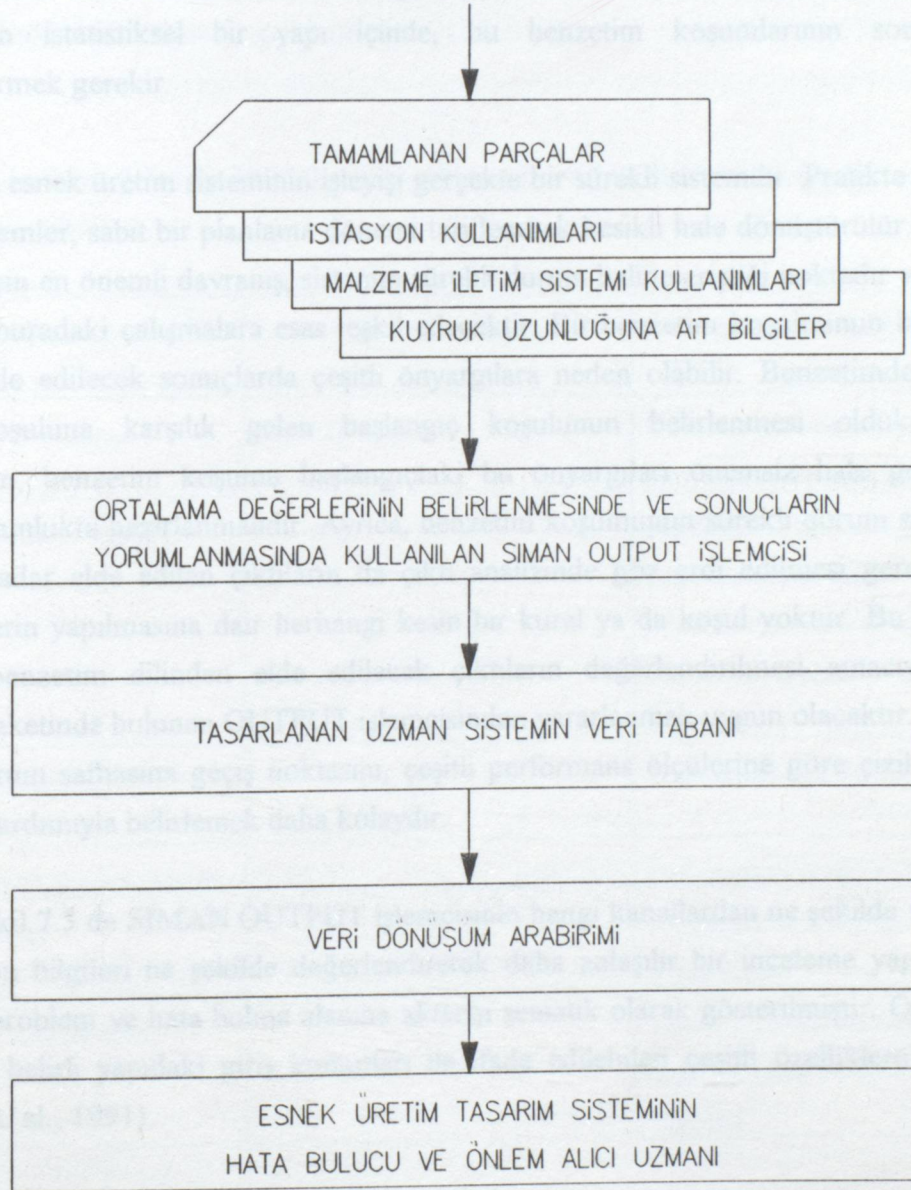
7.4. SİMAN Farklı esnek üretim sistemi konfigürasyonları için değişik tampon düzenlemeleri yapılabileceğinden, çalışmamızda daha önce Bölüm 6.1 de tariflenmiş olan esnek üretim sistemi konfigürasyonları için geçerli olan tampon düzenlemeleri kullanılacaktır.



ŞEKİL 7.2: SIMAN tarafından oluşturulan dosyalardan esnek üretim sistemi performans ölçülerinin elde edilmesi.

7.4. SIMAN BENZETİM SONUÇLARININ İSTATİSTİKİ ANALİZİ

Tasarlanan esnek üretim uzman sisteminin bu safhası çıktı dosyalarından, istasyon ve malzeme iletim sistemi kullanım oranları, kuyruk uzunlukları gibi performans ölçülerinin elde edilme prosedürlerini inceler. Benzetim, birçok rassal faktörü bünyesinde bulunduran bir örnekleme çalışmasıdır. Bir benzetim koşumunun sonuçları, seçilen bir



ŞEKİL 7.3: SIMAN OUTPUT işlemcisinden elde edilen sonuçların tasarlanan uzman sistem yardımıyla yorumlanması.

rassal sayı kümesine göre sistemin gösterdiği reaksiyonu ya da sistemin davranışını yansıtır. Modelin yeni bir rassal sayı kümesi ile yeniden koşturulması ise, diğerinden çok az farklı yeni bir sonuçlar kümesi meydana getirecektir. Bundan dolayı uygun bir uzunluğa sahip tek bir benzetim koşumu yapmak yerine, farklı rassal sayı kümelerine sahip birden fazla koşum yapılarak benzetimin tekrarlanması, esnek üretim sistemi konfigürasyonlarının tasarımından rassallığın etkisini azaltıcı bir sonuç alınmasını sağlayacaktır. Daha sonra, her bir konfigürasyonun davranışını yaklaşık olarak tahmin etmek için istatistiksel bir yapı içinde, bu benzetim koşumlarının sonuçlarını değerlendirmek gerekir.

TABLO 7.3 Bir esnek üretim sisteminin işleyişi gerçekte bir sürekli sistemdir. Pratikte bu çeşit sürekli sistemler, sabit bir planlama dönemi tarifiyle kesikli hale dönüştürülür. Sürekli sistemler için en önemli davranış, sistemin sürekli durum haline eriştiği noktadır ve bu tür sistemler, buradaki çalışmalara esas teşkil edecektir. Bir benzetim koşumunun başlangıç koşulu, elde edilecek sonuçlarda çeşitli önyargılara neden olabilir. Benzetimde sürekli durum koşuluna karşılık gelen başlangıç koşulunun belirlenmesi oldukça güç olduğundan, benzetim koşumu başlangıçtaki bu önyargıları önemsiz hale getirmeye yetecek uzunlukta hazırlanmalıdır. Ayrıca, benzetim koşumunun sürekli durum safhasına geçişine kadar elde edilen çıktıların da çıktı analizinde göz ardı edilmesi gerekir. Bu belirlemelerin yapılmasına dair herhangi kesin bir kural ya da koşul yoktur. Bu nedenle SIMAN benzetim dilinden elde edilecek çıktıların değerlendirilmesi amacıyla yine SIMAN paketinde bulunan OUTPUT işlemcisiyle yararlanmak uygun olacaktır. Burada sürekli durum safhasına geçiş noktasını, çeşitli performans ölçülerine göre çizilebilecek grafikler yardımıyla belirlemek daha kolaydır.

Şekil 7.3 de SIMAN OUTPUT işlemcisinin hangi kanallardan ne şekilde veri elde ettiği ve bu bilgileri ne şekilde değerlendirerek daha anlaşılır bir inceleme yapabilmek amacıyla problem ve hata bulma alanına aktarışı şematik olarak gösterilmiştir. OUTPUT programı, belirli yapıdaki giriş komutları ile ifade edilebilen çeşitli özelliklere sahiptir (Pegden et. al., 1991).

Çıktı analizi esas olarak, koşum uzunluğu ve ihtiyaç duyulan koşum tekrar sayılarının belirlenmesini de içine alan ve elde edilen çıktı değerlerinin güvenilirliğinin incelendiği istatistiksel bir problemdir. Yapılan bir çok çalışmada çıktı analizi gerçek anlamda kullanılmamaktadır. Bunun çeşitli nedenleri vardır. En önemli etken, benzetim

yapan kişinin sadece model kurma ve tek bir koşumla sonuç alma amacını taşıması ve istatistiki açıdan sonuçların doğruluğunu saptayacak bir çalışmada bulunmamasıdır. Bir diğer önemli etken ise, bilinen klasik istatistik tekniklerinin, çıktı analizine uygulanamamalarıdır. Diğer önemli bir husus da, gerçek sistemlerin ve özellikle de üretim sistemlerinin süreklilik göstermemesi yani, sistem içindeki faaliyetlerin sürekli sabit kalmamasıdır. Bu yüzden, bu sürekli durum safhasının belirlenmesi büyük önem taşır. Law (1991), sürekli durum safhasının ve koşum adetlerinin bulunuşuna yardımcı olacak bir hareketli ortalama metodu geliştirmiştir. (1991) Fishman prosedürünü, Mechanic ve McKay prosedürünü ve Law ve Carson' un prosedürlerini göz önüne almaktadırlar.

TABLO 7.1: Sabit örnek miktarı ile ilgili yaklaşımların karşılaştırılması (Law ve Kelton, 1991).

Yaklaşımın Adı	Tekrarların Sayısı	Uygulamada Karşılaşılan Güçlükler
Tekrar/Silme Yaklaşımı	$n(n \geq 2)$, n adet kısa tekrar	1, Sürekli duruma geçiş periyodunun belirlenmesi
Parti Ortalamaları Metodu	1	Korelasyona uğramamış parti ortalamalarının elde edilebilmesine imkan tanıyacak büyüklükteki parti miktarı, k'nın seçimi
Otoregresyon Metodu	1	Otoregresyon modelinin kalitesi
Standart Zaman Serileri Metodu	1	Parti miktarı, k'nın seçimi
Spectral Metodu	1	Kovaryans süre aralıkları sayısı, q'nun seçimi
Yeniden Türetme Metodu	1	Küçük ortalama uzunluk değerine sahip çevrimlerin elde edilmesi

Law ve Kelton (1991), güven aralıklarının oluşturulması ve dolayısıyla sürekli duruma geçiş noktasının tesbiti amacıyla iki yaklaşım türü belirlemiştir. Sabit örnek miktarını esas alan prosedürlerde sabit uzunlukta tek bir benzetim koşumu yapılır. Parti

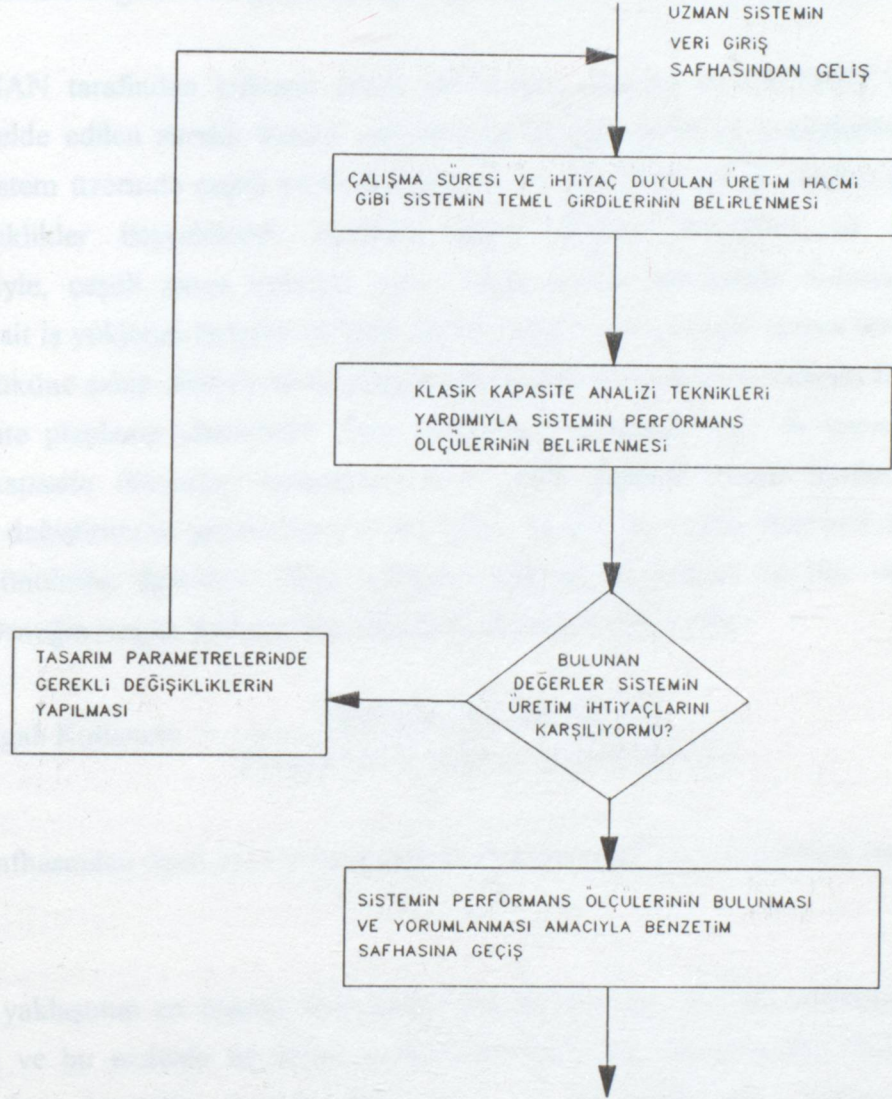
miktarı ve sayısı sabittir ve parti boyutunun yeteri kadar büyük olduğu kabul edilir. Daha sonra bilinen istatistiki prosedürlerden biri yardımıyla güven aralıkları ve sürekli duruma geçiş noktaları bulunur. Tablo 7.1 de sabit örnek miktarı prosedürlerinin karşılaştırılması ve uygulama esnasında rastlanan güçlükler verilmektedir.

Sırasal prosedürlerde ise, benzetim, uzunluğu sürekli olarak arttırılan koşumlarla tekrarlanır ve kabul edilebilir bir güven aralığı tesbit edilene kadar işlem sürdürülür. Sırasal prosedürler olarak Law ve Kelton (1991) Fishman prosedürünü, Mechanic ve McKay prosedürünü ve Law ve Carson' un prosedürlerini göz önüne almaktadırlar.

Yukarıda anlatılanların ışığında, bir benzetim çalışmasındaki en önemli hususun, çıktı analizlerinin güvenilirliği olduğu görülmektedir. Güven aralıklarının belirlenmesi, aynı zamanda koşum sayısı ve sürekli duruma geçiş noktasının da belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Güven aralıklarının genişliği, sistemin değişkenliği ve toplanan veri miktarı ile ilgilidir. Yeterli verinin toplanmasıyla, mümkün olan en küçük güven aralığı elde edilebilir.

SIMAN benzetim dilinde daha önce açıkladığımız gibi parti ortalamalarını esas alan bir yaklaşım kullanılmaktadır. Buradaki en önemli husus, parti büyüklüklerinin yani, sürekli durum safhasına ait verilerin hangi miktarlarda partilere ayrılacağına belirlenmesidir. Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra elde edilen partilerin ortalamalarına dayanarak, istenilen güvenilirlik değerlerinde güven aralıklarının tesbiti yapılmaktadır. Güven aralıkları içinde kalan değerlere göre yapılması gereken koşum sayısı belirlenebilmektedir. Bu metod SIMAN OUTPUT analizinde kullanılan yöntemdir. Bu metodun en önemli avantajı, gözlemlerin uzun bir benzetim koşumundan elde edilmesi ve sadece sürekli durum safhasına ait olmasıdır. Başlangıç koşullarının olumsuz etkisi kolaylıkla giderilebilmektedir. En önemli dezavantajı ise, tek bir koşumdan elde edilen parti ortalamalarının otokorelasyona uğramış olmalarıdır. Genellikle ardışık çıktı değerlerinin otokorelasyona uğraması, eğer parti miktarları çok küçükse, parti ortalamalarının da otokorelasyona uğramasına neden olacaktır. Bundan dolayı parti ortalamaları metodunda göz önüne alınması gereken en önemli husus, yeteri kadar büyük parti miktarlarının belirlenmesidir. Otokorelasyon, yeteri kadar büyük parti boyutu seçilerek azaltılabilir. Bu yüzden özellikle parti ortalaması metodu uygulandığında, parti boyutu ve miktarlarının yeteri kadar büyük seçilmesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Daha sonra sürekli duruma sahip performans değerlerinin tesbitinde bilinen güven aralığı tahmin metodları kullanılabilir.



ŞEKİL 7.4: Klasik kapasite analizi tekniklerinin, tasarlanan esnek üretim sistemine uygulanma prosedürü.

Güven aralıkları ve korelasyon katsayıları, istatistiksel güvenilirlik için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bundan dolayı, özellikle tüm çıktı değişkenlerinin güven aralıkları içinde olmasını sağlayacak bir çok değişkenli prosedürün geliştirilmesi, elde edilen çıktıların güvenilirliğini arttıracaktır. Lin ve Özdemirel (1993), Law ve Carson' un sırasal prosedürü yardımıyla çok değişkenli bir çıktı analizi uygulaması gerçekleştirerek, çeşitli performans değerlerinin güven aralığı değerleri içinde olmasını sağlamışlardır.

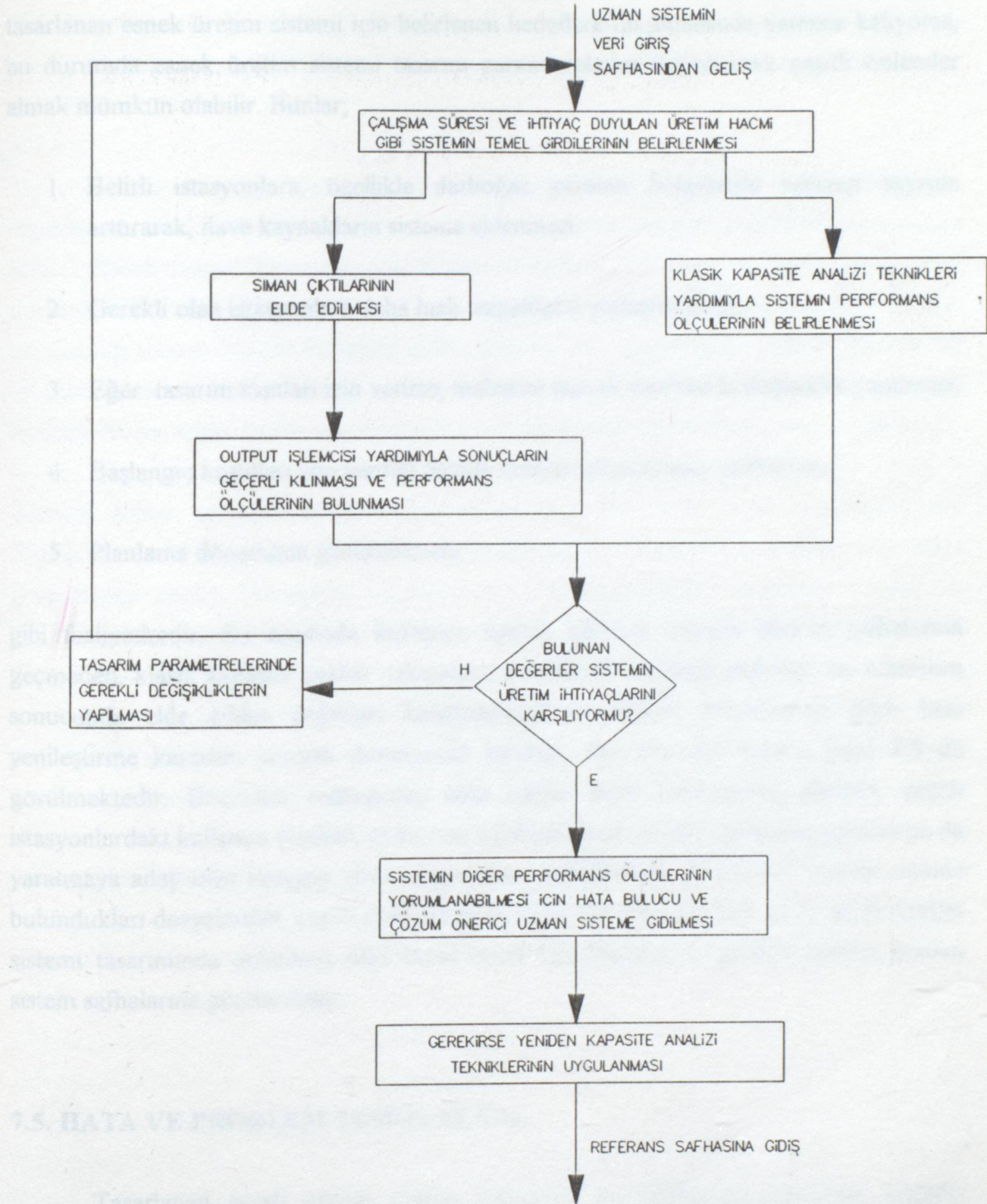
SIMAN tarafından bulunan çeşitli performans ölçüleri ve OUTPUT işlemcisi yardımıyla elde edilen sürekli durum safhasına ait düzenlemeler ve analizlerden sonra kullanıcı, sistem üzerinde çeşitli yorumlar yapacak ve gerekirse sistem verileri üzerinde bazı değişiklikler isteyebilecek aşamaya gelir. Üretim ihtiyaçları ve rotaların belirlenmesiyle, çeşitli parça tiplerine göre, esnek üretim sisteminde bulunan çeşitli elemanlara ait iş yüklerini bularak ve daha sonra toplam kullanılabilir sistem süresini, en yüksek iş yüküne sahip eleman ile karşılaştırarak, sistemin kapasitesini tahmin etmek, en basit kapasite planlama yöntemidir. Eğer kullanılabilir kapasite yine de mevcutsa, bu durumda kapasite ihtiyaçları karşılanmış olur. Aksi takdirde esnek üretim sistemi tasarımının değiştirilmesi gereksinimi ortaya çıkar ki, bu da uzman sistemin veri giriş safhasına dönülmesi demektir. Diğer kullanım şekilleri de benzer yöntem ve yapıda belirlenir. Örneğin tezgah kullanımları aşağıdaki formül ile bulunabilir:

$$\text{Tezgah Kullanımı} = \frac{(\text{İşleme Süresi}) \times (\text{Miktar})}{\text{Tezgah İçin Toplam Kullanılabilir Süre}}$$

Benzetim safhasından önce yapılan bu kapasite analizleri Şekil 7.4 de şematik olarak tarif edilmiştir.

Bu yaklaşımın en önemli dezavantajı, model içindeki dinamik etkileşimleri göz ardı etmesi ve bu nedenle de sistem performans tahminlerinin güvenilir olmamasıdır. Diğer taraftan, benzetim modeli daha önce de anlatıldığı gibi, sistem içindeki belirsizlikleri, etkileşimleri ve dinamik oluşumları göz önüne alır ve sonuçlara yansıtır.

ŞEKİL 7.3. Klasik analiz teknikleri ve benzetim sonuçları ile performans ölçütleri arasında elde edilen ilişki.



ŞEKİL 7.5: Klasik analiz teknikleri ve benzetim sonuçlarından performans ölçülerinin elde edilmesi.

Eğer benzetim sonucunda bulunan değerlere göre, mevcut üretim hacmi, tasarlanan esnek üretim sistemi için belirlenen hedeflere ulaşılmasında yetersiz kalıyorsa, bu durumda esnek üretim sistemi tasarım parametrelerini değiştirerek çeşitli önlemler almak mümkün olabilir. Bunlar;

1. Belirli istasyonlara, özellikle darboğaz yaratan bölgelerde servisçi sayısını arttırarak, ilave kaynakların sisteme eklenmesi,
2. Gerekli olan istasyonlara daha hızlı tezgahların yerleştirilmesi,
3. Eğer tasarım kısıtları izin verirse, malzeme taşıma sisteminde değişiklik yapılması,
4. Başlangıç koşulları izin verdiği ölçüde üretim ihtiyaçlarının azaltılması,
5. Planlama döneminin genişletilmesi,

gibi faaliyetlerdir. Bu aşamada kullanıcı, uzman sistemin çözüm önerici safhalarına geçmeden, klasik kapasite analizi teknikleri yardımıyla bulunan değerler ile, benzetim sonucunda elde edilen değerleri karşılaştırmak ve üretim ihtiyaçlarına göre bazı yenileştirme kararları vermek durumunda kalabilir. Bu prosedür kısaca Şekil 7.5 de görülmektedir. Benzetim safhasından elde edilen diğer performans ölçüleri, çeşitli istasyonlardaki kullanım şekilleri ve kuyruk uzunluklarıdır. Ayrıca darboğaz yaratan ya da yaratmaya aday olan istasyon veya istasyonların belirlenmesi de gerekir. Bunlar, içinde bulundukları dosyalardan, çeşitli arabirim programları ile alınarak daha önce esnek üretim sistemi tasarımında anlatılmış olan kural esaslı hata bulucu ve çözüm önerici uzman sistem safhalarına gönderilirler.

7.5. HATA VE PROBLEM TEŞHİS ALANI

Tasarlanan esnek üretim uzman sisteminin bu safhasında, benzetim çıktıları üzerinde çeşitli analizler yapılır ve analiz edilen esnek üretim sistemi konfigürasyonunun uygunluğu ile ilgili çeşitli tavsiyeler verilerek bunlara göre bazı kararlar alınır. Bu aşamada, öncelikle bir esnek üretim sistemi tasarımında karşılaşılabilecek potansiyel problemler tanımlandıktan sonra, bu aksaklıkların muhtemel nedenlerine göre, bunları

ortadan kaldırabilecek çeşitli çözümler önerilmektedir. Özellikle esnek üretim sistemi tasarım prosesinde, karar alıcıya yardımcı olacak şekilde, benzetim modelleri ile uzman sistem teknikleri arasında ilişkiler kurulması çok faydalı sonuçlar vermektedir (Carrie et. al., 1993).

KURAL 1. BOŞ İSTASYON

EĞER Bu tür sistemler, kural esaslı bir uzman sistem yardımıyla elde edilen benzetim sonuçlarının analizini ve yapılmakta olan tasarımı geliştirecek bazı önerilerin sunulmasını sağlar. Esnek üretim sistemi konfigürasyon modelinin benzetimi bittikten sonra, çıktı dosyalarından elde edilen çeşitli performans ölçüleri, benzetim sonuçlarının analiz edilip incelendiği uzman sistem safhasına gelir. Burada, tüm performans ölçüleri detaylı bir incelemeye tabi tutulur. Darboğaz oluşturan istasyon muhtemelen en ağır iş yükü atanmış istasyondur ve esnek üretim sistemi performansının belirlenmesinde en önemli rolü oynar.

VE Bundan dolayı, sisteme kaynak eklenmesi ya da daha iyi ve daha hızlı tezgahlarla değişiklik yapılması gerekebilir. Ayrıca kullanım şekilleri ve kuyruk uzunlukları da önem gösterilmesi gerekli hususlardır. Özellikle istasyonlardaki yüksek kullanım oranları ve uzun kuyruklar belirlenmelidir. Kullanım oranlarının büyük olması durumunda yine kaynak ilave edilmesi ve daha hızlı kaynakların kullanılması, bir çözüm olarak karşımıza çıkar. Uzun kuyruklar ise, üretim oranını direkt olarak etkilememekle birlikte, bu gibi durumlarda çeşitli tampon pozisyonları oluşturulması gerekebilir. Tablo 7.2 de değişik esnek üretim sistemi elemanlarının durumlarını, performans ölçülerini de göz önüne alarak yorumlayan çeşitli kuralların bir listesi görülmektedir. Bu kurallara ait daha detaylı incelemeler Bölüm 7.5.1 ve 7.5.2 de ayrıca yapılacaktır.

Darboğaz yaratan istasyonlarla ilgili kurallar:

KURAL 4. DARBOĞAZ YARATAN İSTASYON

EĞER İstasyon, darboğaz yaratan bir istasyon ise,

BU DURUMDA İstasyonun kullanımı etkili şekilde analiz edilmelidir.

İstasyonlardaki kuyruk uzunlukları ile ilgili kurallar:

KURAL 5. NORMAL KUYRUK

EĞER İstasyondaki kuyruk uzunluğu izin verilen maksimum kuyruk uzunluğundan küçükse,

BU DURUMDA İstasyondaki kuyruk uzunluğu kabul edilebilir.

TABLO 7.2: Performans ölçülerinin yorumlanmasında kullanılan çeşitli uzman kuralları.

İstasyonların kullanım şekillerini inceleyen kurallar:

KURAL 1.**BOŞ İSTASYON***EĞER*

İstasyonun ortalama kullanımı, istasyonun arzu edilen minimum kullanımından küçükse,

BU DURUMDA

İstasyonun kullanımı düşüktür.

KURAL 2.**NORMAL İSTASYON***EĞER*

İstasyonun ortalama kullanımı, istasyonun arzu edilen minimum kullanımından büyükse,

VE

İstasyonun ortalama kullanımı, istasyon için izin verilen maksimum kullanımdan düşükse,

BU DURUMDA

İstasyonun kullanımı kabul edilebilir.

KURAL 3.**MEŞGUL İSTASYON***EĞER*

İstasyonun ortalama kullanımı, istasyon için izin verilen maksimum kullanımdan büyükse,

BU DURUMDA

İstasyon aşırı kullanılmaktadır,

VE

İstasyona daha fazla servisçi eklenmeli ya da daha hızlı kaynaklar kullanılmalıdır.

Darboğaz yaratan istasyonlarla ilgili kurallar:

KURAL 4.**DARBOĞAZ YARATAN İSTASYON***EĞER*

İstasyon, darboğaz yaratan bir istasyon ise,

BU DURUMDA

İstasyonun kullanım şekli dikkatle analiz edilmelidir.

İstasyonlardaki kuyruk uzunlukları ile ilgili kurallar:

KURAL 5.**NORMAL KUYRUK***EĞER*

İstasyondaki kuyruk uzunluğu, izin verilen maksimum kuyruk uzunluğundan küçükse,

BU DURUMDA

İstasyondaki kuyruk uzunluğu kabul edilebilir.

KURAL 6. UZUN KUYRUK*EĞER*

İstasyondaki kuyruk uzunluğu, izin verilen maksimum kuyruk uzunluğundan büyükse,

BU DURUMDA

İstasyondaki kuyruk uzunluğu fazladır,

VE

İstasyon için yükleme ve boşaltma mekiği ya da döner palet sistemlerinin kullanımı gerekebilir.

*Malzeme iletim sistemi için kullanılan kurallar:***KURAL 7. NORMAL MALZEME İLETİM SİSTEMİ***EĞER*

Malzeme iletim sisteminin ortalama kullanımı, malzeme iletim sistemi için izin verilen maksimum kullanımdan küçükse,

BU DURUMDA

Malzeme iletim sisteminin kullanımı kabul edilebilir.

KURAL 8. MEŞGUL MALZEME İLETİM SİSTEMİ*EĞER*

Malzeme iletim sisteminin ortalama kullanımı, malzeme iletim sistemi için izin verilen maksimum kullanımdan büyükse,

BU DURUMDA

Malzeme iletim sistemi aşırı kullanımdadır,

VE

İlave servisçi ya da daha hızlı bir malzeme iletim sistemi kullanılabilir.

Uzman sistemin teşhis alanındaki kurallar, literatürde aynı konu üzerinde şimdiye kadar yapılan çalışmalar da dikkate alınarak, problem belirleyici ve hata bulucu kurallar ile önlem alıcı ve çözüm önerici kurallar olmak üzere iki grup halinde özetlenebilir (Carrie et. al., 1993; Christie, 1993). Elde edilen benzetim çıktılarından, esnek üretim sisteminin tasarımına ait çeşitli problemler tariflenebilir ve bu yüzden de bu tür aksaklıkların nedenlerini tahmin etmek için hata bulucu kuralların kullanılması uygun olur. Buna karşılık çözüm önerici kurallar ise tüm bu aksaklıkların ortadan kaldırılmasına yönelik çözümlerin bulunması için kullanılırlar.

7.5.1. PROBLEM BELİRLEYİCİ VE HATA BULUCU KURALLAR

Bir esnek üretim sisteminde karşılaşılabilecek en büyük güçlük, darboğaz yaratan kaynakların bulunmasıdır (Carrie et. al., 1993 ve Christie, 1993). Bunlar, ekipman kullanım şekilleri ve kuyruk uzunluklarının dikkatli bir analizi ile kolaylıkla belirlenebilirler. Sistemdeki diğer kaynakların performans ölçülerine göre düşük ya da yüksek kullanım şekilleri ve aşırı kuyruk uzunlukları, tasarlanmakta olan esnek üretim sistemi konfigürasyonunun, standart esnek üretim sistemi bileşenlerine uyumsuzluğuna neden olabilir. Bundan dolayı bu tip çalışmalarda en büyük dikkatin darboğaz yaratan kaynaklar üzerinde toplanması gerekir. Bu yüzden burada, bir esnek üretim sisteminin tasarımında karşılaşılabilecek potansiyel verimsizlikleri tanımlamak üzere bir darboğaz analizi kullanılmıştır. Analiz, aşırı kullanılan istasyon ve malzeme iletim sistemleri ile düzensiz ve yetersiz yükleme-boşaltma istasyonlarının bir sonucu olarak iş istasyonlarında oluşan darboğazları içerir. Esnek üretim sistemlerinin bu tür analizlerinde lokal ve global olmak üzere iki düzeyin bulunmasıyla, şimdiye kadar yapılan çalışmalar dikkate alındığında oldukça yararlı ve kullanışlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür (Carrie et. al., 1993). İncelemeye sistemde tek bir istasyon ya da malzeme iletim sistemi olduğu farzedilerek lokal düzeyde başlanır. Her esnek üretim sistemi elemanı için kullanım şekilleri ve kuyruk uzunlukları kontrol edilir (Christie, 1993). Tablo 7.3 de lokal düzeye ait kuralların listesi verilmiştir. Daha sonra malzeme iletim sistemi, istasyonlar ve tampon stoklar gibi çeşitli elemanlar arasındaki ilişkiler, problemin nedenini bulmak amacıyla kontrol edilirler. Bu tip bir global inceleme, her kaynağı ayrı ayrı yalnız başına incelemekten ziyade, tüm esnek üretim sistemlerinin performans ölçülerini etkileyen faktörlerin tanımlanması açısından gereklidir (Christie, 1993). Tezgah kullanımları, malzeme iletim sistemi kullanımları ve tampon kuyruk uzunluklarının değişik mümkün kombinasyonlarına ait hata bulucu kurallar Tablo 7.4, Tablo 7.5, Tablo 7.6 ve Tablo 7.7 de özetlenmiştir.

Kuralları çalıştırmak için gerekli olan farklı performans ölçülerine ait ortalama değerler, operasyonel verilerin bulunduğu dosyalardan elde edilir. Bu kuralların oluşumunda geriye doğru zincir bağlantısı kullanılmıştır. Çıkarım mekanizması, Tablo 7.3-7.7 de verilen hata bulucu kurallar kümesini araştırır, uygun bir kural bulur ve bu bulguya ait kuralları çıkarır. Tablo 7.4 de verilmiş bulunan kurallar, bu tür esnek üretim sistemlerinde rastlanan çeşitli aksaklıkların bir arada ve değişik kombinasyonlar halinde bulunmaları durumlarında kullanılırlar. Tablo 7.4-7.7 den de anlaşılacağı üzere, çeşitli

esnek üretim sistemlerini göz önüne alarak genel kapsamlı çeşitli hata ve problem bulucu kurallar geliştirilmeye çalışılmıştır. Burada dikkat edilmesi gerekli husus, tasarlanmakta olan esnek üretim sistemlerinde, tamponların istasyon önlerinde lokal olarak düzenlenmiş ya da sistem içinde ortak kullanıma sunulan dağınık bir yapı içermeye durumlarına göre ayırım yapılmış olmasıdır (Carrie, 1992). Lokal tampon pozisyonlarına sahip sistemler için tezgah, kuyruk ve malzeme iletim sistemini içine alan üç ayrı değişken göz önüne alınırken, dağınık tampon pozisyonlarına sahip sistemlerde ise, tamponlar önünde ortak kuyruklar oluşacağından ve burada bekleyen parça ya da paletler tüm istasyonlara ait olabileceğinden, Tablo 7.5 de görüldüğü gibi kuyruk uzunluğu değişkeni ayrı kurallar içinde sınıflandırılmıştır.

KURAL 2.	NORMAL İSTASYON
EĞER	İstasyonun ortalama kullanımı, istasyonun arzu edilen minimum kullanımından büyükse,
VE	İstasyonun ortalama kullanımı, istasyon için izin verilen maksimum kullanımından küçükse,
BU DURUMDA	İstasyonun kullanımı kabul edilebilir

KURAL 3.	MESGUL İSTASYON
EĞER	İstasyonun ortalama kullanımı, istasyon için izin verilen maksimum kullanımından büyükse,
BU DURUMDA	İstasyon ayrı kullanılmaktadır

Lokal tamponlara sahip istasyonlardaki yüklene ve boşaltma mekiği ve döner palet kullanımları ile ilgili kurallar:

KURAL 4.	NORMAL MEKİK VEYA NORMAL DÖNER PALET
EĞER	İstasyondaki kuyruk uzunluğu, izin verilen maksimum kuyruk uzunluğundan küçükse,
BU DURUMDA	İstasyondaki kuyruk uzunluğu kabul edilebilir

KURAL 5.	MESGUL MEKİK VEYA MESGUL DÖNER PALET
EĞER	İstasyondaki kuyruk uzunluğu, izin verilen maksimum kuyruk uzunluğundan büyükse,
BU DURUMDA	İstasyondaki kuyruk uzunluğu fazladır

TABLO 7.3: Çeşitli esnek üretim sistemi elemanlarının durumlarını analiz etmek için kullanılan uzman sistem kuralları.

KURAL 6. NORMAL TAMPON
Lokal ya da genel tamponlara sahip olan istasyonlar için düzenlenen kurallar:

KURAL 1. BOŞ İSTASYON
EĞER İstasyonun ortalama kullanımı, istasyonun arzu edilen minimum kullanımından küçükse,
BU DURUMDA İstasyonun kullanımı düşüktür.

KURAL 2. NORMAL İSTASYON
EĞER İstasyonun ortalama kullanımı, istasyonun arzu edilen minimum kullanımından büyükse,
VE İstasyonun ortalama kullanımı, istasyon için izin verilen maksimum kullanımından küçükse,
BU DURUMDA İstasyonun kullanımı kabul edilebilir.

KURAL 3. MEŞGUL İSTASYON
EĞER İstasyonun ortalama kullanımı, istasyon için izin verilen maksimum kullanımından büyükse,
BU DURUMDA İstasyon aşırı kullanılmaktadır.

Lokal tamponlara sahip istasyonlardaki yükleme ve boşaltma mekiği ve döner palet kullanımları ile ilgili kurallar:

KURAL 4. NORMAL MEKİK VEYA NORMAL DÖNER PALET
EĞER İstasyondaki kuyruk uzunluğu, izin verilen maksimum kuyruk uzunluğundan küçükse,
BU DURUMDA İstasyondaki kuyruk uzunluğu kabul edilebilir.

KURAL 5. MEŞGUL MEKİK VEYA MEŞGUL DÖNER PALET
EĞER İstasyondaki kuyruk uzunluğu, izin verilen maksimum kuyruk uzunluğundan büyükse,
BU DURUMDA İstasyondaki kuyruk uzunluğu fazladır,

Sistemde dağınık olarak bulunan tamponlar için kullanılan kurallar:

KURAL 6. NORMAL TAMPON

EĞER Tamponun ortalama kullanımı, tampon için izin verilen maksimum kullanımdan küçükse,
BU DURUMDA Tampon istasyonun kuyruk uzunluğu kabul edilebilir.

KURAL 7. MEŞGUL TAMPON

EĞER Kaynak için tamponun ortalama kullanımı, tampon için izin verilen maksimum kullanımdan büyükse,
BU DURUMDA Tampon istasyonun kuyruk uzunluğu fazladır.

Malzeme iletim sistemi için kullanılan kurallar (Kart ya da otomatik klavuzlu araç):

KURAL 8. NORMAL KART

EĞER Kartın ortalama kullanımı, kart için izin verilen maksimum kullanımdan küçükse,
BU DURUMDA Kartın kullanımı kabul edilebilir.

KURAL 9. MEŞGUL KART

EĞER Kartın ortalama kullanımı, malzeme iletim sistemi için izin verilen maksimum kullanımdan büyükse,
BU DURUMDA Kart aşırı kullanımdadır.

SONUC 1	Agır kullandıkça malzeme iletim sistemi, istasyondaki operasyonel kapasiteyi aşarak ve ağırlıkla çalışmaya başlamıştır.
SONUC 2	İstasyon ağır kullanımda ve malzeme iletim sistemi etkin çalışmamaktadır ve ağırlıkla çalışmaya başlamıştır.
SONUC 3	İstasyon ve malzeme iletim sistemi ağır kullanımdadır.
SONUC 4	İstasyonun kullanımı normaldir.
SONUC 5	İstasyon ağır kuyrukla çalışır.
SONUC 6	İstasyon düşük kullanımdadır.
SONUC 7	İstasyon, yedekte problemlerden dolayı düşük kullanımda çalışır.
SONUC 8	İstasyon ağır kullanımdadır.
SONUC 9	İstasyon, yedekte problemlerden dolayı ağır kullanımda çalışır.

TABLO 7.4: Lokal tamponlara sahip tezgahlardan oluşan esnek üretim sistemleri için oluşturulan operasyonel kurallar.

	KUYRUK	KART	TEZGAH	SONUÇ	YORUM
EĞER	N	A	N	1	Malzeme iletim sistemindeki
	U	A	N	2	aşırı kullanımlar, öncelikle
	N	A	D	1	malzeme iletim sistemi içindeki
	U	A	D	2	operasyonel problemler
	N	A	A	3	giderilerek önlenabilir.
	U	A	A	İSE 3	
	N	N	N	4	
	U	N	N	5	Kabul edilebilir malzeme
	N	N	D	6	iletim sistemi kullanımı için
	U	N	D	7	tezgahlardaki operasyonel
	N	N	A	8	problemler düzeltilmelidir.
	U	N	A	9	

D = Düşük kullanım, A = Aşırı kullanım, N = Normal, U = Uzun kuyruk

TABLO 7.5: Lokal tamponlara sahip esnek üretim sistemleri için oluşturulan operasyonel kurallara ait sonuçlar.

SONUÇ 1	Aşırı kullanılan malzeme iletim sistemi, istasyondaki operasyonel çalışma şartlarını ve alınan sonuçları etkilemektedir.
SONUÇ 2	İstasyon aşırı kullanımda olan malzeme iletim sisteminin etkisi altındadır ve ayrıca yükleme problemine de sahip olabilir.
SONUÇ 3	İstasyon ve malzeme iletim sistemi aşırı kullanımdadır.
SONUÇ 4	İstasyonun kullanımı normaldir.
SONUÇ 5	İstasyon uzun kuyruğa sahiptir.
SONUÇ 6	İstasyon düşük kullanımdadır.
SONUÇ 7	İstasyon, yükleme probleminden dolayı düşük kullanımda olabilir.
SONUÇ 8	İstasyon aşırı kullanımdadır
SONUÇ 9	İstasyon, yükleme probleminden dolayı aşırı kullanımda olabilir.

7.5.2. ÇÖZÜM ÖNERİCİ KURALLAR

TABLO 7.6: Sistemde dağıtık olarak bulunan tamponlara sahip esnek üretim sistemleri için geliştirilen kurallar.

	KART	TEZGAH	SONUÇ	YORUM
EĞER	A	N	10	Kabul edilebilir bir malzeme iletim sistemi
	A	D	10	kullanımı için tezgahlardaki operasyonel
	A	A	İSE 11	problemler düzeltilmelidir.
	N	N	12	Aşırı kullanılan bir malzeme iletim sistemi
	N	D	13	için öncelikle malzeme iletim sistemindeki
	N	A	14	operasyonel problemler giderilmelidir.
EĞER	KUYRUK UZUNLUĞU			
	U		İSE 15	
	N		16	

D = Düşük kullanım, A = Aşırı kullanım, N = Normal, U = Uzun kuyruk

TABLO 7.7: Sistem boyunca dağıtılmış tamponlara sahip esnek üretim sistemleri için oluşturulan operasyonel kurallara ait sonuçlar.

SONUÇ	10	Aşırı kullanımda olan malzeme iletim sistemi, istasyondaki tüm operasyonel çalışma şartlarını ve alınan sonuçları etkilemektedir.
SONUÇ	11	İstasyon ve malzeme iletim sistemi aşırı kullanımdadır.
SONUÇ	12	İstasyon normal olarak kullanılmaktadır.
SONUÇ	13	İstasyon düşük kullanımdadır.
SONUÇ	14	İstasyon aşırı kullanımdadır.
SONUÇ	15	Tampon pozisyonlarının sayısı yetersizdir.
SONUÇ	16	Tampon pozisyonlarının sayısı yeterlidir.

7.5.2. ÇÖZÜM ÖNERİCİ KURALLAR

Bu tip kurallar tampon alanlarını değiştirerek, istasyonları yeniden düzenleyerek ya da daha fazla taşıyıcı ekleyerek, esnek üretim sistemi tasarımı için uygun düzenlemelerin önerilmesine yardımcı olur. Tasarlanan uzman sistemin bu kısmına ait bilgi tabanında bulunan kurallar Tablo 7.8 de görülmektedir. Bu aşamada kullanıcı, mevcut duruma ait tasarım parametrelerini değiştirme ve eğer isterse tasarım prosesini yeniden başlatma avantajına sahiptir. Bununla birlikte, eğer kullanıcı mevcut esnek üretim sistemi konfigürasyonunu tatminkâr buluyorsa, prosesi burada bitirebilir.

Yukarıda anlatılanlardan da anlaşılacağı üzere, benzetim sonucunda elde edilen performans ölçüleri daha sonra incelenmek üzere kural esaslı uzman sisteme gönderilir. Bu, tasarlanan sistemin benzetim safhasını ve sonuçların analizi safhasını kapsar. SIMAN programından elde edilen istatistiksel çıktılar yine SIMAN' ın sahip bulunduğu OUTPUT işlemcisinde, her bir benzetim koşumu için analiz edilir. Esnek üretim sistemi tasarımında önemli rol oynayan başlıca performans ölçüleri, yine bu OUTPUT işlemcisinin yardımıyla, kullanıcının anlayabileceği bir şekle sokulur. Burada çeşitli grafikler ve diyagramlar çıkarılmasına yardımcı olan komutlar kullanılır. Bu komutlar OUTPUT işlemcisinin genel kullanım komutlarıdır. Elde edilen tüm bu bilgiler, daha sonra detaylı bir değerlendirme sağlamak amacıyla uzman sistemin hata bulucu ve çözüm önerici kısımlarına yollanır. Bu sayede mevcut tasarımın pratikte karşılaşılabileceği çeşitli tasarım problemlerinin önceden bulunması ve bulunan bu aksaklıkların ne şekilde giderilebileceği, bir anlamda hataların en kısa yoldan, daha sistem tasarlanma aşamasında iken yok edilmesi sağlanmış olur.

Çözüm önerici kurallar içinde sisteme yeni mekik pozisyonlarının eklenmesi durumu göz önüne alınmamıştır. Çünkü bu tür mekiklere sahip olan tezgahlar için mekik pozisyonlarının sayısı değiştirilemez. Bu yüzden de, çalışmamızda kullanılan sistemler de göz önüne alındığında, bu konuda alınacak herhangi bir önlem yoktur.

TABLO 7.8: Çözüm önerici kuralların listesi.

OPERASYONEL SONUÇLAR	YAPILMASI GEREKEN FAALİYET
1	Esnek üretim sistemine yeni bir kart ekleyiniz, ya da, daha hızlı bir kart seçiniz.
2	SONUÇ 5' e göre hareket ediniz, ve, SONUÇ 1' e göre hareket ediniz.
3	Esnek üretim sistemi için uygun olmayan tezgah, tampon yerleşimi ya da malzeme iletim sistemi bulunabilir, kontrol ediniz.
4	Esnek üretim sistemi konfigürasyonu kabul edilebilir.
5	Daha hızlı bir mekik düzenini göz önüne alınız, ya da, mekik pozisyonlarının sayısını arttırınız.
6	Esnek üretim sisteminde daha iyi bir yükleme gerçekleştirebilmek için parça karışımlarını gözden geçirin, ya da, esnek üretim sistemine palet ekleyiniz.
7	Daha hızlı bir mekik düzenlemesi gerçekleştirmeye çalışınız.
8	Esnek üretim sistemine tezgah ekleyiniz, ya da, daha hızlı bir tezgah kullanınız, ya da, tezgahları gruplamaya çalışınız.
9	SONUÇ 8' e göre hareket ediniz, ya da, daha hızlı bir mekik tipi veya pozisyonu seçiniz.
10	SONUÇ 1' e göre hareket ediniz.
11	Esnek üretim sistemi için uygun olmayan tezgah ya da malzeme iletim sistemi bulunabilir, kontrol ediniz.
12	Esnek üretim sistemi konfigürasyonu kabul edilebilir.
13	SONUÇ 6' ya göre hareket ediniz.
14	SONUÇ 8'e göre hareket ediniz.
15	Tampon pozisyonlarının sayısını arttırınız, ya da, yükleme ve boşaltma mekiklerinin kullanımlarını kontrol ediniz.
16	Tampon pozisyonlarının sayısı yeterlidir, kabul ediniz.

7.6. MEVCUT ESNEK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN REFERANS OLARAK KULLANILMASI

Referans kısmı, seçilen esnek üretim sistemi konfigürasyonlarının toplamının bulunduğu bir çeşit kütüphanedir. Bu kısım, herhangi bir esnek üretim sisteminin tasarımına başlandığında, benzer konfigürasyonların daha önceden sistemde olup olmadığının bulunmasında kullanıcıya yardımcı olmak amacıyla düzenlenmiştir. Böyle bir yaklaşım, önceki bilgilerden yararlanılabildiği için esnek üretim sistemi tasarımcısına oldukça yardımcı olur. Seçilen esnek üretim sistemi konfigürasyonlarına ait veriler, uzman sistemin bu kısmına ait dosyalarda saklanırlar. Bu sayede burada bulunan veriler gerektiğinde güncelleştirilebilir, silinebilir ya da yeniden kullanılmak üzere çağırılabilir.

Esnek üretim sistemi referans dosyasında bulunması gereken bazı bilgiler Tablo 7.9 da görülmektedir. Esnek üretim sistemlerinin tasarım prosesleri ile ilgili veriler mevcut esnek üretim sistemi konfigürasyonlarından elde edilir ve burada açıklanmakta olan dosyalarda saklanırlar.

Tablo 7.9 da belirtilen bilgiler, literatürdeki bazı çalışmalardan, konuyla ilgili olarak yapılmış bazı projelerden ve Glasgow çevresindeki çeşitli işletmelere yapılan ziyaretler sonucu buralarda kullanılmakta olan çeşitli sistemler örnek alınarak toplanmıştır. Her ne kadar mevcut olan tüm esnek üretim sistemlerine ait bilgileri kesin olarak yansıtmamakla beraber, bu çalışmada kullanılan esnek üretim sistemi konfigürasyon tiplerine ait bilgilerin çoğu ilgili veri dosyalarına yerleştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca kullanılan uzman sistemin doğal yapısı gereği daha sonraki çeşitli yeni veri girişleri ve güncelleştirme de oldukça kolay olacaktır.

TABLO 7.9: Esnek üretim sistemi referans dosyasında bulunması gerekli bazı bilgiler:

- (a) Sistemdeki paletlerin sayısı
- (b) Palet başına parça sayısı
1. Sistemin adı
2. Esnek üretim sisteminin tipi
3. Operasyonel bilgiler
 - (a) Prosesin yapısı
 - (b) Parti miktarı
 - (c) Parça tipi
 - (d) Parça tiplerinin sayısı
 - (e) Parçanın malzemesi
 - (f) Parça boyutu
4. İstasyonlar (Tezgahlar)
 - (a) İstasyon sayısı
 - (b) İstasyon tipleri
 - (c) İstasyon tampon tipleri
 - (d) Yükleme ve boşaltma istasyonu sayısı
5. Malzeme iletim sistemi
 - (a) Malzeme iletim araçlarının sayısı ve tipi
 - (b) Malzeme iletim yolunun yapısı ve şekli
 - (c) Malzeme iletim sisteminin taşıma kapasitesi
 - (d) Malzeme iletim sisteminin hızı
6. Sistem içinde kullanılan diğer tamponlar ve yarı mamul stokları
 - (a) Bu tamponları sayısı ve yerleşim yerleri
 - (b) Yarı mamul stoklarının sayısı ve yerleri

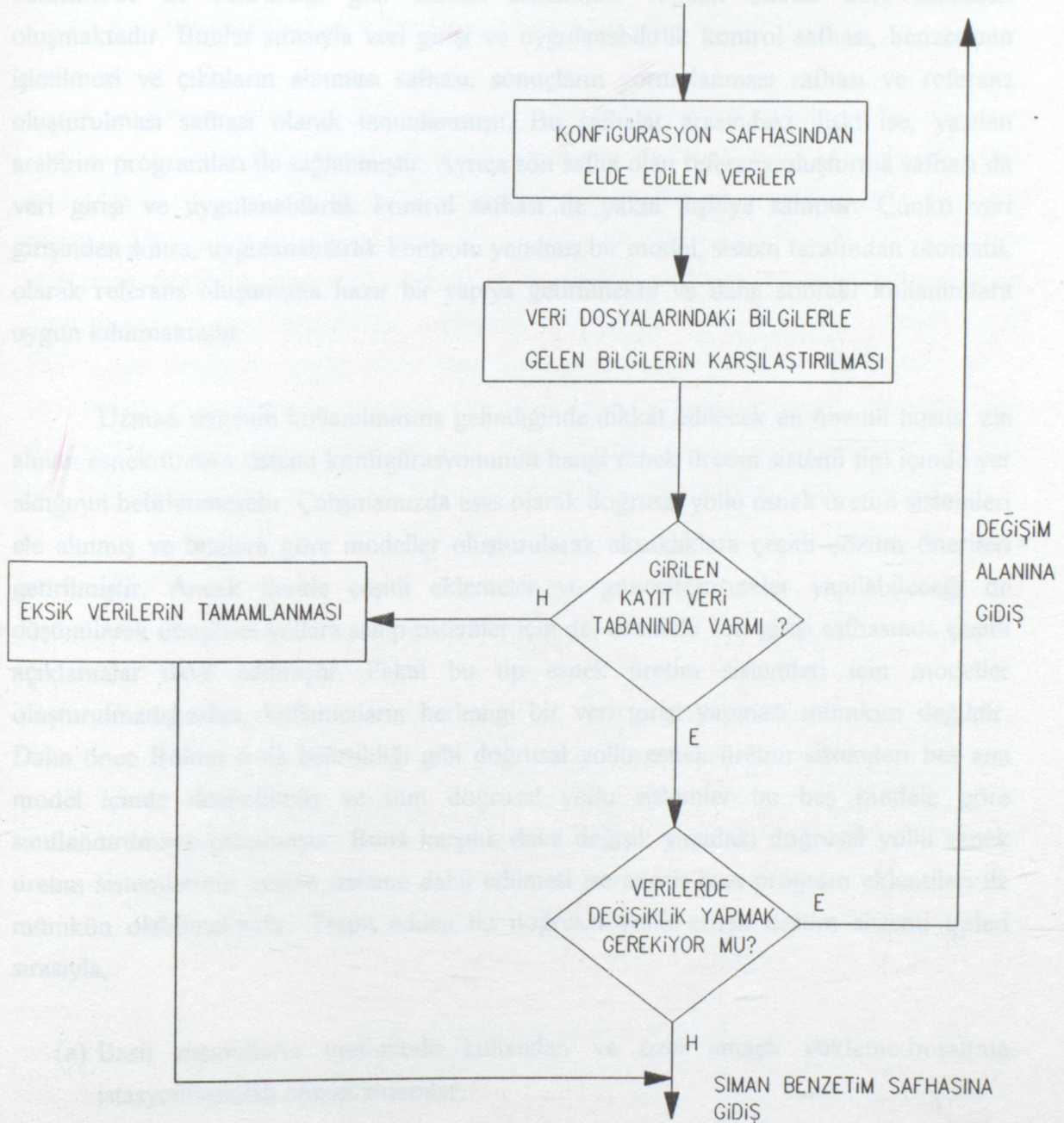
7. Palet
 - (a) Sistemdeki paletlerin sayısı
 - (b) Palet başına parça sayısı
 - (c) Parça tarifleme metodu
8. Takımlar
 - (a) Takım magazinindeki takım sayısı
 - (b) Takım değiştirme metodu
 - (c) Takım yükleme metodu
9. Bağlama düzenleri
 - (a) Parça başına gerekli bağlama düzeni sayısı
 - (b) Bağlama düzeni tipi
10. Ölçme ve muayene
 - (a) Proses içi ölçme ve muayene metodu
 - (b) Proses sonrası ölçme ve muayene metodu

7.7. VERİ SAKLAMA VE ÇAĞIRMA

Esnek üretim sistemi referans dosyası oluşturulduktan sonra, dosya içindeki çeşitli veri değerlerinin, değişik güncelleştirme nedenlerinden dolayı sürekli değişime tabi tutulmaları kaçınılmazdır. Bu aşamada karşılaşılabilecek en önemli faaliyetler veri saklama, değiştirme ve silme operasyonlarıdır.

Veri girişi yapılan herhangi bir sisteme ait uygulanabilirlik kontrolü tamamlandıktan sonra kullanıcı, daha önceden bu sistemin programa girilip girilmediğinden emin olmak amacıyla referans safhasına gelir. Burada, girilen verilerle, veri dosyasında bulunan çeşitli sistemlere ait veriler karşılaştırılır. Önceden tesbit edilen ve bir esnek üretim sisteminin belirlenmesinde önemli rol oynayan bazı elemanlar bu karşılaştırmaya esas teşkil ederler. Örneğin girilen veriler merkezi yükleme ve boşaltma istasyonlarına sahip yuvarlak parçalar işleyen işleme merkezlerinden oluşan doğrusal yollu bir esnek üretim sistemi ile ilgili ise, program uzman sistemin referans dosyasından bu tür sistemleri araştırarak ve kullanıcıya sunacaktır. Eğer kullanıcı daha fazla bilgi

girerse, buna karşılık daha hassas bir arama elde edecek ve istediği sonuca daha çabuk ulaşacaktır. Eğer sisteme hiç veri girilmezse, tüm esnek üretim sistemi konfigürasyon bilgileri ekranda gözükebilecektir. Buna karşılık, benzer hiçbir sistem veri dosyasında bulunamazsa, program kayıt girişi yapmak üzere kullanıcıdan gerekli bilgileri isteyecektir. Şekil 7.6 da referans modülünün yapısı görülmektedir.



ŞEKİL 7.6: Referans safhasındaki veri akışı ve genel yapısı.

BÖLÜM 8. UYGULAMA

Bu bölümde, oluşturulmuş bulunan esnek üretim uzman sisteminin kullanıcı tarafından ne şekilde kullanılabileceği hakkında çeşitli bilgiler verilecektir. Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi uzman sistemimiz toplam olarak dört safhadan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla veri girişi ve uygulanabilirlik kontrol safhası, benzetimin işletilmesi ve çıktıların alınması safhası, sonuçların yorumlanması safhası ve referans oluşturulması safhası olarak tanımlanmıştır. Bu safhalar arasındaki ilişki ise, yazılan arabirim programları ile sağlanmıştır. Ayrıca son safha olan referans oluşturma safhası da veri girişi ve uygulanabilirlik kontrol safhası ile yakın ilişkiye sahiptir. Çünkü veri girişinden sonra, uygulanabilirlik kontrolü yapılmış bir model, sistem tarafından otomatik olarak referans oluşumuna hazır bir yapıya getirilmekte ve daha sonraki kullanımlara uygun kılınmaktadır.

Uzman sistemin kullanılmasına gelindiğinde dikkat edilecek en önemli husus, ele alınan esnek üretim sistemi konfigürasyonunun hangi esnek üretim sistemi tipi içinde yer aldığı belirlenmesidir. Çalışmamızda esas olarak doğrusal yollu esnek üretim sistemleri ele alınmış ve bunlara göre modeller oluşturularak aksaklıklara çeşitli çözüm önerileri getirilmiştir. Ancak ileride çeşitli eklemeler ve güncelleştirmeler yapılabileceği de düşünülerek döngüsel yollara sahip sistemler için de, özellikle veri girişi safhasında çeşitli açıklamalar ilave edilmiştir. Fakat bu tip esnek üretim sistemleri için modeller oluşturulmadığından, kullanıcıların herhangi bir veri girişi yapması mümkün değildir. Daha önce Bölüm 6 da belirtildiği gibi doğrusal yollu esnek üretim sistemleri beş ana model içinde düşünülmüş ve tüm doğrusal yollu sistemler bu beş modele göre sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Buna karşılık daha değişik yapıdaki doğrusal yollu esnek üretim sistemlerinin uzman sisteme dahil edilmesi ise ancak bazı program eklentileri ile mümkün olabilmektedir. Tespit edilen bu doğrusal yollu esnek üretim sistemi tipleri sırasıyla,

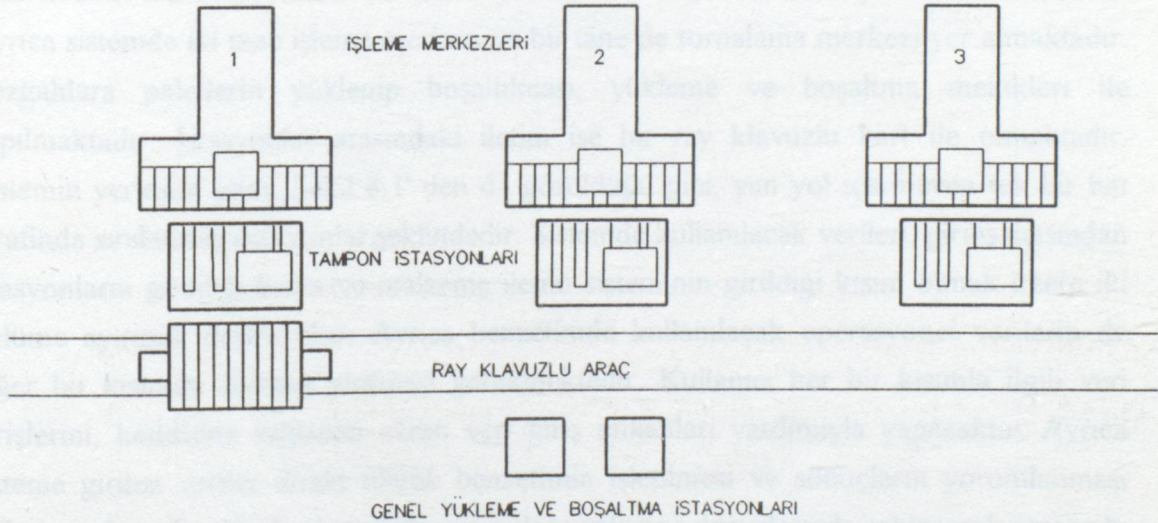
- (a) Basit mamullerin üretiminde kullanılan ve özel amaçlı yükleme-boşaltma istasyonlarından oluşan sistemler,
- (b) Özel amaçlı yükleme-boşaltma istasyonları ve tezgah önlerindeki tamponlardan oluşan sistem,

(c) Genel amaçlı yükleme-boşaltma istasyonlarına ve tezgah önlerindeki tamponlara sahip sistemler,

(d) Merkezi palet stoklarına sahip sistemler,

(e) Sınırlı sayıda merkezi palet stoğuna sahip sistemler,

olarak gruplara ayrılmıştır. Her grup ayrıca kendi bünyesinde tezgah sayısı, yükleme-boşaltma istasyonu sayısı, tezgah önlerinde tamponlara sahip olup olmama, merkezi palet stoğu sayısı ve taşıyıcı sayısı gibi alt sınıflandırmalara ve kullanıcının seçim serbestisine sahiptir. Yani kullanıcı esnek üretim sistemi tipini belirledikten sonra kendisine sunulan veri girişi olanakları yardımıyla istediği ya da gereken ekipman ayarlamalarını yapabilir. Tüm bunlar uzman sistemdeki yerleşime, bir başka deyişle esnek üretim sistemi konfigürasyonuna ait verileri ifade eder. Ayrıca, operasyonel veriler olarak adlandırılan ve sisteme ait çalışma şartlarını içeren verilerin de sisteme girilmesi gerekmektedir. Bunlar tezgahların parça işleme süreleri, parça sayıları, rotalar, malzeme iletim aracının hızı, kapasitesi, rotası, istasyonlar arasındaki uzaklıklar gibi bilgileri kapsamaktadır.



ŞEKİL 8.1: Genel amaçlı yükleme-boşaltma istasyonlarına ve tezgah önlerindeki tamponlara sahip doğrusal yollu esnek üretim sistemi.

Oluşturulan esnek üretim uzman sistemini bu şekilde kısaca yeniden açıkladıktan sonra, bir örnek uygulama üzerinde kullanım açısından inceleyebilmek için tüm sistemi yeniden göz önüne alalım. Bu incelemede, daha önce belirttiğimiz gibi doğrusal yollu esnek üretim sistemi tiplerinden biri olan, genel amaçlı yükleme-boşaltma istasyonlarına ve tezgah önlerinde tamponlara sahip modeli kullanalım. Bu modelin yerleşim diyagramı Şekil 8.1 de görülmektedir.

Bu sistemde tüm yükleme ve boşaltma işlemleri tek bir istasyon tarafından yerine getirilmektedir. Tezgah sayıları değişebilir ve her tezgah kendi tampon stoğunu kullanmaktadır. Yükleme ve boşaltma istasyonu ile tezgahlar arasındaki iletişim, bir ray klavuzlu araç yardımıyla sağlanmaktadır. Sistem içinde paletlerin konulmasına tahsis edilmiş özel yerler bulunmadığından, paletlerin bırakıldığı yerlerin sayısı önem taşımaktadır. Esas olarak tampon stoklara sahip her bir tezgah biri giriş tamponunda, biri işlenmek üzere tezgah önünde ve diğeri de çıkış tamponunda olmak üzere aynı anda üç adet paletle sahip olabilir. Ayrıca biri taşıyıcı üzerinde ve bir tanesi de yükleme-boşaltma istasyonu üzerinde olacak şekilde iki paletlik yer daha bulunmaktadır. Bu yüzden palet sayıları belirlenirken, bu yer kısıtlarını kesinlikle göz önüne almak gerekmektedir.

Uygulamamızda ele alınan esnek üretim sistemi dört adet istasyondan meydana gelmektedir. Bu istasyonların bir tanesi yükleme ve boşaltma amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca sistemde iki tane işleme merkezi ve bir tane de tornalama merkezi yer almaktadır. Tezgahlara paletlerin yüklenip boşaltılması, yükleme ve boşaltma mekikleri ile yapılmaktadır. İstasyonlar arasındaki iletim ise bir ray klavuzlu kart ile olmaktadır. Sistemin yerleşim şekli, Şekil 8.1' den de görüldüğü gibi, yan yol içermeyen tek bir hat etrafında sıralanmış istasyonlar şeklindedir. Sistemde kullanılacak verileri, giriliş açısından istasyonların girildiği kısım ve malzeme iletim sisteminin girildiği kısım olmak üzere iki bölüme ayırmak doğru olur. Ayrıca benzetimde kullanılacak operasyonel verilerin de diğer bir kısımda sisteme girilmesi gerekmektedir. Kullanıcı her bir kısım ile ilgili veri girişlerini, kendisine sağlanan ekran veri giriş imkanları yardımıyla yapacaktır. Ayrıca sisteme girilen veriler direkt olarak benzetimin işletilmesi ve sonuçların yorumlanması safhalarında kullanılacak olan veriler ve sadece referans dosyalarında saklanmak amacıyla sistem hakkındaki genel bilgiyi içeren veriler olmak üzere iki grupta da toplanabilir. Ancak tüm veri girişleri uzman sistem tarafından düzenlendiğinden, kullanıcının bu tür gruplamalara ve ayırımlara gitmesi önlenmekte ve büyük kolaylık sağlanmaktadır.

TABLO 8.1: İstasyonlara, malzeme iletim sistemine ve operasyonel koşullara ait veri girişlerinin ekran çıktısı örnekleri.

BENZETİM UZMANI

Mevcut Modeller

No	Model Adı	Yarış	Çıkış	Açıklama
1	VERİ GİRİŞİ	05/10/93	00000000	YERLİ EUS

<ENTER> Model Seçme Ins-Yeni Model Del-Model Silme <ESC> Menü

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ Endüstri Mühendisliği Bölümü (C) 1993/94

BENZETİM UZMANI

Veri Girişleri

Standart Model Veri Bakımı

Problem Veri Bakımı

Ana Menüye Dönüş

<ESC> Çıkış F10-Kabul F5-Yazıcı

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ Endüstri Mühendisliği Bölümü (C) 1993/94

TABLO 8.1: İstasyonlara, malzeme iletim sistemine ve operasyonel koşullara ait veri girişlerinin ekran çıktısı örnekleri (Devamı).

BENZETİM UZMANI

Mevcut Modeller

No.	Model Adı	Açılış	Değişt.	Açıklama
1	MODEL3-5	05/07/93	15/10/93	DOĞRUSAL YOLLU EÜS

İstasyon Tipi: İŞLEME MERKEZİ
Yükleme Metodu: GİRİŞ-ÇIKIŞ MERKEZİ
Yükleme Sürat: 0
Boğaltma Sürat: 0
Giriş Tampon Sayısı: 1
Çıkış Tampon Sayısı: 1
Değişim Tipi: SABİT
İşleme Sürat: 1
Minimum Parça İşleme Sürat: 1
Maximum Parça İşleme Sürat: 1
Standart Sapma: 1
Minimum Kullanım Gransı: 1075

<ENTER>-Model Seçme Ins-Yeni Model Del-Model Silme <ESC>-Menü

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği Bölümü (C) 1993/94

BENZETİM UZMANI

KAY KİTAVUZLUY KART

Model Numarası : 1
Model Adı : [MODEL3-5]
Model Oluşturma Tarihi . . . : 05/07/1993
Değiştirme Tarihi : 15/10/1993
Açıklama :

İstasyon Veri Girişi
Malzeme İletimi Veri Girişi
Benzetim Veri Girişi

<ESC>-Çıkış F10-Kabul F5-Yazıcı

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği Bölümü (C) 1993/94

TABLO 8.1: İstasyonlara, malzeme iletim sistemine ve operasyonel koşullara ait veri girişlerinin ekran çıktısı örnekleri (Devamı).

BENZETİM UZMANI	
Esnek Üretim Sisteminin Tipi . . .	: Doğrusal Yollu
İstasyon Sayısı	: 4
İstasyon Bilgileri	
İstasyon Numarası	: 1
İstasyon Adı	: İSTASYON-1
İstasyon Tipi	: İŞLEME MERKEZİ
Yükleme Metodu	: GİRDİ-ÇIKTI MEKİĞİ
Yükleme Süresi	: 0
Boşaltma Süresi	: 0
Giriş Tampon Sayısı	: 1
Çıkış Tampon Sayısı	: 1
Dağılım Tipi	: SABİT
İşleme Süresi	: -
Minimum Parça İşleme Süresi . . .	: -
Maximum Parça İşleme Süresi . . .	: -
Standart Sapma	: -
Minimum Kullanım Oranı	: %75
Maximum Kullanım Oranı	: %95
Maximum Kuyruk Uzunluğu(%) . . .	: %100
<ESC>-Çıkış	

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği Bölümü (C) 1993/94

BENZETİM UZMANI	
Taşıyıcı Türü	: RAY KLAVUZLU KART
Taşıyıcı Kapasitesi	: 1
Taşıyıcı Hızı	: 10
Taşıyıcı Maximum Kullanım Oranı . .	: %95
Yol Tipi	: YAN YOL İÇERMEYEN TEK BİR HAT
<ESC>-Çıkış	

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği Bölümü (C) 1993/94

TABLO 8.1: İstasyonlara, malzeme iletim sistemine ve operasyonel koşullara ait veri girişlerinin ekran çıktısı örnekleri (Devamı).

BENZETİM UZMANI	
Parti Miktarı	: [750]
Parçalara Ait Dağılımlar	: ÜSSEL
Gelişler Arası Süre	: 17
Minimum Değer	: -
Maximum Değer	: -
Standart Sapma	: -
Palet Sayısı	: 5
Palet Kapasitesi	: 1
Parça Tanımlama Metodu	: HER PALETE BİR PARÇA BAĞLANABİLİR
Magazindeki Takım Sayısı	: 50
Takım Değiştirme Metodu	: OTOMATİK
Takım Yükleme Metodu	: İŞÇİ TARAFINDAN
Bağlama Düzeni Sayısı	: -
Bağlama Düzeni Tipi	: -
Proses İçi Ölçme-Muayene Metodu	: EL İLE
Proses Sonrası Ölçme-Muayene Mtd.	: EL İLE
Proses Tipi	: PARÇA İŞLEME ESASLI
<ESC>-Çıkış	

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği Bölümü (C) 1993/94

BENZETİM UZMANI	
Parça Sayısı	: [12]
İş Parçası Bilgileri	
Parça Numarası	: 1
Parçanın % Olarak Oranı	: 0.1889
Parçanın Geometrik Şekli	: PRİZMATİK
Parçanın Malzemesi	: DÖKME DEMİR
Parça Boyutları	: -
<ESC>-Çıkış	

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği Bölümü (C) 1993/94

TABLO 8.1 Tablo 8.1 de, ele alınan esnek üretim sisteminin istasyonlarına ve malzeme iletim sistemine ait yerleşim bilgileri ile operasyonel bilgilerin, uzman sistemin ilgili veri tabanlarına girişlerine ait ekran çıktıları görülmektedir. Tablolardan da anlaşılacağı üzere uygulanabilirlik kontrolunda, benzetimin işletilmesinde, sonuçların yorumlanmasında ve referans oluşturulmasında gerekli olan tüm veriler uzman sistemin ilgili veri tabanlarına girilmektedir. Eğer bu veri girişleri esnasında herhangi bir hata yapılmış ya da eksik bilgi girilmişse, yine uzman sistemin veri giriş safhasında yer alan veri değişim alanında gerekli değişiklikler yapılabilir. Bundan başka girilen tüm bilgiler uygulanabilirlik kontrol alanında incelemeye tabi tutulur. Eğer doğrusal yollu bir esnek üretim sisteminde olmaması gereken bir husus tesbit edilmişse, kullanıcı uyarılır ve düzeltme yapması ya da önlem alması istenir. Uygulanabilirlik kontrol alanı dört kısma ayrılmıştır. Burada genel konfigürasyona ait kontroller ile tezgah tampon stokları, genel tampon stokları ve sistemdeki palet sayılarına ait kontroller yer alır. Çünkü bu anlatılanlar bir esnek üretim sisteminin çalışmasına etki eden en önemli hususlardır. Örneğin, doğrusal yollu bir esnek üretim sisteminde ikiden fazla taşıyıcı kullanılması, sistemi bloke edebilir. Ayrıca birden fazla taşıyıcı kullanımında, mümkün olabilecek tıkanıklıkları önlemek için belirli noktalarda yan yollar bulundurulması gerekmektedir. Diğer önemli bir husus da, paletlerdir. Eğer sistemdeki toplam palet sayısı, sistem içindeki palet yerleştirme pozisyonlarının toplamından büyük ya da ona eşitse, sistemde tıkanıklık meydana gelebilir. Bu yüzden paletlerin toplam sayısı, yerleştirme pozisyonlarının sayısının altında olmalıdır. İşte uygulanabilirlik kontrol alanında kullanıcıya bu tür uyarılar yapılarak, daha işin başındayken benzetim safhasına geçmeden olabilecek aksaklıkların giderilmesi sağlanır.

Benzetim safhasına geçmeden önce klasik kapasite analizi teknikleri ile istasyonlar ve malzeme iletim sistemine ait çeşitli performans değerlerinin de kullanıcı tarafından uzman sisteme girilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler her ekipmanın sahip olması gereken minimum ve maksimum kullanım oranları ile kuyruk uzunlukları hakkındaki bilgileri içine alır. Böylece esnek üretim uzman sistemi, sonuçların yorumlanması aşamasında hangi kriterleri kendisine esas alacağını belirlemiş olur. Tablo 8.2 de uygulamaya esas olarak seçilen modele ait istasyonlar ve malzeme iletim sisteminde izin verilen minimum ve maksimum kullanım oranları ile yine istasyonlar ve malzeme iletim sisteminde bulunmasına izin verilen minimum ve maksimum kuyruk uzunlukları görülmektedir.

TABLO 8.2: İstasyonlar ve malzeme iletim sisteminde izin verilen çalışma şartları.

1. İstasyon (İşleme İstasyonu):

Arzu edilen minimum kullanım	: % 75
İzin verilen maksimum kullanım	: % 95
İzin verilen maksimum kuyruk uzunluğu	: % 100

2. İstasyon (İşleme İstasyonu):

Arzu edilen minimum kullanım	: % 75
İzin verilen maksimum kullanım	: % 95
İzin verilen maksimum kuyruk uzunluğu	: % 100

3. İstasyon (Tornalama İstasyonu):

Arzu edilen minimum kullanım	: % 35
İzin verilen maksimum kullanım	: % 95
İzin verilen maksimum kuyruk uzunluğu	: % 100

4. İstasyon (Yükleme - Boşaltma istasyonu):

Arzu edilen minimum kullanım	: % 20
İzin verilen maksimum kullanım	: % 70
İzin verilen maksimum kuyruk uzunluğu	: % 75

Malzeme taşıma aracı (Kart):

İzin verilen maksimum kullanım	: % 95
--------------------------------	--------



TABLO 8.3: Örnek esnek üretim sistemine ait SIMAN model programı

```

BEGIN;
  CREATE:EX(2,1),750:MARK(1);
  ASSIGN:X(1)=3;
  ASSIGN:X(2)=12;
  COUNT:1,1;
  ASSIGN:A(2)=DP(3,1);
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  ASSIGN:A(4)=P(4,A(3));
  ASSIGN:A(5)=P(5,A(2));
  ROUTE:0,11;
  STATION,11;
  QUEUE,14;
  SEIZE:JOBLIM;
  ROUTE:0,10;
  STATION,4-6;
  FREE:CART;
  ROUTE:0,A(4);
  STATION,1-3;
  QUEUE,M;
  SEIZE:MACHINE(M);
  RELEASE:IBUFFER(M);
  DELAY:A(5);
  COUNT:M+1,1;
  ROUTE:0,M+6;
  STATION,7-9;
  ASSIGN:X(3)=M;
  QUEUE,M;
  SEIZE:OBUFFER(M-6);
  RELEASE:MACHINE(M-6);
  QUEUE,M+3;
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  QUEUE,15;
  SEIZE,1:LOAD;
  ASSIGN:J=1;
  ROUTE:0,13;
  STATION,13;
  BRANCH,1:
    IF,J.EQ.1,TAS11:
    ELSE,TAS12;
TAS11 ASSIGN:M=X(3);
  QUEUE,16;
  REQUEST,1:CART;
  RELEASE:OBUFFER(M-6);
  TRANSPORT:CART,10;
TAS12 ASSIGN:M=10;
  QUEUE,17;
  REQUEST,2:CART;
  RELEASE:LOAD;
  TRANSPORT:CART,X(4);
  STATION,10;

```



```

      BRANCH,1:
      IF,A(3).EQ.1,ILK:
      ELSE,YOLLA;
ILK   QUEUE,18;
      SEIZE,2:LOAD;
      ASSIGN:A(1)=TNOW;
      ASSIGN:J=1;
      ROUTE:0,12;
      CRT   ASSIGN:J2=3+X(1);
          FINDJ,4,J2:MIN(NR(J));
          ASSIGN:A(4)=J-3;
          ASSIGN:X(4)=J;
          ASSIGN:M=X(4);
          QUEUE,M+17;
          SEIZE:IBUFFER(M-3);
          ASSIGN:J=2;
          ROUTE:0,13;
      YOLLA FREE:CART;
          ASSIGN:J=2;
          ROUTE:0,12;
          STATION,12;
          BRANCH,1:
          IF,J.EQ.1,ISCI1:
          ELSE,ISCI2;
ISCI1 QUEUE,19;
      SEIZE,2:WORKER;
      DELAY:3;
      RELEASE:WORKER:NEXT(CRT);
ISCI2 QUEUE,20;
      SEIZE,1:WORKER;
      DELAY:3;
      RELEASE:WORKER;
      RELEASE:LOAD;
      RELEASE:JOBLIM:NEXT(CIKIS);
      CIKIS TALLY:A(2),INT(1);
          TALLY:13,INT(1):DISPOSE;
      END;

```


TABLO 8.4: Örnek esnek üretim sistemine ait SIMAN deneysel programı

```

BEGIN;
PROJECT,MODEL 3,SEMIH,1/12/1993;
DISCRETE,750,10,25,15;
RESOURCES:1-3,MACHINE:
    4-6,IBUFFER:
    7-9,OBUFFER:
    10,LOAD,2:
    11,JOBLIM,3:
    12,WORKER,1;
TRANSPORTERS:1,CART,1,1,10.0,10-A;
DISTANCES:1,4-10,1,2,0,1,2,1/
    1,1,0,1,0/
    2,1,0,1/
    1,2,1/
    1,0/
    0;
PARAMETERS:1,3,12:
    2,17.:
    3,0.1889,1,0.3483,2,0.5018,3,0.6081,4,
    0.6907,5,0.7615,6,0.8205,7,0.8677,8,
    0.9102,9,0.948,10,0.9763,11,1.,12:
    4,1,2,3:
    5,18.,60.,36.,40.,36.,24.,32.,28.,20.,20.,30.,32.;
TALLIES:1,T. IN SYS. P1:
    2,T. IN SYS. P2:
    3,T. IN SYS. P3:
    4,T. IN SYS. P4:
    5,T. IN SYS. P5:
    6,T. IN SYS. P6:
    7,T. IN SYS. P7:
    8,T. IN SYS. P8:
    9,T. IN SYS. P9:
    10,T. IN SYS. P10:
    11,T. IN SYS. P11:
    12,T. IN SYS. P12:
    13,T. IN SYS. ALL;
DSTAT:1,NR(1),MAK1 KULL:
    2,NR(2),MAK2 KULL:
    3,NR(3),MAK3 KULL:
    4,NQ(1),MAK1 KUYR:
    5,NQ(2),MAK2 KUYR:
    6,NQ(3),MAK3 KUYR:
    7,NT(1),KART KULL:
    8,NR(10),YUK IST KULL:
    9,NQ(10),YUK IST KUYR:
    10,NR(12),ISCI KULL:
    11,NR(11),KONTROL CU KULL:
    12,NQ(18),YUKLEME KUY:
    13,NQ(14),GELIS KUY;
REPLICATE,1,0,8640,,1440;

```


COUNTER:1,GELISLERIN SAYISI:
2,MAK1 CIKAN ISLER:
3,MAK2 CIKAN ISLER:
4,MAK3 CIKAN ISLER;

END;

uygulanabilirlik kontrolü tamamlanan bir esnek üretim sistemi modellemek üzere benzetim sahasına yollanır. Bu aşamada benzetimcinin sonuçları almaktan başka yapabileceği bir şey yoktur. Uzman sistem, girilen tüm bu veriler yardımıyla benzetim modelini oluşturur ve çıktı verir. SIMAN benzetim dili ile ilgili komutlar ve her bir esnek üretim sistemi tipine ait benzetim modelleri ilgili veri tabanlarında mevcuttur. Girilen verilerde ilgili değişiklikler yapılarak istenen sisteme ait SIMAN model programı ve deneysel program oluşturulur. Tablo 8.3 de, ele alınan esnek üretim sistemine ait SIMAN model programı ve Tablo 8.4 de de deneysel program görülmektedir. SIMAN programlarının oluşturulmasında basitlik ve kullanım kolaylığı amacıyla bazı tabuller yapılmış ve çeşitli hususlar dikkate alınmıştır. Öncelikle yükleme-besleme istasyonları her birinde tek servisi bulunan iki ayrı istasyon yerine iki servisi tek bir istasyon olarak ele alınmıştır. Ayrıca taşıyıcı ve tezgah tamponları da tamponlar ve tezgahlar arasındaki palet transferlerinin süresinin de aynı olduğu kabul edilmiştir. Taşıyıcı aracın benzetime başlangıçta esas alınacağı nokta da yine veri giriş sahasında belirtilmektedir. Bu şekilde oluşturulan model benzetildiğinde tezgahlar, yükleme-besleme istasyonları ve taşıyıcılara ait kullanım değerleri ve kuyruk uzunlukları elde edilmiş olur. Ayrıca her bir istasyondan çıkan tamamlanmış parça miktarı da çıktılarda verilir. Tablo 8.5 de 3 modele ait benzetim çıktıları görülmektedir. Çıktılardan da anlaşılabileceği gibi modelimiz alt günlük bir çalışma periyodu için benzetilmiştir. Bu toplam 8640 dakika etmektedir. Daha sonra sağlıklı olmasına karar verilen bir günlük, yani 1440 dakikalık bir kısma ait gözlem değerleri elime alınarak sürekli duran bir yatan 7200 dakikalık süre için model benzetilmiştir.

Benzetim, başlangıçta üç paletle sahip bir sistem için çalıştırılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, gereğinden fazla palet sayısının sistemi bloke edecektir. Buna karşılık düşük palet sayısı da sistem için çıktı miktarını azaltıp, bazı istasyonlarda kullanım oranlarını düşürecektir. Bu yüzden esnek üretim uzman sistemi tarafından verilen Counter doğrultusunda yapılan denemelerden sonra örnek modelimizin en fazla beş palet için çalıştırılabilirliği anlaşılmıştır. Beş paletten fazla bir çıktı elde etmede önemli bir artış sağlanamamıştır. Üçüncü ve dördüncü veri tabanlarındaki diğer sistemler için de aynı sonuçlar geçerlidir.

Tablo Bu şekilde veri girişi ve uygulanabilirlik kontrolü tamamlanan bir esnek üretim sistemi modellenmek ve çıktı alınmak üzere benzetim safhasına yollanır. Bu aşamada kullanıcının sonuçların alınmasını beklemekten başka yapabileceği birşey yoktur. Uzman sistem, girilen tüm bu veriler yardımıyla benzetim modelini oluşturur ve çıktı verir. SIMAN benzetim dili ile ilgili komutlar ve her bir esnek üretim sistemi tipine ait benzetim modelleri ilgili veri tabanlarında mevcuttur. Girilen verilerle ilgili değişiklikler yapılarak istenen sisteme ait SIMAN model programı ve deneysel program oluşturulur. Tablo 8.3 de, ele alınan esnek üretim sistemine ait SIMAN model programı ve Tablo 8.4 de de deneysel program görülmektedir. SIMAN programlarının oluşturulmasında basitlik ve kullanım kolaylığı amacıyla bazı kabuller yapılmış ve çeşitli hususlar dikkate alınmıştır. Öncelikle yükleme-boşaltma istasyonları her birinde tek servisçi bulunan iki ayrı istasyon yerine iki servisçili tek bir istasyon olarak ele alınmıştır. Ayrıca taşıyıcı ve tezgah tamponları ile tamponlar ve tezgahlar arasındaki palet transferlerinin süresinin de sıfır olduğu kabul edilmiştir. Taşıyıcı aracın benzetime başlangıçta esas alınacağı nokta da yine veri giriş safhasında belirlenmektedir. Bu şekilde oluşturulan model benzetildiğinde tezgahlar, yükleme-boşaltma istasyonları ve taşıyıcılara ait kullanım değerleri ve kuyruk uzunlukları elde edilmiş olur. Ayrıca her bir istasyondan çıkan tamamlanmış parça miktarı da çıktılarda verilir. Tablo 8.5 de 3. modele ait benzetim çıktıları görülmektedir. Çıktılardan da anlaşılabileceği gibi modelimiz altı günlük bir çalışma periyodu için benzetilmiştir. Bu, toplam 8640 dakika etmektedir. Daha sonra sağlıklı olmadığına karar verilen bir günlük, yani 1440 dakikalık bir kısma ait gözlem değerleri elimine edilerek, sürekli durumu yansıtan 7200 dakikalık süre için model benzetilmiştir.

Benzetim, başlangıçta üç paletle sahip bir sistem için çalıştırılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, gereğinden fazla palet sayısı sistemi bloke edecektir. Buna karşılık düşük palet sayıları alınan çıktı miktarını azaltıp, bazı istasyonların kullanım oranlarını düşürecektir. Bu yüzden esnek üretim uzman sistemi tarafından verilen öneriler doğrultusunda yapılan değişikliklerden sonra örnek modelimizin en fazla beş palet için çalıştırılabileceği anlaşılmıştır. Beş paletten fazlası ise, çıktılarda önemli bir artış sağlamamıştır. Uzman sistemin veri tabanlarındaki diğer sistemler için de aynı sınırlamalar geçerlidir.

Tablo 8.5: Modele ait SIMAN çıktı sonuçları.

SIMAN Summary Report
Run Number 1 of 1

Project: MODEL 3
Analyst: SEMİH
Date : 1/12/1993

Run ended at time .8640E+04

Stop - Program terminated.

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	T. IN.SYS. P1	38.21239	16.86950	24.00000	78.00000	54
2	T. IN SYS. P2	80.19243	15.27602	66.00000	121.70170	56
3	T. IN SYS. P3	59.46455	17.19718	42.00000	101.89990	62
4	T. IN SYS. P4	64.31464	16.76900	46.09961	100.10010	44
5	T. IN SYS. P5	58.58091	20.10344	42.09998	98.60034	34
6	T. IN SYS. P6	49.55356	18.76474	30.09961	84.79956	35
7	T. IN SYS. P7	55.35636	14.08421	38.00000	92.89893	28
8	T. IN SYS. P8	52.50006	17.51025	34.10010	93.89990	16
9	T. IN SYS. P9	42.48337	18.66811	26.00000	79.89990	12
10	T. IN SYS. P10	43.67147	21.39721	26.09961	80.30127	14
11	T. IN SYS. P11	48.52614	13.95618	36.00000	70.63867	13
12	T. IN SYS. P12	46.52709	11.24123	38.10010	64.10010	11
13	T. IN SYS.ALL	56.59845	21.09040	24.00000	121.70170	379

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	MAK1 KULL	.90	.13	.00	1.00	7200.00
2	MAK2 KULL	.81	.39	.00	1.00	7200.00
3	MAK3 KULL	.00	.00	.00	.00	7200.00
4	MAK1 KUYR	.71	.39	.00	1.00	7200.00
5	MAK2 KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
6	MAK3 KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
7	KART KULL	.01	.10	.00	1.00	7200.00
8	YUK IST KULL	.35	.54	.00	2.00	7200.00
9	YUK IST KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
10	ISCI KULL	.32	.46	.00	1.00	7200.00
11	KONTROLCU KULL	2.98	.15	1.00	3.00	7200.00
12	YUKLEME KUY	.00	.00	.00	.00	7200.00
13	GELIS KUY	27.88	15.77	.00	54.00	7200.00

Counters

Number	Identifier	Count	Limit
1	GELISLERIN SAYIS	430	Infinite
2	MAK1 CIKAN ISLER	209	Infinite
3	MAK2 CIKAN ISLER	170	Infinite
4	MAK3 CIKAN ISLER	0	Infinite

Run Time : 6 Second(s)

Stop - Program terminated.

Daha önce açıklanmış olan diğer doğrusal yollu örnek üretim sistemi tiplerine ait SIMAN modeli programları ile deneysel programlar EK 1 de görülmektedir. Bu programlar uzman sistemin ilgili veri tabanlarında bulunmaktadır. EK 3 de ise örnek üretim uzman sisteminin ana yazılımını oluşturan PASCAL programlarından örnekler yer almaktadır.

Benzetimin işlenmesi ve çıktıların alınmasından sonraki diğer aşama, elde edilen bu sonuçların yorumlanmasıdır. Burada daha önce Bölüm 7 de açıklanmış ve Tablo 7.3-Tablo 7.7 de verilmiş bulunan çeşitli kurallardan faydalanılır. Uzman sistemin karar mekanizması, benzetim sonuçları ile istenen değerleri her bir istasyon ve malzeme iletim sistemi için karşılaştırır ve eğer istenilmeyen bir sonuç varsa kullanıcıyı uyarır. Ayrıca bu uyarının yanında daha önce Tablo 7.3 de verilmiş bulunan çözüm önerilerinden birini ya da birkaçını kullanıcıya sunar. Kullanıcı bu uyarılara göre tekrar sistemin başında yer alan değişim alanına tıklayarak gerekli değişiklikleri (örneğin daha hızlı malzeme iletim sistemi seçimi, tezgah artırma ve da tezgah gruplarına gibi) yapabilir. Burada unutulmaması gereken bir husus, kullanıcının sistemden sadece bazı öneriler alınmasıdır. Bu önerilere uyup uymamak tamamen kullanıcının ait bir karardır. Eğer öneriler uygulanırsa, sistemin hayatta imalatı tekrarlanacak ve gerekli veri değişiklikleri yapıldıktan sonra benzetilmek zorundadır. Eğer bulunan sonuçlar alınulu ise, mevcut örnek üretim sistemi konfigürasyonunu kabul edilir. Bu aşamayı örneğimize uyguladığımızda Tablo 3.6 da görülen sonuçların elde edildiği görülmektedir. Buradan da anlaşılabildiği üzere uzman sistem

Daha önce Benzetim çıktılarının elde edilmesi esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus da, koşum sayısı ve sürekli duruma geçiş noktasının belirlenmesidir. Bunlar için birçok metod mevcuttur. Bunların içinden görsel metod en yaygın kullanılanı ve kolay anlaşılanaıdır. Örnek modelimizin benzetiminden elde edilen değerlere göre SIMAN OUTPUT işlemcisi tarafından oluşturulan diyagram yardımıyla sürekli durum safhası saptanır. Belirli bir koşum sayısına göre REPLICATE komutu yardımı ile çalıştırılan benzetim modelimizin, OUTPUT işlemcisinden PLOT, MOVAVERAGE, BARCHART gibi komutlar yardımıyla elde edilen grafikleri, sistemin durumunu yorumlamamıza yardımcı olur. Sürekli durumu yansıtan çıktı değerleri daha sonra, FILTER ve INTERVAL komutları yardımıyla belirli miktarlardaki partilere ayrılırlar ve bulunan parti ortalamalarına göre, ele alınan performans değerlerinin güven aralıkları %95 güvenilirlik değerine göre saptanabilir. Sistem kullanıcıya farklı performans ölçüleri ya da daha sıkı güven aralıkları ile çalışılmasına imkan sağlayacak bir yapıya sahiptir.

Daha önce açıklanmış olan diğer doğrusal yollu esnek üretim sistemi tiplerine ait SIMAN model programları ile deneysel programlar EK.1 de görölmektedir. Bu programlar uzman sistemin ilgili veri tabanlarında bulunmaktadır. EK 2 de ise esnek üretim uzman sisteminin ana yazılımını oluşturan PASCAL programlarından örnekler yer almaktadır.

Benzetimin işletilmesi ve çıktıların alınmasından sonraki diğer aşama, elde edilen bu sonuçların yorumlanmasıdır. Burada daha önce Bölüm 7 de açıklanmış ve Tablo 7.3-Tablo 7.7 de verilmiş bulunan çeşitli kurallardan faydalanılır. Uzman sistemin karar mekanizması, benzetim sonuçları ile istenen değerleri her bir istasyon ve malzeme iletim sistemi için karşılaştırır ve eğer istenilmeyen bir sonuç varsa kullanıcıyı uyarır. Ayrıca bu uyarının yanında daha önce Tablo 7.8 de verilmiş bulunan çözüm önerilerinden birini ya da birkaçını kullanıcıya sunar. Kullanıcı bu uyarılara göre tekrar sistemin başında yer alan değişim alanına dönerek gerekli değişiklikleri (örneğin daha hızlı malzeme iletim sistemi seçimi, tezgah arttırımı ya da tezgah gruplama gibi) yapabilir. Burada unutulmaması gereken bir husus, kullanıcının sistemden sadece bazı öneriler almasıdır. Bu önerilere uyup uymamak tamamen kullanıcıya ait bir karardır. Eğer öneriler uygulanırsa, sistem baştan itibaren tekrarlanmak ve gerekli veri değişiklikleri yapıldıktan sonra benzetilmek zorundadır. Eğer bulunan sonuçlar olumlu ise, mevcut esnek üretim sistemi konfigürasyonu kabul edilir. Bu safhayı örneğimize uyguladığımızda Tablo 8.6 da görölen sonuçların elde edildiği görülür. Buradan da anlaşılacağı üzere uzman sistem

daha önce Tablo 8.2 de belirtilen ve kullanıcı tarafından sisteme girilen çalışma şartlarını referans olarak kabul eder. Uzman sistemin ilgili karar kuralları, istasyonlar ve taşıyıcı sisteme ait kullanım oranları ile kuyruk uzunluklarını, benzetim safhasında bulunan çıktı değerleri ile Bölüm 7' de anlatıldığı şekilde karşılaştırır. Eğer elde edilen sonuçlar tatmin edici ise, mevcut esnek üretim sistemi konfigürasyonu kabul edilir. Fakat herhangi bir aksaklık varsa, uzman sistem kullanıcıyı uyaracak ve bu aksaklıkların giderilmesi için bazı öneriler sunacaktır. Tablo 8.6, örnek esnek üretim sistemimize ait değerlere göre uzman sistemin mevcut konfigürasyonu yorumlamasıyla elde edilen sonuçları göstermektedir. Bu sonuçlara göre sistemin sahip olduğu iş istasyonlarının kullanımı düşüktür ve bu yüzden de sisteme palet ilave edilmesi gerekmektedir. Burada yapılan yorumlamalar ve verilen öneriler doğrultusunda tekrar veri değişim alanına dönülerek gerekli değişikliklerin yapılması ve gereken sayıda palet eklenmesi sonucunda Tablo 8.8. de görülen yorumlar ve sonuçlar elde edilir. Bu sonuçlara göre mevcut esnek üretim sistemi konfigürasyonu hatasızdır ve kabul edilebilir. Oluşturulan yeni modele ait SIMAN çıktı sonuçları Tablo 8.7 de görülmektedir. Herhangi bir hata bulunmadığı anlaşıp konfigürasyonu kabul edilen bir esnek üretim sistemine ait önemli bazı bilgiler, daha sonraki çalışmalarda referans olarak kullanılmak üzere referans dosyalarında saklanır. Tablo 8.9 da örnek modelimize ait referans bilgileri verilmektedir. Tablodan da anlaşılacağı üzere bu bilgiler, örnek modelimize ait tüm bilgileri kapsamaz. Kullanıcının modeli ana hatlarıyla görebilmesini sağlayacak şekilde, yerleşime ait bazı bilgilerle birkaç operasyonel veriden oluşur. Ancak daha sonraki çalışmalarda bu model tekrar veri tabanlarından çağırıldığında, Tablo 8.9 da yer almayan diğer tüm bilgiler de otomatik olarak kullanıcının hizmetine sunulmuş olacaktır.

Yukarıda örnek bir model üzerinde, uzman sistemin her bir safhasını adım adım incelemiş olduk. Daha önce tanımlanmış olan doğrusal yollu esnek üretim sistemi tipleri içinde yer almak koşuluyla, mevcut yazılım sisteminde hiçbir değişiklik yapılmaksızın, istenilen boyut ve miktarda ekipman, oluşturulan esnek üretim uzman sistemine kolaylıkla uygulanabilir. Bu yapı, esnek üretim sistemlerinin adına uygun olarak, oldukça esnek bir oluşum gösterir. Oluşturmuş olduğumuz sistem, yukarıda tariflenen farklı yapıdaki doğrusal yollu esnek üretim sistemlerine uygulanabilmesinin yanında, ayrıca yazılım açısından, ilerideki değişikliklere göre diğer tip esnek üretim sistemlerine adaptasyonda da esnek bir yapıya sahiptir.

TABLO 8.7: Palet sayıları artırılarak yeniden benzetilen modele ait SIMAN çıktısı

TABLO 8.6: Uzman sistemin benzetim sonuçlarını yorumlaması ve kullanıcıya verilen öneriler

İstasyonların kullanım oranları ve kuyruk uzunluklarına ait yorumlar:

1. istasyonun kullanımı (%90) ve kuyruk uzunluğu (%71) *NORMAL* dir.
2. istasyonun kullanımı (%81) ve kuyruk uzunluğu (%0) *NORMAL* dir.
3. istasyonun kullanımı (%0) *DÜŞÜK* tür ve kuyruk uzunluğu (%0) *NORMAL* dir.
4. istasyonun kullanımı (%35) ve kuyruk uzunluğu (%0) *NORMAL* dir.

Malzeme iletim sisteminin kullanımına ait yorumlar:

Malzeme iletim aracının kullanımı (%01) *NORMAL* dir.

SONUÇ:

İstasyonların kullanımı düşüktür (SONUÇ 6).

ÖNERİ:

Esnek üretim sisteminde daha iyi bir yükleme gerçekleştirebilmek için *parça karışımlarını gözden geçiriniz*, ya da, *esnek üretim sistemine palet ekleyiniz (ÖNERİ 6).*

TABLO 8.7: Palet sayıları artırılarak yeniden benzetilen modele ait SIMAN çıktısı.

SIMAN Summary Report

Run Number 1 of 1

Project: MODEL 3

Analyst: SEMİH

Date : 1/12/1993

Run ended at time .8640E+04

Tally Variables

Stop - Program terminated

Number	Identifier	Average	Standart Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	T. IN.SYS. P1	42.11757	16.74332	24.10010	82.45508	65
2	T. IN SYS. P2	83.85770	16.47462	66.09961	124.84810	65
3	T. IN SYS. P3	57.82981	16.27216	42.09961	97.09912	70
4	T. IN SYS. P4	66.19518	17.46830	46.10010	106.23340	48
5	T. IN SYS. P5	60.01994	17.95643	42.00000	101.10600	38
6	T. IN SYS. P6	52.04609	15.70757	30.09998	89.09912	40
7	T. IN SYS. P7	56.79577	16.76998	38.10010	92.00000	32
8	T. IN SYS. P8	55.18096	17.73182	34.00000	91.94702	18
9	T. IN SYS. P9	43.32025	20.77082	26.10010	84.30029	12
10	T. IN SYS. P10	40.73345	13.31023	26.19995	63.18213	16
11	T. IN SYS. P11	53.68913	13.21290	36.20020	72.69971	13
12	T. IN SYS. P12	54.26289	14.47632	38.00000	73.11621	11
13	T. IN SYS.ALL	58.53644	20.96092	24.10010	124.84810	428

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	MAK1 KULL	.94	.24	.00	1.00	7200.00
2	MAK2 KULL	.77	.42	.00	1.00	7200.00
3	MAK3 KULL	.36	.47	.00	1.00	7200.00
4	MAK1 KUYR	.62	.48	.00	1.00	7200.00
5	MAK2 KUYR	.40	.49	.00	1.00	7200.00
6	MAK3 KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
7	KART KULL	.01	.11	.00	1.00	7200.00
8	YUK IST KULL	.42	.60	.00	2.00	7200.00
9	YUK IST KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
10	ISCI KULL	.36	.48	.00	1.00	7200.00
11	KONTROLCU KULL	3.49	1.45	.00	5.00	7200.00
12	YUKLEME KUY	.00	.06	.00	2.00	7200.00
13	GELIS KUY	.56	1.32	.00	8.00	7200.00

TABLO 8.8: Uzman sistemin esnek yönetiminde gerçek zamanlı olarak

Number	Identifier	Count	Limit
1	GELISLERIN SAYIS	430	Infinite
2	MAK1 CIKAN ISLER	197	Infinite
3	MAK2 CIKAN ISLER	163	Infinite
4	MAK3 CIKAN ISLER	68	Infinite

Run Time : 6 Second(s)

Stop - Program terminated.



TABLO 8.8: Uzman sistemin esnek üretim sisteminde gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra, modele ait benzetim sonuçlarını tekrar yorumlaması ve kullanıcıya verilen öneriler

İstasyonların kullanım oranları ve kuyruk uzunluklarına ait yorumlar:

- (a) 1. istasyonun kullanımı (%94) ve kuyruk uzunluğu (%62) *NORMAL* dir.
- (b) 2. istasyonun kullanımı (%77) ve kuyruk uzunluğu (%40) *NORMAL* dir.
- (c) 3. istasyonun kullanımı (%36) ve kuyruk uzunluğu (%0) *NORMAL* dir.
- (d) 4. istasyonun kullanımı (%42) ve kuyruk uzunluğu (%0) *NORMAL* dir.

Malzeme iletim sisteminin kullanımına ait yorumlar:

Malzeme iletim aracının kullanımı (%01) *NORMAL* dir.

SONUÇ:

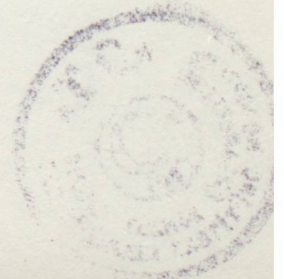
İstasyonların kullanımı normaldir (SONUÇ 4).

ÖNERİ:

Esnek üretim sistemi konfigürasyonu kabul edilebilir (ÖNERİ 4).

TABLO 8.9: Örnek esnek üretim sistemimize ait referans bilgileri.

1. Sistemin adı : *Model 3*
2. Esnek üretim sisteminin tipi : *Doğrusal yollu esnek üretim sistemi*
3. Operasyonel bilgiler
 - (a) Prosesin yapısı : *Parça işleme esaslı*
 - (b) Parti miktarı : *750*
 - (c) Parça tipi : *Prizmatik parçalar*
 - (d) Parça tiplerinin sayısı : *12*
 - (e) Parçanın malzemesi : *Dökme demir*
 - (f) Parça boyutu :
4. İstasyonlar (Tezgahlar)
 - (a) İstasyon sayısı : *4*
 - (b) İstasyon tipleri : *2 İşleme istasyonu*
1 Tornalama istasyonu
 - (c) İstasyon tampon tipleri : *Yükleme-boşaltma mekiği*
 - (d) Yüklem ve boşaltma istasyonu sayısı: *1*
5. Malzeme iletim sistemi
 - (a) Malzeme iletim araçlarının sayısı ve tipi : *1 adet kart*
 - (b) Malzeme iletim yolunun yapısı ve şekli : *Yan yol içermeyen tek bir hat*
 - (c) Malzeme iletim sisteminin taşıma kapasitesi : *1*
 - (d) Malzeme iletim sisteminin hızı : *10*
6. Sistem içinde kullanılan diğer tamponlar ve yarı mamul stokları: *Yoktur*
 - (a) Bu tamponları sayısı ve yerleşim yerleri
 - (b) Yarı mamul stoklarının sayısı ve yerleri



7. Palet

- (a) Sistemdeki paletlerin sayısı :5
- (b) Palet başına parça sayısı :1
- (c) Parça tarifleme metodu :Her palete bir parça bağlanabilir.

9.1. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

8. Takımlar

- (a) Takım magazinindeki takım sayısı :50
- (b) Takım değiştirme metodu :Otomatik
- (c) Takım yükleme metodu :İşçi tarafından

9. Bağlama düzenleri

- (a) Parça başına gerekli bağlama düzeni sayısı
- (b) Bağlama düzeni tipi

10. Ölçme ve muayene

- (a) Proses içi ölçme ve muayene metodu :El ile
- (b) Proses sonrası ölçme ve muayene metodu :El ile

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1. Özellikle türevli modelleri, deneysel analiz gibi değişik modelleme teknikleri incelenmiş ve benzetimi esnek üretim sistemlerinin modellenmesinde en kolay ve anlaşılır teknik olduğu görülmüştür. Benzetim, ayrıca esnek üretim sistemi kontrol yazılımının tasarımı ve geliştirilmesinde de önemli bir role sahiptir. Bundan başka, kurulmadan önce esnek üretim sistemi tasarlanmadaki aksaklıklara gidilmesi hem kuruluş ve işletme maliyetlerini düşürecek ve hem de işletmenin ihtiyaçlarına tam olarak cevap verecek bir sistem ve kontrol yazılımının oluşturulması sağlanacaktır.

BÖLÜM 9. SONUÇLAR VE GELECEKTEKİ ARAŞTIRMALAR İÇİN TAVSİYELER

9.1. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu tezde, esnek üretim sistemlerinin tasarımında, değişik tasarım modellerinin değerlendirilmesi ve benzetim sonuçlarının analizine yönelik bir uzman sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Diğer önemli bir husus da, esnek üretim sistemlerinin planlanması ve tasarımında benzetimin rolüdür. Benzetim işlemine tabi tutulmakta olan üretim sisteminin belirli hassaslık düzeylerinde modellenmesi esnasında benzetim bilgisi az olan kullanıcılar çeşitli güçlüklerle karşı karşıya kalabilirler. Bu yüzden özellikle bu gibi durumlarda, kullanıcıya uzman bir yardımcının bulunması gereklidir. Ayrıca modelin kurulmasından da önemli olan verilerin toplanması, sisteme girilmesi ve benzetim sonucunda elde edilen sonuçların analizi işlemleri de ayrı bir bilgi birikimi ve uzmanlık gerektirir. İnsan hataları her aşamada kaçınılmaz olarak karşımıza çıkabilir. Bundan dolayı tasarlanan uzman yardımcı, prosesin her aşamasında bu gibi aksaklıkları ve hataları ortadan kaldıracak şekilde düzenlenmelidir. Örneğin en basitinden, bir esnek üretim sistemi için girilen bilgiler üç palet ve beş parçadan oluşuyorsa, fakat her parça için sadece tek bir palet kullanılabiliyorsa, bu durumda kullanıcıya, olası hataları önceden haber vermek üzere sistem tarafından uyarı gönderilmeli ve yeniden veri girişi istenilmelidir. Benzetim ve uzman sistem kombinasyonu, özellikle karar alıcıya sağladığı önemli destek nedeniyle, bugün esnek üretim sistemlerinin planlanması ve kontrolunda önemli rol oynamaktadır ve oynamaya da devam edecektir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir;

1. Öncelikle kuyruk modelleri, düzensizlik analizi gibi değişik modelleme teknikleri incelenmiş ve benzetimin esnek üretim sistemlerinin modellenmesinde en kolay ve anlaşılır teknik olduğu görülmüştür. Benzetim, ayrıca esnek üretim sistemi kontrol yazılımlarının tasarımı ve geliştirilmesinde de önemli bir role sahiptir. Bundan başka, kurulmadan önce esnek üretim sistemi tasarımlarındaki aksaklıkların giderilmesi hem kuruluş ve işletme maliyetlerini düşürecek ve hem de işletmenin ihtiyaçlarına tam olarak cevap verecek bir sistemin ve kontrol yazılımının oluşturulması sağlanacaktır.

2. Benzetim destekli uzman sistemler, tasarlanan esnek üretim sistemi modellerinin gün bazında planlanabilmesine imkân tanırırlar. Bu planlamanın içine istasyon, malzeme iletim sistemi, tamponlar ve paletlerin yanısıra personeli de katmak doğru olur.
3. Bu çalışmada esnek üretim sistemi tasarım prosesi için bir uzman sistem yapısı oluşturulmuştur. Böylece tasarım prosesinde bulunması gereken veri toplama, analiz etme, modelleme, benzetim ve sonuçların analizi gibi farklı elemanlar, problem çözücü bir uzman sistem bünyesinde toplanarak, tek bir yapı haline getirilmiştir.
4. Esnek üretim sistemi tasarım prosedürü, veri hazırlama ve sisteme girme, referans oluşturma, benzetim, çıktı analizi ve sonuçları yorumlama olmak üzere dört ana safhaya ayrılmıştır. Esnek üretim sistemi konfigürasyonlarına ait bilgiler ilk safhada oluşturulup, sisteme girilir. Burada yapılan uygulanabilirlik analizleri, sorulara cevap verilmesi şeklinde yürütülür. Böylece daha sisteme bilgi girilirken bile, kullanıcı-sistem etkileşimi gerçekleştirilmiş ve olabilecek hatalar önlenmiş olur.
5. Referans safhası oluşturulmasıyla, ilgili veri tabanında geçmiş deneyimlere ait esnek üretim sistemi modellerinin saklanması ve yeni bir sistem analiz edileceği zaman, bunlardan yararlanılması sağlanmıştır.
6. Benzetimden elde edilen verilerin incelenmesi, problem ve hata bulucu kurallar ile çözüm önerici kurallardan oluşan analiz safhası yardımıyla yapılmaktadır. Bu safhada önceden belirlenen operasyonel hedefler doğrultusunda, tasarımdaki hataları giderebilmesi ve etkin çalışan bir esnek üretim sistemi oluşturabilmesi için kullanıcıya bazı tavsiyeler verilir.
7. Oluşturulan esnek üretim uzman sistemi, kullanıcı ile etkileşimli olarak çalışır ve verilen tavsiyelere göre, kullanıcı esnek üretim sistemi konfigürasyonlarında değişik veriler girmek suretiyle, değişiklik yapabilir.

8. Sistem başlangıç olarak beş farklı doğrusal yollu esnek üretim sisteminin tasarımına yönelik düzenlenmiştir. Fakat önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi diğer esnek üretim sistemi tipleri, örneğin otomatik klavuzlu araç sistemleri ile donatılmış sistemler de bu oluşuma kolaylıkla dahil edilebilirler. Ayrıca, diğer doğrusal yollu sistemler de sadece veri girişinde ve benzetim safhasında yapılacak küçük düzenlemelerle prosedüre sokulabilirler. Bu tür uzman sistem oluşumları ya da diğer adıyla zeki ön elemanlar, üretim sistemlerinin modellenmesinde birçok uygulama alanı bulmuşlardır.

Tasarlanan esnek üretim uzman sistemi, esas olarak BORLAND PASCAL 7.0 programlama dilinden oluşturulmuştur. Sistem içindeki farklı modüller ve modüller arasındaki arabirimler BORLAND PASCAL 7.0 programlama dili ile yazılmıştır. Benzetim safhasında SIMAN 3.5 benzetim dili ve çıktıların analizinde de OUTPUT işlemcisi kullanılmıştır. Uzman sistemin bilgi tabanı, güncelleştirilebilecek, silinebilecek ya da değiştirilebilecek bir formda düzenlenmiştir. Böylece modüller arasında etkin bir veri transferi sağlanmış olur. ASCII dosyalarının, modüller arasında arabirim sağlayan programlar yardımıyla aktarılması ise, yine sistemin bütünlüğünü oluşturan en önemli etkidir.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu en önemli sonuç ise, uzman sistem ve hatta esnek üretim konusunda çok az bilgiye sahip olan bir kişinin bile, sağlanan kullanıcı ile etkileşimli uzman sistem yardımı ile tüm prosedürü kolaylıkla kullanabilmesi ve etkin bir yerleşim modeli elde edebilmesidir. Bu da, üretim alanında gerek tasarım ve gerekse işletme aşamasında çalışanların kolaylıkla kullanabileceği uzman bir yardımcı demektir.

Benzetim ve uzman sistem teknikleri, diğer yönetim tekniklerine benzer şekilde bazı sınırlamalara ve yetersizliklere de sahip olabilir. Özellikle benzetim koşum sonuçlarının değerlendirilmesine çok dikkat etmek gerekir. Çünkü buradan elde edilen ve sistemi etkileyen performans ölçüleri, sadece belirli işletme karakteristiklerini gözlemek üzere düzenlenmiştir. Tasarım aşamasında, sonradan işletim esnasında oluşabilecek olağanüstü durumların incelenmesi göz önüne alınmamıştır. Bu yüzden kullanıcı, bu gibi durumları da hesaba katacak şekilde karar vermelidir. Ayrıca sistemde kullanılan benzetim yazılımından dolayı da bazı kısıtlarla karşılaşılabilir. Bu aşamada, mevcut SIMAN 3.5 dilindeki özelliklerin sayılarındaki ve gezen birimlerdeki kısıtlamalar yüzünden, ele alınan tasarımlarda buna yönelik bazı düzenlemeler yapılmıştır. Ancak

SIMAN' ın yeni çeşitlerinde bu gibi sınırlamalar ile karşılaşılabilir. Bunun dışında aynı sistem farklı benzetim programları ya da paketleri ile de kullanılabilir.

Sonuç olarak yapılan bu çalışma, benzerleri arasında PASCAL programlama dili ile yazılmış ve SIMAN benzetim dili kullanılmış şekliyle, üretim sistemlerinin tasarımına uzman sistemlerin değişik bir uygulamasıdır. Literatür incelenecek olursa, özellikle 1980 lerde üretim sistemlerine, üretim sistemlerinin benzetim ve tasarımına hızla uygulanmaya başlanan uzman sistemler için hem değişik yazılımlar, hem de bol miktarda uzman sistem kabukları geliştirilmiş olduğu görülür. Şu anda piyasada mevcut olan benzetim dilleri ve paketleri, değişik uygulama alanlarında, farklı uzman sistem kabukları ya da uzman sistem programları ile birlikte, üretim sistemlerinin gerek tasarım ve gerekse işletim problemlerine uygulanmıştır veya halen uygulanmaktadır. Bunlar tezin ilgili bölümlerindeki bilgilerden ve referanslarından da açıkça görülmektedir. Bu tezde ise, özellikle belirli tipteki doğrusal yollu esnek üretim sistemlerinin tasarım problemlerinin, piyasadaki herhangi bir uzman sistem kabuğu kullanılmaksızın, pascal dili ile yazılan uzman sistem yardımıyla, daha bütünleşik ve esnek bir yapı elde edilerek çözümleri yoluna gidilmiştir. Tüm bunlar dikkate alındığında, tasarlanan bu esnek üretim uzman sisteminin farklı bir yapıya ve yazılıma sahip olduğu görülür. Bu da, mevcut çalışmanın literatürde benzerleri arasında değişik bir yer alacağının göstergesi sayılabilir.

9.2. TASARLANAN UZMAN SİSTEMİN ÖZELLİKLERİ HAKKINDA YORUMLAR

Sonuçları değerlendirirken de belirtildiği gibi, kullanılan benzetim yazılımından dolayı maruz kalınan en önemli sorun, daha büyük sistemlerin ve dolayısıyla büyük hacimli verilerin mevcut benzetim dili ile idare edilememesidir. Bu durumda, mevcut benzetim sistemi ile bir veri tabanı yönetim paketi birlikte kullanılarak sorun bir dereceye kadar çözülebilir, ya da mevcut benzetim dilleri ve paketlerinden uygun olan başka bir tanesi kullanılabilir.

Tasarlanan esnek üretim uzman sisteminde mevcut modüllerin yanına daha fazla modül ilave edilebilir ya da yeni bir modül yapısı oluşturulabilir. Ayrıca daha önce de belirtildiği gibi, diğer esnek üretim sistemi tipleri de bu yapı içine kolaylıkla dahil edilebilir.

Benzetim sonucunda elde edilen değerler yardımıyla animasyona geçilerek görsel olarak çeşitli aksaklıklar saptanıp, yine animasyon üzerinde gerekli değişiklikler yapılabilir. Bu ise, ancak ya mevcut benzetim dilinin sahip olduğu olanaklarla (örneğin SIMAN için CINEMA), ya da ayrı bir modül oluşturarak farklı bir yazılımla elde edilebilir.

Bu tür uzman sistemler işletmelerde kullanılacağı zaman dikkat edilecek nokta, tasarıma ait verilerin işletmede hazır olup olmadığıdır. İşletmenin sahip olduğu imkânlarla göre, örneğin parça rotaları ya da yerleşim şekilleri BDT/BDÜ veri tabanında, üretim hacmi, parça karışımları, malzeme listeleri gibi üretim bilgileri de üretim planlama ve kontrol veri tabanında mevcut olabilir. Zaten sistemde mevcut olan tüm bu bilgileri tekrar teker teker sisteme girmek yerine, yazılacak bazı küçük programlarla uzman sistem yardımıyla bu veri tabanları arasında arabirim oluşturulması kolaylıkla başarılabilir. Böylece işletme içinde bir anlamda bütünleşme de sağlanmış olur.

Bu çalışmada pascal programlama dili ile yazılan bu uzman sistem, ilerideki kullanımlara göre kolaylıkla yenilenebilir ve yeniden düzenlenebilir. Buna karşılık uzman sistem teknolojisindeki gelişmeler büyük bir hızla sürmektedir ve gün geçtikçe de yeni yazılımlar ve uzman kabuklar oluşturulmaktadır. Bu yüzden, bu tür bir uzman kabuğun sisteme uygulanması kolaylık açısından büyük avantaj sağlayabilir.

Burada şunu bir daha belirtmek gerekir ki, tarafımızdan tasarlanan bu esnek üretim uzman sistemi, sadece insana, yani kullanıcıya, karar almasında yardımcı olacak bir araç olarak düzenlenmiştir. Bu yüzden diğer karar destek sistemlerinde olduğu gibi, kullanıcı sadece elde edilen verilerle sınırlı kalmamalıdır. Sistemin modüllerinin değiştirilebilmesi, kullanıcıya önemli bir esneklik sağlar.

9.3. İLERİDEKİ ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Bu tezde açıklanmış olan çalışma, ileride yapılacak olan daha değişik araştırmalara da zemin teşkil etmektedir. Öncelikle mevcut sistem daha detaylı hale getirilerek, farklı esnek üretim sistemi tiplerinin de yer aldığı bir program geliştirilebilir. Yani kullanıcıya aynı uzman sistem içinde hem doğrusal, hem döngüsel ve hem de karışık

yapıdaki yollara sahip esnek üretim sistemlerini inceleyebilecek bir yapı sağlanabilir. Bu husus, bizim çalışmamızın genişletilmiş şeklini ifade eder. Ayrıca diğer üretim sistemleri için de değişik yapıda çeşitli uzman sistemlerin oluşturulması da imkân dahilindedir.

İleride yapılabilecek ve halen literatürde de bazı uygulamaları bulunan bir diğer çalışma ise, işletme içindeki bilgisayar destekli sistemlere, bu tip bir uzman sistemin bağlanabilmesidir. Yani üretim planlama ve programlama, bilgisayar destekli tasarım ve üretim gibi kısımlara ait veri tabanlarından yararlanarak, herhangi bir ara eleman kullanılmaksızın atölye bazında etkin bir üretim akışı sağlanabilir.

Bunun yanında, üretim planlama ve analizine yönelik bir modül de sisteme eklenebilir. Bu sayede daha doğru ve sağlıklı sonuçların elde edildiği bir uzman sistem oluşturulmuş olur. Böylece üretim gereksinimlerine göre veri girişinin yapıldığı ve üretim ekipmanlarından çıktıların elde edildiği ve teorik olarak hesaplandığı bir diğer modül elde edilebilir. Buradan sağlanan veriler ise daha sonraki safhalara, yani benzetim ve sonuçların analizi kısımlarına yollanarak benzetim safhasında bulunan sonuçların üretim gereksinimlerini karşılayıp karşılamadıkları analiz edilebilir.

Bir diğer çalışma ise, kullanılan yazılımlarda yapılabilir. Örneğin uzman sistemin yazılması esnasında PASCAL programlama dili yerine PROLOG dili kullanılması ile daha farklı bir yapı elde edilmesi mümkün olabilir.

Tezin farklı bölümlerinde de değinildiği gibi son yıllarda özellikle bütünleşik ya da zeki ortamlar veya benzetim geliştirme ortamları konusunda hızlı bir gelişme yaşanmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak mevcut esnek üretim uzman sistemimizi daha da geliştirmek suretiyle bir ortam yapısı elde edilebilir. Öncelikle uzman sistem yapısı içine, toplanan girdi bilgisinin dağılımlarını belirleyen girdi modelleme alt modülü eklenebilir ya da mevcut bir paket program ile arabirim sağlama yolu seçilebilir. Yine aynı şekilde model gerçekleştirme ya da daha kapsamlı çıktı analizi meydana getirme amacına yönelik farklı alt modüller sisteme adapte edilebilir. Tüm bunların yapılması ise, bizi bir uzman sistem oluşumundan daha ilerideki safhalara, yani ortamlara götürür.

KAYNAKLAR

ABELS, S., STIEF, E., FELDMANN, K., "Knowledge-Based Optimization Of Simulation Studies", Proceedings of the Conference on Modeling and Simulation 1994, 186-190.

AL-MALI KI, I., Expert Systems and Artificial Intelligent Aided Manufacture, MSc Thesis, University of Strathclyde, Glasgow, SCOTLAND, 1989.

ALTY, J.L., The Limitations of Rule-Based Expert Systems in Knowledge-Based Systems in Industry, Edited by J.Kriz, Brown Boveri Research Centre, Switzerland, 1986.

AYRES, R.U., CIM-Revolution In Progress, Vol 1, Chapman & Hall, 1991.

BALCI, O., NANCE, R.E., DERRICK, E.J., PAGE, E.H., BISHOP, J.L., "Model Generation Issues In A Simulation Support Environment", Proceedings of the 1990 Winter Simulation Conference, Edited by O. Balcý, R. P. Sadowski, R.E. Nance, 257-263.

BALCI, O., NANCE, R.E., "The simulation Model Development Environment: An Overview", Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference, Edited by J.J. Swain, D. Goldsman, R.C. Crain, J.R. Wilson, 726-736.

BALMER, D.W., PAUL, R.J., "Integrated Support Environments For Simulation Modeling", Proceedings of the 1990 Winter Simulation Conference, Edited by O. Balcý, R. P. Sadowski, R.E. Nance, 243-249.

BANERJEE, S.K., AL-MALI KI, I., CARRIE, A.S., CHAN, J.S., CHRISTIE, N.R., "A Modular Simulation Model for FMS Using Structured Techniques, In Advances in Manufacturing Technology II, Edited by P.F., McGoldrick, pp 117-122, 3rd National Conference On Production Research, Nottingham, September 1987.

BARR, A., DAVIDSON, J., Knowledge Representation, In The Handbook of Artificial Intelligence, Vol 1, Edited by A. BARR & E.A. FEIGENBAUM; William Kaufmann Inc., Los Altos, California, USA, 1981.

BERNARD, J.W., CIM In The Process Industries, Instrument Society of America, 1989.

BEDWORTH, D.D., HENDERSON, M.R., WOLFE, P.M., Computer-Integrated Design and Manufacturing, McGraw-Hill, 1991.

BERNHARDT, R., DILLMAN, R., HORMANN, K., TIERNEY, K., Integration of Robots into CIM, Chapman & Hall, 1992.

BILBERG, A., ALTING, L., "When Simulation Takes Control", Journal of Manufacturing Systems, Vol 10, No:3, 1991.

BONETTO, R., FMS in Practice, North Oxford Academic Press, 1988.

BROWNE, J., DUBOIS, D., RATHMILL, K., SETHI, S.P., STECKE, K.E., "Classification of Flexible Manufacturing Systems", The FMS Magazine, 2 (2), 1984, pp 114-117.

BROWNE, J., CHAN, W.W., RATHMILL, K., "An Integrated FMS Design Procedure", Annals of Operations Research 3, 1985, pp 207-237.

BUCHANAN, B.G., SHORTLIFFE, E.H., Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project, Addison-Wesley, Reading, Mass., USA, 1984.

BUNDY, A., Catalogue of Artificial Intelligence Tools, 2nd Edition, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1986.

BUZEN, J.P., "Computational Algorithms for Closed Queuing Networks With Exponential Servers", Communication of Association of Computing Machinery, Vol 16, 1973, pp 527-531.

BUZZACOTT, J.A., "Modelling Manufacturing Systems", Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol 2, No 1, 1985, pp 25-32.

CACI, SIMGRAPHICS User's Guide and Casebook, CACI Products Company, La Jolla, California, USA, 1988.

CARRIE, A.S., ADHAMI, E., "Introducing an Flexible Manufacturing Systems by Simulation", Proceedings of FMS-2, 2nd International Conference on Flexible Manufacturing Systems, London, IFS Publications Ltd, Bedford, October 1983.

CARRIE, A.S., ADHAMI, E., STEPHENS, A., MURDOCH, I.C., "Introducing a Flexible Manufacturing System", Int. J. Prod. Res., 22, 907-914, 1984.

CARRIE, A.S., "FMS Simulation: Needs, Experience, Facilities", Proc. SIM-1, 1 st Int. Conference on Simulation in Manufacturing, Stratford-upon-Avon, March 1985, IFS Publications Ltd., Bedford, England, 1985.

CARRIE, A.S., "Some Planning Problems in FMS", Proc. Conference on Planning for Automated Manufacture, pp 113-117, Coventry, September 1986, Mechanical Engineering Publications Ltd., London, 1986.

CARRIE, A.S., The Role of Simulation in Flexible Manufacturing Systems: Methods and Studies, Edited by A. Kusiak, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holland, 1986, pp 191-208.

CARRIE, A.S., Simulation of Manufacturing Systems, John Wiley & Sons, 1992.

CARRIE, A., DUFFY, A.H.B., Simulation and Expert Systems in Engineering, Unpublished Lecture Notes, University of Strathclyde, GLASGOW, SCOTLAND, 1993.

CHOOBINEH, F., SURI, R., "Flexible Manufacturing Systems: Control Issues and Models", Institute of Industrial Engineers, Industrial Engineering and Management Press, 25 Technology Park, Norcross, Georgia 30092, USA, 1986.

CHRISTIE, N.R., Manufacturing Automation and Control Systems, Unpublished Lecture Notes, University of Strathclyde, GLASGOW, SCOTLAND, 1993

CHRYSSOLOURIS, G., Manufacturing Systems Theory & Practice, Springer-Verlag, 1985.

CLEMENTSON, A.J., ECSL User's Manual, CLE.COM Ltd., Birmingham, U.K., 1985.

CMS Research, BEAM User Manual, CMS Research, Inc., Wisconsin, USA, 1986.

CMS Research, MAST Simulation Environment Users Manual, Vol 2.1, CMS Research, Inc., Wisconsin, USA, 1989.

CO, H.C., Design and Implementation of FMS - Some Analysis Concepts, PhD Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, USA, 1984.

DEMİREL, T., Simülasyon Amaçlı Uzman Sistemler ve Kuyruk Modellerinin Simülasyonu İçin Bir Uzman Sistem Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1993.

DUPOND, G.C., "A Survey of Flexible Manufacturing Systems", Journal of Manufacturing Systems, Vol 1, Part 1, 1982.

EL-MARAGHY, H.A., "Automated Tool Management in Flexible Manufacturing", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 4, No. 1, 1984, pp. 1-13.

EL-MARAGHY, H.A., HO, D.S.M., "Modelling and Simulation of Automatic Tool Management and Delivery in Flexible Manufacturing Systems", Proceedings of the 1984 ASME International Computers in Engineering Conference, 1984, pp. 845-851.

FORSYTH, R., Expert Systems Principles and Case Studies, 2. Edition, Chapman & Hall, 1989.

FOX, M.S., SMITH, S.F., "ISIS: A Knowledge-Based System for Factory Scheduling, Expert Systems, Vol 1, 1984.

GARDNER, L.B., Automated Manufacturing, ASTM Publication, 1985.

GERSHWIN, S.B., HIDERBRANT, R.R., SURI, R., MITTEN, S.K., "Control Perspective and Recent Trends in Manufacturing Systems, IEEE Control Systems Magazine , Vol 6, No 2, 1986, pp 3-15.

GLENNY, N.E., MACKULAL, G.T., "Modelling and Simulation Provide Key to CIM Implementation", Industrial Engineering, May 1985, pp 76-94.

GOETSCH, D.L., Advanced Manufacturing Technology, Delmar Publisher Company, 1990.

GORDON, W.J., NEWELL, G.F., "Closed Queuing Networks with Exponential Servers", Operation Research, Vol 15, 1967, pp 252-267.

GROOVER, M.P., Automation, Production Systems and CIM, Prentice-HALL, 1987.

HADDOCK, J., "An Expert System Framework Based On A Simulation Generator", Simulation, Vol 48, No.2, 45-53, February 1987.

HADDOCK, J., "A Simulation Generator For Flexible Manufacturing Systems Design And Control", IIE Transactions, Vol 20, No.1, 22-31, March 1988.

HART, A., Knowledge Acquisition for Expert Systems, Chapman & Hall, 1989.

HENRIKSEN, J.O., "The Integrated Simulation Environment (Simulation Software Of The 1990s)", Operations Research, Vol 31, No. 6, 1053-1073, November-December 1983.

HO, Y.C., "The Impact of Tooling on Automated Batch Production", ITMS 82 Technical Conference, September 1985, pp 445-452.

HU, D.S., Expert Systems for Software Engineers and Managers, Chapman & Hall, 1987.

JACKSON, J.R., "Networks of Waiting Lines", Operation Research, Vol 5, 1957, pp 518-521.

KEE Software Development System, Intellicorp., Menlo Park, California.

KELLERT, P., RUCH, S., "A Specification Tool For Automatic Generation Of FMS Simulation Models", Proceedings of the 1993 European Simulation Multi-conference, Lyon, France, 384-388.

KIRAN, A.S., SCHLOFFER, A., HAWKINS, D., "An Integrated Simulation Approach To Design Of Flexible Manufacturing Systems", Simulation, 47-52, February 1989.

KIVIAT, P.J., VILLANEUVA, R., MARKOWITZ, H., The SIMSCRIPT II Programming Language, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.

KOCHAN, A., COWAN, D., Implementing CIM, IFS Publication Ltd., 1986.

KWANJAI, N.N., WILD, R.H., "Knowledge-Based Simulation To Assist In System Design Identification", Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference, Edited by J.J. Swain, D. Goldsman, R.C. Crain, J.R. Wilson, 822-830.

LAW, A.M., "Design And Analysis Of Simulation Experiments", Industrial Engineering, Vol 23, No.4, 18-21, April 1991.

LAW, A.M., KELTON, W.D., Simulation Modeling And Analysis, 2nd Edition, McGraw Hill, Inc., 1991.

LAW, A.M., McGOMAS, M.G., VINCENT, S.G., "The Crucial Role Of Input Modeling In Successful Simulation Studies", Industrial Engineering, Vol 26, No.7, 55-59, July 1994.

LENZ, J.E., TALAVAGE, J.J., General Computerised Manufacturing System Simulator (GCMS), Project Report 7, Optimal Planning of Computerised Manufacturing Systems, Purdue University, 1977.

LENZ, J.E., "MAST: A Simulation Tool for Designing Computerised Metalworking Factories", Simulation, February 1983, pp 51-58.

LILEGDON, W.R., MARTIN, D.L., PRITSKER, A.A.B., "FACTOR/AIM: A Manufacturing Simulation System", Simulation, Vol 62, No.6, 367-372, June 1994.

LIN, I.-L., ÖZDEMÝREL, N.E., "Implementation Of A Sequential Batch Means Procedure For Multivariate Output Analysis In Steady-State Simulations", Transactions on Operational Research, Vol 5, No.2, Turkey, 69-91, November 1993.

LIU, K., ROZENBLIT, J., W., "Applying Knowledge-Based System Design And Simulation In Information System Requirements Determination", Proceedings of the 1990 Winter Simulation Conference, Edited by O. Balçý, R. P. Sadowski, R.E. Nance, 407-411.

- MACBETH, D.K.**, Advanced Manufacturing, IFS Publications, 1989.
- MALEKI, R.A.**, Flexible Manufacturing Systems: The Technology and Management, Prentice Hall, 1991.
- McDERMOTT, J.**, Building Expert Systems, AI Applications for Business, Ablex, NJ., 1984.
- MOIR, P.W.**, Efficient Beyond Imaging, CIM and Its Applications for Today's Industry, John Wiley & Sons, 1989.
- NAYLOR, T.H., FINGER, J.M.**, "Verification Of Computer Simulation Models", Management Science, Vol 14, 92-101, 1967.
- O'CONNOR, D.E.**, Using Expert Systems to Manage Change and Complexity in Manufacturing, AI Applications for Business, Ablex, NJ., 1984.
- O'GRADY, P., MENON, U.**, "A Concise Review of Flexible Manufacturing Systems and FMS Literature", Computers in Industry, 7, 1985, pp 155-167.
- O'KEEFE, R.**, "Simulation And Expert Systems-A Taxonomy And Some Examples" Simulation, vol 46, No.1, 10-16, January 1986.
- ÖNÜT, S., ERDEM, H.İ., DEMİREL, T., GÜNAY, F.G.**, "Using Simulation For Shop Floor Control", 2nd BALKAN CONFERENCE ON OPERATIONAL RESEARCH, Thessaloniki, GREECE, October 1993.
- ÖREN, T.I., ZEIGLER, B.P.**, "Artificial Intelligence In Modeling And Simulation: Directions To Explore" (Annual Report), Simulation, Vol 48, No.4, 131-134, April 1987.
- PARRISH, D.**, Flexible Manufacturing, Butterworth-Heinemann, 1990.
- PAUL, R.J.**, "The Computer Aided Simulation Modeling Environment: An Overview", Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference, Edited by J.J. Swain, D. Goldsman, R.C. Crain, J.R. Wilson, 737-746.
- PEGDEN, C.D.**, Introducing to SIMAN, Systems Modelling Corporation, State College, Pennsylvania, 1982.
- PEGDEN, C.D., SHANNON, R.E., SADOWSKI, R.P.**, Introduction To Simulation Using SIMAN, McGraw-Hill, Inc., 1991.

PERERA, D.T.S., The Production Planning Problems of Flexible Manufacturing Systems With High Tool Variety, PhD Thesis, University of Strathclyde, GLASGOW, SCOTLAND, 1988.

PIOSNER, M., BERNHOLTZ, B., "Closed Finite Queuing Networks with Time Lags", Operation Research, Vol 16, 1968, pp 962-976.

RAO, M., JIANG, T.-S., TSAI, J., J.-P., "Integrated Intelligent Simulation Environment", Simulation, 291-295, June 1990.

RAOUF, A., AHMAD, S.I., Flexible Manufacturing-Recent Developments in FMS-Robotics-CAD/CAM-CIM, Elsevier, 1985.

REDDY, Y., FOX, M., HUSAIN, N., McROBERTS, M., "KBS: A Knowledge-Based Simulation System", Research Report, Int. Systems Lab., Carnegie-Mellon University, 1985.

RIVIN, E.I., MAKAROV, I.M., Modelling of Robotic and FMS, Hemisphere Publishing Corporation, 1990.

ROLSTON, L.J., "Modelling Flexible Manufacturing Systems with MAP/1", Annals of Operation Research, 3, pp 189-204, 1985.

RUSSEL, C.S., ELMAGHRABY, A.S., GRAHAM, J.H., "An Investigation Of A Standard Simulation-Knowledge Interface", Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference, Edited by J.J. Swain, D. Goldsman, R.C. Crain, J.R. Wilson, 807-815.

SALONNA, R., "Scheduling & Planning of Electronics Manufacturing Operation: A Case Study of the MADEMA Approach", Int. Journal of CIM Research, Vol 3, No 6, 1990, pp 345-353.

SCHOEN, S., SYKES, W., Putting Artificial Intelligent To Work, John Wiley & Sons, 1987.

SCHRIBER, J., Simulation using GPSS, John Wiley & Sons, NY, 1974.

SHANNON, R.E., MAYER, R., ADELSBERGER, H.H., "Expert Systems And Simulation", Simulation, Vol 44, No.6, 275-284, June 1985.

SHANNON, R.E., "Intelligent Simulation Environments", Proceedings of the Conference on Intelligent Simulation Environments, California, 150-157, 1986.

TANG, W.Y., An Intelligent Tool For FMS Simulation, MSc Dissertation, University of Strathclyde, GLASGOW, SCOTLAND, 1987.

SHARMA, G., ASTHANA, R.G.S., GOEL, S., "A Knowledge-Based Simulation Approach (K-SIM) For Train Operation And Planning", *Simulation*, Vol 62, No.6, 381-391, June 1994.

SKIVINGTON, J.J., *Computerising Production Management Systems*, Chapman & Hall, 1990.

SLATTER, P.E., *Building Expert Systems-Cognitive Emulation*, John Wiley & Sons, 1987.

SMITH, S.I., MUSCETTOLA, N., "OPIS: An Opportunistic Factory Scheduling System, 3. Int. Conference on Industrial & Engineering Applications of AI & ES", Vol 1, July 1990, pp. 268-274.

SOLBERG, J.J., "A Mathematical Model of Computerised Manufacturing Systems", *Proceedings of 4th Int. Conf. on Production Research*, 1977, Tokyo, Japan.

SOLBERG, J.J., *Instructional Manual for use of CANQ*, Purdue University, 1980.

STECKE, K.E., *Production Planning Problems for Flexible Manufacturing Systems*, PhD. Dissertation, Purdue University, West Lafayette, 1981

STECKE, K.E., "Formulation and Solution of Non-Linear Integer Production Planning Problems of Flexible Manufacturing Systems", *Management Science*, Vol 29, 1983, pp 273-288.

STECKE, K.E., BROWNE, J., "Variations in FMS According to the Relevant Types of Automated Material Handling Systems", Working Report, No 32, Graduate School of Business Administration, University of Michigan, USA, 1984.

SURI, R., DILLIE, J.W., "A Technique for On-line Sensitivity Analysis of Flexible Manufacturing Systems", First ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems, August 1984.

SURI, R., HILDEBRANDT, R.R., "Modelling Flexible Manufacturing Systems Using Mean-Value Analysis", *Journal of Manufacturing Systems*, 3 (1), 1984, pp 27-38.

SURI, R., WHITNEY, C.K., "Decision Support Requirements in Flexible Manufacturing", *SME Journal of Manufacturing Systems*, Vol-3,1, 1984, pp 61-69.

SURI, R., "An Overview of Evaluative Models for Flexible Manufacturing Systems", *Annals of Operations Research*, Vol 3, 1985.

TANG, K.W., *An Intelligent Front End For FMS Simulation*, MSc Dissertation, University of Strathclyde, GLASGOW, SCOTLAND, 1987.

VAIL, P.S., CIM, PWS-Kent Publications Company, 1988.

VAN LOOVEREN, A.J., GELDERS, L.F., VAN WASSENHAVE, L.N., "A Review of FMS Planning Models, in Modelling and Design of FMS", Edited by A. Kusiak, pp 3-31, Elsevier, Amsterdam, 1986.

VANGHELUWE, H., VANSTEENKISTE, G., VISIPKOV, V., MERKURYEV, Y., MERKURYEVA, G., TEILANS, A., "Design Of A User Friendly Modeling And Simulation Environment", Proceedings of the Conference on Modeling and Simulation 1994, 282-286.

WARNECKE, H.J., STEINHILPER, R., Flexible Manufacturing Systems, Springer-Verlag, 1985.

WILHELM, W.E., SARIN, S.C., "Models for the Design of Flexible Manufacturing Systems, 1983 Annual Industrial Engineering Conference Proceedings, 1983, pp 564-574.

WILLIAMS, D.J., Manufacturing Systems, Open University Press, 1988.

ZEIGLER, B.P., OREN, T.I., " Concepts for Advanced Simulation Methodologies", Simulation, No. 32,3, 1979, pp. 69-82.

EK 1

Uzman sistem yapısı içinde bulunan ve daha önce Bölüm 6 da anlatılan modellere ait SIMAN model ve deneysel programları ile bu modellerin benzetimi sonucunda elde edilen çıktı sonuçları.

1. MODEL

```

BEGIN;
  CREATE:EX(2,1),750:MARK(1);
  ASSIGN:X(1)=3;
  ASSIGN:X(2)=12;
  COUNT:1,1;
  ASSIGN:A(2)=DP(3,1);
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  ASSIGN:A(4)=P(4,A(3));
  ASSIGN:A(5)=P(5,A(2));
  ROUTE:0,5;
  STATION,5;
  QUEUE,8;
  SEIZE:JOBLIM;
  ROUTE:0,4;
  STATION,1-3;
  FREE:CART;
  QUEUE,M;
  SEIZE:MACHINE(M);
  DELAY:A(5);
  RELEASE:MACHINE(M);
  ASSIGN:X(3)=M;
  COUNT:M+1,1;
  ASSIGN:J=1;
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  QUEUE,14;
  SEIZE,1:LOAD;
  ROUTE:0,7;
  STATION,7;
  BRANCH,1:
    IF,J.EQ.1,TASII:
    ELSE,TASI2;
TASII ASSIGN:M=X(3);
  QUEUE,9;
  REQUEST,1:CART;
  TRANSPORT:CART,4;
TASI2 ASSIGN:M=4;
  QUEUE,10;
  REQUEST,2:CART;
  RELEASE:LOAD;
  TRANSPORT:CART,A(4);
  STATION,4;

```



```

BEGIN;
PROJECT: NMIN 012A00A;
DISCRE: IF,A(3).EQ.1,ILK:
RESOUR: ELSE,YOLLA;
ILK    QUEUE,11;
        SEIZE,2:LOAD;
        ASSIGN:A(1)=TNOW;
TRANS: ASSIGN:J=1;
DISTA: ROUTE:0,6;
CRT    ASSIGN:J2=X(1);
        FINDJ,1,J2:MIN(NR(J));
PARAM: ASSIGN:A(4)=J;
        ASSIGN:J=2;
        ROUTE:0,7;
YOLLA  FREE:CART;
        ASSIGN:J=2;
        ROUTE:0,6;
        STATION,6;
TALLY: BRANCH,1:
        IF,J.EQ.1,ISCI1:
        ELSE,ISCI2;
ISCI1  QUEUE,12;
        SEIZE,2:WORKER;
        DELAY:3;
        RELEASE:WORKER:NEXT(CRT);
ISCI2  QUEUE,13;
        SEIZE,1:WORKER;
        DELAY:3;
        RELEASE:WORKER;
        RELEASE:LOAD;
        RELEASE:JOBLIM:NEXT(CIKIS);
CIKIS  TALLY:A(2),INT(1);
        TALLY:13,INT(1):DISPOSE;
END;

```


BEGIN;
 PROJECT,MODEL 1,SEMIH,1/12/1993;
 DISCRETE,750,10,25,15;
 RESOURCES:1-3,MACHINE:
 4,LOAD,12;
 5,JOBLIM,10;
 6,WORKER,6;
 TRANSPORTERS:1,CART,1,1,10,0,4-A;
 DISTANCES:1,1-4,1,2,1/
 1,0/
 1;

PARAMETERS:1,3,12:
 2,17.:
 3,0.1889,1,0.3483,2,0.5018,3,0.6081,4,
 0.6907,5,0.7615,6,0.8205,7,0.8677,8,
 0.9102,9,0.948,10,0.9763,11,1.,12:
 4,1,2,3:
 5,18.,60.,36.,40.,36.,24.,32.,28.,20.,20.,30.,32.,

Number	Average	Standard	Minimum	Maximum	Number of
	Value	Deviation	Value	Value	City
TALLIES:1,T. IN SYS. P1:	93.01922	61.41196	66.00000	327.66530	63
2,T. IN SYS. P2:	75.10263	68.36266	47.00000	281.87520	70
3,T. IN SYS. P3:	72.73023	62.97239	46.00000	270.00000	47
4,T. IN SYS. P4:	89.18701	77.45113	42.00000	271.01000	38
5,T. IN SYS. P5:	70.78429	76.97006	38.00000	284.10010	40
6,T. IN SYS. P6:	77.21214	62.56069	38.00000	254.70000	32
7,T. IN SYS. P7:	104.51640	82.79478	34.00000	266.37450	18
8,T. IN SYS. P8:	72.64783	85.76185	26.00000	253.32830	12
9,T. IN SYS. P9:	38.79501	35.47435	26.00000	156.54540	16
10,T. IN SYS. P10:	69.47292	96.33407	36.00000	142.05420	13
11,T. IN SYS. P11:	47.05266	29.42708	38.00000	138.77780	11
12,T. IN SYS. P12:	73.83847	87.18100	24.00000	327.66530	427
13,T. IN SYS. ALL:					

DSTAT:1,NR(1),MAK1 KULL:

2,NR(2),MAK2 KULL:

3,NR(3),MAK3 KULL:

4,NQ(1),MAK1 KUYR:

5,NQ(2),MAK2 KUYR:

6,NQ(3),MAK3 KUYR:

7,NT(1),KART KULL:

8,NR(4),YUK IST KULL:

9,NQ(4),YUK IST KUYR:

10,NR(6),ISCI KULL:

11,NR(5),KONTROLCU KULL:

12,NQ(11),YUKLEME KUY:

13,NQ(8),GELIS KUY;

REPLICATE,1,0,8640,,,1440;

COUNTER:1,GELISLERIN SAYISI:

2,MAK1 CIKAN ISLER:

3,MAK2 CIKAN ISLER:

4,MAK3 CIKAN ISLER;

END;

Discrete Chain Variables

	Average	Standard	Minimum	Maximum	Time
	Value	Deviation	Value	Value	Period
1	88	32	.00	1.00	7200.00
2	65	48	.00	1.00	7200.00
3	51	50	.00	1.00	7200.00
4	102	34	.00	1.00	7200.00
5	60	50	.00	.00	7200.00
6	89	50	.00	.00	7200.00
7	02	12	.00	1.00	7200.00
8	37	58	.00	4.00	7200.00
9	60	50	.00	.00	7200.00
10	36	37	.00	1.00	7200.00
11	453	235	.00	32.00	7200.00
12	98	50	.00	.00	7200.00
13	13	37	.00	1.00	7200.00

SIMAN Summary Report

Project: MODEL 1

Analyst: SEMIH

Date : 1/12/1993

Run ended at time .8640E+04

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	T. IN.SYS. P1	58.39971	60.12436	24.00000	293.54390	65
2	T. IN SYS. P2	93.01922	61.41196	66.00000	327.66550	65
3	T. IN SYS. P3	75.10265	68.36206	42.00000	281.82520	70
4	T. IN SYS. P4	72.75025	62.97259	46.00000	270.00000	47
5	T. IN SYS. P5	99.18701	77.45113	42.00000	271.01050	38
6	T. IN SYS. P6	70.78429	76.93056	30.00000	284.10010	40
7	T. IN SYS. P7	77.21214	62.56989	38.00000	254.20000	32
8	T. IN SYS. P8	104.51640	82.79479	34.00000	266.37450	18
9	T. IN SYS. P9	72.64783	85.76185	26.00000	253.52830	12
10	T. IN SYS. P10	38.70561	35.47435	26.00000	156.54540	16
11	T. IN SYS. P11	69.47292	56.33407	36.00000	187.05420	13
12	T. IN SYS. P12	47.05266	29.42708	38.00000	135.77780	11
13	T. IN SYS.ALL	75.83847	67.18100	24.00000	327.66550	427

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	MAK1 KULL	.88	.32	.00	1.00	7200.00
2	MAK2 KULL	.65	.48	.00	1.00	7200.00
3	MAK3 KULL	.51	.50	.00	1.00	7200.00
4	MAK1 KUYR2	.102	.34	.00	7.00	7200.00
5	MAK2 KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
6	MAK3 KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
7	KART KULL	.02	.12	.00	1.00	7200.00
8	YUK IST KULL	.37	.58	.00	4.00	7200.00
9	YUK IST KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
10	ISCI KULL	.36	.57	.00	4.00	7200.00
11	KONTROLCU KULL	4.52	2.85	.00	10.00	7200.00
12	YUKLEME KUY	.00	.00	.00	.00	7200.00
13	GELIS KUY	.13	.57	.00	5.00	7200.00

2. MODEL

Counters

	Number	Identifier	Count	Limit
	1	GELISLERIN SAYIS	430	Infinite
BEGIN:	2	MAK1 CIKAN ISLER	186	Infinite
CREATE EXQ, 1, 30 M	3	MAK2 CIKAN ISLER	133	Infinite
ASSIGN X(1)-3	4	MAK3 CIKAN ISLER	109	Infinite
ASSIGN X(2)-12				
COUNT 1,1				

Run Time : 51 Second(s)

Stop - Program terminated.

2. MODEL

```

BEGIN;
  CREATE:EX(2,1),750:MARK(1);
  ASSIGN:X(1)=3;
  ASSIGN:X(2)=12;
  COUNT:1,1;
  ASSIGN:A(2)=DP(3,1);
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  ASSIGN:A(4)=P(4,A(3));
  ASSIGN:A(5)=P(5,A(2));
  ROUTE:0,11;
  STATION,11;
  QUEUE,14;
  SEIZE:JOBLIM;
  ROUTE:0,10;
  STATION,4-6;
  FREE:CART;
  ROUTE:0,A(4);
  STATION,1-3;
  QUEUE,M;
  SEIZE:MACHINE(M);
  RELEASE:IBUFFER(M);
  DELAY:A(5);
  COUNT:M+1,1;
  ROUTE:0,M+6;
  STATION,7-9;
  ASSIGN:X(3)=M;
  QUEUE,M;
  SEIZE:OBUFFER(M-6);
  RELEASE:MACHINE(M-6);
  QUEUE,M+3;
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  QUEUE,15;
  SEIZE,1:LOAD;
  ASSIGN:J=1;
  ROUTE:0,13;
  STATION,13;
  BRANCH,1:
    IF,J.EQ,1,TASII:
      ELSE,TASI2;
TASII ASSIGN:M=X(3);
  QUEUE,16;
  REQUEST,1:CART;
  RELEASE:OBUFFER(M-6);
  TRANSPORT:CART,10;
TASI2 ASSIGN:M=10;
  QUEUE,17;
  REQUEST,2:CART;
  RELEASE:LOAD;
  TRANSPORT:CART,X(4);
  STATION,10;

```



```

      BRANCH,1:
      IF,A(3).EQ.1,ILK:
      ELSE,YOLLA;
ILK  QUEUE,18;
      SEIZE,2:LOAD;
      ASSIGN:A(1)=TNOW;
      ASSIGN:J=1;
      ROUTE:0,12;
CRT  ASSIGN:J2=3+X(1);
      FINDJ,4,J2:MIN(NR(J));
      ASSIGN:A(4)=J-3;
      ASSIGN:X(4)=J;
      ASSIGN:M=X(4);
      QUEUE,M+17;
      SEIZE:IBUFFER(M-3);
      ASSIGN:J=2;
      ROUTE:0,13;
YOLLA FREE:CART;
      ASSIGN:J=2;
      ROUTE:0,12;
      STATION,12;
      BRANCH,1:
      IF,J.EQ.1,ISCI1:
      ELSE,ISCI2;
ISCI1 QUEUE,19;
      SEIZE,2:WORKER;
      DELAY:3;
      RELEASE:WORKER:NEXT(CRT);
ISCI2 QUEUE,20;
      SEIZE,1:WORKER;
      DELAY:3;
      RELEASE:WORKER;
      RELEASE:LOAD;
      RELEASE:JOBLIM:NEXT(CIKIS);
CIKIS TALLY:A(2),INT(1);
      TALLY:13,INT(1):DISPOSE;
END;

```



```

BEGIN;
PROJECT,MODEL 2,SEMIH,1/12/1993;
DISCRETE,750,10,25,15;
RESOURCES:1-3,MACHINE:
END;
4-6,IBUFFER:
7-9,OBUFFER:
10,LOAD,12:
11,JOBLIM,15:
12,WORKER,6;
TRANSPORTERS:1,CART,1,1,10.0,10-A;
DISTANCES:1,4-10,1,2,0,1,2,1/
1,1,0,1,0/
2,1,0,1/
1,2,1/
1,0/
0;
PARAMETERS:1,3,12:
2,17.:
3,0.1889,1,0.3483,2,0.5018,3,0.6081,4,
0.6907,5,0.7615,6,0.8205,7,0.8677,8,
0.9102,9,0.948,10,0.9763,11,1.,12:
4,1,2,3:
5,18.,60.,36.,40.,36.,24.,32.,28.,20.,20.,30.,32.;
TALLIES:1,T. IN SYS. P1:
2,T. IN SYS. P2:
3,T. IN SYS. P3:
4,T. IN SYS. P4:
5,T. IN SYS. P5:
6,T. IN SYS. P6:
7,T. IN SYS. P7:
8,T. IN SYS. P8:
9,T. IN SYS. P9:
10,T. IN SYS. P10:
11,T. IN SYS. P11:
12,T. IN SYS. P12:
13,T. IN SYS.ALL;
DSTAT:1,NR(1),MAK1 KULL:
2,NR(2),MAK2 KULL:
3,NR(3),MAK3 KULL:
4,NQ(1),MAK1 KUYR:
5,NQ(2),MAK2 KUYR:
6,NQ(3),MAK3 KUYR:
7,NT(1),KART KULL:
8,NR(10),YUK IST KULL:
9,NQ(10),YUK IST KUYR:
10,NR(12),ISCI KULL:
11,NR(11),KONTROLCU KULL:
12,NQ(18),YUKLEME KUY:
13,NQ(14),GELIS KUY;
REPLICATE,1,0,8640,,,1440;

```


SIMAN Summary Report

COUNTER:1,GELISLERIN SAYISI:

2,MAK1 CIKAN ISLER:

Project: M

3,MAK2 CIKAN ISLER:

Analyst: N

4,MAK3 CIKAN ISLER:

Run ended at time 26-07-04

Telly Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs
1	T IN SYS P1	41.62598	16.64037	24.09961	128.61550	65
2	T IN SYS P2	85.76057	21.82438	66.00000	223.38840	65
3	T IN SYS P3	63.32104	29.87575	42.09998	165.07250	70
4	T IN SYS P4	76.38020	40.17969	46.10010	248.94240	48
5	T IN SYS P5	68.81416	36.83423	42.00000	178.53880	38
6	T IN SYS P6	51.15383	30.94249	30.10010	141.81960	40
7	T IN SYS P7	65.73871	27.63244	38.00000	182.98120	32
8	T IN SYS P8	57.88216	45.47680	34.00000	233.34960	18
9	T IN SYS P9	39.10369	19.63246	26.00000	79.09082	12
10	T IN SYS P10	50.33713	24.30558	26.10010	128.02780	16
11	T IN SYS P11	60.54202	40.15455	36.10010	161.28560	13
12	T IN SYS P12	86.18183	18.99886	38.09998	100.43720	14
13	T IN SYS ALL	63.05456	32.38540	24.09961	248.94240	428

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	MAK1 KULL	93	25	00	100	7200.00
2	MAK2 KULL	76	43	00	100	7200.00
3	MAK3 KULL	35	48	00	100	7200.00
4	MAK1 KIYR	61	40	00	100	7200.00
5	MAK2 KIYR	38	48	00	100	7200.00
6	MAK3 KIYR	12	32	00	100	7200.00
7	KART KULL	61	11	00	100	7200.00
8	YAK IST KULL	63	105	00	700	7200.00
9	YAK IST KIYR	00	00	00	00	7200.00
10	ISCI KULL	30	58	004	00	7200.00
11	KONINOLCU KULL	3.78	2.11	00	1200	7200.00
12	YUKLIME KUY	00	00	00	00	7200.00
13	QELAS KUY	00	00	00	00	7200.00

SIMAN Summary Report
Run Number 1 of 1

Project: MODEL 2

Analyst: SEMIH

Date : 1/12/1993

Run ended at time .8640E+04

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	T. IN.SYS. P1	41.62598	18.64037	24.09961	120.61550	65
2	T. IN SYS. P2	85.76057	23.82438	66.00000	223.38840	65
3	T. IN SYS. P3	65.32104	29.87575	42.09998	165.03830	70
4	T. IN SYS. P4	76.38020	40.17969	46.10010	248.94240	48
5	T. IN SYS. P5	68.81416	36.83123	42.00000	178.53880	38
6	T. IN SYS. P6	51.15353	20.94249	30.10010	141.81960	40
7	T. IN SYS. P7	65.75871	27.63244	38.00000	182.98120	32
8	T. IN SYS. P8	57.88216	45.47680	34.00000	233.34960	18
9	T. IN SYS. P9	39.10209	19.63946	26.00000	79.09082	12
10	T. IN SYS. P10	50.33727	24.20558	26.10010	120.02780	16
11	T. IN SYS. P11	60.54202	40.35455	36.10010	161.28560	13
12	T. IN SYS. P12	66.18183	18.99886	38.09998	100.43730	11
13	T. IN SYS.ALL	63.35456	32.38540	24.09961	248.94240	428

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	MAK1 KULL	.93	.25	.00	1.00	7200.00
2	MAK2 KULL	.76	.43	.00	1.00	7200.00
3	MAK3 KULL	.35	.48	.00	1.00	7200.00
4	MAK1 KUYR	.61	.49	.00	1.00	7200.00
5	MAK2 KUYR	.35	.48	.00	1.00	7200.00
6	MAK3 KUYR	.12	.32	.00	1.00	7200.00
7	KART KULL	.01	.11	.00	1.00	7200.00
8	YUK IST KULL	.65	1.05	.00	7.00	7200.00
9	YUK IST KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
10	ISCI KULL	.36	.58	.004	.00	7200.00
11	KONTROLCU KULL	3.78	2.11	.00	12.00	7200.00
12	YUKLEME KUY	.00	.00	.00	.00	7200.00
13	GELIS KUY	.00	.00	.00	.00	7200.00

4.MODEL

```

BEGIN;
  CREATE:EX(2,1),750:MARK(1);
  ASSIGN:X(1)=3;
  ASSIGN:X(2)=12;
  COUNT:1,1;
  ASSIGN:A(2)=DP(3,1);
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  ASSIGN:A(4)=P(4,A(3));
  ASSIGN:A(5)=P(5,A(2));
  ROUTE:0,11;
  STATION,11;
  QUEUE,14;
  SEIZE:JOBLIM;
  ROUTE:0,10;
  STATION,4-6; (11-20)
  FREE:CART;
  ASSIGN:M=10;
  QUEUE,24;
  REQUEST,3:CART;
  TRANSPORT:CART,A(4);
  STATION,1-3; (1-10)
  FREE:CART;
  QUEUE,M;
  SEIZE:MACHINE(M);
  RELEASE:IBUFFER(M);
  DELAY:A(5);
  COUNT:M+1,1;
  ASSIGN:M=A(4);
  QUEUE,25;
  REQUEST,2:CART;
  TRANSPORT:CART,M+6;
  STATION,7-9;
  ASSIGN:X(3)=M;
  FREE:CART;
  QUEUE,M;
  SEIZE:OBUFFER(M-6);
  RELEASE:MACHINE(M-6);
  QUEUE,M+3;
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  QUEUE,15;
  SEIZE,1:LOAD;
  ASSIGN:J=1;
  ROUTE:0,13;
  STATION,13;
  BRANCH,1:
    IF.J.EQ.1,TASII:
    ELSE,TASII2:
TASII ASSIGN:M=X(3);
  QUEUE,16;
  REQUEST,1:CART;
  RELEASE:OBUFFER(M-6);

```



```

        TRANSPORT:CART,10;
TASI2  ASSIGN:M=10;
        QUEUE,17;
        REQUEST,4:CART;
        RELEASE:LOAD;
        TRANSPORT:CART,X(4);
        STATION,10;  (31)
        BRANCH,1:
            IF,A(3).EQ.1,ILK:
            ELSE,YOLLA;
ILK    QUEUE,18;
        SEIZE,2:LOAD;
        ASSIGN:A(1)=TNOW;
        ASSIGN:J=1;
        ROUTE:0,12;
CRT    ASSIGN:J2=3+X(1);
        FINDJ,4,J2:MIN(NR(J));
        ASSIGN:A(4)=J-3;
        ASSIGN:X(4)=J;
        ASSIGN:M=X(4);
        QUEUE,M+17;
        SEIZE:IBUFFER(M-3);
        ASSIGN:J=2;
        ROUTE:0,13;
YOLLA FREE:CART;
        ASSIGN:J=2;
        ROUTE:0,12;
        STATION,12;
        BRANCH,1:
            IF,J.EQ.1,ISCI1:
            ELSE,ISCI2;
ISCI1  QUEUE,19;
        SEIZE,2:WORKER;
        DELAY:3;
        RELEASE:WORKER:NEXT(CRT);
ISCI2  QUEUE,20;
        SEIZE,1:WORKER;
        DELAY:3;
        RELEASE:WORKER;
        RELEASE:LOAD;
        RELEASE:JOBLIM:NEXT(CIKIS);
CIKIS  TALLY:A(2),INT(1);
        TALLY:13,INT(1):DISPOSE;
END;

```



```

BEGIN;
PROJECT,MODEL 4,SEMIH,1/12/1993;
DISCRETE,750,10,25,15;
RESOURCES:1-3,MACHINE:
    4-6,IBUFFER,2:
    7-9,OBUFFER,2:
    10,LOAD,2:
    11,JOBLIM,10:
    12,WORKER,1;
TRANSPORTERS:1,CART,1,1,10.0,10-A;
DISTANCES:1,1-10,1,2,0,1,2,0,1,2,1/
    1,1,0,1,1,0,1,2/
    2,1,0,2,1,0,3/
    1,2,0,1,2,1/
    1,1,0,1,2/
    2,1,0,3/
    1,2,1/
    1,2/
    3;
PARAMETERS:1,3,12:
    2,17.:
    3,0.1889,1,0.3483,2,0.5018,3,0.6081,4,
    0.6907,5,0.7615,6,0.8205,7,0.8677,8,
    0.9102,9,0.948,10,0.9763,11,1.,12:
    4,1,2,3:
    5,18.,60.,36.,40.,36.,24.,32.,28.,20.,20.,30.,32.;
TALLIES:1,T. IN SYS. P1:
    2,T. IN SYS. P2:
    3,T. IN SYS. P3:
    4,T. IN SYS. P4:
    5,T. IN SYS. P5:
    6,T. IN SYS. P6:
    7,T. IN SYS. P7:
    8,T. IN SYS. P8:
    9,T. IN SYS. P9:
    10,T. IN SYS. P10:
    11,T. IN SYS. P11:
    12,T. IN SYS. P12:
    13,T. IN SYS.ALL;
DSTAT:1,NR(1),MAK1 KULL:
    2,NR(2),MAK2 KULL:
    3,NR(3),MAK3 KULL:
    4,NQ(1),MAK1 KUYR:
    5,NQ(2),MAK2 KUYR:
    6,NQ(3),MAK3 KUYR:
    7,NT(1),KART KULL:
    8,NR(10),YUK IST KULL:
    9,NQ(10),YUK IST KUYR:
    10,NR(12),ISCI KULL:
    11,NR(11),KONTROL CU KULL:
    12,NQ(18),YUKLEME KUY:
    13,NQ(14),GELIS KUY;
REPLICATE,1,0,8640,,,1440;

```


SIMAN Summary Report

COUNTER: 1, GELISLERIN SAYISI:
 2, MAK1 CIKAN ISLER:
 Project: MPT 3, MAK2 CIKAN ISLER:
 Analiz: SP 4, MAK3 CIKAN ISLER:
 END; 1/12/78

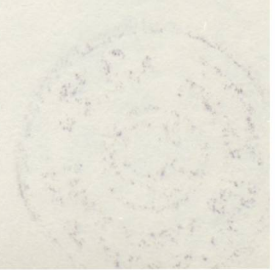
Run ended at time 25405.04

Table Variables

Number	Modifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs
1	T IN SYS P1	42.83439	15.17994	21.40000	85.14426	37
2	T IN SYS P2	37.82770	20.22042	16.40000	102.14000	26
3	T IN SYS P3	62.39616	17.21612	42.40000	112.50000	32
4	T IN SYS P4	32.10024	21.02296	16.40000	120.40000	33
5	T IN SYS P5	64.20000	25.00000	42.40000	120.40000	45
6	T IN SYS P6	40.00000	18.00000	20.00000	96.20000	45
7	T IN SYS P7	62.40000	17.00000	42.40000	102.50000	34
8	T IN SYS P8	61.70000	20.00000	42.00000	100.00000	30
9	T IN SYS P9	42.20000	22.00000	21.40000	97.20000	15
10	T IN SYS P10	42.20000	22.00000	21.40000	101.20000	15
11	T IN SYS P11	52.00000	15.00000	32.00000	87.20000	16
12	T IN SYS P12	58.20000	15.20000	38.00000	85.00000	15
13	T IN SYS ALL	51.20000	21.00000	21.40000	102.00000	423

Summary of Results

Number	Modifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time (Sec)
1	MAK1 KULL	42	15	21	85	120.00
2	MAK2 KULL	38	20	16	102	100.00
3	MAK3 KULL	62	17	42	112	120.00
4	MAK4 KULL	32	21	16	120	100.00
5	MAK5 KULL	64	25	42	120	120.00
6	MAK6 KULL	40	18	20	96	100.00
7	MAK7 KULL	62	17	42	102	100.00
8	MAK8 KULL	62	20	42	100	100.00
9	MAK9 KULL	42	22	21	97	100.00
10	MAK10 KULL	42	22	21	101	100.00
11	MAK11 KULL	52	15	32	87	100.00
12	MAK12 KULL	58	15	38	85	100.00
13	MAK13 KULL	51	21	21	102	100.00



SIMAN Summary Report

Run Number 1 of 1

Project: MODEL 4

Analyst: SEMIH

Date : 1/12/1993

Run ended at time .8640E+04

Tally Variables

Stop - Program terminated

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	T. IN.SYS. P1	42.02439	15.67968	24.40002	84.39526	77
2	T. IN SYS. P2	87.68770	20.22642	66.49805	148.19900	78
3	T. IN SYS. P3	62.59616	17.31622	42.50049	112.50000	82
4	T. IN SYS. P4	72.39035	21.02596	46.40039	131.36870	53
5	T. IN SYS. P5	64.16330	25.60751	42.40002	139.61910	43
6	T. IN SYS. P6	49.40019	18.93740	30.40002	94.29224	44
7	T. IN SYS. P7	63.76257	17.01501	38.50049	109.51900	37
8	T. IN SYS. P8	61.77485	30.51071	35.60010	146.83250	20
9	T. IN SYS. P9	43.53373	22.29902	26.40039	97.77832	15
10	T. IN SYS. P10	47.74652	22.28291	26.39990	111.32010	19
11	T. IN SYS. P11	55.96757	19.63888	37.00098	97.73047	16
12	T. IN SYS. P12	58.70893	17.26738	38.89978	83.65771	11
13	T. IN SYS.ALL	61.96746	24.56609	24.40002	148.19900	495

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	MAK1 KULL	.92	.27	.00	1.00	7200.00
2	MAK2 KULL	.69	.46	.00	1.00	7200.00
3	MAK3 KULL	.37	.48	.00	1.00	7200.00
4	MAK1 KUYR	.62	.60	.00	2.00	7200.00
5	MAK2 KUYR	.35	.54	.00	2.00	7200.00
6	MAK3 KUYR	.15	.38	.00	2.00	7200.00
7	KART KULL	.05	.22	.00	1.00	7200.00
8	YUK IST KULL	.43	.61	.00	2.00	7200.00
9	YUK IST KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
10	ISCI KULL	.35	.48	.00	1.00	7200.00
11	KONTROL CU KULL	3.57	2.02	.00	10.00	7200.00
12	YUKLEME KUY	.01	.09	.00	2.00	7200.00
13	GELIS KUY	.00	.04	.00	2.00	7200.00

Counters

program terminated.

5. MODEL

```

BEGIN;
  CREATE:EX(2,1),750:MARK(1);
  ASSIGN:X(1)=3;
  ASSIGN:X(2)=12;
  COUNT:1,1;
  ASSIGN:A(2)=DP(3,1);
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  ASSIGN:A(4)=P(4,A(3));
  ASSIGN:A(5)=P(5,A(2));
  ROUTE:0,11;
  STATION,11;
  QUEUE,14;
  SEIZE:JOBLIM;
  ROUTE:0,10;
  STATION,4-6; (11-20)
  FREE:CART;
  ASSIGN:M=10;
  QUEUE,24;
  REQUEST,3:CART;
  TRANSPORT:CART,A(4);
  STATION,1-3; (1-10)
  FREE:CART;
  QUEUE,M;
  SEIZE:MACHINE(M);
  RELEASE:IBUFFER(M);
  DELAY:A(5);
  COUNT:M+1,1;
  ASSIGN:M=A(4);
  QUEUE,25;
  REQUEST,2:CART;
  TRANSPORT:CART,M+6;
  STATION,7-9;
  ASSIGN:X(3)=M;
  FREE:CART;
  QUEUE,M;
  SEIZE:OBUFFER(M-6);
  RELEASE:MACHINE(M-6);
  QUEUE,M+3;
  ASSIGN:A(3)=A(3)+1;
  QUEUE,15;
  SEIZE,1:LOAD;
  ASSIGN:J=1;
  ROUTE:0,13;
  STATION,13;
  BRANCH,1:
    IF J.EQ.1,TASII:
    ELSE,TASI2;
TASII  ASSIGN:M=X(3);
        QUEUE,16;
        REQUEST,1:CART;
        RELEASE:OBUFFER(M-6);

```



```

        TRANSPORT: CART, 10;
TASI2  ASSIGN: M=10;
        QUEUE, 17;
        REQUEST, 4: CART;
        RELEASE: LOAD;
        TRANSPORT: CART, X(4);
        STATION, 10; (31)
        BRANCH, 1:
            IF, A(3).EQ. 1, ILK:
            ELSE, YOLLA;
ILK    QUEUE, 18;
        SEIZE, 2: LOAD;
        ASSIGN: A(1)=TNOW;
        ASSIGN: J=1;
        ROUTE: 0, 12;
CRT    ASSIGN: J2=3+X(1);
        FINDJ, 4, J2: MIN(NR(J));
        ASSIGN: A(4)=J-3;
        ASSIGN: X(4)=J;
        ASSIGN: M=X(4);
        QUEUE, M+17;
        SEIZE: IBUFFER(M-3);
        ASSIGN: J=2;
        ROUTE: 0, 13;
YOLLA  FREE: CART;
        ASSIGN: J=2;
        ROUTE: 0, 12;
        STATION, 12;
        BRANCH, 1:
            IF, J.EQ. 1, ISCI1:
            ELSE, ISCI2;
ISCI1  QUEUE, 19;
        SEIZE, 2: WORKER;
        DELAY: 3;
        RELEASE: WORKER: NEXT(CRT);
ISCI2  QUEUE, 20;
        SEIZE, 1: WORKER;
        DELAY: 3;
        RELEASE: WORKER;
        RELEASE: LOAD;
        RELEASE: JOBLIM: NEXT(CIKIS);
CIKIS  TALLY: A(2), INT(1);
        TALLY: 13, INT(1): DISPOSE;
END;

```



```

BEGIN;
PROJECT,MODEL 5,SEMIH,1/12/1993;
DISCRETE,750,10,25,15;
RESOURCES:1-3,MACHINE:
END;
4-6,IBUFFER:
7-9,OBUFFER:
10,LOAD,2:
11,JOBLIM,6:
12,WORKER,1;
TRANSPORTERS:1,CART,1,1,10.0,10-A;
DISTANCES:1,1-10,1,2,0,1,2,0,1,2,1/
1,1,0,1,1,0,1,2/
2,1,0,2,1,0,3/
1,2,0,1,2,1/
1,1,0,1,2/
2,1,0,3/
1,2,1/
1,2/
3;
PARAMETERS:1,3,12:
2,17.:
3,0.1889,1,0.3483,2,0.5018,3,0.6081,4,
0.6907,5,0.7615,6,0.8205,7,0.8677,8,
0.9102,9,0.948,10,0.9763,11,1.,12:
4,1,2,3:
5,18.,60.,36.,40.,36.,24.,32.,28.,20.,20.,30.,32.;
TALLIES:1,T. IN SYS. P1:
2,T. IN SYS. P2:
3,T. IN SYS. P3:
4,T. IN SYS. P4:
5,T. IN SYS. P5:
6,T. IN SYS. P6:
7,T. IN SYS. P7:
8,T. IN SYS. P8:
9,T. IN SYS. P9:
10,T. IN SYS. P10:
11,T. IN SYS. P11:
12,T. IN SYS. P12:
13,T. IN SYS.ALL;
DSTAT:1,NR(1),MAK1 KULL:
2,NR(2),MAK2 KULL:
3,NR(3),MAK3 KULL:
4,NQ(1),MAK1 KUYR:
5,NQ(2),MAK2 KUYR:
6,NQ(3),MAK3 KUYR:
7,NT(1),KART KULL:
8,NR(10),YUK IST KULL:
9,NQ(10),YUK IST KUYR:
10,NR(12),ISCI KULL:
11,NR(11),KONTROLCU KULL:
12,NQ(18),YUKLEME KUY:
13,NQ(14),GELIS KUY;
REPLICATE,1,0,8640,,,1440;

```


COUNTER:1,GELISLERIN SAYISI:

Run Number: 2,MAK1 CIKAN ISLER:

3,MAK2 CIKAN ISLER:

Project: MCT 4,MAK3 CIKAN ISLER:

END; t: 30MIN

Date: 1/12/1991

Run ended at time: 2640E+04

Tarih Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs
1	T IN SYS P1	42.16001	15.04737	24.40002	84.39526	77
2	T IN SYS P2	85.04577	16.52886	66.49805	127.59300	78
3	T IN SYS P3	59.41592	14.45478	42.50049	98.19531	82
4	T IN SYS P4	69.30758	17.93471	46.40039	109.27420	33
5	T IN SYS P5	58.48140	17.87465	42.40002	101.17990	43
6	T IN SYS P6	48.70288	17.00279	30.40002	86.71826	44
7	T IN SYS P7	63.95210	16.74358	38.50049	94.48673	37
8	T IN SYS P8	50.91547	15.12483	38.11475	93.57499	30
9	T IN SYS P9	77.07806	12.31941	26.40039	83.97021	15
10	T IN SYS P10	43.12061	14.19154	26.39990	68.67963	19
11	T IN SYS P11	49.24053	12.37143	37.00058	71.44368	16
12	T IN SYS P12	58.81463	12.68770	38.59978	73.17829	11
13	T IN SYS ALL	59.40840	21.16319	24.40002	127.59300	495

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	MAK1 KULL	92	37	00	1.00	7200.00
2	MAK2 KULL	70	46	00	1.00	7200.00
3	MAK3 KULL	36	48	00	1.00	7200.00
4	MAK1 KUYR	34	30	00	1.00	7200.00
5	MAK2 KUYR	32	47	00	1.00	7200.00
6	MAK3 KUYR	42	33	00	1.00	7200.00
7	KART KULL	85	12	00	1.00	7200.00
8	YUK IST KULL	43	61	00	2.00	7200.00
9	YUK IST KUYR	80	80	00	00	7200.00
10	IST KULL	35	45	00	1.00	7200.00
11	KONTROLCU KULL	1.42	1.71	00	6.00	7200.00
12	YUKI ENB KUY	01	06	00	1.00	7200.00
13	GRUP KUY	36	38	00	5.00	7200.00

SIMAN Summary Report

Run Number 1 of 1

Project: MODEL 5

Analyst: SEMIH

Date : 1/12/1993

Run ended at time .8640E+04

Run Time: 47 Second(s)

Tally Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1	T. IN.SYS. P1	42.16001	15.08737	24.40002	84.39526	77
2	T. IN SYS. P2	85.04577	16.52886	66.49805	127.79300	78
3	T. IN SYS. P3	59.41572	14.45438	42.50049	98.19531	82
4	T. IN SYS. P4	69.30758	17.93411	46.40039	109.27420	53
5	T. IN SYS. P5	58.48140	17.87465	42.40002	101.17990	43
6	T. IN SYS. P6	48.70288	17.00279	30.40002	86.71826	44
7	T. IN SYS. P7	63.95210	16.74258	38.50049	94.48633	37
8	T. IN SYS. P8	58.81547	15.12485	38.11475	93.57495	20
9	T. IN SYS. P9	37.07806	12.21941	26.40039	63.97021	15
10	T. IN SYS. P10	43.18061	14.19154	26.39990	68.67065	19
11	T. IN SYS. P11	49.24055	12.37143	37.00098	71.44385	16
12	T. IN SYS. P12	58.81462	12.68770	38.89978	73.17529	11
13	T. IN SYS.ALL	59.46840	21.16319	24.40002	127.79300	495

Discrete Change Variables

Number	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	MAK1 KULL	.92	.27	.00	1.00	7200.00
2	MAK2 KULL	.70	.46	.00	1.00	7200.00
3	MAK3 KULL	.36	.48	.00	1.00	7200.00
4	MAK1 KUYR	.54	.50	.00	1.00	7200.00
5	MAK2 KUYR	.32	.47	.00	1.00	7200.00
6	MAK3 KUYR	.12	.33	.00	1.00	7200.00
7	KART KULL	.05	.22	.00	1.00	7200.00
8	YUK IST KULL	.42	.61	.00	2.00	7200.00
9	YUK IST KUYR	.00	.00	.00	.00	7200.00
10	ISCI KULL	.35	.48	.00	1.00	7200.00
11	KONTROLCU KULL	3.42	1.71	.00	6.00	7200.00
12	YUKLEME KUY	.01	.08	.00	2.00	7200.00
13	GELIS KUY	.16	.58	.00	5.00	7200.00

EK 2

Counters

Number	Identifier	Count	Limit
1	GELISLERIN SAYIS	499	Infinite
2	MAK1 CIKAN ISLER	232	Infinite
3	MAK2 CIKAN ISLER	172	Infinite
4	MAK3 CIKAN ISLER	91	Infinite

Run Time : 17 Second(s)

Stop - Program terminated.

```

interface
uses
  DOS;
type
  Str1 = string[3];
  Str4 = string[4];
  Str5 = string[5];
  Str8 = string[8];
  Str10 = string[10];
  Str13 = string[13];
  Str20 = string[20];
  Str30 = string[30];
  Str40 = string[40];
  Str60 = string[60];
  Str70 = string[70];
  Str80 = string[80];
  FileName = string[66];
  PathName = string[64];
  FileExt = string[4];
  FileNm = string[8];
  CharSet = set of Char;
  LineStr = string;

  FileSpec = record
    Path : PathName;
    Name : FileNm;
    Ext : FileExt;
  end;

  Token = record
    s : LineStr;
    Delim : Char;
  end;

  Rectangle = record
    X1, Y1, X2, Y2 : byte;
  end;

  WindowDef = record
    Border :
      Fill : Rectangle;
      PenColor :
        BackColor :
          BorderColor : byte;
  end;

```


EK 2

Esnek üretim uzman sisteminin BORLAND PASCAL 7.0 programlama dili ile yazılan program kodları.

```

unit
  SEVars;
  {+-----+}
  { YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY }
  { INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT }
  { 1993/94 }
  { SIMULATION EXPERT }
  { Main Variable Declaration Unit }
  {+-----+}
interface
  uses
    DOS;
  type
    Str3      = string[3];
    Str4      = string[4];
    Str5      = string[5];
    Str8      = string[8];
    Str10     = string[10];
    Str15     = string[15];
    Str20     = string[20];
    Str30     = string[30];
    Str40     = string[40];
    Str60     = string[60];
    Str70     = string[70];
    Str80     = string[80];
    FileName  = string[66];
    PathName  = string[64];
    FileExt   = string[4];
    FileNm    = string[8];
    CharSet   = Set of Char;
    LineStr   = String;

    FileSpec = record
      Path : PathName;
      Name : FileNm;
      Ext  : FileExt;
    end;

    Token = record
      s      : LineStr;
      Delim  : char;
    end;

    Rectangle = record
      X1, Y1, X2, Y2 : byte;
    end;

    WindowRec = record
      Border,
      Vis : Rectangle;
      ForeColor,
      BackColor,
      BorderColor : byte;
  
```



```

        WTitle : String;
        WBottom : String;
    end;

    Date = record
        Day : string[2];
        Month : string[2];
        Year : string[2];
    end;

    OneStDataRec = record
        Name : Str10;
        StType : byte;
        LoadingMethod : byte;
        NOInpBuf : integer;
        NOOutBuf : integer;
        DistType : byte;
        TBArrivals : integer;
        Umin : integer;
        Umax : integer;
        StDev : integer;
        LoadTime : integer;
        UnloadTime : integer;
        MinUseRatio : integer;
        MaxUseRatio : integer;
        MaxQLength : integer;
    end;

    StationDataRec = record
        FMSType : byte;
        NOS : byte;
        StData : array [1..23] of OneStDataRec;
        DBSMatrix : array [1..23,1..23] of integer;
    end;

    MatHandlDataRec = record
        HType : byte;
        HCap : integer;
        HRate : integer;
        TrackType : Str20;
        MaxUseRatio : integer;
    end;

    PartInfoRec = record
        Ratio : integer;
        Shape : Str10;
        Material : Str10;
        Sizes : Str15;
    end;

    SimDataRec = record
        NOP : byte;
        PartInfo : array [1..20] of PartInfoRec;
        BatchSize : integer;
        DistType : byte;
        TBArrivals : integer;
        Umin : integer;
        Umax : integer;
        StDev : integer;
        NOPalette : byte;
        PCap : integer;
        PartDef : Str15;
        NOTools : byte;
    end;

```



```

        ChgMethod      : Str10;
        TLoadingMtd    : Str10;
        NOFixture      : byte;
        FType          : Str10;
        PIIMtd         : Str10;
        POIMtd         : Str10;
        PType          : Str10;
    end;

ModelRec = record
    ModelName      : Str10;
    ModelInfo      : Str30;
    CreationDate   : Str8;
    ModificationDate : Str8;
    BufferType      : string[1];
    WIPSize        : integer;
    StationData    : StationDataRec;
    MatHandlData   : MatHandlDataRec;
    SimData        : SimDataRec;
end;

const
    Null = #0;
    EmptyStr = '';
    Space = ' ';
    Tab = ^I;
    Blanks : CharSet = [Space, Tab];
    EndPunct : CharSet = ['!', '?', '.'];
    Delimiters : CharSet = [Space, Tab, '!', '?', ',', ';'];
    BS = #8;
    LF = #10;
    CR = #13;
    ESC = #27;
    F1 = #187;
    F2 = #188;
    F3 = #189;
    F4 = #190;
    F5 = #191;
    F6 = #192;
    F7 = #193;
    F8 = #194;
    F9 = #195;
    F10 = #196;
    UpKey = #200;
    DownKey = #208;
    LeftKey = #203;
    RightKey = #205;
    PgUpKey = #201;
    PgDnKey = #209;
    HomeKey = #199;
    EndKey = #207;
    InsKey = #210;
    DelKey = #211;
    StringCharSet      : CharSet = [#32..#122];
    AlfabeticalCharSet : CharSet = [#65..#122];
    IntegerCharSet     : CharSet = [#48..#57];
    RealCharSet        : CharSet = ['.', #48..#57];
    StandartInputCharSet : CharSet =
[UpKey, DownKey, ESC, CR, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, PgUpKey, PgDnKey];

type
    MITems = array [1..14] of string[30];

```



```
ModelsArray = array [1..15] of Str70;
ModelFile   = file of ModelRec;
```

```
var
  MenuItem      : MItems;
  Quit          : boolean;
  TC            : char;
  CurrentDate   : Date;
  MainWin, GenWin,
  MenuWin, ModelsWin : WindowRec;
  Model         : ModelRec;
  mf            : ModelFile;
  pf            : ModelFile;
```

```
implementation
```

```
begin
```

```
  Assign(mf, 'SEMODELS.RCS');
end.
```

```
program SimulationExpert;
```

```
{+-----+}
{|          YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY          |}
{|      INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT      |}
{|                      1993/94                  |}
{|      S I M U L A T I O N   E X P E R T        |}
{|                      MAIN PROGRAMME SOURCE CODE      |}
{+-----+}
```

```
uses
```

```
  Crt,
  SEVars,
  SEGen,
  SEInpMn,
  SESim,
  SEReport;
```

```
var
```

```
  Ch      : char;
  T, OldT : byte;
```

```
procedure InitWindows;
```

```
begin
```

```
  NewWindow(MainWin, 'BENZETİM UZMANI', '',
    2, 2, 79, 24,
    White, Blue, White, false);
  NewWindow(ModelsWin, 'Mevcut Modeller', '',
    4, 4, 77, 21,
    White, Blue, White, false);
```

```
end;
```

```
procedure Intro;
```

```
begin
```

```
  SetColor(Blue, Blue);
  ClearScreen;
  SetColor(Yellow, Blue);
  WriteXY(' YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
  Bölümü (C) 1993/94 ', 2, 25);
  DisplayWindow(MainWin, true);
```

Endüstri Mühendisliği

end;

procedure Goodbye;

begin

SetColor(LightGray, Black);

ClearScreen;

end;

procedure SetMainMenuItems;

begin

MenuItem[1] := ' Veri Giriş Menüsü ';

MenuItem[2] := ' Sistemin Çalıştırılması ';

MenuItem[3] := ' İstatistik ve Raporlar ';

MenuItem[4] := ' Çıkış ';

end;

begin

SetCurrentDate;

InitWindows;

Intro;

Quit:=false;

OldT:=1;

if Not Quit

then

repeat

SetWindow(MainWin);

ClrScr;

SetMainMenuItems;

T:=MenuChoice(MenuItem, 4, OldT, 'Ana Menü');

case T of

1 : DataEntryMenu;

2 : RunningTheSystem;

3 : ReportingMenu;

end;

OldT:=T;

Quit:=(T=4);

until Quit;

Goodbye;

end.

ÖZGEÇMİŞ

1964 yılında İstanbul' da doğdu. Orta okulu Şenesenevler Ortaokulu' nda, liseyi 1981 yılında Suadiye Lisesi' nde bitirdi. Aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü' nde Lisans öğrenimine başladı ve 1985 yılında mezun oldu. Yüksek Lisans öğrenimini 1987 yılında **Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü' nde** bitirdi ve aynı bölümün Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı' nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Doktora konusunda araştırmalar yapmak ve Master öğrenimi görmek üzere gittiği **İngiltere-GLASGOW** daki **Strathclyde Üniversitesi' nin**, Tasarım, Üretim ve Mühendislik Yönetimi Bölümü' nden (*Department of Design, Manufacture and Engineering Management - Manufacture and Engineering management Division*) Bilgisayarla Bütünleşik Üretim (**Computer Integrated Manufacturing-CIM**) konusunda MSc derecesi alarak, Şubat 1993 de döndü. ÖNÜT'ün Bilgisayarla bütünleşik üretim, benzetim ve uzman sistemler konularında yurtiçi ve yurtdışı yayınları bulunmaktadır. Ayrıca, IIE, SCS, TIMS ve ORSA üyesidir.

