

T.C.  
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİPARİŞE GÖRE ÜRETİMDE ÇİZELGELEME KARARLARININ  
UZMAN SİSTEMLERLE VERİLMESİ

ÖZGÜR ŞAŞTIM

ŞUBAT 2009

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün onayı.

..../..../.....

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

\_\_\_\_\_  
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

\_\_\_\_\_  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Yrd. Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ

\_\_\_\_\_  
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

Yrd. Doç. Dr. A.Kürşad TÜRKER

Yrd. Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ÖZET

### SİPARİŞE GÖRE ÜRETİMDE ÇİZELGELEME KARARLARININ UZMAN SİSTEMLERLE VERİLMESİ

ŞAŞTIM, Özgür

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ

Şubat 2009, 102 sayfa

Bu tez çalışmasında, işletmelerde önemli bir fonksiyon olan üretim çizelgelemenin Uzman Sistemlerle tasarlanarak, gerçek yaşam problemlerine daha etkin çözümler üretmesi amaçlanmaktadır. Mevcut çizelgeleme teorileri çoğunlukla gerçek yaşamda etkisiz kalmakta ya da yeterli etkiyi gösterememektedirler. Üretim ortamının etkinliğini belirleyen çizelgeleme fonksiyonunun işletmelerde önemli bir yeri vardır. Siparişlerin zamanında teslimi, makine, işgücü, hammadde gibi kaynakların kısıtlar altında etkin kullanımı çizelgelemenin etkinliğine bağlıdır.

İşletmelerde çizelgeleme problemleri, teorik çizelgeleme modelleriyle etkin bir çözüme kavuşturulamamaktadır. Çizelgeleme teorileri, gerçek problemlere uygulandığında etkisiz kalmakta ve problemleri çoğunlukla çözememektedirler. Üretim ortamında uzman olarak yer alan insan daha etkin çözümler üretebilmektedir. Bu noktada insan uzmanın, üretim çizelgeleme konusundaki bilgisini, tecrübesini, yorumlamasını ve etkin çözümler üretebilmesi yeteneğini uzman sistemler ile bilgisayarda programlayarak etkin çözümler üretilebilecektir. Çalışmada belirlenen işletme için, uzman sistem ile çizelgeleme modeli tasarlanmıştır. Çizelgeleme fonksiyonu incelenerek, insan uzmanların tecrübelerini, bilgilerini ve çözüm tekniklerini içeren bilgi tabanı ve kural tabanı oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Uzman sistem, Çizelgeleme, Üretim

## ABSTRACT

### AN EXPERT PRODUCTION SCHEDULING SYSTEM FOR MAKE-TO-ORDER BASED MANUFACTURING

ŞAŞTIM, Özgür

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Industry Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ

February 2009, 102 pages

In this thesis, it is aimed to design an expert system for the production scheduling which can solve real life problems more efficient. Current scheduling theories usually can not be efficient for real life problems. Scheduling has an important role for the manufacturing companies. The efficiency of labor force, machines, materials and on time deliveries depend on the efficiency of scheduling.

Scheduling problems can not be solved with theoretical models. Human, who is in manufacturing environment, plans and generates more effective solutions. So, the way of generating effective solutions is to design a computer based system that uses human expert's knowledge, experience and explanation ability about scheduling. In this study, by using human experts' knowledge and experiences and

solution techniques, information and rule bases of an expert system for scheduling is designed.

**Key Words:** Expert System, Scheduling, Manufacturing

## TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında her türlü yardımını esirgemeyen ve biz genç araştırmacılara büyük destek olan, bilimsel deney imkanlarını sonuna kadar bizlerin hizmetine veren, tez yöneticisi hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ'e, tez çalışmalarım esnasında, bilimsel konularda daima yardımını gördüğüm Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün tüm hocalarına teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	3
2.1. ÜRETİM KAVRAMI.....	3
2.1.1. Üretimin Tanımı.....	3
2.1.2. Üretim Tipleri.....	4
2.1.2.1. Seri Üretim (Sürekli Üretim).....	5
2.1.2.2. Parti Üretimi (Yığın Üretim).....	5
2.1.2.3. Siparişe Göre Üretim (Atölye Tipi Üretim).....	6
2.1.3. İş Çizelgeleme.....	6
2.1.4. Siparişe Göre Üretimde Çizelgeleme Problemi .....	8
2.2. UZMAN SİSTEMLER.....	10
2.2.1. Uzman Sistem Tanımı.....	10
2.2.2. Uzman Sistem Genel Özellikleri.....	11
2.2.3. Uzman Sistem Yapay Zeka İlişkisi.....	13
2.2.3.1. Genetik Algoritma.....	14
2.2.3.2. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neurol Networks).....	14
2.2.3.3. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic).....	15



2.2.3.4. Uzman Sistem (Expert System).....	15
2.2.4. Uzman Sistemin Karakteristikleri.....	15
2.2.4.1. Uzmanlık.....	16
2.2.4.2. Sembolik Çıkarım.....	17
2.2.4.3. Derinlik.....	17
2.2.4.4. Kendi Kendine (Self) Bilgi.....	17
2.2.5. Uzman Sistem Yapısı.....	18
2.2.5.1. Bilgi Tabanı.....	19
2.2.5.2. Çıkarım Mekanizması.....	19
2.2.5.3. Kullanıcı Arayüzü.....	20
2.2.6. Bilginin Organizasyonu ve Gösterimi.....	20
2.2.6.1. Şebekeler.....	21
2.2.6.2. Nesne-Sıfat-Değer (N-S-D) Üçlüsü.....	27
2.2.6.3. Kurallar.....	30
2.2.6.4. Çerçevesel.....	32
2.2.6.5. Lojik İfadeler.....	34
2.2.7. Sonuç Çıkarım Mekanizması.....	35
2.2.7.1. Sonuç Çıkarım Prensipleri.....	36
2.2.7.1.1. Modus Ponens.....	36
2.2.7.1.2. Kararlılık.....	37
2.2.7.1.3. Belirsizlik Hakkında Sonuç Çıkarımı .....	39
2.2.7.2. Çözüm Arama Teknikleri.....	41
2.2.7.2.1. Önce Derinlemesine Arama Tekniği.....	41
2.2.7.2.2. Önce Enlemesine Arama Tekniği.....	42
2.2.7.3. Çıkarım Kontrol Stratejileri.....	43

2.2.7.3.1. İleriye Doğru Zincirleme Metodu.....	44
2.2.7.3.2. Geriye Doğru Zincirleme Metodu.....	45
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	47
3.1. Literatür Araştırması.....	47
3.2. Siparişe Göre Üretimde Çizelgeleme Kararlarının Uzman Sistemlerle Verilmesinde Uzman Sistemin Oluşturulması.....	51
3.2.1. Modelin Yapısı.....	52
3.2.2. Tasarlanan Uzman Sistemin Yapısı.....	54
3.2.3. Modelin Bilgi Yapısı.....	55
3.2.4. Modelin Kural Yapısı.....	55
3.3. Tasarlanan Model için Bir Çalışma Örneği.....	58
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	67
Ek 1.....	70
Ek 2.....	80

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

2.1. Üretim Süreci.....	4
2.2. Üretim Tipleri.....	5
2.3. Uzman Sistem Yapısı.....	18
2.4. Bir Şebekenin Yapısı.....	22
2.5. Bir Şebeke Örneği.....	22
2.6. Bir Şebeke Örneği.....	23
2.7. MYCIN'dan bir kural.....	28
2.8. MYCIN'dan bir kuralın N-S-D üçlü gösterimi.....	28
2.9. Bir Çerçeve Örneği.....	33
2.10. Önce Derinlemesine Arama Tekniği.....	42
2.11. Önce Enlemesine Arama Tekniği.....	43
2.12. İleriye Doğru Zincirleme Metodu (Önce Enlemesine).....	44
2.13. İleriye Doğru Zincirleme Metodu (Önce Derinlemesine).....	44
2.14. Geriye Doğru Zincirleme Metodu (Önce Enlemesine).....	46
2.15. Geriye Doğru Zincirleme Metodu (Önce Derinlemesine).....	46
3.1. Modelin Yapısı.....	53
3.2. Tasarlanan Uzman Sistemin Yapısı.....	54
3.3. Modelin Kural Yapısı.....	57

3.4. Kural 1'in Çalışması.....	59
3.5. Kural 2'nin Çalışması.....	60
3.6. Kural 3'ün ve Kural 4'ün Çalışması.....	61
3.7. Örnek İçin Mevcut 1.Durum.....	62
3.8. Örnek İçin Sipariş Teslim Tarihleri Değiştirilmiş 2.Durum.....	63
3.9. Kural 1'in Çalışması.....	80
3.10. Kural 2'nin Çalışması.....	81
3.11. Kural 3'ün ve Kural 4'ün Çalışması.....	82
3.12. Kural 5'in Çalışması.....	83
3.13. Kural 6'nın Çalışması.....	84
3.14. Kural 7'nin Çalışması.....	85
3.15. Kural 8'in Çalışması.....	86
3.16. Kural 9'un Çalışması.....	87
3.17. Kural 10'nun Çalışması.....	89
3.18. Kural 11'in Çalışması.....	91
3.19. Kural 12'nin Çalışması.....	93
3.20. Kural 13'ün Çalışması.....	95
3.21. Kural 14'ün Çalışması.....	97
3.22. Kural 15'in Çalışması.....	99
3.23. Kural 16'nın Çalışması.....	101

# 1. GİRİŞ

Son zamanlarda yoğun bir ilgi odağı haline gelen yapay zeka çalışmaları yeni bir araştırma alanı olmaya başlamıştır. Yapay zeka alanında yapılan çalışmalar yardımıyla bir çok alanda sağlıklı kararlar verebilmek, etkili yorumlar yapabilmek ve bir insana göre daha fazla değişkeni daha kısa zamanda inceleyip sonuca varabilmek mümkün olacaktır. Yapay zeka alanında ilginin yoğunlaştığı çalışma alanlarından biri uzman sistemlerdir.

Uzman sistemler; belirli bir alanda insan uzmanın bilgisini, tecrübesini, yorumlarını, açıklamasını ifade edebilen, problemlere uzman kişiler yeterliliğinde çözümler ve tavsiyeler getirebilen bilgisayar programlarıdır.

İşletmeler için önemli bir fonksiyon olan çizelgelemenin önemi giderek artmaktadır. Müşteri taleplerine mevcut kısıtlar altında en iyi şekilde cevap verebilmek büyük bir öneme sahiptir. Günümüze kadar çizelgeleme ile ilgili birçok teori geliştirilmiş olmasına rağmen, gerçek yaşam problemlerinde bu teoriler yetersiz kalmaktadır. İnsan uzmanlar üretim çizelgeleme alanındaki gerçek yaşam problemlerinde daha başarılı ve etkin çözümler üretebilmektedirler. Üretim çizelgelemenin gerçek yaşam problemlerinde daha etkin sonuçlar elde edilmesi için uzman sistem kullanılarak çözüm elde etmek bu çalışmanın amacıdır.

İkinci bölümde, üretim kavramı, üretim tipleri ve siparişe göre üretimin karakteristikleri özetlenmiştir. Çizelgeleme problemi tanımlanarak, incelenmiştir. Bu bölümde ayrıca, problemimize uygulanacak olan yapay zekanın bir dalı olan uzman

sistemler hakkında bilgi verilmiştir. Uzman sistemlerin tanımı, genel özellikleri, yapay zeka ile olan ilişkisi ve uzman sistem yapısı anlatılmaktadır.

Üçüncü bölümde, tanımlanan işletmenin çizelgeleme probleminin uzman sistemlerle modellenmesi ve problemin çözümü için tasarlanan yapı ortaya konulmaktadır.

Sonuçlar ve öneriler bölümünde, uzman sistemin tasarımında karşılaşılan zorluklar ve sonuçlar ortaya konulmaktadır.

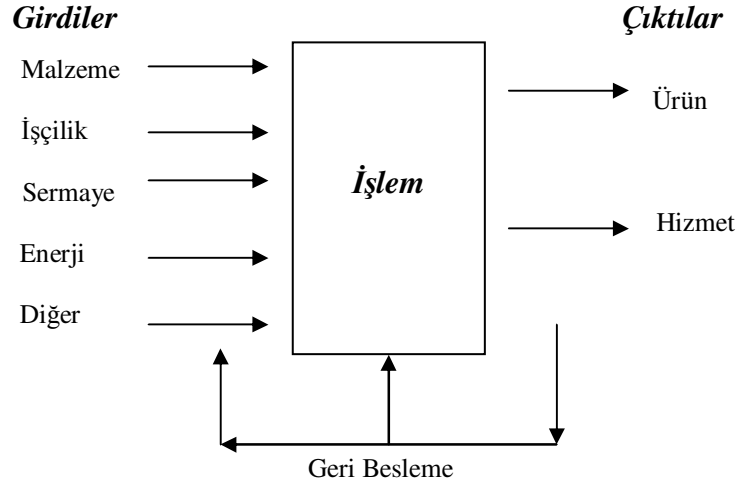
## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. ÜRETİM KAVRAMI

#### 2.1.1. Üretimin Tanımı

Genel olarak üretim; ekonomik değeri olan mal veya hizmetlerin oluşturulmasını sağlayan faaliyetler bütünü şeklinde tanımlanmaktadır. Üretim yalnızca bir ürünün ortaya çıkması ya da oluşturulması amacıyla yapılan faaliyetler için değil, aynı zamanda bir ürüne değer katmak, değerini artırmak amacıyla yapılan faaliyetler için de kullanılmaktadır<sup>(1)</sup>.

Üretim süreçleri, ürün ve hizmet elde edilmesi için gerçekleştirilen dönüştürme süreçleridir. Üretim sürecinde; insan, sermaye, enerji ve malzemeler kullanılarak, Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi dönüşüm gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte öğeler arası ya da çevre ile olan ilişkilerde sürekli değişim olduğundan geri besleme yapısı oluşturulmalıdır. Sistemin amacı doğrultusunda önlemler zamanında yerine getirilmelidir.

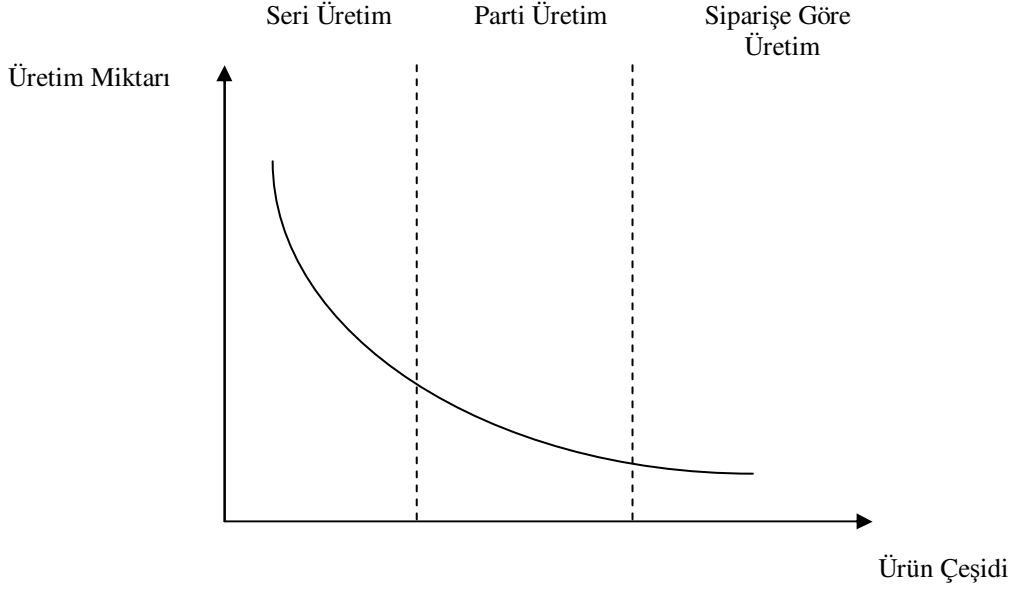


**Şekil 2.1.** Üretim Süreci

### 2.1.2. Üretim Tipleri

Üretim tipleri, ürün özelliklerine, stok politikasına, ürün çeşitliliğine, üretim miktarına ve üretim yöntemi tekniklerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu konuda literatür de farklı görüşler olmasına rağmen; üretim tipleri Şekil 2.2.'de gösterildiği gibi seri üretim, parti üretim ve siparişe göre üretim olarak 3 ana grupta sınıflandırılmıştır.





**Şekil 2.2.** Üretim Tipleri

### 2.1.2.1. Seri Üretim (Sürekli Üretim)

Üretim miktarının yüksek, ürün çeşidinin az olduğu üretim tipidir. Hat boyunca sisteme giren birimler, aynı sıradaki faaliyetler ile üretilir. Üretim hattına yarı mamul ve hammadde olarak alınan malzemeler, hattan tamamlanmış ürün durumunda ayrılır. Her tezgahın belirli görevi için belirli bir süre ayrılmıştır. Beklemeler, gecikmeler ve ara yığılmalar işlem sürelerindeki farklılıklardan oluşur. Bu problemi gidermek için hat dengelemesi gerçekleştirilir.

### 2.1.2.2. Parti Üretimi (Yığın Üretim)

Ürün çeşidinin fazla, üretim taleplerinin de partiler halinde olduğu üretim tipidir. Üretim partiler halinde gerçekleştirilir, üretim esnekliği yüksektir. Genel amaçlı tezgahlar kullanılır. Malzeme taşıma yüksektir, partiler üretimin bazı

aşamalarında aynı üretim bölümünden geçebilirler. Tezgahlar arası taşıma yüksek olduğundan, ara stoklarda yüksek miktarda bulunur. Üretim planlaması karmaşıktır.

### **2.1.2.3. Siparişe Göre Üretim (Atölye Tipi Üretim)**

Ürün çeşidinin çok fazla, üretim miktarının düşük olduğu üretim tipidir. Esneklik fazladır. Ara stoklar ve iş akışı yüksek olup, talepteki değişkenlik nedeniyle de üretim yönetiminde zorluklar yaşanır. Üretimin yinelemesinden dolayı bazı avantajları vardır. Üretimde karşılaşılabilecek zorluklar önceden görülebilir ve planlama çalışmaları daha etkin bir şekilde yapılabilir. Üretim planlaması karmaşıktır.

### **2.1.3. İş Çizelgeleme**

Üretimde yapılacak olan işleri belirli kısıtlar altında, belirli amaçları optimum yapacak şekilde geliştirme faaliyetlerine iş çizelgeleme denilebilir. Ayrıntılı günlük operasyon planlamasıdır.

Çizelgeleme, iş merkezlerinin hangi işleri gerçekleştireceği, operasyonların başlama ve bitiş zamanları, işi gerçekleştirecek olan kişi ve kullanılacak olan donanım, operasyonların sıralaması ile ilgilenmektedir.

Çizelgeleme üretim amaçlarına ulaşmak için mevcut koşulları hesaba katmaktadır. İşletmede operasyonların yerine getirilmesi için zaman ve sıralama açısından yapılan plan üretim çizelgesidir.

Çizelgelemenin üç amacı mevcuttur. Bunlar:

- **Teslim Tarihi:** Müşterilerin siparişleri zamanında teslim edilmeye çalışılır.
- **Akış Süreleri:** İşlem süreleri minimize edilmeye çalışılır.
- **İş Merkezlerinin Kullanımı:** Makine, araç, takım ve personel açısından iş merkezleri etkin kullanılmaya çalışılır.

Çizelgelemede atölye yapısı önemli bir etkidir. Akış atölyesinde sürekli ve hücresele üretim gerçekleştirilir. Bütün işler aynı rota ve sabit bir sıralamaya göre gerçekleştirilir. İş atölyesinde üretim siparişe göredir ve her işin kendine özgü bir rotası olup, işlerin belirli bir sıralamayla gerçekleştirilmesi sağlanır. Çizelgelemeler basit veya çok karmaşık olabilir.

Çizelgeleme, üretimde olanakların etkin şekilde kullanılabilmesi, müşteri taleplerine en kısa zamanda cevap verilebilmesi, işlerin teslim tarihlerinde gecikme olmadan tamamlanabilmesi, yarı mamul stoklarının minimize edilebilmesi ve fazla mesai saatlerinin minimize edilebilmesi amaçlarını yerine getirmeye çalışmaktadır.

Literatürde çizelgeleme, parametrelerin deterministik ya da stokastik olduğu, tek makineli ya da çok makineli olduğu, sürecin dinamik ya da statik olduğu problem yapılarını kapsamaktadır. Ölçütlerin birden çok olduğu çizelgeleme çalışmaları giderek artmaktadır. Bu tip problemlerde çelişen amaçların birlikte en iyilendiği çizelgeyi oluşturmak daha zordur.

#### 2.1.4. Siparişe Göre Üretimde Çizelgeleme Problemi (Atölye Tipi Üretim Ortamında Çizelgeleme Problemi)

Atölye tipi çizelgeleme problemi sonlu sayıda iş kümesi  $J_i$  'nin, sonlu sayıda tezgah kümesi  $M_k$  üzerinde önceden belirlenen bir sıra (teknolojik kısıt) ve kapasite kısıtlarını yerine getirerek, belirli bir performans ölçütünü maksimize edecek şekilde her bir işlem için bir başlama zamanı belirlemektir. Her iş belirli sırada her tezgaha uğraması gerekir<sup>(2)</sup>.

Çizelgelemede performans ölçütü işlerin tamamlanma zamanının bir fonksiyonu olup, bunun minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Performans ölçütleri genel olarak, maksimum tamamlanma zamanı, ortalama iş akış süresi, ortalama geciken iş sayısı ortalama tezgah boş bekleme süresidir<sup>(2)</sup>.

$$J_i = (i=1,2,\dots,n) \quad , \text{İş kümesi}$$

$$M_k = (k=1,2,\dots,m) \quad , \text{Tezgah kümesi}$$

$t_{ik}$  : i işinin k tezgahındaki başlama zamanı

Çizelgeleme probleminin matematiksel ifadesi şu şekildedir<sup>(3)</sup>:

$$\text{Min } C_{\max}$$

$$t_{il} - t_{ik} \geq p_{ik} \quad \forall i \in J ; [k,l] \text{ i işinin ardışık iki işlemidir [1]}$$

ve  $k \rightarrow l$  (k işlemi l' den önce gelir).

$$t_{iz} - t_{jy} \geq p_{jy} \vee t_{jy} - t_{iz} \geq p_{iz} \quad \forall i, j \in J ; i \neq j \text{ 'dir ve } [y,z] \text{ aynı tezgahta}$$

yapılması gereken iki ayrı işin işlemleridir.[2]

$$t_{ik} \geq 0 \quad \forall i \in J \text{ ve } \forall k \in M \quad [3]$$

[1] nolu kısıt işlem sırasını belirlemektedir. Ardışık iki işlemin başlama zamanı arasındaki süre, en az öndeki işlemin işlem süresi kadardır. Bir işin aynı anda yalnızca bir tezgahta yapılacağı varsayımını gerçekleştirmektedir. [2] nolu kısıt bir tezgahın aynı anda yalnızca bir işlemi yapacağını belirlemektedir. [3] nolu kısıt işlem sürelerinin negatif olmamasını sağlayarak, bütün işlemlerin tamamlanması gerektiğini belirlemektedir.

Atölye çizelgeleme problemi şu şekilde incelenebilir;  $n$  adet işin  $m$  adet makinede atölye tipi üretim ortamında çizelgelenmesinde,  $n$  adet işin her biri işlem olarak nitelendirilen  $m$  adet alt işten oluşmaktadır. Bu yüzden  $n$  adet işin olduğu dikkate alındığında her makinede  $n!$  kadar sıralama olasılığı mevcuttur. Her bir makinenin bağımsız olduğu göz önüne alındığında  $(n!)^m$  adet olası çizelge oluşturulabilir. Olası çizelgeler içinde, her işe ait işlemlerin belirlenen sırada (öncelik kısıtları) gerçekleştirilmesini sağlayan ve her makinede aynı anda birden fazla işlemin gerçekleştirilmesini (kaynak kısıtları) engelleyen çizelge uygun çizelge olmaktadır.

Atölye tipi üretim ortamında çizelgelemede iş ve makine sayısı, çizelgeleme açısından son derece önemlidir. Çizelgelemede iş ve makine sayısındaki küçük artışlar, problemin çözüm uzayında önemli oranda büyümeye sebep olduğundan, problemin en iyi çözümünün mevcut analitik tekniklerle bulunması zorlaşmaktadır.

## 2.2. UZMAN SİSTEMLER

### 2.2.1. Uzman Sistem Tanımı

Uzman sistem, bir uzmanın sınırlı bir alanda belirli bir performansını aynı oranda başarmış bilgisayar yazılımını ifade etmektedir. Günümüzde bilgisayarların insan gibi düşünebilmesi klasik bilgisayar mantığına ters düşmektedir.

Mevcut problemler içinde çok güç durumda olanlar bile geleneksel bilgisayar uygulamaları ile kolaylıkla çözülebilmektedir. Fakat güç durumdaki problemleri bile çözen bilgisayar uygulamaları, problemlerin bir kısmını geleneksel çözüm metotları ile çözememektedir. Bu tür problemler kompleks bilgi işlemleri gerektirmektedir. Belirsizlik ve kesin olmayan bilgi içermektedir. Geleneksel algoritmalarla formüle edilemeyen bu problemler, konuyla ilgili uzmanlardan alınan bilgiyle deneysel yöntemlerle sınırlandırılmaktadır. Bu deneysel yöntemi kullanan sistem, uzman sistem olarak adlandırılmaktadır.

Uzman sistem, açık olarak sunulmuş bilgi alanını ve işlemsel karar prosedürlerini kullanma yoluyla şimdiye kadar uzmana ihtiyaç duyan problemleri çözen bilgisayar programıdır<sup>(4)</sup>.

Uzman sistem, bir problem alanındaki bir veya daha fazla uzmanın bilgi ve becerisini kullanan bir bilgisayar sistemidir. Uzman sistemler, kullanıcılara faydalı çıkarımlar yapmak için uzmanların problem çözme deneyimlerini kullanır<sup>(5)</sup>.

Bilgi, tecrübe ve uzmanlaşmış profesyonel kişilerin yargılarını içeren programlara genellikle uzman sistemler veya bilgi-temelli sistemler adı verilir. Bu programlar normalde insan uzmanlığını gerektiren problemlerin çözümünde

kullanılır. Problem çözümlerinin ötesinde, uygun soruların sorulması ve sebep sonuç çıkarmanın açıklanması gibi diğer uzmanlık fonksiyonlarını da gerçekleştirirler<sup>(6)</sup>.

Uzman sistemler, uzmanların problem çözme ve karar verme işlemleri doğrultusunda hareket etmeye çalışan bilgisayar programlarıdır. Uzman sistemlerin amacı, özel problemleri çözmek, sunmak ve çözümü detaylı bir şekilde terimlerle kullanıcılara açıklamaktır<sup>(7)</sup>.

Uzman sistemler, uzman insanın tasarım, oluşturma, planlama, teşhis etme, yorumlama, özetleme ve tavsiye etme gibi yapabileceği türden faaliyetleri yapmak için oluşturulmuş bilgisayar programlarıdır<sup>(8)</sup>.

Uzman sistemler yapay zekanın bir kolu-zor karar problemlerinin çözümünde uzman insanın düşünme prosesini taklit etmek için dizayn edilmiş entegre bilgisayar programlarıdır<sup>(9)</sup>.

### **2.2.2. Uzman Sistem Genel Özellikleri**

Uzman sistemin başarısı, tasarlanacak yapıdaki toplanan bilginin niteliğine bağlıdır. Bilgi, probleme konu olan alanları tam olarak temsil edebilmelidir. Ayrıca bilgi, açıklanabilir olmalı ve bilgi tabanı, karar vermeyi kolaylaştıracak şekilde düzenlenmelidir. Dolayısıyla bilginin toplanması ve kodlanması bir uzman sistemin en önemli özelliğidir. Uzman sistemin temel özelliklerini ve avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir<sup>(10)</sup>:

- Karmaşık görevlerin uygulanmasındaki uygun zeki davranışı,
- Tam ve kesin olmayan bilgi ve veriyle ilgilenme kabiliyeti,
- Çözüm için problem alanlarında verimli bir şekilde araştırma yeteneği,

- Sistemin veri tabanının okunabilirliği,
- Sistem çalışırken ara sonuçları gösterebilme yeteneği,
- Fırsatları değerlendirecek bilgiden yararlanma kabiliyeti,
- Sonuçları belirleme ve açıklama kabiliyeti.

Bir uzman sistemin temeli, sistemin kurulması aşamasında genişleyen güçlü “Bilgi Tabanı (corpus of knowledge)”dir. Bu bilgi karar vermeyi basitleştirmek için organize edilir ve sistemin dışsal elemanıdır. Dolayısıyla; bilginin toplanması kodlanması bir uzman sistemin en önemli konularından biridir<sup>(11)</sup>.

Bir uzman sistemin önemli özelliklerinden biri, problemlerin üzümünde yüksek seviyeli uzmanlığa sahip olmasıdır. Bu uzmanlık, belirli bir alandaki st seviye uzmanların en iyi düşüncelerini temsil edebilmektedir.

Uzman sistemin diğer bir önemli özelliği de, tahmini modelleme gücüdür. Uzman sistem, verilen bir alanda problem zme modeli veya bilgi işleme teorisi olarak davranabilmektedir. Mevcut problem durumu için cevapları temin etmekte ve yeni durumlarda üzümlerin nasıl değişeceğini göstermektedir. Yeni durumların değişikliğe nasıl sebep olacağını açıklayabilmektedir. Yeni kurallar ekleyerek veya mevcut kurallarda değişiklikler yaparak yeni stratejilerin veya prosedürlerin zm üzerindeki etkisini değerlendirebilmektedir.

Uzman sistemin ustalığını tanımlayan bilgi tabanı, organizasyonel hafıza (institutional memory) olarak nitelenen diğer bir özellik daha sağlamaktadır. Eğer bilgi tabanı bir kurumdaki anahtar personelin etkileşimi ile geliştirilirse, grubun çalışma yöntemini veya mevcut politikayı temsil etmektedir. Bu anahtar personel ayrıldığında onların uzmanlığı korunmuş olmaktadır.



Uzman sistemin önemli diğer bir özelliği, anahtar personel ve önemli personel için bir eğitim araçları sağlama yeteneğidir. Bilgiyi ve çıkarsama mekanizmasını açıklayabilmesinden dolayı eğitim amaçlı tasarlanabilmektedir. Yeni personeller uzman sistemin içerdđi uzmanlık ve stratejilerle yetiştirilmektedir.

### **2.2.3. Uzman Sistem Yapay Zeka İlişkisi**

Yapay zeka; “İnsan tarafından zeka kullanılarak yapılabilenleri, makinelere yaptırma bilimidir. Tanımın üç farklı boyutu vardır. Birinci boyut, ileri bilgisayar teknolojisinden bahsetmektedir. İkinci boyut, bilgisayarlarda insan davranışlarını, idrak, algı ve bilişsel süreçleri simüle etmesidir. Üçüncü boyut ise “bütün zeki beyinler uzayına ait özelliğin incelenmesidir” şeklinde tanımlanmıştır<sup>(12)</sup>.

Yapay zeka bilgi algılama, sebep sonuç ilişkisi araştırma, öğrenme, algılama ve benzeri kavrama yeteneklerinin geliştirilmesi ile çok sayıda denenmesi için bilgisayarın kullanılmasındaki süreçlerden oluşur<sup>(13)</sup>.

Yapay zeka zekice işleri bilgisayara yaptırma sanattır<sup>(14)</sup>.

Verilen bu tanımlar ışığında yapay zekayı; verilerin toplanıp bilgiye dönüştürülmesi, bilgi tabanlarının oluşturulması, problemlerin çözümünde bilgi tabanlarının zekice işlenmesi olarak tanımlanabilecektir.

Yapay zeka programları, klasik bilgisayar programların aksine yeni ve alternatif bilgiler üretmektedir. Yapay zeka, doğal objeleri kullanırken diğer bilimlere ve insanlar tarafından üretilen objeleri de kullanabilmektedir.

Yapay zekanın kullanımına yönelik farklı alanlarda uygulamaları görülmektedir. Kullanım alanlarının ve uygulamaların farklılığına göre, bu teknikler aşağıda yer alan 4 ana bölümde incelenmektedir:

- Genetik Algoritma
- Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)
- Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)
- Uzman Sistem (Expert System)

#### **2.2.3.1. Genetik Algoritma**

Genetik algoritmalar oldukça başarılı çözümler üretmektedir. Doğadaki canlıların geçirdiği evrim sürecini örnek alarak matematiksel modeli kurulamayan veya çözüm alanı çok geniş olan problemlerin çözümünde kullanılan tekniklerdir. Genetik algoritmanın 5 temel elemanı vardır; random sayı üretici, uygunluk kontrolü mekanizması, üreme, crossover ve mutasyon operasyonları, genetic operatörlerdir.

#### **2.2.3.2. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)**

Konuşma, görüntü tanıma, işaretleme, optimizasyon problemleri ve robot kontrolü gibi alanlarda uygulanan yapay zeka tekniğidir. Her biri kendi belleğine sahip olan, işlem yapabilen ve tek yönlü bilgi iletim kanalları ile birbirine bağlanmış olan yapay sinir ağları, birçok basit işlem elemanından oluşan ve paralel ve dağınık, tek veya çok katmanlı bir bilgi işletim sistemidir.

### **2.2.3.3. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)**

Bulanık mantık teorik bir çalışma olarak ortaya çıkmış, günlük yaşamda hakim olan belirsizliğin ifade edilmesinde pek çok güçlüğü ortadan kaldırmıştır. Uygulama alanları; bilgisayar, kontrol, meteoroloji, tıp, sosyal bilimler sayılabilir. Bulanık mantık olayların oluşum derecesiyle ilgilenmektedir. Geleneksel yaklaşım içerisinde kümeyi oluşturan elemanlar kesin olup, kümeye ait olma derecesi 0 veya 1'dir. Bulanık küme teorisinde, bir elemanın bir kümeye ait olup olmama durumu 0–1 değerleri ile sınırlanmamıştır.

### **2.2.3.4. Uzman Sistem (Expert System)**

Planlama, teşhis, tercüme, özetleme, danışma gibi insan tecrübelerine dayanan bazı faaliyetleri gerçekleştirmek için hazırlanan bilgisayar programlarıdır. Net olan matematiksel modellerden daha esnek yapıya sahip, algoritma ve heuristik yöntemlerin otomasyonudur.

### **2.2.4. Uzman Sistemin Karakteristikleri**

Uzman sistem, bir problem alanındaki bir veya daha fazla uzmanın bilgi ve becerisini kullanan bir bilgisayar sistemidir. Uzman sistemler, kullanıcılara faydalı çıkarımlar yapmak için uzmanların problem çözme deneyimlerini kullanır<sup>(5)</sup>. Uzman sistemlerin 4 karakteristiği vardır; uzmanlık, sembolik çıkarım, derinlik, kendi kendine (self) bilgi.

#### 1-) *Uzmanlık*

- Uzman performansının gösterilmesi
- Yüksek seviyede beceriye sahip olması
- Yeterli güce sahip olması

#### 2-) *Sembolik Çıkarım*

- Sembolik olarak bilgi gösterilmesi
- Sembolik bilgiyi tekrar formüle etmesi

#### 3-) *Derinlik*

- Zor problem alanlarıyla uğraşması
- Kompleks kurallar toplamı

#### 4-) *Kendi Kendine Bilgi*

- Kendi çıkarımını incelemesi
- Kendi çalışmasını açıklaması

### **2.2.4.1. Uzmanlık**

Uzman sistem, uzman insanın ilgili alanda gösterdiği beceriyi gösterebilmelidir. Problemlerin yalnızca iyi bir şekilde çözülmesi yetmez. Çözüme en kısa ve çabuk şekilde ulaşmalıdır. Etkili ve etkin çözümler elde etmek için insan uzmanın bilgisini kullanmalıdır. Uzman insanın faydasız ve zaman harcatan hesaplamalarını elimine etmekte kullandığı kısa yolları ve yeteneği kullanmalıdır. Sistemin insan uzmanı doğru taklit etmesi için, yeterli güçlülüğe sahip olmalıdır. Bir konu hakkında yalnızca derinlemesine değil, aynı zamanda enlemesine bilgi sahibi olması lazımdır.

#### **2.2.4.2. Sembolik Çıkarım**

Uzman sistemler, problem kavramlarını göstermek için semboller kullanmayı tercih etmekte ve bu kavramları işlemek için birçok strateji ve heuristic yöntemi uygulamaktadır. Problem kavramlarına karşılık gelen bir semboller seti mevcuttur. Problemlerin çözümlerinde matematiksel hesaplamalar yapmak yerine, semboller üzerinde işlem yapmaktadır. Bu matematiksel işlem yapmadığı anlamına gelmemektedir. Ağırlık sembollerin işlenmesindedir. Problemlerin çözümünde elde edilen sonuçlar, bilgi tabanında semboller ile saklanmaktadır.

#### **2.2.4.3. Derinlik**

Bir uzman sistem, zor problemleri içeren belirli alanlarda etkili şekilde çalışmalıdır. Bu yüzden uzman sistemde kurallar karışık olacaktır. Kuralların sayısı ve kuralların kompleksliği, karmaşıklığa sebep olmaktadır. Uzman sistemlerin bu komplekslik ve karmaşıklık içinde, etkili bir şekilde problemi çözebilmesi için derinliğe sahip olması gerekmektedir. Gerçek yaşamda insan uzman değişen durumlar altında, problem çözümü için koşulları ve tüm alt koşulları hızlı bir şekilde kontrol etmektedir. Uzman sistemde bunu sağlayabilmek için tüm bu koşulları sağlayan tanımlamalar yapılmalıdır. Bu sayede değişen durumlarda insan uzmanın hızlıca sonuca varabilme yeteneği, uzman sisteme de yaptırılabilir.

#### **2.2.4.4. Kendi Kendine (Self) Bilgi**

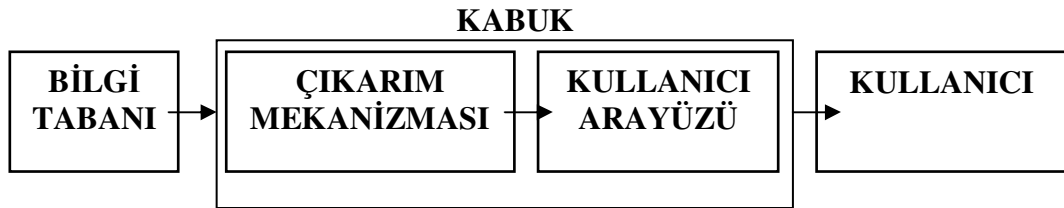
Bir uzman sistem, çalışma ve çıkarım prosesini açıklayabilme imkanına sahiptir. Uzman sistemin çıkarım mekanizmasıyla elde ettiği bilgiyi, uzmanların

bilgisine ulaşamadığı durumlarda kendi kendine bilgi olarak kullanması gerekmektedir. Sonuçta elde edilen bilginin doğruluğu çok önemlidir. Uzman sistemin çıkarım prosesi ile ne yaptığını açıklayan kurallar varsa, bu kuralları sonucun doğruluğunu, geçerliliğini ve tutarlılığını test etmekte kullanabilmektedir. Elde edilen kendi kendine (self) bilgi ile uzman sistemler alternatif çözümler getirebilecek ve kendi içyapısını değiştirebilme özelliğine sahip olacaktır.

### 2.2.5. Uzman Sistem Yapısı

Uzman sistem temel olarak Şekil 2.3.'de gösterildiği gibi, 3 elemandan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla;

- Bilgi Tabanı
- Çıkarım Mekanizması
- Kullanıcı Arayüzü



Şekil 2.3. Uzman Sistem Yapısı

### **2.2.5.1. Bilgi Tabanı**

Bilgi tabanı, uzmanın bilgisini temsil eden gerçek ve kurallardan oluşmaktadır. Gerçek, problem alanındaki olguları tanımlayan ifadelerdir. Aşağıda gerçekleri ifade eden örnekler yer almaktadır:

- Kanarya bir kuştur.
- Kanarya ötebilir.
- Kanarya uçabilir.

Kurallar, uzman sistemde yer alan gerçekler ve ilişkileri tanımlamaktadır. Kurallar, genellikle IF-THEN yapısındadır. İlk cümle (IF ile başlar) koşul cümlesidir, ikinci cümle (THEN ile başlar) sonuç cümlesidir. Önce birinci durum, sonra ikinci durum gerçekleşir. Kural yapısıyla ilgili örnekler aşağıda yer almaktadır:

- If kanarya bir kuşsa, Then o bir hayvandır.
- If hava güneşli ise, Then yürüyüşe çıkılabilir.
- If hamsi bir balık ise, Then o suda yaşar.

### **2.2.5.2. Çıkarım Mekanizması**

Çıkarım mekanizması, bilgi tabanını kullanma ve özel problemleri çözümlene kurallarını kullanarak çözüm elde etmektedir. Sonuçlara ulaşabilmek için spesifik alan bilgisini özel gerçekler üzerine uygulamaktadır. Problemlerin nasıl çözüleceği, kullanıcı ile bilgi tabanı arasındaki etkileşimin nasıl olacağı bilgilerini içermektedir. Mevcut gerçekler ışığında kuralları işleterek sonuçları ortaya çıkartmaktadır.

İki temel bileşenden oluşmaktadır. İlki çıkarımın kendisidir, bu çıkarım prensiplerini ve metotlarını içermektedir. İkincisi ise kontrol mekanizmasıdır. Kontrol mekanizması, çıkarım kontrol stratejilerini içermektedir. Kontrol stratejileri, çıkarım prensiplerinin sistematik bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır.

### **2.2.5.3. Kullanıcı Arayüzü**

Bir uzman sistemde kullanıcı arayüzü ile sistemin kullanıcı ile iletişim kurması ve kullanıcının sistemin çıkarım mekanizmasının gerçekleştirdiği çözüm süreci hakkında bilgi sahibi olması sağlanmaktadır. Arayüz aracılığıyla kullanıcı sistem ile etkileşimde bulunmaktadır. Arayüz ile sistemle iletişimde bulunan kullanıcı, uzman sistemin bilgi tabanındaki kuralların uygulanarak, çıkarım mekanizmasının problemlerin çözümlemesini sağlamaktadır.

### **2.2.6. Bilginin Organizasyonu ve Gösterimi**

Uzman sistemin ilk elemanı, bilgi tabanıdır. Bilgi tabanı, uzmanın bilgisini temsil eden gerçekler ve kurallardan oluşmaktadır. Bilgi tabanı, bilginin istenilen formda sisteme girilebilmesi için uygun bir yapıda olmalıdır.

Bilgi tabanındaki kurallar ve gerçekler belirlilik arz etmektedir. Bazı durumlarda gerçeklerin güvenilirliği ve kuralların doğruluğu konusunda netlik olmayabilmektedir. Bazı durumlarda da belirlilik ya da belirsizlik katsayısı kullanılarak fikir sahibi olunmaktadır.

Bilgi tabanı, belirli bir alanla ilgili bilgiyi içeren uzman sistemin temel elemanıdır. Bilginin bu sistemde nasıl yapılandırılacağı, bilginin gösterimine

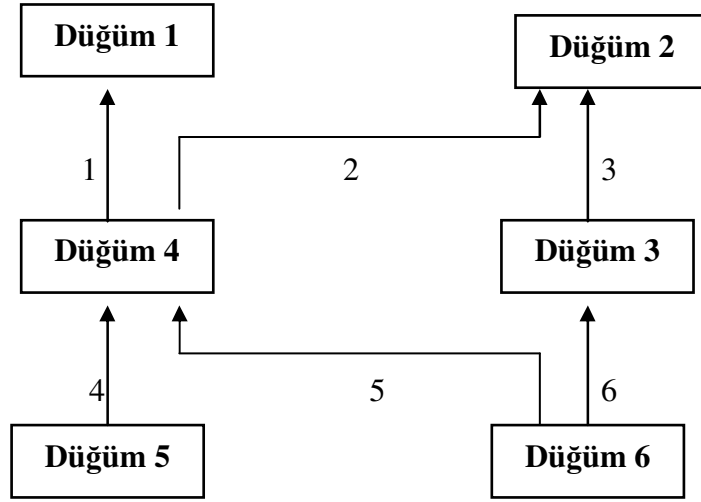


bağlıdır. Bilgi bir veya birden fazla yöntem ile organize edilebilmektedir. Birçok standart bilgi gösterim tekniği mevcuttur. Diyagram şeklindeki gösterimlerin yanı sıra grafiksel gösterim şekilleri de vardır. Doğal dil ile gösterim uzman sistem için bir bilgi gösterim tekniğidir. Uzman sistemlerin oluşturulmasında bu teknikler tek başına kullanılabilirdiği gibi birbirleriyle ilişki kurularak birden fazla teknik aynı uzman sistemde kullanılabilinmektedir. Her bir teknik programa belirli avantajlar sağlamasına karşın dezavantajları da mevcuttur. Bilginin gösterim teknikleri 5 ana grupta incelenebilmektedir. Bunlar:

- Şebekeler (Semantik Şebekeler) (Semantic Networks)
- Nesne-Sıfat-Değer Üçlüsü (Object-Attribute-Value Trip)
- Kurallar (Rules)
- Çerçeveler (Frames)
- Lojik İfadeler (Logic Expression)

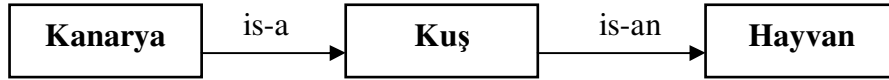
#### **2.2.6.1. Şebekeler**

Şebeke tekniğinde bilgi gösterimi Şekil 2.4.'de gösterildiği gibi olup, bir şebeke yapısı üzerinde tanımlanarak kullanılmaktadır. Bir şebeke, düğümler olarak tanımlanan nesnelere bir bütündür. Düğümler, birbirleriyle oklar ya da bağlayıcılar aracılığıyla ilişkilendirilmektedir. Bir şebekede düğümler, nesnelere, kavramları veya olayları belirtmektedir. Oklar ya da bağlayıcılar bilginin çeşidine göre birçok şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 2.4. Bir Şebekenin Yapısı

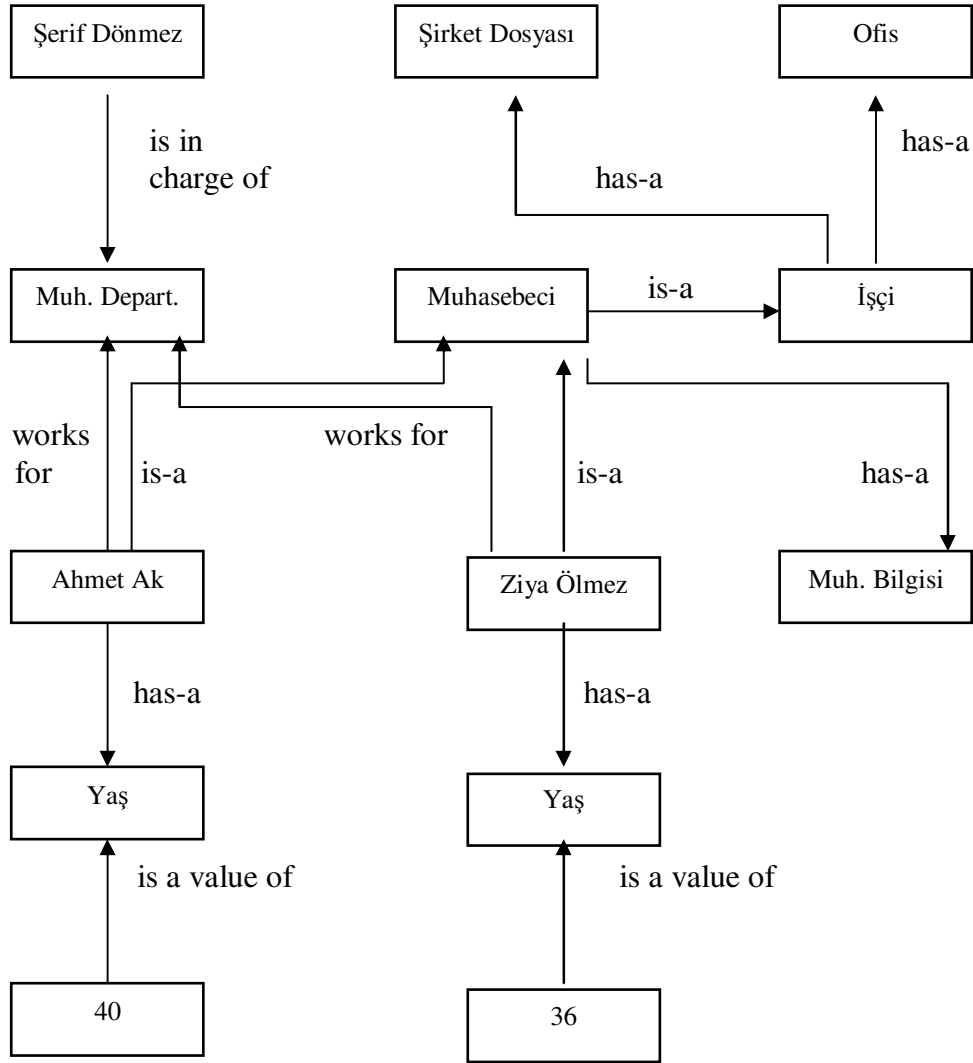
- Kuş is an hayvan (Kuş bir hayvandır)
- Kanarya is a kuş (Kanarya bir kuştur)



Şekil 2.5. Bir Şebeke Örneği

Şebekelerin yapısına yönelik örnek Şekil 2.5.’de gösterildiği gibidir. Bu iki ifadeden “Kanarya is an Hayvan (Kanarya bir hayvandır)” ortaya çıkar. Bu ifadeyi ayrıca belirtmeye gerek yoktur. Şebekelerin bu özelliği, gereksiz işlemleri azaltmakta ve kompleksliği gidermektedir. Elde ettiğimiz “Kanarya is an Hayvan

(Kanarya bir hayvandır)” ifadesinde de görüldüğü gibi şebekenin alt kısmında yer alan nesnelere bir üstlerinin sahip oldukları haklara sahip olmaktadır.



Şekil 2.6. Bir Şebeke Örneği<sup>(15)</sup>

Şekil 2.6.’da yer alan örnekte gösterildiği gibi, şebekelerde düğümlerin ve bağlantıların (ok) nitelenmesi konusunda sınırlama yoktur. Düğümler somut ya da

soyut anlamda olabilirler. Düğümler ve bağlantılar için tipik sınıflandırmalar mevcuttur<sup>(15)</sup>.

### ***Düğümler:***

Düğümler şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Nesnelere, düğümlerde temsil edilmektedir. Şekil 2.6.'da yer alan örnekte "Ahmet Ak", "Şerif Dönmez", "Ziya Ölmez" fiziksel nesnelere, "40" sayısı soyut bir nesnedir. Ayrıca kavramsal nesnelere düğümler ile gösterilmektedir. "Muhasebe Departmanı" kavramsal bir nesnedir. "Muhasebe Departmanı", fiziksel nesne olan "Ahmet Ak" dan soyut, fakat soyut nesne olan "40" sayısından daha az soyuttur. Bu tür nesnelere düğüm olarak gösterilmektedir.
2. Şekil 2.6.'da yer alan örnekte, "İşçi" ve "Muhasebeci" gibi genel terimler düğümler ile gösterilirler. Bu terimler bireysel nesnelere kategorileridir.
3. Sıfatlar değerlendirilirken 2 sınıfa ayrılmaktadır. Bir grup nümerik değerler gerektirirken, diğer grup nümerik değerler gerektirmemektedir. Şekil 2.6.'da yer alan örnekte, "Yaş" değer isteyen bir sıfattır, "Muhasebe Bilgisi" ve "Ofis" herhangi bir değer gerektirmeyen "Muhasebeci" ve "İşçi" nin sıfatlarıdır.

Nesneler ile sıfatlar arasındaki farklılık her zaman net değildir. Değer gerektirmeyen sıfatlar, genel terimlerle ilişkilerinde en yüksek soyutlama seviyesine çıkabilmektedir. Şekil 2.6.'da yer alan örnekte görüldüğü gibi, her bir işçi bir şirket dosyasına sahiptir. Bundan dolayı, bu muhasebecilerin tümü birer işçi olduklarından bir şirket dosyasına sahiptirler. Şirket dosyasına sahip olunması, her bir işçi nesnesine bağlamak mümkün olabilir. Fakat gösterimde boşluk harcanmasına neden

olduğu gibi, işçi olmakla şirketin bir dosyasına sahip olunacağı genellemesini atlatmış olacaktır. Nümerik bir değer gerektirdiği için, “Yaş” sıfatı soyutluluk seviyesinde yükselemeyecektir. Her işçinin belirli bir yaşı olmasına rağmen yaşları aynı olmadığı için seviyesi değişmeyecektir. İşçilerin sahip olduğu şey tümü için aynıdır, fakat işçilerin yaşları işçilerden sayılara bir fonksiyon olduğundan birbirinden farklıdır.

### ***Bağlayıcılar (Oklar):***

Düğümler arasını birleştiren bağlayıcılar şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Has-a bağlayıcıları, sıfat düğümlerini genel terim düğümlerine ya da nesne düğümlerine bağlamaktadır. Genel terimin ya da nesnenin bir sığata sahip olduğunu belirtmektedir. Has-a bağlayıcının kullanımıyla ilgili iki farklı örnek aşağıda yer almaktadır:
  - Bir işçinin bir şirket dosyasına sahip olması (Bir genel terimin bir sığata sahip olduğu durum)
  - Ziya Ölmez 36 yaşındadır. (Bir nesnenin bir sığata sahip olduğu durum)
2. Is-a bağlayıcıları, nesne düğümleri ile genel terim düğümleri veya genel terim düğümleri ile diğer genel terim düğümleri arasındaki ilişkileri belirtmektedir. Şekil 2.6.’da yer alan örnekte “Ziya Ölmez bir muhasebecidir” ifadesi nesne düğümü ile genel terim düğümü ilişkisini göstermektedir. Ziya Ölmez’in muhasebeciler kümesinin üyesi olduğunu belirtir. Örnekte yer alan “Muhasebecilerin hepsi işçidir” ifadesi genel terim düğümü ile diğer genel terim düğümü ilişkisini göstermektedir. Muhasebecilerin işçilerin bir alt kümesi olduğunu belirtir.

3. Bu iki temel bağlayıcının dışında başka bağlayıcılar da mevcuttur. Şekil 2.6.'da yer alan örnekte, Works-for bağlayıcısı Ziya Ölmez ile muhasebe departmanı arasındaki ilişkiyi belirtmektedir. Is-in-charge-of bağlayıcısı da iki nesne arasındaki diğer bir ilişkiyi belirtmektedir.

Caused-by gibi bağlayıcılar, olaylar veya durumlar arasındaki ilişkileri gösteren sebepsel bağlayıcılara bir örnektir. Bir nesnenin diğerinin bir parçası olduğunu is-part-of bağlayıcısı belirtmektedir.

Şebeke gösteriminin avantajları şunlardır:

1. Esneklik, şebekelerin önemli bir avantajıdır. İstenildiğinde yeni düğümler ve bağlantılar kolaylıkla eklenmektedir. Düğümler ve bağlantıların anlamları konusunda herhangi bir sınırlama olmadığından, bilgi eklemek oldukça kolaydır.
2. is-a ve has-a bağlantısı en genel yapıya karşılık geldiğinden, birçok düğüm bu bağlayıcılarla birbirlerine bağlanmaktadır.
3. Şebekelerin inheritance (miras, kalıntı) özeliği mevcuttur. Bu özellik, bir düğümün kendisine bağlı olan diğer düğümleri özelliklerine sahip olmasını sağlamaktadır. Alt seviyedeki düğümler, is-a bağlantısıyla üst seviyedeki düğümlerin özelliklerine sahip olmaktadır. Şekil 2.6.'da yer alan örnekte, muhasebeciler şirket dosyalarına ve ofislere sahiptirler. Is-a bağlantısıyla, Ziya Ölmez ve Ahmet Ak muhasebe bilgisine, şirket dosyalarına ve ofislere sahiptir. Bu özellik sayesinde niteliklerin gereksiz tekrarı en az seviyeye indirilmektedir.
4. Şebekenin kavramları, düğümleri, bağlayıcılar ve miras özellikleri insanların gerçekte bilgiyi saklamaları konusunda oldukça yakındır.

Hafıza üzerine yapılan bir araştırmada, aynı nesneyle ilgili farklı seviyelerde sorular sorulduğunda farklı cevap verme süreleri elde edilmiştir. Soruların cevap verim süresi, bilginin hiyerarşisinden kaynaklanmaktadır. Yapılan araştırma sonucunda, insanların bilgiyi mümkün olan en yüksek soyut seviyede sakladıklarını ispatlayarak, farklılıkları cevap verme süresi içinde açıklamaktadırlar<sup>(16)</sup>.

Şebeke gösteriminin dezavantajları da şunlardır:

1. Şebekelerde farklı kategoriler arasındaki farklılığın gösterimi zordur. Is-a bağlantısı, hem nesnelere hem de genel terimleri genel terimlere bağladığından farklılıkları çatışmaktadır. Farklılıklar çıkarımların çalıştırılmasında kullanılabilir yapıda gösterilmektedir.
2. Şebekelerde, kavramlarla ilgili istisnaların olması şebekelerin kompleks yapıya dönüşmesine sebep olmaktadır. Kavramlarla ilgili istisnaların olması, her bir kavramın ayrı kodlanmasını gerektirmektedir. Kavramlarla ilgili istisnaların çok olması bu yöntemi kullanışsız hale getirmektedir.

#### **2.2.6.2. Nesne-Sıfat-Değer (N-S-D) Üçlüsü**

Bu gösterim şeklinde nesnelere fiziksel veya kavramsal varlıklar olabilmektedir. Sıfatlar ise, nesnelere ilgili karakteristikler ve özelliklerdir. N-S-D üçlüsü bazı durumlarda S-D ikilisi olarak da kullanılabilir. Birçok uzman sistem IF-THEN kural formatında N-S-D üçlüsünü kullanarak çalışır. MYCIN adlı uzman sistem N-S-D üçlüsünü kullanarak çalışan bir sistemdir. Şekil 2.7.'de

MYCIN'dan bir kural ve Şekil 2.8.'de ise N-S-D üçlüsü şeklinde gösterimi yer almaktadır<sup>(17)</sup>.

IF	The site of the culture is blood, and The morfology of the organism is rod, and The Gram stain of the organism is Gram-neg, and The patient is a compromised host
THEN	there is suggestive evidence (0,6) that the identity of the organism is Pseudomonas deruginosas

Şekil 2.7. MYCIN'dan bir kural

	Nesne	Sıfat	Değer
IF	Culture	Site	Blood
	Orgnism	Morfology	Rod
	Organism	Gram stain	Gram-neg
	Patient	Compromised host	True
THEN	Organsim	Identity	Pseudomonas deruginosas

Şekil 2.8. MYCIN'dan bir kuralın N-S-D üçlü gösterimi



Bilgiyi N-S-D üçlüsü şeklinde göstermek şebeke yaklaşımının özel bir durumudur. Nesne-Sıfat bağlantısı “has-a” bağlantısı, Sıfat-Değer bağlantısı ise “is-a” bağlantısı şeklindedir.

Nesne-Sıfat-Değer (N-S-D) Üçlüsünün gösterim özellikleri şunlardır:

1. Statik bilgi ve bilginin dinamik formu: Uzman sistem çalışmadığı zaman, gerçeklerin ve kuralların statik bilgisi bilgi tabanında saklanmaktadır. Sistem çalışmaya başladığında, özel bir duruma ait birçok niteliğin değerlerini belirlemeye çalışmaktadır. Değerler belirlendikçe, sistem dinamik yapıyı hafızasında saklamaktadır.
2. Nesnelerin ilişkilendirilmesi: Uzman sistem, nesnelere ile ilgili bağlantıları ağaç şeklinde belirlemektedir. Çıkarım yapılacağı zaman nesne ile ilgili bilgi ağacının tepesinden başlamaktadır. Sistem çalışmadığı zaman nesnelere ile ilgili mevcut ağaç statik bir yapıdadır. Sisteme nesnelere ile bilgi iletince, nesnelere ile ilgili ağaçlar dinamik hale gelmektedir, böylelikle karakteristikler soyutluktan çıkarak bilgisi iletilen nesnenin belirli karakteristik bilgilerini içermektedir.
3. Belirsiz gerçeklerin gösterimi: Bazı durumlarda gerçeklerin güvenilirliği konusunda netlik olmamaktadır. Böyle bir durumda, N-S-D üçlüsü belirlilik faktörü olarak kabul ettiğimiz bir sayıyla çalışabilmektedir. Belirlilik faktörü ihtimallerden oluşmamaktadır. Güvenilirliğin resmi olmayan ölçümleridir.

### 2.2.6.3. Kurallar

Uzman sistemlerde, bilgi gösteriminin en çok kullanılan tekniğidir. Kurallar tavsiye, yönlendirme veya stratejilerin formal bir gösterimini mümkün kılmaktadır. Kurallar ilişkileri şart-eylem ikilisi şeklinde göstermekte kullanılmaktadır<sup>(18)</sup>.

IF (şart)

THEN (eylem)

Kurallar ya S-D ya da N-S-D gösterimi ile kullanılabilir. Kuralların kullanımını ile ilgili örnek aşağıda yer almaktadır. Örnekte uzaklık ve hava şartlarına göre kullanılacak ulaşım şekli tavsiye edilmektedir<sup>(19)</sup>.

Kuralların kullanımını ile ilgili örnek aşağıda yer almaktadır. Örnekte uzaklık ve hava şartlarına göre kullanılacak ulaşım şekli tavsiye edilmektedir<sup>(19)</sup>.

- Kural 1: IF uzaklık 1 km ise,  
AND hava güneşli ise;  
THEN ulaşım şekli bisiklettir.
  
- Kural 2: IF uzaklık 3 km ise,  
AND hava güneşli ise;  
THEN ulaşım şekli bisiklettir.
  
- Kural 3: IF uzaklık 20 km ise,  
AND hava güneşli ise,  
OR hava yağmurlu ise;  
THEN ulaşım şekli otomobildir.

Bir kuralın IF ile başlayan kısmı şart cümlesi olarak tanımlanmaktadır. Şart cümleleri AND veya OR gibi ifadelerle birbirlerine bağlanabilmektedir. THEN ile

başlayan kısmı sonuç cümlesi olarak tanımlanmaktadır. Sonuç cümlesi tek bir ifadeden ya da bir cümleden ya da birden çok cümleden oluşabilmektedir.

Kuralların belirlilik faktörünü kullanmasıyla, belirsizliklerde gösterilmektedir. Havanın yağmurlu olma şansı 0,85 ve uzaklık 5 km ise bu durumda ulaşım şekli otomobil olan bir kural şu şekilde ifade edilmektedir:

- Kural 4: IF uzaklık 5 km ise,  
AND hava yağmurlu (CF 85) ise;  
THEN ulaşım şekli otomobildir.

Birçok gerçek, değişkenlerin kullanılmasıyla genel bir formda gösterilebilmektedir. Ulaşım şeklini tavsiye eden örnekte, Kural 1 ve Kural 2'nin şart cümleleri birleştirilebilir. Böylece 3 km ve daha az mesafeler için aynı kategoride yer alması sağlanarak tek bir kural yazılmaktadır. Kural 1 ve Kural 2'nin yeniden düzenlenmesiyle oluşturulan yeni kural şöyledir:

- IF uzaklık  $\leq 3$  km ise,  
AND hava güneşli ise;  
THEN ulaşım şekli bisiklettir.

Değişkenlerin kullanımı yalnızca şart cümlelerinde değil, karar cümlelerinde de kullanılabilir. Aşağıda verilen örnek kurallara bu kullanım uygulanmıştır<sup>(20)</sup>.

- Kural 1: IF Dövme balık ve balığın pulları pembe  
THEN Dövme Çin orijinli
- Kural 2: IF Dövme yılan ve yılanın pulları mavi  
THEN Dövme Hong Kong orijinlidir

- Kural 3: IF Dövme canavar ve pulları kırmızı  
THEN Dövme Beijeng orijinlidir

Bu üç kural değişkenlerin yer aldığı bir tek kuralla şu şekilde gösterilmektedir:

IF Dövme X ise, AND  
X'in pullarının rengi Y ise, AND  
Orijin ülkesi Z(X,Y) ise;  
THEN Dövmenin orijin ülkesi Z' dir.

Bu tür bir kuralı uzman sistemde kullanabilmek için, şu ek bilgilerin belirtilmesi gerekmektedir.

orijin\_ülkesi(balık, pembe) → Çin  
orijin\_ülkesi(yılan, mavi) → Hong Kong  
orijin\_ülkesi(canavar, kırmızı) → Beijeng

#### 2.2.6.4. Çerçeveler

Bir çerçeve, standartlaştırılmış bir durumu (örneğin belli bir oturma odasında bulunmak veya bir çocuğun doğum günü partisine gitmek gibi) göstermek için bir veri yapısıdır. Her bir çerçeveye bağlı olan birçok çeşit bilgi vardır. Bu bilgilerin bir kısmı, çerçevenin nasıl kullanılacağı ile ilgilidir. Bir kısmı, bir kullanıcının bir sonraki aşamada ne olacağını tahmin edebilmesi ile ilgilidir. Bazıları ise, bu tahminler gerçekleşmediği takdirde ne yapılacağını açıklamayla ilgilidir<sup>(11)</sup>.

Bir çerçevede, bir nesneyi tanımlayabilmek için niteliklerin olduğu gruplar mevcuttur. Niteliklerin her biri slot adı verilen alanlarda saklanmaktadır. Bir

nesnenin tanımlanmasında birçok slot kullanılmaktadır. Slotlar nitelik içerebildiği gibi değerler, varsayılan değerleri diğer çerçevelerle bağlantı kuran göstergeleri, kuralları veya niteliklerin sahip olduğu değerlerin değiştirilmesi ya da bunu belirleyecek prosedürleri içermektedir. Bu özelliklerinden dolayı, bilginin daha etkin gösterimini sağlamaktadır. N-S-D gösteriminden bu özellikleriyle farklılaşmaktadır.

Çerçevelerin parçası olan slotlarda yer alan bilgileri değiştirmek, eklemek ve silmek için prosedürler mevcuttur. Yeni bilgileri eklenmesi için ekleme prosedürü, bilgilerin silinmesi için silme prosedürü, bir slottan bilgi alınması gerekirse gereksinim prosedürü kullanılmaktadır.

<b>Ceket</b>	
<b>Slotlar</b>	<b>Kayıtlar</b>
Sahibi	Wilson
Durum	Buruşuk
Kolların Durumu	Eski, Parlak
Dirsek Durumu	Eski, Parlak
Kol Sayısı	2
Fabrikasyon	Yün
Cepler	Evet
Ölçü	Eğer gerekliyse sahibinin ağırlık ve boyunu bul, tablo X'de derle
Stil	Eğer gerekliyse, yaka ve cep uzunluklarını bul, tablo Y'de bak

**Şekil 2.9.** Bir Çerçeve Örneği<sup>(17)</sup>

Şekil 2.9.'da yer alan bir çerçeve örneğinde, slotlar nesnelere niteliklerini tanımlamaktadır. Slotların karşısında yer alan kayıtlarda hem değerler hem de prosedürler mevcuttur.

Çerçeveler şu durumlarda N-S-D gösteriminden daha çok gelişmiştir:

1. Çerçeveler diğer çerçevelere bağlanmak için göstergelere sahip olabilirler. Bu göstergeler şebekelerin bir bağlantı türü olan is-a bağlantı seviyelerini gösterebilir.
2. Bir durumla ilgili gerçeklerin tümü bilinemeyebilir, bu durumda çerçeveler bunu normal olarak kabul edecek ve çerçevenin tanımlama kısmında bunun tanımlanmasına izin verecektir. Bilinmeyen gerçekle ilgili durum belirtilmemişse, daha önceki bilgiler geçerli olacaktır. Bu değer değişken de olabilir, bir çerçevede olabilir.
3. Çerçeveler de bir slotun alacağı değer bir prosedürün vereceği değer ile desteklenebilir. Bu prosedürler bilgi tabanında tanımlanmaktadır.

#### **2.2.6.5. Lojik İfadeler**

Bilginin mantıksal ifadelerle belirtildiği, bilgi gösterim tekniğidir. Lojik ifadeler 2 gruba ayrılır<sup>(21)</sup>:

- Önermelere Dayalı Lojik Gösterim (Propositional Logic)
- Yüklemler Esaslı Lojik Gösterim (Predicate calculus)

Önermelere Dayalı Lojik Gösterim: Bu gösterimde doğru veya yanlış şeklindeki ifadelerden oluşmaktadır. “AND”, “OR”, “IMPLIES” ve “EQUIVALENT” gibi bağlayıcılarla birleştirilebilirler.

Yüklem Esaslı Lojik Gösterim: Bu gösterimin temel birimi nesnedir. Nesnelere hakkındaki birimler “predicat” yapısında tanımlanmaktadır. Beşinci kuşak bilgisayar dili olan prolog dilinin yapısına lojik yapı çok uygundur.

Yüklem esaslı sistem, lojik bazlı fikirlerin bir yazı formunda kolayca belirtilmesi için geliştirilmiştir. Bir nesne hakkında çıkarsamanın nasıl yapıldığını basit bir şekilde açıklığa kavuşturan bir yöntemdir. Aritmetik yapıdan çok daha basittir. Prolog, doğal dil yapısına benzeyen kolayca anlaşılabilir bir yazım kuralına sahip olduğundan, predicate lojik yazım kuralının basitleştirilmiş bir şeklidir. Dolayısıyla, PROLOG lojik esaslı bir programlama dilinin geliştirilmesinde bu yazım kuralı avantajına sahiptir. Predicate Lojik gösterimde, önce cümledeki gereksiz tüm kelimeler elimine edilir. Daha sonra, cümledeki ilişki ve ilişkiyle ilgili tüm nesnelere saptanır. Cümle nesnelere ilişkiden sonra gruplandırmak suretiyle transfer edilir<sup>(22)</sup>. Lojik yazım kuralı şu şekildedir:

İlişki (nesne1, nesne2,...,nesneN).

### **2.2.7. Sonuç Çıkarım Mekanizması**

Uzman sistemin amacı, sonuçları çıkarabilmek için spesifik alan bilgisini gerçekler üzerine uygulamaktır. Bu uygulamanın nasıl olacağı sonuç çıkarım mekanizmasının görevidir. Sonuç çıkarım mekanizması fonksiyonel olarak iki elemandan oluşmaktadır. Birincisi çıkarımın metotlarını ve prensiplerini içeren çıkarımdır. İkincisi kontrol stratejilerini içeren kontrol mekanizmasıdır.

Kontrol stratejileri, çıkarım prensiplerinin uygulanmasını sağlamaktadır. Çıkarım prensipleri çıkarım stratejileriyle birlikte düşünülmektedir. Bilgi tabanında prensipler bulunduğu zaman, uzman sistem çözümleri elde edilmektedir.

### **2.2.7.1. Sonuç Çıkarım Prensipleri**

Sonuç çıkarım mekanizması, bilgi tabanını sonuçlar üretebilmek için mevcut problemin gerçeklerine uygulamaktadır. Çıkarım mekanizmasının çalışmasını çıkarım prensipleri yönetir. Bu prensipler belirlilik veya belirsizlik ortamlarında çalışmaktadır. Uzman sistemlerde kullanılan sonuç çıkarım prensipleri şunlardır: Modus Ponens, Modus Tolens, Birleştirme, Terslerini Birleştirme, Kararlılık, Tezadı Eleme.

Uzman sistemlerde kullanılan en önemli 3 prensip şunlardır:

- Modus Ponens
- Kararlılık
- Belirsizlik Hakkında Sonuç Çıkarımı

#### **2.2.7.1.1. Modus Ponens**

Lojik kural yapısına dayanan en yaygın sonuç çıkarım prensibidir. Bu prensibe bağlantılı olan diğer prensip Modus Tolens'dir. Uzman sistemlerin çoğunda bu prensipler temel teşkil ederek, sistemlerin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır. IF-THEN kurallarına bu prensiplerin uygulanmasıyla çıkarımlar en iyi şekilde elde edilmektedir. Modus Ponens, insanların sonuç çıkarım prensibini yansıtmaktadır. Prensiplerdeki özellik, prensipler doğru şartlara uygulandığında doğru sonucu verir. Kural 1'de Modus Ponens prensibi, Kural 2'de Modus Tolens prensibinin kullanımı örnek ile gösterilmiştir.



▪ Kural 1: IF Dövme balık ve balığın pulları pembe  
THEN Dövme Çin orijinli

Verilen Gerçek: Dövme balık ve balığın pulları pembedir.

Çıkarılan Yeni Gerçek: Dövme Çin orijinlidir.

▪ Kural 2: IF Dövme balık ve balığın pulları pembe  
THEN Dövme Çin orijinli

Verilen Gerçek: Dövme Çin orijinli değildir.

Çıkarılan Yeni Gerçek: Dövme balık ve balığın pulları pembe değildir.

#### 2.2.7.1.2. Kararlılık

Kararlılık, bir önermenin IF-THEN kuralları ve diğer gerçekler tarafından geçerli olup olmadığını belirleyen bir yöntemdir. Kararlılık metodu aşağıdaki örnek ile gösterilebilir:

(1): IF uzaklık 5 km ise, THEN ulaşım şekli otomobildir.

*IF A THEN B*

(2): IF ulaşım şekli otomobil ise, THEN otomobil kirala.

*IF B THEN C*

(3): Durum: Uzaklık=5 km

*A*

Aşağıdaki gerçeğin doğru olup olmadığını belirlemeye çalışalım.

(4): Otomobil kirala.

*C*

Kararlılık metodunun örneğimize uygulanması 4 aşamada gerçekleşmektedir.

1. IF-THEN durumları, OR durumları olarak yeniden yazılır. IF A THEN B

ile (NOT A) OR B ifadeleri aynıdır. Buna göre kurallar:

(5): Ya uzaklık 5 km değildir veya ulaşım şekli otomobildir.

*NOT A OR B*

(6): Ya ulaşım şekli otomobil değildir veya otomobil kirala.

*NOT B OR C*

2. Önermenin negatifi test edilir ve doğru olduğu kabul edilir. Örneğimize göre (4)'ün negatifi doğru kabul edilir.

(7): Otomobil kiralama.

*NOT C*

3. Yeniden oluşturulan önermelere kararlılık prensibi uygulanır. (5) ve (6) önermelerine prensip uygulanır.

(5): Ya uzaklık 5 km değildir veya ulaşım şekli otomobildir.

*NOT A OR B*

(6): Ya ulaşım şekli otomobil değildir veya otomobil kirala.

*NOT B OR C*

(8): Ya uzaklık 5 km değildir veya otomobil kirala

*NOT A OR C*

(3) ve (8) önermelerine tezatlığı elimine etme uygulanır.

(8): Ya uzaklık 5 km değildir veya otomobil kirala

*NOT A OR C*

(3): Durum: Uzaklık=5 km

A

(9): Yeni Gerçek: Otomobil kirala.

C

4. (9) ile (7) arasında bir çelişme mevcuttur.

Otomobil kirala ve otomobil kiralama.

$C \quad \text{AND} \quad \text{NOT } C$

Görüldüğü gibi (7)'deki kabul edilen önerme yanlıştır. "Otomobil kirala" ifadesinin yani C'nin doğruluğu ispat edilmiştir.

Kararlılık prensibi yukarıdaki örnekte belirtilen bu dört aşamayı uygulayarak çalışmaktadır. Otomatikleştirilebilir ve sisteme hedefin negatif verilmesiyle kolayca amaca ulaşılabilir. Karmaşık olmasına rağmen predicate lojik yapı için standart bir ifade olduğundan önemlidir.

### 2.2.7.1.3. Belirsizlik Hakkında Sonuç Çıkarımı

İnsan uzmanlığının çoğu belirsizlik durumlarında yapılan çıkarımlarla ilgilenmektedir. Belirsizlikler şu şekildedir:

- Önermeler tam belirlilikte bilinemeyebilir
- Sonuçlar tam belirlilikte ortaya çıkamayabilir
- Kurallar arasında belirsizlik bulunabilir

Uzman sistemler bilgilerin unutulduğu veya bilinmediği durumlarda çalışabilir. Eksik bilgiyle sistemin çalışabilmesi için çıkarım mekanizmasının buna

uygun olması gerekmektedir. Mevcut olmayan bilginin işlenmesi, kuralların şartlarını yerine getirmekte gerekli olan bilginin bulunmadığı durumda, kuralları geçersiz kılınmasıyla mümkün olabilmektedir. Sonuç şartın yapısına bağlıdır. Şartların eksik ya da belirsiz bilgiyle çalışabilme yapısında olması gerekmektedir.

Belirsizlikle ilgili sonuç çıkarmada 3 durum mevcuttur. IF A THEN B yapısında belirsizlikler şunlardır:

- A koşulunun doğru olmasında belirsizlik mevcuttur  
Muhtemelen A-Probably A
- A koşulu belirlidir, ancak sonuçta belirsizlik olabilir  
IF A THEN Muhtemelen B-IF A THEN Probably B
- Varsayımın doğruluğunda bir belirsizlik olabilir  
Muhtemelen (IF A THEN B)-Probably (IF A THEN B)

Belirsizlikte ilk olarak belirsiz bilginin temsil edilme şekli, ikinci olarak da belirsiz bilginin sonuç çıkarmada işlenme şekli önemlidir. Belirlilik faktörü, belirsizliğin temsilinde önemlidir.

Bir kurala ya da nesnenin niteliğine (-1) ile (+1) arasında değişen sayılarda belirlilik faktörü atanabilir. (-1) kuralın ya da nesne niteliğinin sağlanamaz olduğunu, (+1) ise sağlanabilir olduğunu göstermektedir.

Belirlilik faktörü, koşulun sonuç için ne derece yeterli olduğunu göstermektedir. Sonuç ortaya çıkabilmesi için koşul kısmı gereklidir. Bununla ilgili olarak gereklilik faktörünün kullanımı da mevcuttur.

Uzman sistemlerin belirsizlik durumlarında çalışmasında, bir Yapay Zeka dalı olan Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ile birlikte kullanılabilir. Belirsizlik durumlarında çalışmasında, bir Yapay Zeka dalı olan Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ile birlikte kullanılabilir.

### **2.2.7.2. Çözüm Arama Teknikleri**

Çıkarım kontrol mekanizmasının kullanacağı kontrol stratejileri için önemli etken çözüm arama teknikleridir. En önemli iki çözüm arama tekniği şunlardır:

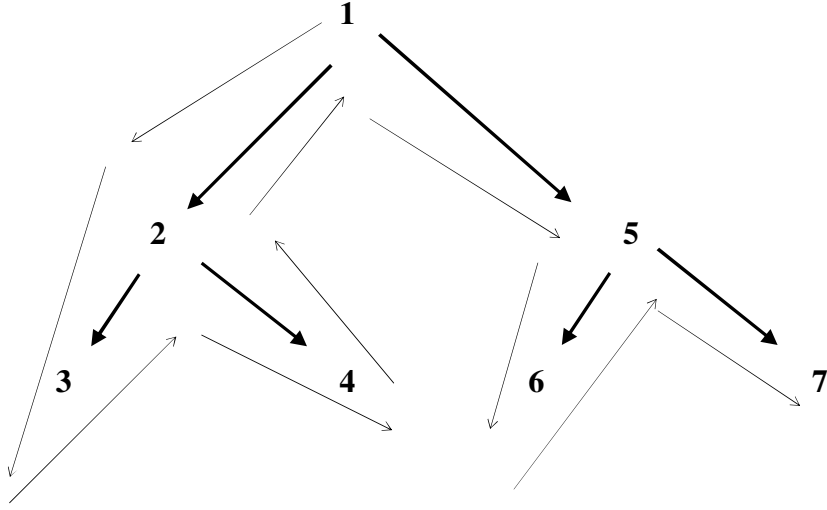
- Önce Derinlemesine Arama Tekniği (Depth First Search Technique)
- Önce Enlemesine Arama Tekniği (Breadth First Search Technique)

Çözüm arama tekniklerinin değerlendirilmesinde, arama tekniğinin bir çözüme ne kadar hızlı ulaştığı ve iyi bir çözüme ne kadar hızlı ulaştığı ölçüttür. Çözüm yollarının uzunluğu ve ayrık düğümlerin sayısı tekniğin hızında etkindir. Kabul edilmeyecek bir çözümden dönüş zaman alır, bu yüzden en az dönüş yapan teknik en iyi olarak kabul edilebilmektedir. Buna bağlı olarak iyi bir çözüm bulma hızı etkin bir ölçüttür.

Önce derinlemesine arama ve önce enlemesine arama tekniğinin her ikisi de takip edilen yolun doğruluğu ile ilgili tahmin yapamamaktadır. Her iki teknik de verilen hiyerarşiye göre arama yapabilmektedir. Sezgisel (heuristik) kurallar aramanın doğru yönde yapılmasını artırmaktadır. Fakat genel amaçlı sezgisel kuralları uygulamak olanaksızdır. Sezgisel teknikler, problemlerin bazı bölümlerinde minimize ya da maksimize etme amacıyla hareket edebilmektedir.

#### **2.2.7.2.1. Önce Derinlemesine Arama Tekniği**

Önce derinlemesine arama tekniği, alt hedefi üretmek için her rotanın sonucuna gitmektedir. Daha sonra diğer rotalar incelenmektedir.

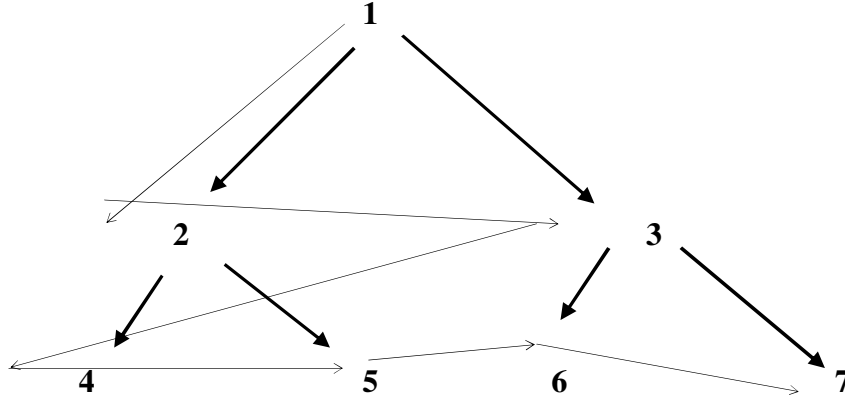


**Şekil 2.10.** Önce Derinlemesine Arama Tekniği

Şekil 2.10.'da gösterilen önce derinlemesine arama tekniğinde, arama numara sırasına göre ilerlemektedir. İlk rota sonuna kadar inceledikten sonra ikinci, üçüncü ve son rota incelenmektedir. Bu yöntemin sonucunda arkaya zincirlemeyle detaylı ve derinlemesine araştırma yapılmış olmaktadır.

#### **2.2.7.2.2. Önce Enlemesine Arama Tekniği**

Önce enlemesine arama tekniği, başlangıç noktasından bir alta düzeye inerek, tüm düğümleri incelemektedir. Amaca ulaşılamazsa, bir alt kademeye inilir ve bu kademedeki düğümler incelenmektedir.



**Şekil 2.11.** Önce Enlemesine Arama Tekniği

Şekil 2.11.'de gösterilen önce enlemesine arama tekniğinde, arama numara sırasına göre ilerlemektedir. Başlangıç noktasından bir alt kademeye inerek enlemesine inceleme yapmaktadır. Daha sonra amaca ulaşamazsa bir alt seviyeye daha inilmektedir. Bu yöntemin sonucunda daha detaylı araştırmalar yapmaya başlamadan önce bütün önermeler arasında araştırma yapılmakta ve elimine edilmektedir.

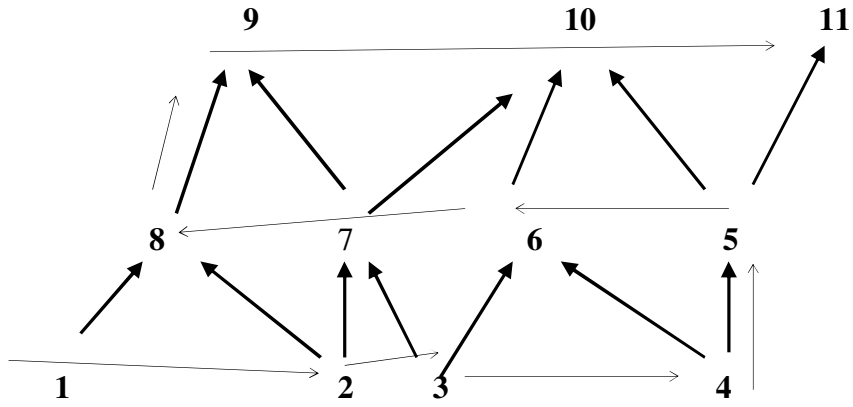
### 2.2.7.3. Çıkarım Kontrol Stratejileri

Bilgi tabanından çıkarım yapmak için belirli model veya stratejilere gereksinim vardır. Çıkarım kontrol stratejileri bunu sağlamaktadır. İki temel kontrol stratejisi vardır.

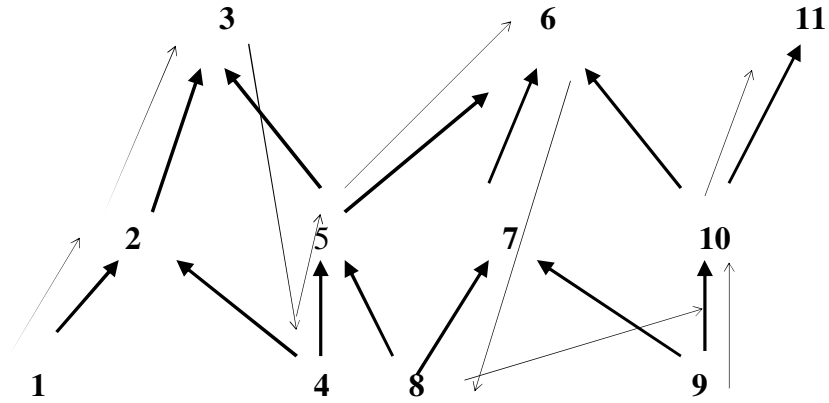
- İleriye Doğru Zincirleme Metodu (Forward Chaning Method)
- Geriye Doğru Zincirleme Metodu (Backward Chaning Method)

### 2.2.7.3.1. İleriye Doğru Zincirleme Metodu

Kullanıcılar tarafından sağlanan bilgiyi kullanarak hedefi aramaktadır, elde ki bilgiyi kullanarak çözüme ulaşamazsa kullanıcıdan daha fazla bilgi istemektedir. Metot mevcut bilgilerle çalışmaya başlamakta ve bu bilgilere uyan bir amacı bulmaya çalışmaktadır.



Şekil 2.12. İleriye Doğru Zincirleme Metodu (Önce Enlemesine)



Şekil 2.13. İleriye Doğru Zincirleme Metodu (Önce Derinlemesine)

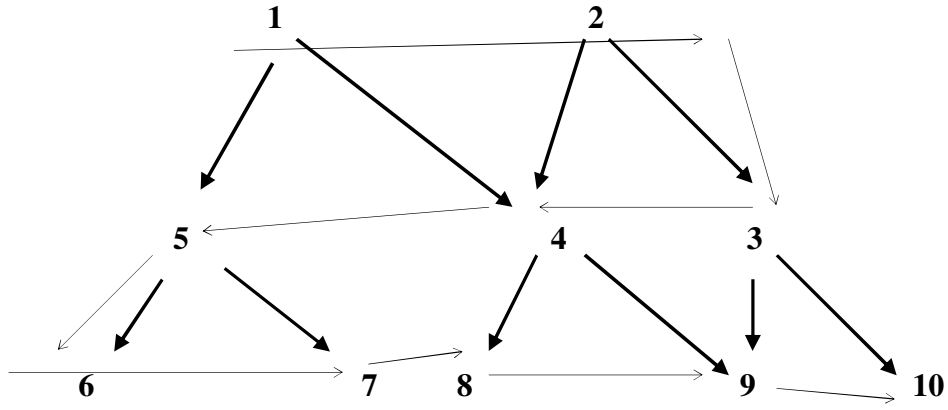


İleriye doğru zincirleme metodu bilgi tabanında tanımlanmış olan gerçekleri alarak, kuralları çalıştırıp, yeni gerçekler bulmaya çalışmaktadır. Elde edilen yeni gerçekler, bilgi tabanına eklenerek, yeni gerçekler bulmaya devam etmektedir.

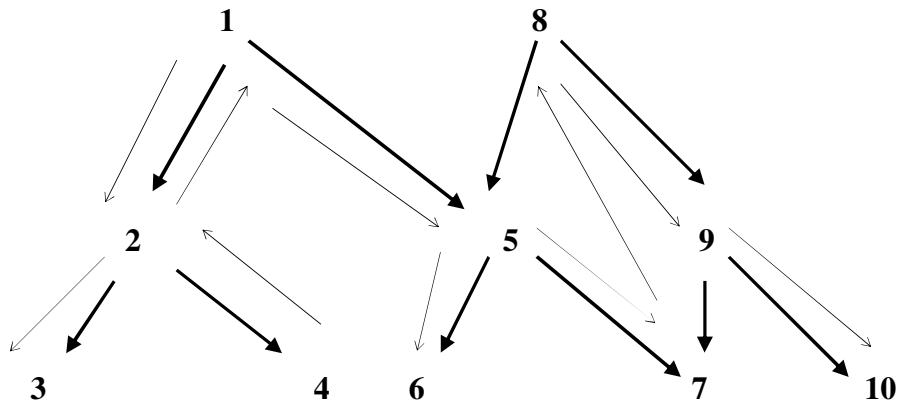
Stratejinin basit bir yolu, Şekil 2.12. ve Şekil 2.13.'de gösterildiği gibi en düşük numaralı düğümlerden hareket ederek çözüm aramaya başlamakta ve numara sırasına göre bu hareketi devam ettirmektedir. Yöntem çok miktarda çözümün bulunduğu, fakat problemle ilgili durumların çok fazla olmadığı durumlarda kullanılmaktadır.

#### **2.2.7.3.2. Geriye Doğru Zincirleme Metodu**

İleriye doğru zincirleme metodunun tam tersidir. Metot, bir hipotezden başlayarak, bu hipotezi reddetmek ya da kabul etmek için bilgi istemektedir. Hedef ilk olarak seçilmekte ve sistem bu hedefi kanıtlamak için gerekli gerçekleri ortaya çıkarmaya çalışmaktadır. Gerekli gerçekler alt hedef olup, sistem bu alt amaçları kanıtlayan gerçekleri ortaya çıkarmaya çalışmaktadır. Metot, temel bir önerme bulununcaya kadar işlem yapmaya devam etmektedir.



**Şekil 2.14.** Geriye Doğru Zincirleme Metodu (Önce Enlemesine)



**Şekil 2.15.** Geriye Doğru Zincirleme Metodu (Önce Derinlemesine)

Geriye doğru zincirleme metodunu kullanan çoğu uzman sistem derinlemesine arama stratejisini kullanmaktadır. Sistem ele aldığı hipotezi kabul veya reddetmek için detaylı bilgi elde etmeye çalışır. Hipotez kanıtlanamazsa, farklı bir hipotezi değerlendirmeye almaktadır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1. Literatür Araştırması

İşletmeler için önemli bir fonksiyon olan üretim çizelgeleme, üretimin etkinliğini belirlemektedir. Bu kadar önemli olan çizelgeleme konusunda, mevcut çizelgeleme teorileri gerçek yaşam problemlerini çözmekte yetersiz kalmaktadır. Yapay zekaya olan ilginin her geçen gün daha artması ve çizelgeleme konusunun gelişebilirlik imkanı her iki konuyu da birbirine yakınlaştırmıştır. Mevcut çizelgeleme teorileriyle gerçek problemlerin yansıtılmayan tanımlamalarının ve işletmelerde çizelgeleme problemlerini iyi bir şekilde çözen insanların bilgilerinin uzman sistem ile daha iyi ifade edilip, problemlerin çözülebileceği ve programlanabileceği ortadadır.

Uzman sistem ile üretim çizelgeleme konusunu incelediğimizde kompleks sistemler ile karşılaşılmıştır. Mark S. Fox ve Stephen F. Smith<sup>(23)</sup> tarafından ortaya konulan ISIS adlı uzman sistemde sipariş tanımlamaları, lot tanımlamaları, kaynak tanımlamaları, hat (operasyon) tanımlamaları, iş alanı tanımlamaları, bölüm tanımlamaları, rezervasyon tanımlamaları ve fabrika tanımlamaları belirtilmiştir. ISIS, türbin parçası üreten bir fabrika için tasarlanmıştır. Sistem, uzman sistemin çerçeve (frame) yapısında oluşturulmuştur. Sistem ilk olarak siparişleri seçip, öncelik değerlendirmesi yapmaktadır. Daha sonra siparişleri rotalarla ilgili operasyonlara yönlendirmekte ve işlem sürelerini belirtmektedir. Diğer aşamada mevcut kaynaklar (fiktür, tezgah) belirlenmektedir. Son olarak da rezervasyon seçimi ile seçilen kaynakları zaman çizelgesinde yerleştirmektedir.

Jerold H. May ve Luis G. Vargas<sup>(24)</sup> tarafından ortaya konulan SIMPSON adlı uzman sistem seçilen bir işletmenin spesifik üretim proseslerini hesaba katarak geliştirilmiştir. Uzman sistem, nükleer reaktörlerde kullanılan boru tesisatını üreten bir tesiste uygulanmıştır. Çizelgelemenin iki fonksiyona sahip olduğu belirtilmektedir. Birincisi kaynakların ve lotların verilmesinin orta vadeli planların tayini tarafından canlandırılan hareketlerin görünümünü uygulamak için ayrıntılı kararları üretmek, ikincisi ise makine arızası ya da beklenildiğinde işletilmek için mevcut olmayan lotlar gibi beklenilmeyen olaylar tarafından neden olunan atölye dengesizliklerini düzeltmektir. Sistemin çıkarım yapabilmesi ve kendi tavsiyelerini destekleyebilmesi durumunda planlama sürecinin derin bir temsili gerekli olduğu belirtilmektedir. Model çoklu çerçeve ve nesne sistemleri içermektedir. Çerçeve (frame) yapısında oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda, detaylı temsilin çok önemli olduğu, bu temsil için gerekli olan bilgi sürecinin uzun olduğu ve insan planlayıcının kullandığı benzer bilgileri kabul ederek, planlayıcının çalıştığı ortamlarla etkileşim içinde çalışması gerektiği çıkarımları elde edilmiştir. SIMPSON'un uygulaması Lisp, GoldWorks 3 ve dBase 4 programlama dilleriyle yazılmıştır.

E. Bensana, G. Bel ve D. Dubois<sup>(25)</sup> tarafından ortaya konulan OPAL sistemi, muhtemel bir çizelge için 3 çeşit bilginin birlikte çalışabilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu üç çeşit bilginin birincisi zaman yönetimini gerçekleştiren teorik bilgi (çizelgeleme teorisinden oluşan), ikincisi öncelik kuralları ve üretim objektifleri üzerindeki etkileri hakkındaki deneysel bilgi, üçüncüsü verilmiş bir uygulamada yerine getirilmesi gereken teknolojik kısıtlar hakkındaki pratik bilgidir (üretim bölümü yöneticileri tarafından sağlanan). Sistem kısıt-bazlı analiz, karar destek ve bilgi tabanı modüllerinin danışman (supervisor) altında birleşip değerlendirilmesiyle çalışmaktadır. Kural tabanı, kuyruk sisteminin incelenmesinden çıkarılan öncelik

kuralları, makinelerin haricindeki yardımcı kaynakların kullanılmasına bağlı kurallar ve işlerin dinamik duraksama sürelerine ilişkin kurallardan oluşturulmuştur. Sistem üretim gereksinimlerinin bilindiği belirli bir zaman parçasında öngörücü bir çizelgeleme oluşturmaktadır. Bilgi veritabanı, atölyenin tanımını, çizelgeleme probleminin tanımını ve çizelgeleme planının mevcut durumunu içermektedir. Kısıt-bazlı analiz modülü (CBA), işlemlerin dizilimindeki süre kısıtlarının sonucunu hesaplamakta, işlemler arasında yeni öncelik ilişkileri oluşturabilmekte ve söz konusu yeni kısıtlar türetmektedir. Karar destek modülü (DS), uygulamalı veya keşifsel bilgiye dayalı olarak işlemlerin dizilimi konusunda tavsiye verebilmektedir. Supervisor, kısıt-bazlı analiz modülü ve karar destek modülü arasındaki diyalogu kontrol etmektedir ve bu modüller tarafından verilen kararlara göre adım adım çizelgeyi oluşturmaktadır. Sistem periyodik olarak çalıştırılmaktadır. Bitiş tarihlerini ihlal eden durumlarda çizelgede yeni düzenlemeler yapılarak, yeniden çalıştırılmaktadır. Sistem COMMON LISP programlama dilinde uygulanmıştır.

R. M. Kerr ve R. V. Ebsary<sup>(26)</sup> tarafından ortaya konulan çalışmada belirlenen bir işletmede mevcut çizelgeleme yönteminin uzman sistem ile yapılması amaçlanmaktadır. Üretim çizelgelemeye yönelik kural bazlı bir uzman sistem deneysel olarak uygulanmıştır. Uzman sistem, tulumba aleti üreten bir imalatçıya uygulanmıştır. Yerel bilgi birikimini ve tecrübeli üretim çizelgeleyici tarafından kullanılan sezgisel yöntemleri anlamaya, bunları mevcut atölye durumunu ve gelecekte öngörülen yüklemeyi yansıtan ilişkisel bir veritabanına bağlı olarak çalışacak bir dizi kural haline indirgemeye çalışmıştır. Sistem insan uzmanın çizelgelerine benzer çizelgeler ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Sistemin kural tabanı sipariş öncelik kuralları, iş/operasyon kuralları, iş istasyonları yükleme kuralları, iş dağıtım kuralları, beklenmedik durumlarla ilgili genel kurallar ve süre

dönüştürme kurallarından oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda, çok dinamik bir ortamda değişen bir bilgi tabanının kayıt altına alınmasının zorluğu, sistemin destek amaçlı ya da insan uzmanı devreden çıkararak karar alabilecek yapıda olmasına göre daha farklı tasarım stratejileri uygulanabileceği yargılarına varılmıştır.

John. J. Kanet ve Heimo H. Adelsberger<sup>(27)</sup> tarafından yapılan çalışmada üretim çizelgelemesinde yapay zeka dili olan prolog kullanılarak sistemin nasıl kurulacağı açıklanmaktadır. Çalışmada belirlenen performans ölçütüne göre işlerin nasıl çizelgeleneceği, hangi çözümlerin elde edilebileceği, hangisinin en etkin çözüm olacağı anlatılmakta ve prolog ile bir planlama örneği yer almaktadır. Uzman sistemlerin verdiği kararlardaki tutarlılıklarında insandan daha ileriye gideceği, uzman sistemin gerçekten değerli olması yani bilgilerini geliştirmesi için sistemin yeni problem ayarları belirleyebilme kapasitesinin olması gerektiği belirtilmektedir. En iyi planlama sisteminin formülize ve algoritmik yaklaşımı bir arada bulunduran planlama programı olacağı ifade edilmektedir.

Gursel A. Suer ve Cihan Dagli<sup>(28)</sup> tarafından yapılan çalışmada tek makineli çizelgeleme için eldeki verilerle hangi mevcut çizelgeleme algoritmasının ve performans ölçütünün kullanılacağı anlatılmaktadır. Sistem kural tabanlı uzman sistem kabuğu M.1 ile yazılmıştır. Bu sistemin diğer tek makine problemlerini ve diğer makine problemlerini içine alacak şekilde geliştirilebileceği belirtilmektedir.

Cihan Dagli, Yıldırım Omurtag ve Tatchapol Poshyanonda<sup>(29)</sup> tarafından ortaya konulan çalışmada bilgi tabanlı simülasyon yapılandırılmıştır. Bir yem fabrikasının üretim çizelgelemesinde uygulanmıştır. Simülasyon ve kural tabanı birlikte kullanılmaktadır. Çalışmada planlama, çizelgeleme ve kontrolü içeren

yönetim fonksiyonlarının simülasyon ve bilgi tabanlı sistem ile bütünleşik olarak uygulanabileceği umut edilmektedir.

Jürgen Sauer ve Ralf Bruns<sup>(30)</sup> ortaya koydukları çalışmada bilgi tabanlı programlama sistemlerinin iskeleti oluşturulmuştur. İskelet 2 tasarı ilkesini ele almaktadır. İlki standart bilgi tabanı öğeleri olan kullanıcı arabirimi, veritabanı ve bilgi gösterimi, ikincisi yeniden kullanma ve programlama algoritmaları uyarlamasına izin veren açık gösterimdir. 3 farklı bilgi tabanlı sistemin prototipi anlatılmıştır. Bu üç bilgi tabanlı sistem için ortak bir iskelet oluşturularak, bunun farklılaşmasıyla, PSY adlı program petrol hattı teçhizatı üreten metal endüstrisindeki bir şirket için, Medicious adlı program kalp cerrahisi hastalarını programlama için, Protos adlı program kimya endüstrisinde üretim yapan bir şirket için yapılmıştır.

Anderw Kusiak<sup>(31)</sup> ortaya koyduğu çalışmada otomatik imalatı programlamak için uzman sistem tasarımı yapmıştır. Algoritmalar tarafından idare edilemeyen program durumları uzman sistem kısmına gönderilerek programlama yapılmaktadır. Algoritma ile uzman sistemin birlikte çalıştığı yaklaşımla uzman sistem tasarlanmıştır.

### **3.2. Siparişe Göre Üretimde Çizelgeleme Kararlarının Uzman Sistemlerle Verilmesinde Uzman Sistemin Oluşturulması**

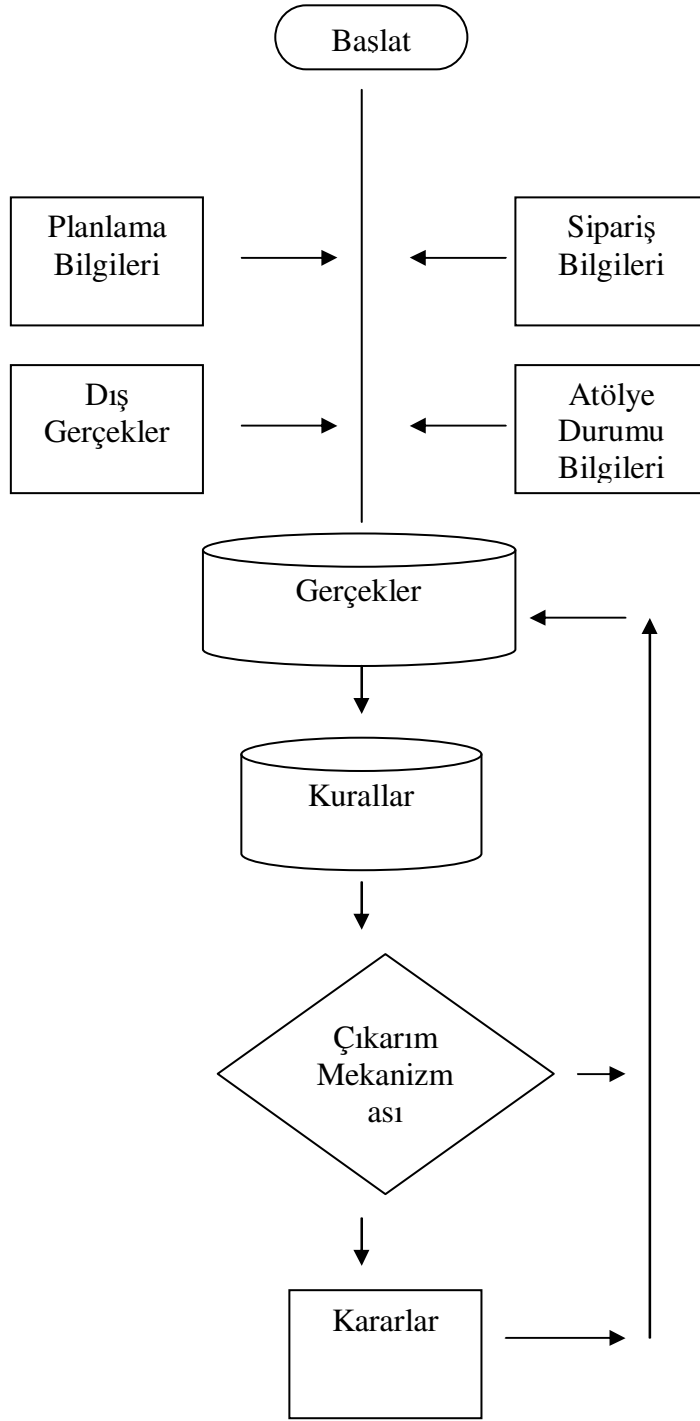
İşletmelerde daha etkin çizelgeleme yapabilmek için, uzman sistem ile oluşturulacak yapı çizelgeleme teorilerinin yetersiz kaldığı noktalarda etkin çözümler üretecektir. Uzman sistem modelinin tasarlanacağı işletmede, üretim çizelgeleme işlemi çizelgeleme teorilerine dayanmadan, insan uzman bilgisine ve tecrübelerine göre gerçekleştirilmektedir. İşletmedeki çizelgeleme işleminin etkinliğini artırmak,

sistematik hale getirmek ve insan uzmanların bilgisini ve tecrübelerini derleyerek gerektiğinde yararlanmak amacıyla uzman sistem kurulması, bu aşamada sistemin tasarlanması amaçlanmıştır.

### **3.2.1. Modelin Yapısı**

Tasarlanan uzman sistem Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi sipariş bilgileri, planlama bilgileri, dış gerçekler ve atölye durumu bilgilerini başlangıçtaki gerçekler olarak değerlendirmektedir. Bu gerçekler ile çizelgeleme uzman sistemi çalışmaya başlayacaktır. Mevcut gerçekler ışığında kurallar çalışacak, çıkarımlar elde edilecek ve kararlar alınacaktır. Ayrıca alınan kararlar ve çıkarım sonuçları yeni gerçekler olarak sisteme girilebilecektir.

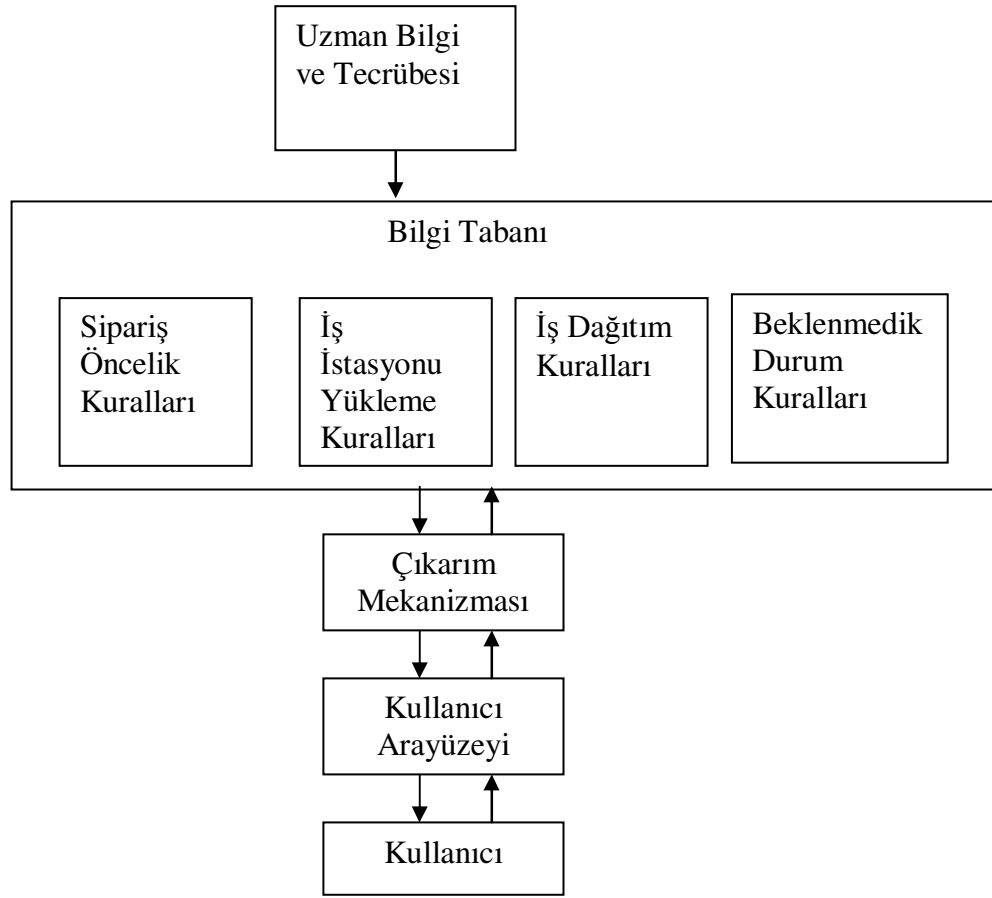




Şekil 3.1. Modelin Yapısı

### 3.2.2. Tasarlanan Uzman Sistemin Yapısı

Uzman sistem yapısı temelde 4 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; bilgi tabanı, çıkarım mekanizması, kullanıcı arayüzü ve kullanıcı. Şekil 3.2.'de tasarlanan uzman sistemin bilgi tabanı ve çıkarım mekanizması yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Tasarlanan Uzman Sistemin Yapısı

### 3.2.3. Modelin Bilgi Yapısı

Tasarlanan modelin bilgi tabanı, son ürünlere ait ürün ağaçları, rota bilgileri, mevcut atölye durum bilgilerinden oluşmaktadır. Bilgi tabanı oluşturulurken insan uzmanın hangi bilgileri kullandığı dikkate alınmış ve bu durumun ışığında bilgi tabanı oluşturulmuştur. Bilgi tabanı oluşturulurken gerçekler 3 bölümde sınıflandırılmıştır:

- Atölye ortamıyla ilgili gerçekler
- Planlama için gerekli gerçekler
- Dış gerçekler

Atölye ortamı ile ilgili gerçekler sistemin ilk başlangıcında statik verilerden oluşmaktadır. Çalışma saati, işgücü, makine ve iş merkezi hakkında bilgiler atölye ortam ile ilgili gerçeklerdir. Sistemin çalışma sırasında fazla mesai, işgücü, makine ve iş merkezleri hakkındaki bilgiler sistemdeki kuralların çıkarımından elde edilen bilgiler tarafından değiştirilebilecektir. Planlama için gerekli gerçekler, ürün ağaçları, rotalama bilgileri, operasyon süresi bilgilerinden oluşmaktadır. Dış gerçekler, gerçekleşebilecek tatiller, makine bozulmaları, personel devamsızlığı bilgilerinden oluşmaktadır.

### 3.2.4. Modelin Kural Yapısı

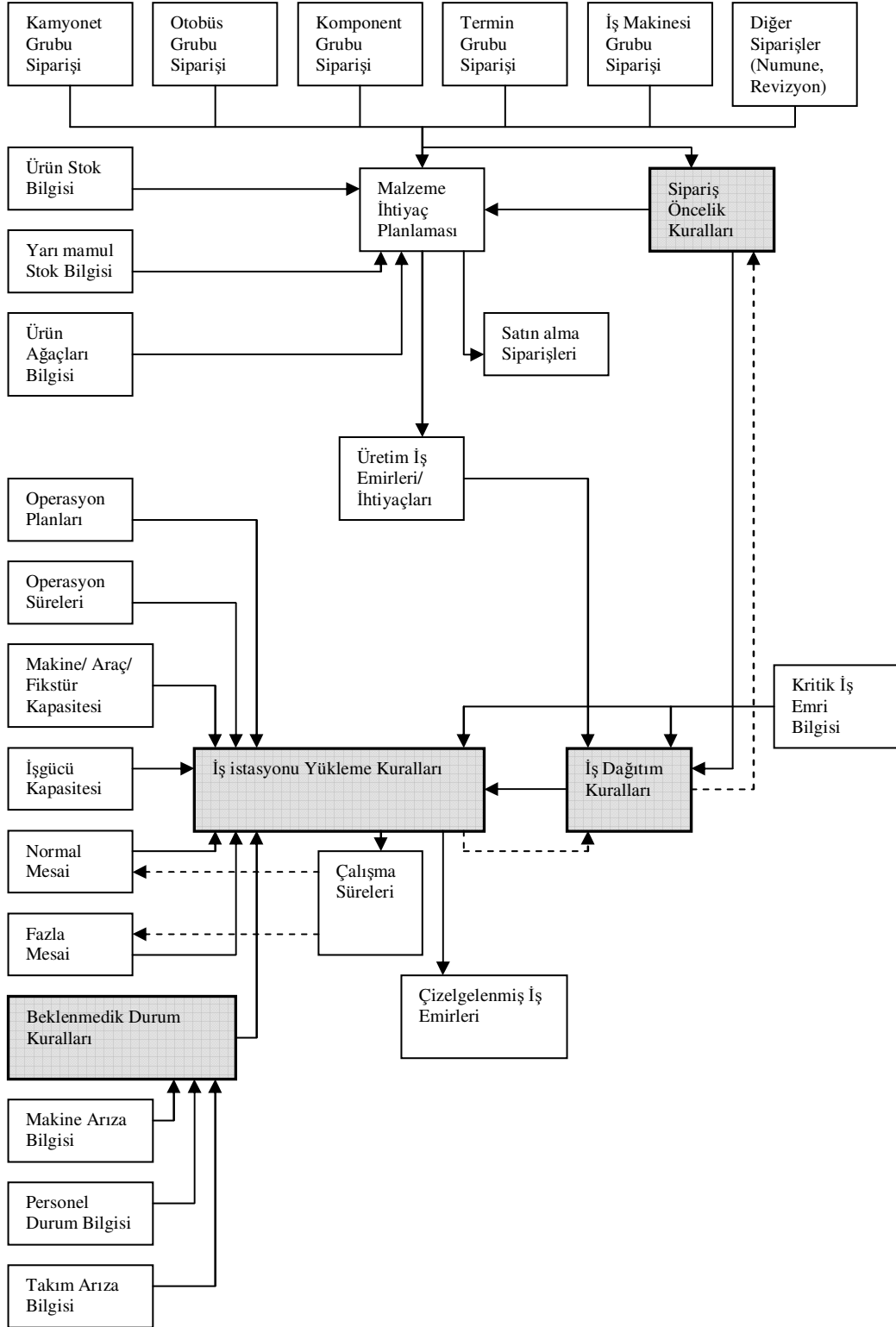
Tasarlanan modelin kural yapısı Şekil 3.3.'de görüldüğü gibi sipariş öncelik kuralları, iş istasyonu yükleme kuralları, iş dağıtım kuralları ve beklenmedik durum kuralları olmak üzere 4 farklı kural bölümünden oluşmaktadır. Modelin tüm kuralları Ek 1'de detaylı olarak yer almaktadır.

**i) Sipariş Öncelik Kuralları:** Bir müşteri siparişi geldiğinde siparişin teslim tarihi ve ürün grubuna göre bir öncelik belirlenmektedir.

**ii) İş İstasyonu Yükleme Kuralları:** Gelen işler istasyonlara yüklenerek ilgili siparişin tahmini bitirilme süresi tahmin edilmektedir. Bu tahmine göre işin zamanında teslim edilip edilemeyeceği belirlenmekte, işlerin öne çekilerek bitirilme süresinin teslim tarihine uyması sağlanmakta, gerekli fazla mesai süreleri belirlenmektedir.

**iii) İş Dağıtım Kuralları:** Her bir istasyonda bir sonraki sırada hangi işin yapılacağını belirlemektedir. En yakın iş bitirme tarihinden başlayarak işler sırayla incelenmekte ve operasyon öncesinde sağlanması gereken zorunlu şartları sağlayan işler istasyona yüklenmektedir.

**iv) Beklenmedik Durum Kuralları:** Makine arızası, takım kırılması, çalışanların işe devam durumu vb. öngörülmeleyen atölye olaylarının çizelgeye olan etkisiyle ilgilenmektedir.



Şekil 3.3. Modelin Kural Yapısı

### 3.3. Tasarılan Model için Örnek Bir Uygulama

Tasarılan modelin çalışması aşağıda verilen örnek bir uygulama ile anlatılmaya çalışılmaktadır.

<u>Sipariş No</u>	<u>Teslim Tarihi</u>	<u>Ürün Tanımı</u>
A	10	A1
B	10	B1

<u>Sipariş Tanımı</u>	<u>Makine</u>	<u>İş</u>	<u>İşlem Süresi</u>
A1	M1	x1	6
A1	M2	x2	2
B1	M1	y1	5
B1	M2	y2	4

Örneğimizin sonuçlanması için uzman sistem 15 kural çalıştırarak çıkarım yapmıştır. Uzman sistemin çıkarımı ileri doğru zincirleme metodu ile sonuca ulaşmıştır. Örnek uygulama ile ilgili kuralların çalışması Ek 2’de yer almaktadır.

İlk gerçek olan “G1=Yeni müşteri siparişi gelmiş” den aramaya başlayarak “KURAL1=Eğer Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş İse, Sipariş öncelik nosu belirlenecek” kuralı çalıştırılır. KURAL1’in sonucunda “G2=Sipariş öncelik nosu belirlenecek” gerçeği elde edilir (Şekil 3.4.). “K2= Eğer Sipariş öncelik nosu belirlenecek İse, En yakın sipariş teslim tarihinde Sipariş öncelik nosu belirlenmemiş

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
<b><u>Kurallar</u></b>		
K1= Eğer Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş İse, Sipariş öncelik nosu belirlenecek (KURAL1)		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		

Şekil 3.4. Kural 1'in Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
<b><u>Kurallar</u></b> K2=Eğer sipariş öncelik nosu belirlenecek İse, En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tesbit et. (KURAL2) G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.		

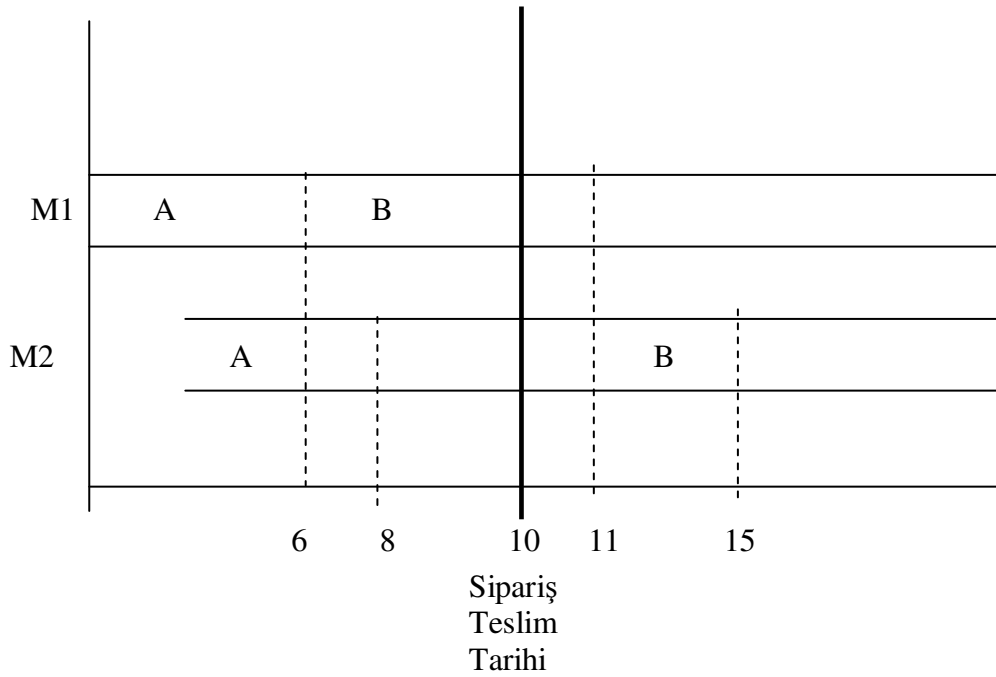
**Şekil 3.5.** Kural 2'nin Çalışması



<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
<b><u>Kurallar</u></b>		
K3= Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde Sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et İse, Ve Müşteri Siparişi Otobüs Grubu Siparişi İse, Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver. (KURAL4)		
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
K4= Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et İse, Ve Müşteri Siparişi Termin Grubu Siparişi İse, Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver. (KURAL6)		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		

**Şekil 3.6.** Kural 3'ün ve Kural 4'ün Çalışması

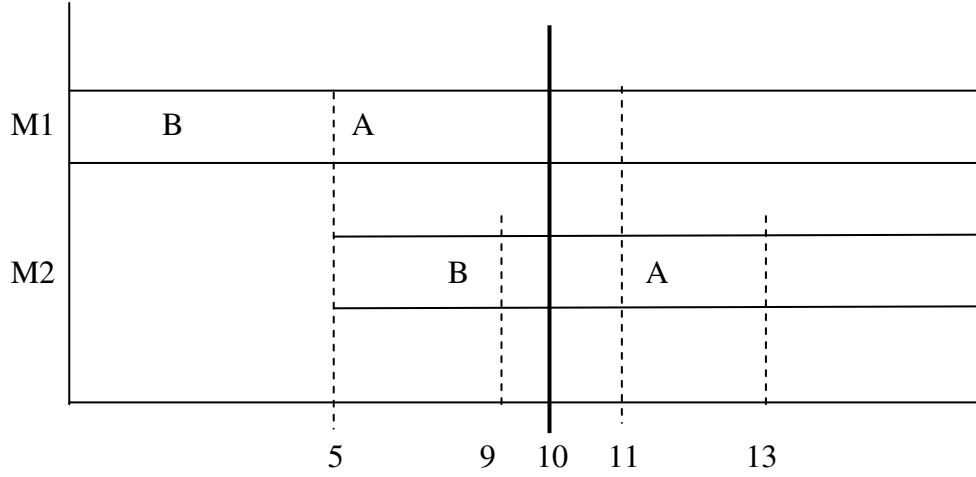
siparişleri tespit et” kuralının çalışmasıyla “En yakın sipariş teslim tarihinde Sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et” gerçeği ede edilir (Şekil 3.5.), bu gerçeğe Otobüs siparişi gerçeği “KURAL3= Eğer En yakın sipariş teslim tarihinde Sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et ise, Ve Müşteri Siparişi Otobüs Grubu Siparişi İse, Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver” kuralı çalışır (Şekil 3.6.). Tasarlanan uzman sistemin çıkarım yapısı mevcut gerçeklerin ilgili kuralları tetiklemesiyle harekete geçerek çalışmakta, yeni gerçekler ortaya çıkarmakta ve sonuca ulaşmaktadır (bkz. Ek 2).



**Şekil 3.7.** Örnek İçin Mevcut 1.Durum

Teslim tarihlerine göre sipariş önceliklendirilmesi ile başlayan sistem makinelere iş emirlerini yüklediğinde, Şekil 3.7.’da görüldüğü gibi her iki sipariş de teslim tarihlerinden sonra tamamlanabilmektedir.

Örneğimizde verilen teslim tarihlerinde iş emirlerinin tamamlanamaması durumlarında uzman sistem önceliği yüksek olan iş ile geciken işin önceliklerini değiştirecek ve iş emirlerini geçici olarak bu şekilde makinelere yükleyecektir. Şekil 3.8.'de görüldüğü gibi, bu durumda da gecikme olduğu takdirde sistem en az gecikme süresine sahip durumu çizelgeleyecektir. En az gecikme süresine sahip durum çizelgelendiğinde buna bağlı olarak da fazla mesai için gereken süre kısalmış olacaktır.



**Şekil 3.8.** Örnek İçin Sipariş Teslim Tarihleri Değiştirilmiş 2.Durum

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üretim performansını doğrudan etkileyen çizelgeleme işletmeler için büyük önem arz etmektedir. Çizelgeleme teorilerinin üretim ortamında gerçek problemleri iyi tanımlayamaması, esnek ve dinamik ortamlara yeterince ayak uyduramamasından dolayı, uzman sistem ile çizelgeleme konusunda çalışmaya yönlendirmiştir. Uzman sistem modelinin tasarlandığı işletmede, üretim çizelgeleme işlemi çizelgeleme teorilerine dayanmadan, insan uzman bilgisine ve tecrübelerine göre gerçekleştirilmektedir. İşletmedeki uzmanların bilgisi ve tecrübesi derlenerek ve üretim ortamının detaylı tanımlamaları yapılarak, üretim çizelgelemeyi gerçekleştirebilecek uzman sistem modeli tasarlanmıştır.

Yapılan çalışmada insan uzmanın bilgi ve tecrübelerine dayanarak tasarlanan uzman sistem yapısının bilgi gösteriminde, atölye ortamının bilgileri ve uzman bilgilerinin gösteriminin önemi ortaya çıkmıştır. IF-THEN yapısıyla kurulan sistemin bilgi gösterimi ve bilgilerin ilişkilendirilmesi yetersiz kalmıştır. IF-THEN yapısının yanında diğer uzman sistem bilgi yapılarıyla bilgi gösterimin uzman sistem ile çizelgeleme konusunda daha da başarı katacağı düşünülmektedir. Sistem tasarlanırken atölye ortamından ve insan uzmandan bilgilerin elde edilmesi, karar kurallarının oluşturulması konusunun önemi netleşmiştir. Uzman sistem yapısı bu bilgi tabanı ve kural tabanı üzerinde çalışacağı için, bu alana dikkat gösterilmiştir. Fakat insan uzmanların karar yapılarının çözümlenmeleri yetersiz kalmıştır. Bu noktada karar kurallarını daha iyi ve net yapılandırılmış olmasına ileriki çalışmalarda yer verilmelidir.

Tasarlanan uzman sistemin, üretim ortamının kapasite olanaklarını daha etkin değerlendirebilmesi için, personelleri ürün bazında yetkinlikleri değerlendirilerek sisteme dahil edilmesine çalışılmalıdır. Bölümler arası personel atamaları ve iş değişimlerinin gerçekleştirilebilmesinde bunun uzman sisteme faydalı olacağı düşünülmektedir.

Üretim sisteminin yapısı gereği, benzer özelliğe (kalınlık, karbon-krom, kalıp vb.) sahip ürünlerin üretimi gruplanarak yapılabilir. Bu gruplama şu an işletmede uzmanların bilgisi ışığında kısmi olarak yapılmakta olup, ürünlerin tümüyle ilgili bilgiler toplandığı takdirde uzman sistemin içerisine dahil edilebilecektir.

Tasarlanan uzman sistemin gerçek yaşamda kullanılabilmesi için uzman sistem shell'i ya da uzman sistem programlarıyla paket program olarak yazılmalıdır. Bununla tasarlanan modelin gerçek yaşamdaki performansı ortaya çıkacak ve aksayan yönleri tespit edilebilecektir. Uzman sistem yapısının atölye ortamının modellenemediği kadarıyla simülasyon kullanılarak bilgi sağlayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca simülasyon kullanılarak, yeni eklenecek kuralların ve bilgilerin sisteme neler katacağının tespit edilebileceğine inanılmaktadır.

Sonuç olarak siparişe göre Üretimde Çizelgeleme Kararlarının Uzman Sistemlerle verilmesi üretim çizelgelemenin gerçek yaşamda daha etkin çalışmasını sağlayacaktır. Çizelgeleme teorileri ile çözülemeyen problemler, üretim ortamının detaylı bilgilerini, uzmanların tecrübelerini ve bilgilerini içeren uzman sistemlerle çözülebilecektir. Bu konuda bilgi ve kural tabanlarının gerçek yaşamdan çok iyi bir şekilde analiz edilip, yeterli gelebilecek bilgi gösterim teknikleri ile ifade edilmesi gerekmektedir. Yeni kuralların ve yeni durumların denenebilmesi açısından, simülasyon kullanılarak daha etkin hale getirilebilecektir. İleride yapılacak

Çalışmalarda bu iki nokta ile ilgili çalışmaların yapılmasının daha iyi sonuçlar verebileceği dışınılmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Tanyaş, Mehmet., Baksak M., Üretim Planlama Ve Kontrol, İrfan Yayınevi, İstanbul, 2003.
2. Geyik, Faruk., Cedimoğlu, İsmail Hakkı., Politeknik Dergisi, **4**(1), (2001).
3. Baker, K.R., Elements Of Sequencing And Scheduling, Dorthmounth College, Hannover, 1994.
4. Kastner, J.K., Hong, S.J., A Review Of Expert Systems, European Journal Of Operational Research, Elsevier Science Publisher, **18**, (1984).
5. Kowali, K., Janusz S., Knowledge Based Problem Solving, Prectice-Hall, New Jersey, 1986.
6. Kroeber, Donald W., Computer Based İnformation Systems, A Management Approach, Second Edition, Macmillan Publishing Company, USA, 1987.
7. Madni, Azad M., The Role Of Human Factors İn Expert Systems Design And Acceptance, Human Factors, The Human Factors Society Inc., **30**, (1988).
8. Marcellus, Daniel H., Expert Systems Programming İn Turbo Prolog, Prentice Hall Inc., USA, 1989.
9. Badiru, Adedeji B., Succesful İnitiation Of Expert System Projects, IEEE, Transaction On Engineering Management, **35**(3), (1988).
10. Cebeci, U., Hücresel İmalatın Başlangıç Aşamaları İçin Uzman Sistem Yaklaşımı, İTÜ Basılmamaış Doktora Tezi, 1994.
11. Waterman, Donald, A., A Guide To Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1986.
12. Taşkın, H., Türker, S., Endüstriyel Sistemlerde Yapay Zeka Ve Uzman Sistem Uygulamaları, Endüstri Mühendisliği Dergisi, **14**, 1991.
13. Chorofas, D.N., Expert System İn Manufacturing, Automation İn Manufacturing Series, New York, 1992.
14. Rao, M., Wang, Q.C., Jianzhang, Integrated Distrubutes İntelligent Systems İn Manufacturing, Chapman Hall, 1993.
15. Keyes, Jessica, Development Expert Systems, Systems Development Management, Warren, Gorham & Lamont Publishers Inc., **32**., 1988.

16. Harmon, Paul, Expert Systems Artificial Intelligence In Business, A Wiley Pres Book, USA, 1985.
17. Curtis, Graham., Business Information Systems Analysis, Design And Practice, Addison Wesley Publishing Company, UK, 1989.
18. Martin, James, Building Expert Systems : A Tutorial, Prentice Hall Inc, New Jersey, USA, 1988.
19. Barut, Mehmet, Uzman Sistem Ve Deterministik Yöneylem Araştırması Tekniklerinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 1991.
20. Çakar, Tarık., Uzman Sistem Teknolojisi Ve Çizelgeleme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 1991.
21. Ersöz, Süleyman., Üretim Pazarlama Entegrasyonunda Uzman Sistemler, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi FBE, Ankara, 1998.
22. Hendler, A.J., Expert Systems: The User Interface, Ablex Publishing Corporation Norwood, New Jersey, 1988.
23. Mark S. Fox, Stephen F. Smith, ISIS-A Knowledge-Based Systems For Factory Scheduling, The Robotic Institute, Carnegie-Mellon University, Pennsylvania, USA, 1984.
24. Jerold H. May, Luis G. Vargas, SIMPSON: An Intelligent Assistant For Short-Term Manufacturing Scheduling, Elsevier Science, **88**, 269-286, (1996).
25. E. Bensana, G. Bel, D. Dubois, OPAL: A Multi-Knowledge-Based Systems For Industrial Job-Shop Scheduling, Int.J. Prod.Research, **26**(5), 795-819, (1988).
26. R.M. Kerr, R.V. Ebsarye, Implementation Of An Expert System For Production Scheduling, European Journal If Operational Research, **33**, 17-29, (1988).
27. John J. Kanet, Heimo H, Adelsberger, Expert Systems In Production Scheduling, European Journal If Operational Research, **29**, 51-59, (1987).
28. Gursel A. Suer, Cihan Dagli, Knowledge-Based Single Machine Scheduling, Computers And Industrial Engineering, **23**, 149-152, (1992).
29. Tatchapol Poshyanonda, Cihan H. Dagli, Yıldırım Omurtag, Smart Shop Floor Scheduling Using Knowledge Based Simulation, Computers Ind. Engng., **17**, 107-112, (1989).



30. Jurgen Sauer, Ralf Bruns, Knowledge-Based Scheduling Systems In Industry And Medicine, AI In Manufacturing Series, University Oldenburg, **January-February**, 24-31, (1997).
31. Andrew Kusiak, Designing Expert Systems For Scheduling Of Automated Manufacturing, Artificial Intelligence Series, **July**, 42-46, (1987).

**Ek 1.**

**Siparis Öncelik Kuralları:**

**KURAL 1:**

Eğer Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş İse,  
Sipariş öncelik nosu belirlenecek.

**KURAL 2:**

Eğer sipariş öncelik nosu belirlenecek İse,  
En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş  
siparişleri tespit et.

**KURAL 3:**

Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş  
siparişleri tespit et İse,

Ve Müşteri Siparişi Kamyonet Grubu Siparişi İse,

Müşteri Siparişine 6.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.

**KURAL 4:**

Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde Sipariş öncelik nosu belirlenmemiş  
siparişleri tespit et İse,

Ve Müşteri Siparişi Otobüs Grubu Siparişi İse,

Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.

**KURAL 5:**

Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş  
siparişleri tespit et İse,

Ve Müşteri Siparişi Komponent Grubu Siparişi İse,

Müşteri Siparişini 4.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.

**KURAL 6:**

Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et İse,

Ve Müşteri Siparişi Termin Grubu Siparişi İse,

Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.

**KURAL 7:**

Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et İse,

Ve Müşteri Siparişi İş makinesi Grubu Siparişi İse,

Müşteri Siparişini 2.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.

**KURAL 8:**

Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et İse,

Ve Müşteri Siparişi Numune Siparişi İse,

Müşteri Siparişini 1.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.

**İş Dağıtım Kuralları**

**KURAL 9:**

Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1 adet İse,

Ve kritik iş emri yok İse,

İş emrini iş istasyonuna gönder.

**KURAL 10:**

Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1 adet İse,

Ve kritik iş emri var İse,  
İş emrini iş istasyonuna gönder.

**KURAL 11:**

Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri 1'den çok İse,  
Ve kritik iş emri var İse,  
Ve kritik iş emri iş istasyonuna yüklenmemiş İse,  
Kritik iş emrini istasyona gönder.

**KURAL 12:**

Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1 adet İse,  
Ve kritik iş emri yok İse,  
İş emrini iş istasyonuna gönder.

**KURAL 13:**

Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok İse,  
Ve kritik iş emri yok İse,  
En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.

**KURAL 14:**

Eğer en yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirleri sırala İse,  
Ve en yakın sipariş teslim tarihlerinde 1 adet iş emri var İse,  
Üretim iş emrini iş istasyonuna gönder.

**KURAL 15:**

Eğer en yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirleri sırala İse,  
Ve en yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet fazla İse,  
Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder

## **İş Yükleme Kuralları**

### **KURAL 16:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.

### **KURAL 17:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve toplam duruş süresi 0 İse,  
Çalışma süresi belirle,  
Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.

### **KURAL 18:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve toplam duruş süresi 0 değil İse,  
Çalışma süresi belirle,  
Çalışma süresi normal mesai süresinden toplam duruş süresinin farkına eşittir.

### **KURAL 19:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve fazla mesai süresi 0 değil İse,  
Çalışma süresi belirle,  
Çalışma süresi normal mesai süresi ile fazla mesai süresinin toplamına eşittir.

### **KURAL 20:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,

Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve çalışma süresi belirle İse,  
Ve Kritik iş emri iş istasyonuna yüklenmiş İse,  
Kritik iş emrinin iş istasyonuna yüklenme durumunu değiştir,  
Kritik iş emrinin yükleneceği Makine/Araç/Fikstür boş duruma geçince ilk iş  
emri olarak iş istasyonuna yükle,

Makine/Araç/Fikstür'de işin başlama tarihini belirle  
Ve bitiş tarihine kadar iş emrini makinede yüklü tut.

**KURAL 21:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve çalışma süresi belirle İse,  
Ve tek bir siparişe ilgili tüm iş emirleri yüklendi İse,  
Ve siparişin tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden önce İse,  
İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'de bu şekilde kalıcı tut  
Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle.

**KURAL 22:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve çalışma süresi belirle İse,  
Ve tek bir siparişe ilgili tüm iş emirleri yüklendi İse,  
Ve siparişin tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra İse,  
İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'de Bu şekilde kalıcı tut  
Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle.

**KURAL 23:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve çalışma süresi belirle İse,  
Ve birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi İse,  
Ve tüm siparişlerin tamamlanma tarihi siparişlerin teslim tarihinden önce İse,  
İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür de bu şekilde kalıcı tut  
Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle.

**KURAL 24:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve çalışma süresi belirle İse,  
Ve birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi İse,  
Ve siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var İse,  
İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle  
Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle  
Ve ilk durum olarak belirle.

**KURAL 25:**

Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse,  
Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse,  
Ve çalışma süresi belirle İse,  
Ve birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi İse,  
Ve siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var İse,  
Ve iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle İse,

Bir üst seviyede öncelikli işin önceliklerini değiştir  
Ve iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e yeniden yükle  
Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle  
Ve iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle  
Ve ikinci durum olarak belirle.

**KURAL 26:**

Eğer ilk durumdaki sipariş gecikme süresi, ikinci durumdaki sipariş gecikme süresinden büyük İse,

İkinci durumdaki geçici sipariş gecikme süresi 0'dan büyük İse,  
İkinci durumu Makine/Araç/Fikstür'e kalıcı olarak yükle  
Ve geciken sipariş var olarak belirle.

**KURAL 27:**

Eğer ilk durumdaki sipariş gecikme süresi, ikinci durumdaki sipariş gecikme süresinden büyük İse,

İkinci durumdaki geçici sipariş gecikme süresi 0 İse,  
İkinci durumu Makine/Araç/Fikstür'e kalıcı olarak yükle.  
Ve geciken sipariş yok olarak belirle.

**KURAL 28:**

Eğer ilk durumdaki sipariş gecikme süresi, ikinci durumdaki sipariş gecikme süresinden küçük İse,

İlk durumu Makine/Araç/Fikstür'e kalıcı olarak yükle.  
Ve geciken sipariş var olarak belirle.

**KURAL 29:**

Eğer geciken sipariş var İse,



Veya geçici sipariş gecikme süresi 0'dan büyük İse,

Geç kalınan aynı iş emri tarihleri için geçici sipariş gecikme sürelerini topla,

Ve toplam geçici sipariş gecikme süresi kadar fazla mesai belirle.

**KURAL 30:**

Eğer geciken sipariş yok İse,

Veya geçici sipariş gecikme süresi 0 İse,

Gecikme süresi 0 olan iş emri tarihleri için normal mesai belirle.

**KURAL 31:**

Eğer bir iş emri Makine/Araç/Fikstür'e yüklenecek İse,

İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.

**KURAL 32:**

Eğer sipariş gecikme süresi belirle İse,

Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,

Ve bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle.

**KURAL 33:**

Eğer fazla mesai belirle İse,

Geciken siparişlerin iş emirleri için operasyon gerçekleşme tarihinin öncesine fazla mesai belirle,

Ve fazla mesai süresi kadar Makine/Araç/Fikstür'deki çalışma saatini artır

Ve çalışma süresini belirle

## **Beklenmedik Durum Kuralları**

### **KURAL 34:**

Eğer makine arızası meydana gelir İse,

Makine yeniden yükleme başlangıç tarihine kadar iş emri yükleme,

Ve makine yeniden yükleme başlangıç tarihinden makine duruş başlangıç tarihi arasındaki farkı Duruş Süresi1 olarak belirle.

### **KURAL 35:**

Eğer fikstür arızası yada onarımı meydana gelir İse,

Fikstür yeniden yükleme başlangıç tarihine kadar iş emri yükleme,

Ve fikstür yeniden yükleme başlangıç tarihinden fikstür duruş başlangıç tarihi arasındaki farkı Duruş Süresi2 olarak belirle.

### **KURAL 36:**

Eğer takım kırılması meydana gelir ve üretim ilgili makinede devam edemez İse,

Takım onarımı yada değişimi bitene kadar takımın bağlı olduğu yeniden yükleme başlangıç tarihine kadar iş emri yükleme

Ve takım yeniden yükleme başlangıç tarihinden takım duruş başlangıç tarihi arasındaki farkı Duruş Süresi3 olarak belirle.

### **KURAL 37:**

Eğer personel devamsızlığı meydana gelir ve üretim ilgili makinede devam edemez İse,

Personel devamsızlığı bitene kadar makine yeniden yükleme başlangıç tarihine kadar iş emri yükleme,

Ve makine yeniden yükleme başlangıç tarihinden makine duruş başlangıç tarihi arasındaki farkı Duruş Süresi4 olarak belirle.

**KURAL 38:**

Eğer Duruş Süresi1 olarak belirle İse,

Ve Duruş Süresi2 olarak belirle İse,

Ve Duruş Süresi3 olarak belirle İse,

Ve Duruş Süresi3 olarak belirle İse,

Aynı tarihteki toplam duruş süresi, Duruş Süresi1, Duruş Süresi2, Duruş Süresi3 ve Duruş Süresi4 toplamına eşittir.

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
<b><u>Kurallar</u></b>		
K1= Eğer Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş İse, Sipariş öncelik nosu belirlenecek (KURAL1)		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		

Şekil 3.9. Kural 1'in Çalışması

**Gerçekler (A)**

G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş

G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek

**Gerçekler (B)**

**Gerçekler (C)**

**Kurallar**

K2=Eğer sipariş öncelik nosu belirlenecek İse, En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tesbit et. (KURAL2)

G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.

**Şekil 3.10.** Kural 2'nin Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
<b><u>Kurallar</u></b>		
K3= Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde Sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et İse, Ve Müşteri Siparişi Otobüs Grubu Siparişi İse, Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver. (KURAL4)		
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
K4= Eğer en yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et İse, Ve Müşteri Siparişi Termin Grubu Siparişi İse, Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver. (KURAL6)		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		

**Şekil 3.11.** Kural 3'ün ve Kural 4'ün Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
<b><u>Kurallar</u></b>		
K5= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok İse, Ve kritik iş emri yok İse, En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala. (KURAL13)		
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.		

**Şekil 3.12.** Kural 5'in Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1= Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5. Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3. Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok ( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
<b><u>Kurallar</u></b>		
K6= Eğer en yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirleri sırala İse, Ve en yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet fazla İse, Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder (KURAL15)		
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		

**Şekil 3.13.** Kural 6'nın Çalışması



<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
<b><u>Kurallar</u></b>		
K7= Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse, Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle. (KURAL16)		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		

**Şekil 3.14.** Kural 7'nin Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1= Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5. Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3. Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok ( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
<b><u>Kurallar</u></b>		
K8= Eğer bir iş emri Makine/Araç/Fikstür'e yüklenecek ise, İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle. (KURAL31)		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		

**Şekil 3.15.** Kural 8'in Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		
G11=Toplam duruş Süresi=0		
<b><u>Kurallar</u></b>		

**Şekil 3.16.** Kural 9'un Çalışması

Gerçekler (A)

Gerçekler (B)

Gerçekler (C)

K9= Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse, Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse, Ve toplam duruş süresi 0 İse, Çalışma süresi belirle, Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.

(KURAL17)

G12= Çalışma süresi belirle, Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		
G11=Toplam duruş Süresi=0		
G12= Çalışma süresi belirle	Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.	

**Şekil 3.17.** Kural 10'nun Çalışması

**Gerçekler (A)**

G13= birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi

**Gerçekler (B)**

siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim  
tarihinden sonra var

**Gerçekler (C)**

**Kurallar**

K10= Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse, Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse, Ve çalışma süresi belirle İse, Ve birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi İse, Ve siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var İse, İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle, Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle, Ve ilk durum olarak belirle. (KURAL24)

G14=İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle, Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle, Ve ilk durum olarak belirle

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		
G11=Toplam duruş Süresi=0		
G12= Çalışma süresi belirle	Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.	

**Şekil 3.18.** Kural 11'in Çalışması

**Gerçekler (A)**

G13= birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi

G14= İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle

**Gerçekler (B)**

siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim

tarihinden sonra var

geçici sipariş gecikme süresini belirle

**Gerçekler (C)**

ilk durum olarak belirle

**Kurallar**

K11= Eğer sipariş gecikme süresi belirle İse, Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla, Ve bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle.(KURAL32)

G15= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla, Ve bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle



<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		
G11=Toplam duruş Süresi=0		
G12= Çalışma süresi belirle	Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.	

**Şekil 3.19.** Kural 12'nin Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G13= birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi	siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var	
G14= İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle	geçici sipariş gecikme süresini belirle	ilk durum olarak belirle
G15= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,	bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle	
<b><u>Kurallar</u></b>		
K12=Eğer iş emirleri iş istasyonuna gönderildi İse, Ve Makine/Araç/Fikstür'e iş emri yüklendi İse, Ve çalışma süresi belirle İse, Ve birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi İse, Ve siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var İse, Ve iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle İse, Bir üst seviyede öncelikli işin önceliklerini değiştir , Ve iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e yeniden yükle , Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle, Ve iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle, Ve ikinci durum olarak belirle.(KURAL25)		
G16=Bir üst seviyede öncelikli işin önceliklerini değiştir , Ve iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e yeniden yükle , Ve geçici sipariş gecikme süresini belirle, Ve iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle, Ve ikinci durum olarak belirle		

Şekil 3.19. (devam)

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		
G11=Toplam duruş Süresi=0		
G12= Çalışma süresi belirle	Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.	

**Şekil 3.20.** Kural 13'ün Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G13= birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi	siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var	
G14= İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle	geçici sipariş gecikme süresini belirle	ilk durum olarak belirle
G15= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,(ilk durum için)	bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle	
G16=Bir üst seviyede öncelikli işin önceliklerini değiştir , iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle,	iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e yeniden yükle,	geçici sipariş gecikme süresini belirle, ikinci durum olarak belirle
<b><u>Kurallar</u></b>		
K13= Eğer sipariş gecikme süresi belirle İse, Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla, Ve bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle.(KURAL32)		
G17= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla, Ve bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle.		

Şekil 3.20. (devam)

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		
G11=Toplam duruş Süresi=0		
G12= Çalışma süresi belirle	Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.	

**Şekil 3.21.** Kural 14'ün Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G13= birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi	siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var	
G14= İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle	geçici sipariş gecikme süresini belirle	ilk durum olarak belirle
G15= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,(ilk durum için)	bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle	
G16=Bir üst seviyede öncelikli işin önceliklerini değiştir , iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle,	iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e yeniden yükle,	geçici sipariş gecikme süresini belirle, ikinci durum olarak belirle
G17= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,	bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle.	
<b><u>Kurallar</u></b>		
K14= Eğer ilk durumdaki sipariş gecikme süresi, ikinci durumdaki sipariş gecikme süresinden büyük İse, İkinci durumdaki geçici sipariş gecikme süresi 0'dan büyük İse, İkinci durumu Makine/Araç/Fikstür'e kalıcı olarak yükle, Ve geciken sipariş var olarak belirle.(KURAL26)		
G18= İkinci durumu Makine/Araç/Fikstür'e kalıcı olarak yükle, Ve geciken sipariş var olarak belirle		

Şekil 3.21. (devam)

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1= Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5. Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3. Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok ( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		
G11= Toplam duruş Süresi=0		
G12= Çalışma süresi belirle	Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.	

**Şekil 3.22.** Kural 15'in Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G13= birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi	siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var	
G14= İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle	geçici sipariş gecikme süresini belirle	ilk durum olarak belirle
G15= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,(ilk durum için)	bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle	
G16=Bir üst seviyede öncelikli işin önceliklerini değiştir , iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle,	iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e yeniden yükle,	geçici sipariş gecikme süresini belirle, ikinci durum olarak belirle
G17= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,	bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle.	
G18= İkinci durumu Makine/Araç/Fikstür'e kalıcı olarak yükle	geciken sipariş var olarak belirle	
<b><u>Kurallar</u></b>		
K15= Eğer geciken sipariş var İse, Veya geçici sipariş gecikme süresi 0'dan büyük İse, Geç kalınan aynı iş emri tarihleri için geçici sipariş gecikme sürelerini topla, Ve toplam geçici sipariş gecikme süresi kadar fazla mesai belirle.(KURAL29)		
G19= Geç kalınan aynı iş emri tarihleri için geçici sipariş gecikme sürelerini topla, Ve toplam geçici sipariş gecikme süresi kadar fazla mesai belirle.		

Şekil 3.22. (devam)



<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G1=Yeni Müşteri Sipariş/leri gelmiş		
G2= Sipariş öncelik nosu belirlenecek		
G3= En yakın sipariş teslim tarihinde sipariş öncelik nosu belirlenmemiş siparişleri tespit et.	Otobüs Grubu Siparişi	Termin Grubu Siparişi
G4= Müşteri Siparişini 5.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver.		
G5= Müşteri Siparişini 3.Seviye Sipariş öncelik nosunu ver		
G6= Eğer iş istasyonuna atanmamış üretim iş emri miktarı 1'den çok( $1 < \text{iş emri sayısı}[x1,y1]$ veya $\text{iş emri sayısı}[x2,y2]$ )	Kritik İş Emri yok	
G7= En yakın sipariş teslim tarihlerine göre üretim iş emirlerini sırala.	En yakın sipariş teslim tarihlerinde iş emri miktarı 1 adet ten fazla	
G8= Sipariş öncelik seviyesi en yüksek iş emrini iş istasyonuna gönder		
G9= Makine/Araç/Fikstür'e iş emrini yükle.		
G10= İş emri başlangıç tarihine işlem süresini ekleyerek iş emri bitiş tarihini belirle.		
G11=Toplam duruş Süresi=0		
G12= Çalışma süresi belirle	Çalışma süresi normal mesai süresine eşittir.	

**Şekil 3.23.** Kural 16'nın Çalışması

<u>Gerçekler (A)</u>	<u>Gerçekler (B)</u>	<u>Gerçekler (C)</u>
G13= birden fazla siparişin tüm iş emirleri yüklendi	siparişlerden tamamlanma tarihi sipariş teslim tarihinden sonra var	
G14= İş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle	geçici sipariş gecikme süresini belirle	ilk durum olarak belirle
G15= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,(ilk durum için)	bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle	
G16=Bir üst seviyede öncelikli işin önceliklerini değiştir , iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e geçici yükle,	iş emirlerini Makine/Araç/Fikstür'e yeniden yükle,	geçici sipariş gecikme süresini belirle, ikinci durum olarak belirle
G17= Sipariş ile ilgili son işin bitiş tarihinden sipariş teslim tarihinin farkını hesapla,	bu değeri sipariş gecikme süresi olarak belirle.	
G18= İkinci durumu Makine/Araç/Fikstür'e kalıcı olarak yükle	geciken sipariş var olarak belirle	
G19= Geç kalınan aynı iş emri tarihleri için geçici sipariş gecikme sürelerini topla	toplam geçici sipariş gecikme süresi kadar fazla mesai belirle	
<b><u>Kurallar</u></b>		
K16= Eğer fazla mesai belirle İse, Geciken siparişlerin iş emirleri için operasyon gerçekleşme tarihinin öncesine fazla mesai belirle, Ve fazla mesai süresi kadar Makine/Araç/Fikstür'deki çalışma saatini artır, Ve çalışma süresini belirle.(KURAL33)		
G20=Geciken siparişlerin iş emirleri için operasyon gerçekleşme tarihinin öncesine fazla mesai belirle, Ve fazla mesai süresi kadar Makine/Araç/Fikstür'deki çalışma saatini artır, Ve çalışma süresini belirle		

Şekil 3.23. (devam)