

47047



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAKIM PLANLAMASI PROBLEMLERİNİN
ÇÖZÜMÜNDE
BİR UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI

End.Müh. Fahri BAZ

F.B.E. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez. Danışmanı : Yrd.Doç.Dr.Mesut ÖZGÜRLER

İSTANBUL, 1995

BAKIM PLANLAMASI PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE BİR UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI

1.0. GİRİŞ.....	1
I. BÖLÜM: BAKIM PLANLAMA	
1.1. Sistem Kavramı	3
1.2. Genel Olarak Bakım Sistemi.....	4
1.3. Güvenilirlik Analizi.....	7
1.3.1. Güvenilirliğin Genel Tanımı.....	7
1.3.2. Seri Sistemlerin Güvenilirliği.....	8
1.3.3. Paralel Sistemlerin Güvenilirliği.....	8
1.3.4. Güvenilirlik Analizinde Olasılık Dağılımları.....	9
1.3.5. Genel Güvenilirlik Fonksiyonları.....	11
1.4. Makina ve Teçhizatların Arıza Karakteristikleri.....	13
1.5. Üretim Alt Sistemi Olarak Bakım	15
1.5.1. Bakım Faliyetlerinin Üretime Ekisi	15
1.6. Bakım Planlama Faaliyetlerinin Amacı.....	17
1.7. Bakım Sisteminin Girdileri.....	18
1.8. Bakım Sisteminin Çıktıları.....	19
1.9. Bakım Sistemini Etkileyen Faktörler.....	19
1.10. Bakım Departmanının Kontrolü Altında Bulunan Faktörler.....	20
1.11. Bakım Departmanının Kontrolü Altında Olmayan Faktörler.....	20
1.11.1. Üretim Faktörü.....	20
1.11.2. Fabrika Makina ve Teçhizatları İle İlgili Faktörler.....	21
1.12. Bakım Planlamasında Karşılaşılan Sorunlar.....	21
1.13. Bakım Planlaması Yaklaşımları.....	23
1.13.1. Arıza Bakımı.....	24
1.13.2. Koruyucu Bakım.....	24
1.12.2.1. Koruyucu Bakımın Önemi.....	26
1.12.2.2. Koruyucu Bakımın Faydaları.....	28

1.12.2.3. Tahmini Bakım	28
1.12.3. Koruyucu Bakım ve Arıza Bakımı Mukayesesi.....	30
1.13. Bakım Planlamasının Organizasyonu.....	31
1.14. Güvenli Bakım Yönetiminin Önemi.....	32
1.15. Bakım Faaliyetlerinde İzlenecek Alternatif Politikalar.....	32
1.16. Temel Bakım Kararları.....	34
1.16.1. Merkezi Bakım.....	34
1.16.2. Merkezi Olmayan Bakım.....	35
1.16.3. İşletme İçi Bakıma Karşı Sözleşmeli Bakım.....	35
1.16.4. Bakım Ekibinin Büyüklüğünün Tayini.....	36
1.16.5. Yedek Makina ve Teçhizat.....	36
1.16.6. Parça Değiştirme İle Tamir Mukayesesi.....	36
1.16.7. Grup Değiştirmeye İle Bireysel Değiştirme Mukayesesi.....	37
1.7. Elde Bulundurulacak Bakım Kapasitesi.....	38
1.8. Bakım ve Yenilemede Bilgisayar Kullanımı.....	38

II. BÖLÜM: BENZETİM

2.1. Benzetim.....	40
2.1.1. Benzetim Ne zaman Başvurulmalıdır?.....	42
2.1.2. Benzetim Metodunun Faydaları.....	43
2.1.3. Benzetim Yönteminin Sakıncaları	43
2.2. Benzetim Süreci.....	44
2.2.1. Sistemin Tanımı ve Problemin Formülasyonu.....	47
2.2.2. Gerçek Verilerin Toplanması ve İşlenmesi.....	47
2.2.3. Matematik Modelin Formülasyonu.....	49
2.2.4. Gerçek Verilerden Yararlanarak Parametrelerin Tahmini.....	51
2.2.5. Modelin Geçerliliğinin Araştırılması.....	51
2.2.6. Bilgisayar Modelinin Kurulması.....	52
2.2.7. Bilgisayar Modelinin Geçerliliği.....	54
2.2.8. Deneysel Tasarım.....	54
2.2.9. Benzetim Verilerinin Analizi.....	55

2.3. Monte Carlo Benzetimi.....	55
---------------------------------	----

III. BÖLÜM: UZMAN SİSTEMLER

3.1. Yapay Zeka.....	58
3.1.1. Yapay Zeka Uygulama Alanları.....	58
3.2. Uzman Sistemlere Giriş.....	59
3.2.1. Uzman Sistemler.....	59
3.2.2. Uzman Sistemlerin Özellikleri.....	60
3.2.3. Uzman Sistemlerin Avantajları.....	61
3.2.4. Uzman Sistemlerin Dezavantajları.....	63
3.2.5. Uzman Sistemlerin Kullanım Alanları.....	65
3.3. Uzman Sistemlerin Yapısı	66
3.3.1. Bilgi Tabanı.....	67
3.3.1.1. Veri Tabanı ve Bilgi Tabanı.....	67
3.3.2. Çalışma Belleği.....	68
3.3.3. Çıkarım Mekanizması.....	69
3.3.3.1. Arama Ağacı.....	70
3.3.3.2. Arama Teknikleri.....	71
3.3.3.2.1. Kör Arama Teknikleri.....	71
3.3.3.2.1.1. Ayrıntılı Arama Tekniği.....	72
3.3.3.2.2. Derinlik-ilk Arama Tekniği.....	72
3.3.3.2.3. Genişlik-İlk Arama Tekniği.....	73
3.3.3.2.2. Sezgisel Arama Teknikleri.....	74
3.3.3.2.2.1. En iyi-ilk Arama Tekniği.....	75
3.3.3.3. Kontrol Startejileri.....	76
3.3.3.3.1. İleri Zincirleme.....	76
3.3.3.3.2. Geri Zincirleme.....	77
3.3.3.3.3. Karatahta Modeli.....	77
3.3.4. Açıklama Düzeni.....	78
3.3.5. Bilgi Toplama Bileşeni	79
3.3.5.1. Uzman Sistemlerde Bilgi.....	80

3.3.5.2. Bilgi Mühendisliği.....	80
3.3.5.3. Uzman Sistemlerde Bilgi Toplama Teknikleri	82
3.3.6. Kullanıcı Arabirimi.....	82
3.4. Uzman Sistem Geliştirme İşlemi.....	83
3.5. Uzman Sistem Oluşturma Yöntemleri.....	84
3.6. Uzman Sistem Geliştirme Safhaları.....	85
3.6.1. Problemi Belirleme Safhası.....	86
3.6.2. Prototip Oluşturma Safhası.....	88
3.6.3. Biçimleme Safhası.....	89
3.6.4. Gerçekleştirme Safhası.....	90
3.6.5. Kontrol Safhası.....	91
3.6.6. Uzman Sistemin Güncelleştirilmesi Safhası.....	92
3.7. Uzman Sistemin Başarısızlık Nedenleri.....	93
3.8. Endüstri Mühendisliğinde Uzman Sistemler.....	94
3.8.1. Endüstri Mühendisliği ve Uzman Sistemlerin Karşılıklı Yararları.....	94
3.8.2. Sistem Geliştirici Olarak Endüstri Mühendisleri.....	95
3.8.3. Uzman Sistemlerin Endüstri Mühendisliğine Yararları.....	97
3.10. Bakım Planlama ve Uzman Sistemler.....	98
3.11. Uzman Sistemler ve Benzetim.....	100
3.11.1. Yapay Zeka ve Benzetim Arasındaki Benzerlikler.....	101
3.4.11.2. Yapay Zeka Teknikleri ve Benzetim Modelleri Bileşimleri.....	102
3.4.11.2.1. Uzman Sistemler ve Benzetim Bileşimi.....	102
IV. BÖLÜM :UYGULAMA	
4.1. Sistemin Tanımı.....	106
4.2. Sistemin Bileşenleri.....	106
4.3. Sistemin Değişkenleri.....	106
4.4. Sistemin Varsayımları.....	106
4.5. Sistemin Çalışması.....	107
SONUÇ	110
KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Bakım İle Bakım Maliyetleri İlişkisi.....	5
Şekil 1.2. n Elemanlı Seri Sistem.....	8
Şekil 1.3. n Elemanlı Paralel Sistem.....	8
Şekil 1.4. Güvenilirlik ve Kümülatif Arıza Fonksiyonu.....	10
Şekil 1.5. Tipik Bir Mekanik Teçhizat Ömür Eğrisi.....	13
Şekil 1.6. Tipik Bir Elektronik Teçhizat Ömür Eğrisi	14
Şekil 1.7. Üretim Planlama ve Bakım Planlama İlişkisi.....	16
Şekil 1.8. Bakım Personeli Sayısının Belirlenmesi	19
Şekil 1.9. Koruyucu Bakım İle Bakım Maliyetleri Arasındaki İlişki.....	26
Şekil 2.1. Bir Sistemi İnceleme Yöntemleri.....	41
Şekil 2.2. Benzetim Süreci Akış Diyagramı.....	46
Şekil 2.3. Sabit Aralıklı Zaman Yöntemi.....	53
Şekil 2.4. Olaya Göre İlerleyen Zaman Yöntemi.....	54
Şekil 3.1. Tipik Bir Uzman Sistem Yapısı.....	66
Şekil 3.2. Arama Ağacı.....	70
Şekil 3.3. Derinlik-ilk arama tekniği.....	73
Şekil 3.4. Genişlik İlk Arama Tekniği.....	74
Şekil 3.5. En iyi-ilk arama tekniği.....	75
Şekil 3.6. Karatahta Modeli.....	78
Şekil 3.7. Bir Uzmandan Bilgisayar Brogramına Bilgi Transferi.....	81
Şekil 3.8. Uzman Sistem Geliştirme Senaryosu.....	84
Şekil 3.9. Uzman sistemler ve Benzetim Bileşimi.....	103
Şekil 4.1. Varış Sistemi Akış Diyagramı.....	108
Şekil 4.2. Sistemin Genel Akış Diyagramı.....	109

TABLO LİSTESİ

TABLO 3.1. Uzman Sistemlerin Avantajları.....	63
TABLO 3.2. Uzman Sistemlerin Dezavantajları.....	65

TEŞEKKÜR :

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında bana yön veren ve çalışmalarım esnasında benden yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr. Mesut ÖZGÜRLER' e yaptığı yardımlardan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Fahri BAZ

ÖZET

Bakım yönetimi, yüksek kar ve düşük maliyette, bir ürünü üretmenin yada bir görevi yerine getirmenin, teçhizatların düzenli bir şekilde çalışmasına bağlı olduğu her endüstri için, büyük bir ilgi alanı haline gelmiştir. Bir teçhizatın düzgün çalışması, onun bakımının planlanmasına ve çizelgelenmesine bağlıdır. Arızaların sebep olduğu aylak zamanlar, büyük üretim kayıplarını ve maliyetleri ortaya çıkarmaktadır. Üretim sistemlerinde bakım planlamanın amacı, teçhizatların performansını maksimum yapmak ve onların uygun koşullarda çalışmasını sağlamaktır.

I. Bölümde, bakım planlama sistemi genel tanımı ana hatları ile ifade edilmiştir. Bu bölüm, bakım planlama sisteminin kapsamını ve ilgili problemlerin nasıl çözülebileceğini açıklamaktadır. I. Bölüm aynı zamanda bakım tiplerine genel bir bakışı içermektedir.

Bölüm II, benzetim yaklaşımının genel kapsamalarını ve bir benzetim modelinin yapısını ihtiva etmektedir. Bu bölüm aynı zamanda bir benzetim modelinin oluşturulma adımlarını da içermektedir. Bu bölümün ana konusu benzetim yaklaşımın yapısını ve genel ilkelerini ifade etmektir.

III. Bölümde, genel olarak yapay zeka, özellikle bazı endüstriyel uygulamaları ile uzman sistemler ve uzman sistemlerin temel ilkeleri ele alınmıştır. Bu bölüm uzman sistemlerin nasıl geliştirileceği ve nasıl sürekliliğinin sağlanacağı sorusu ile ilgilenmektedir. Bu bölüm aynı zamanda benzetim ile uzman sistemler arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Aynı zamanda uzman sistemlerin endüstri mühendisliğine yararları bu bölümde ifade edilmektedir.

Sonuç olarak IV. Bölümde, bakım personeli sayısına karar verebilmek için, benzetim modelinin sonuçlarını kullanan bir uzman sistem yaklaşımı kullanılmıştır.

ABSTRACT

The management of maintenance is an area of great concern for any industry that depends on the smooth running of equipments to produce a product or carry out a mission at a great profit or at low cost. Smooth running of an equipment depends on its maintenance plan and schedule. Idle times caused by breakdowns yields great amount of production losses and costs. These breakdowns could be minimized by an effective maintenance plan. In terms of production systems the aim of maintenance planning is to maximize the performance of equipments and to maintain their operation appropriate conditions.

In chapter I, general description of maintenance planning system is outlined. The cahapter, explains scope of the maintenance planning system and how the related problems should be achieved. Chapter I also contains an overview of the maintenance types.

Chapter II contains general concepts of simulation approach and structure of a simulation model . It also includes steps of building a simulation model. Main topics of this chapter to present general principles and structure of simulation approach.

In chapter III, artifical intelligence is general, expert systems in particular are discussed with some industrial applications and some of the basic principles of expert systems. This chapter deals with the question of the how to develop and maintain these systems. This chapter examines the relations between simulation. Usefulness of expert systems to the industrial engineering is also presented in this chapter.

Finally, in chapter IV, an expert system approach is employed to decide number of the personal by using the result of simulation model.

1.0. GİRİŞ

Günümüzde sistemler sürekli bir gelişme içerisindeyler. Bunun doğal bir sonucu olarak da sistemlerin boyutları büyümekte ve karmaşıklıkları her geçen gün biraz daha artmaktadır. Sistemlerin temel amacı, mevcut kaynaklardan mümkün olduğunca daha fazla yararlanarak varlıklarını devam ettirmektir. Küçük boyutlu sistemlerde bu hedefi, tecrübe ve sezgilerle gerçekleştirmek çoğu durumda mümkünken, daha büyük ve karmaşık sistemlerde bu sorunun çözümü için bilimsel yaklaşım ve yöntemleri kullanmak bir zorunluluk haline almaktadır.

Gerek hizmet ve gerekse imalat sektörlerinin etkin bir şekilde, plan ve programlarına uygun bir şekilde faaliyet gösterebilmeleri ve yönetilebilmeleri için, kullanılan teçhizatın bakımlarının zamanında ve uygun bir şekilde yapılması kaçınılmaz bir hale gelmiştir. Ancak, bu bakım faaliyetlerinin de bir maliyeti vardır. İşletmeler, üretim faaliyetlerinde maliyet unsurunu nasıl ön planda tutuyorlarsa, bakım faaliyetleri ve bunlara ayrılacak kaynak hususunda da, ekonomiklik yine gündeme gelecektir. Bu çalışmada bakım maliyetlerinden önemli bir kısmını teşkileden personel maliyeti ve doğal olarak da personel sayısını belirleme üzerinde durulacaktır.

Bakımla ilgili problemlerin genellikle tesadüfîlik arzemesi, bu çalışmada benzetim yaklaşımının tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden biridir.

Yapay zeka çalışmaları son yıllarda gittikçe önem kazanan bir çalışma ve araştırma sahası haline gelmiştir. Geleneksel yaklaşımlardan çok farklı yönleri vardır. Yapay zekanın en belirgin özelliği, canlıların özellikle de insanların, biyolojik ve düşünebilme özelliklerinden yola çıkılarak, canlıların sahip olduğu bazı özellikleri, sistemlere kazandırmaya çalışmasıdır. Bu bağlamda yapay zekanın en yaygın uygulama sahalarından biri olan uzman sistemlerin, en belirgin özelliği, insanların düşünebilme ve karar verebilme kabiliyetini, özellikle bilgisayar tabanlı sistemlere kazandırmaya çalışmasıdır diyebiliriz.

Bu çalışmada uzman sistemleri, benzetim sonuçlarını değerlendirerek bir sonuç çıkaran karar verici olarak kullanılmaya çalışılmıştır. Bu uygulama özellikle imalat sektörlerinde, bakım planlama departmanlarındaki personel sayısını belirlemek için bir araç olarak kullanılabilir.



I. BÖLÜM

Çalışmanın ilk bölümünde, üretim sistemlerinin plan ve programlara uygun bir şekilde yürütülebilmesi için yapılması gerekli önemli faaliyetlerden biri olan bakım planlama faaliyetleri hakkında bilgi verilecektir. Bakım planlama günümüz üretim ve servis işletmelerinin ihmal edemeyecekleri bir fonksiyondur. Bu çalışmada, özellikle imalat sektörü açısından bakım planlama ele alınmıştır.

Bu bölümde, çok kısa olarak sistem kavramı, bakım planlamasının üretim sistemi içerisindeki yeri ve önemi, bakım planlamanın neden gerekli olduğu, yapıldığı takdirde elde edilecek kazançlar ve yapılmadığı zaman ortaya çıkabilecek kayıplar, bakım planlamanın çeşitleri gibi konular hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

1.1. Sistem Kavramı

Genel olarak sistem, aralarında etkileşimler bulunan bir takım nesneler topluluğudur (Emery,1972). Sistemin diğer bir tanımı ise; belli bir amacı gerçekleştirmek için bir araya gelmiş ve aralarında etkileşim bulunan elemanlar topluluğudur. Sistem, amaca göre çok değişik şekillerde tanımlanabilir. Özet olarak, birbirleri ile ilişkili parçaların meydana getirdiği herşey sistemdir. Bir otomobil, bir ekonomi, bir okul , bir üretim sistemi, bunların hepsi birer sistemdir. Bütün bunlar parçaların biraraya gelmesinden oluşmuştur. Ancak bu parçalar, bütün bir sistemin etkileşimleri gözönüne alınmadan bir anlam taşımazlar.

Sistemin nesneleri elemanlar olarak tanımlanır. Bir sistemin elemanları; çıktıları elde etmek amacıyla girdileri işleyerek ve aynı zamanda diğer birimlerle kombine bir biçimde hareket eden birimlerdir. Bakım planlama sistemi de, bir üretim sisteminin bir elemanı ya da bir nesnesi olarak düşünülebilir.

Sistemlerin amaçları varlığını sürdürme, kararlılık ve etkileşimdir. Bu amaçları taşıyan sistemlerde aşağıdaki nitelikler gözlenmektedir.

- Sistem bir bütündür.
- Daha küçük parçaların birleşmesinden bir araya gelmiştir.
- Sistemin elemanları arasında sistematik ve dinamik bir bağ vardır.
- Sistemin elemanları sürekli bir etkileşim içindedirler.
- Sistem ile çevresi arasında bir etkileşim vardır.

Bu çalışmada üretim sisteminin bir alt sistemi olan bakım planlama sistemi ile ilgilenilecektir.

1.2. Genel Olarak Bakım Sistemi

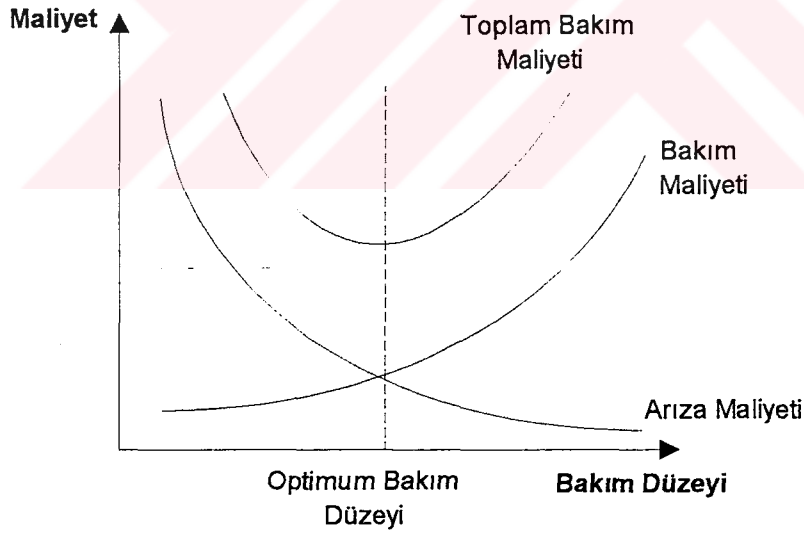
Bakım, üretim sisteminin plan ve programlara uygun olarak çalışmasını sağlayan ve istenen çalışma standartları düzeyinde kalmasını kontrol altında tutan, bir yürütme ve kontrol fonksiyonudur. Herhangi bir üretim fonksiyonu gibi, bakım faaliyetlerinde planlama, yürütme ve kontrol aşamalarında oluşan faaliyetler kümesidir. Buna göre, bakım bir üretim alt sistemi olarak tanımlanabilir.

Bakımın diğer bir tanımı ise; kullanılan makina ve teçhizatın faydalı ömürlerini uzatabilmek için , arızalandıkları zaman veya belirli zaman aralıkları ile yapılan kontrol ve onarım faaliyetleri gibi işlemlere genel olarak bakım faaliyetleri adı verilir.

Bakım sisteminin amacı, kaynakların en iyi şekilde kullanılmasını sağlayarak, makina ve teçhizatın arzu edilen bir düzeyde çalışmasını sağlamak şeklinde tanımlanabilir (Jardine, 1970).

Bakım bazan, arıza meydana geldiğine teçhizatın onarılması şeklinde algılanabilmektedir. Fakat bakımın temel amacı teçhizatı operasyonda tutmak ve hatta arızaları daha ortaya çıkmadan tahmin ederek önlemek olmalıdır. Bir üretim sisteminde genellikle en büyük maliyet, tezgahın arızalı olarak çalışmadan bekleme zamanıdır. Bir arıza üretim esnasında üretimi durdurabilir, vardiyaları bekletebilir ve makinaları aylak bırakabilir. Bu esnada işgücü maliyetleri devam etmekte ve teçhizata verdiği zararlardan dolayı pahalı maliyetler ortaya çıkmaktadır.

Doğru bir koruyucu bakım planlamaya yapılacak olan yatırım, arıza maliyetlerini ve arızalardan dolayı oluşabilecek diğer maliyetleri önleyebilir. Şekil 1.1'de gösterildiği gibi (Meredith, 1992), bakımın optimum düzeyi, bakım maliyetleri ile arızalardan kaynaklanan masrafların kesiştiği noktadır. Bir işletmede bu iki maliyeti takip ederek, aşırı arıza maliyetlerinden ve aynı zamanda fazla bakımdan kaçınılabilir (Hoffmann,1967).



Şekil 1.1. Bakım İle Bakım Maliyetleri İlişkisi

Pahalı makina arızalarını önlemek, önce her iş için uygun teçhizatın seçimini ve uygun şekilde kullanılmasını, ikinci olarak düzenli bir muayene ve yağlama programı ve üçüncü olarak da aşınan parçaları tamamen bozulmadan değiştirmeyi gerektirir. Toplam sistem yaklaşımı burada tekrar göze çarpmaktadır. Bir imalat prosesi dizayn edilirken uygun teçhizat seçimi ve bu teçhizat için uygun bakım programı gerçekleştirilmelidir. Aynı zamanda, bakımın ve üretimin çizelgelenmesi birbirini ile ilişki içerisinde olmalıdır. Örneğin, teçhizata üretim için ihtiyaç duyulmadığında, tamir ve parça değiştirme gibi işlemler bu süre zarfında gerçekleştirmek gibi üretim ile bakım programı birbirleri ile koordineli bir şekilde yapılmalıdır.

Uygun teçhizat ve kullanım şartlarının seçimi, çalışma koşullarına dayanabilecek şekilde dizayn edilmiş makinaların seçimini gerektirir. İlginç bir örnek olarak, küçük bir ev matkabı fabrikadaki zor şartlara dayanamaz. Eğer bu matkap fabrikada kullanılır ise yüksek bakım ve tamir masraflarına yol açacaktır. Bütün makina ve teçhizatlar dizaynlarına uygun olacak şekilde bazı yükleme tiplerine sahiptirler ve aşırı yükleme çoğunlukla arızalara yol açmaktadır (Hoffmann,1967).

Teçhizat aynı zamanda, kolay bakım yapılabilmesi için modüler olarak dizayn edilmelidir. Bu tip makinaların bir modülünde bir arıza meydana gelirse yalnızca o modül değiştirilebilir ve böylece tamir için bekleme zamanı kısaltılmış olur. Aynı zamanda, gerektiğinde değiştirilen arızalı parçalar sonradan tamir edilerek, böylece üretim aksaması ya da tezgah boş beklemesi gerçekleşmez. Bilgisayarlar ve diğer elektronik teçhizatlar bu tip konstrüksiyona uygundur. Bazı durumlarda, teçhizatlar ister modüler olarak dizayn edilmiş olsun, isterse olmasın tamirden çok parça değiştirmeye yönelmesi önemli kazançlar sağlayabilir. Bu sayede daha pahalı olan kaynakların atıl kalması azaltılabilir. Bazan bozulan parçalar uzman servisler ve pahalı işgücü gerektirebilir. Oysa parça değiştirmeyi gerçekleştirmek fazla uzmanlık gerektirmez. Teçhizatı tekrar çalışır duruma getirmek için, parça değiştirme için harcanan süre daha azdır. Çok kompleks makinaların, bekleyerek geçirdiği her bir

dakika büyük çıktı kayıplarına yol açacaktır. Bu tip makinaların tamirini yapmak fazla uzmanlık gerektirecektir. Böyle durumlarda parça değiştirmek iyi bir alternatiftir (Hoffmann,1967).

Bakım için dikkate alınacak diğer bir husus da fabrika yerleşimidir. Fabrika tamir için makinalara ulaşımı basitleştirecek şekilde dizayn edilmelidir.

Bir düzenli muayene ve yağlama programı genellikle pahalı teçhizat arızalarını önlemenin en önemli yoludur. Fakat aynı zamanda fazla yağlamadan da kaçınılmalıdır. Teçhizata ait geçmişte tutulan kayıtlar korunarak, bu bilgilerden servis esnasında arızanın nerede olabileceğini tesbit etmede kolaylık sağlayabilir. Bazı teçhizatlara son muayeneden sonra ne kadar zaman geçtiğini bildiren sayaçlar monte edilebilir (Hoffmann,1967).

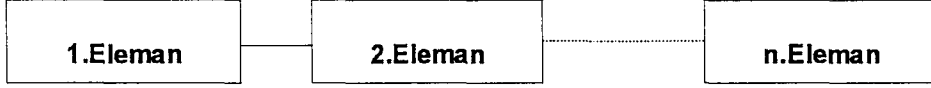
1.3. Güvenilirlik Analizi

Bakım planlamasında karşılaşılan en önemli sorun, sistemdeki arızaların ne zaman ortaya çıkacağını belirlemesidir. Sistemlerin değişik ortamlarda kullanılmaları nedeni ile arızaların ortaya çıkış dönemlerinde farklılıklar görülmektedir. Bununla beraber sistemin, verilen çalışma koşullarında belirli bir zaman periyodu içinde hatasız çalışma olasılığı olarak tanımlanan güvenilirliği hesaplanabilir. Bu güvenilirlik yardımıyla da belli dönemlerdeki arızalanma olasılıkları kestirilebilir. Bu tahmin, güvenilirlik fonksiyonu yardımı ile gerçekleştirilir. Bunun için sistemin güvenilirliğini etkileyen olayların zaman boyutunda incelenmesi yani güvenilirlik analizi gerekir.

1.3.1. Güvenirliğin Genel Tanımı

Güvenirliğin pek çok tanımı vardır. En genel tanımlarından birisi; "Güvenirlik bir sistemin veya makinanın, belirli bir zaman periyodu için verilen koşullar altında hatasız çalışma olasılığıdır." şeklinde verilebilir.

1.3.2. Seri Sistemlerin Güvenilirliği



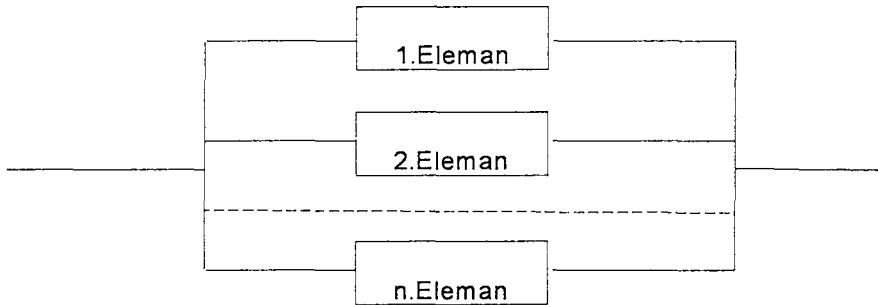
Şekil 1.2. n Elemanlı Seri Sistem.

Yukarıdaki gibi bir seri sistemin çalışabilmesi, bütün elemanların aynı anda çalışmalarına bağlıdır. Elemanlardan bir tanesinin dahi arızalanması sistemin çalışmasını durdurur. Bu sistemlerin güvenilirliği aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

1.3.3. Paralel Sistemlerin Güvenilirliği

Paralel sistemlerde farklı kanallar söz konusudur ve sistemin çalışması için kanallardan birinin çalışması yeterlidir. Kanallardan bir veya bir kaç arızalansa dahi sistemin çalışma olasılığı vardır. Bu nedenle paralel sistemlerde, seri sistemlerin aksine, kanal sayısı yani paralel eleman sayısı arttıkça sistemin güvenilirliği artmaktadır.



Şekil 1.3. n Elemanlı Paralel Sistem.

Paralel sistemlerin güvenilirliği, sistemin güvensizliğinden yararlanarak bulunabilir. Sistemin güvensizliği $F(t)$ olsun;

$$F(t)=F_1(t).F_2(t)...F_n(t)$$

$$R(t)=1-F(t) \text{ dir.}$$

Bu durumda sistemin güvenilirliği,

$$R(t)=1-((1-R_1)(1-R_2)...(1-R_n)) \text{ olur.}$$

1.3.4. Güvenilirlik Analizinde Olasılık Dağılımları

Pratikte güvenilirlik ile ilgili parametreler, olasılık dağılımları ile belirlenmektedir. Belli bir zaman aralığında arıza ortaya çıkma olasılığı ile tanımlanan arıza zamanları, bilinen veya bilinmeyen bir dağılıma uyarlar. Bu olasılık değeri zamanın bir fonksiyonudur. Benzer şekilde, sistem arızalandığında onarım süresi sabit olmayacak, yine bilinen veya bilinmeyen bir olasılık dağılımına göre değişecektir. Tüm pratik uygulamalarda olasılık dağılımı, sistemle ilgili veri yığınının örneklem yolu ile çıkarılmalıdır.

Başlıca iki tip dağılım söz konusudur. Bunlar sürekli ve kesikli dağılımlardır. Sürekli dağılımların en yaygın olanları normal dağılım, üstel dağılım, Weibull dağılımlarıdır. İki önemli kesikli dağılım ise Binom ve Poisson dağılımıdır.

Güvenilirlik terminolojisinde kümülatif dağılım fonksiyonu, kümülatif arıza dağılım fonksiyonu veya daha basit olarak kümülatif arıza fonksiyonu olarak bilinir ve $F(t)$ ile gösterilir.

Birçok uygulama, arıza olasılığının yerine tümleyici kullanılır. Bu durumda kümülatif arıza fonksiyonu ile güvenilirlik fonksiyonu birbirinin tümleyeni olmaktadır. Yani;

$$F(t)+R(t)=1 \text{ olmaktadır.}$$

Sürekli bir rassal değişkenin kümülatif dağılım fonksiyonu, olasılık yoğunluk fonksiyonunu verir. Bu durumda:

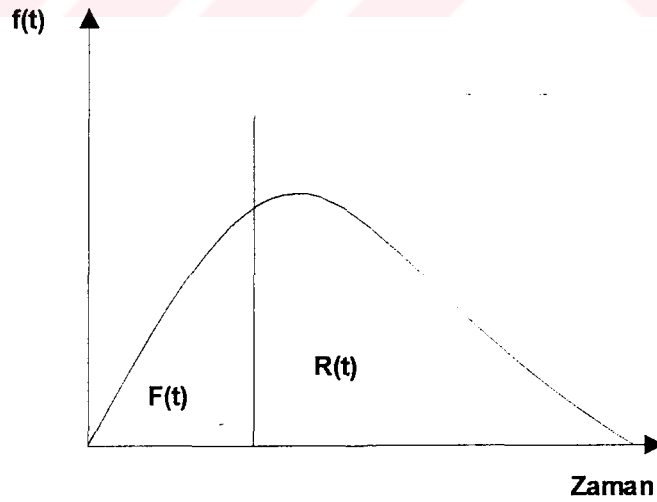
$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

ve

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$$

olmaktadır.

Teorik arıza yoğunluk fonksiyonu, güvenilirlik fonksiyonu ve kümülatif arıza fonksiyonu Şekil 1.4'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 1.4. Güvenilirlik ve Kümülatif Arıza Fonksiyonu

Diğer önemli bir kavram, risk oranı, risk fonksiyonu veya arıza oranı da denilen kavramdır. Arıza oranı, arızalar meydana gelişinin bir ölçüsüdür. Bununla beraber verilen bir zaman periyodundaki arıza sayısını ifade etmez. Çünkü düşünülen örnekleme büyüklüğünden bağımsızdır. Örneğin 100 elemanlı bir sistemdeki arıza sayısı aynı zaman periyodu ve aynı tip bileşenler için aynı arıza oranına sahip olsa bile, 1000 elemanlı bir sistemden daha az olacaktır. Bu örnekten de anlaşılacağı gibi, arıza oranı verilen bir zaman periyodundaki eleman ve arıza sayısından bağımsızdır. Arıza oranı $\lambda(t)$ 'nin bulunabilmesi için arıza sayısı, arızalanabilecek birim eleman sayısı ile ilgili olmaktadır. Yani;

$\lambda(t)$ = Birim zaman başına arıza sayısı / arızalanabilecek eleman sayısı olmalıdır.

1.3.5. Genel Güvenilirlik Fonksiyonları

Bir sistemde N_0 adet aynı tip eleman olduğu düşünülürse;

$N_s(t)$: t anında çalışan eleman sayısı,

$N_f(t)$: t anında arızalı eleman sayısı olsun.

$N_s(t) + N_f(t) = N_0$ olacaktır.

Herhangi bir t anında sistemin çalışıyor olması veya güvenilirlik fonksiyonu $R(t)$ şu şekilde verilebilir.

$$R(t) = N_s(t)/N_0 = (N_0 - N_f(t)) / N_0 = 1 - N_f(t) / N_0 \quad (1)$$

Benzer şekilde kümülatif arıza dağılımı veya arızalanma olasılığı $F(t)$;

$$F(t) = N_f(t) / N_0 \text{ dır.} \quad (2)$$

(1) ve (2) eşitliklerinden

$$dR(t) / dt = - dF(t) / dt = - 1 / N_0 dN_f(t)/dt \quad (4)$$

$dt \rightarrow 0$ iken aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$f(t) = \frac{1}{N_0} \frac{dN_f(t)}{dt}$$

Arıza oranı ve arıza yoğunluk fonksiyonu sadece $t = 0$ anında aynıdır.

$\lambda(t)$ 'nin genel ifadesinden;

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_s(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} = \frac{N_0}{N_0} \frac{1}{N_s(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} = \frac{1}{R(t)} f(t)$$

$$\lambda(t) = - \frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt}$$

olarak bulunur.

Yukarıdaki eşitlikte $\lambda(0) = F(0)$ dir. Çünkü $R(0) = 1$ dir. Bu arıza oranının, çalışma fonksiyonu ile ilgili arıza yoğunluk fonksiyonunun, şartlı bir fonksiyon olduğunu gösterir. Bu arıza yoğunluk fonksiyonunun, gelecek herhangi bir zaman periyodunda, arıza olasılığının değerlendirilmesine olanak vermesi demektir. Oysa arıza oranı, verilen gelecek bir t anından sonraki periyod için, arıza olasılığının değerlendirilmesini sağlar.

İlgilenilen ana kadar (örneğin t anı), arıza oranı, arıza yoğunluk fonksiyonuna denktir. t anından sonra ;

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(t)dt} = \frac{f(t)}{R(t)} \text{ dir.}$$

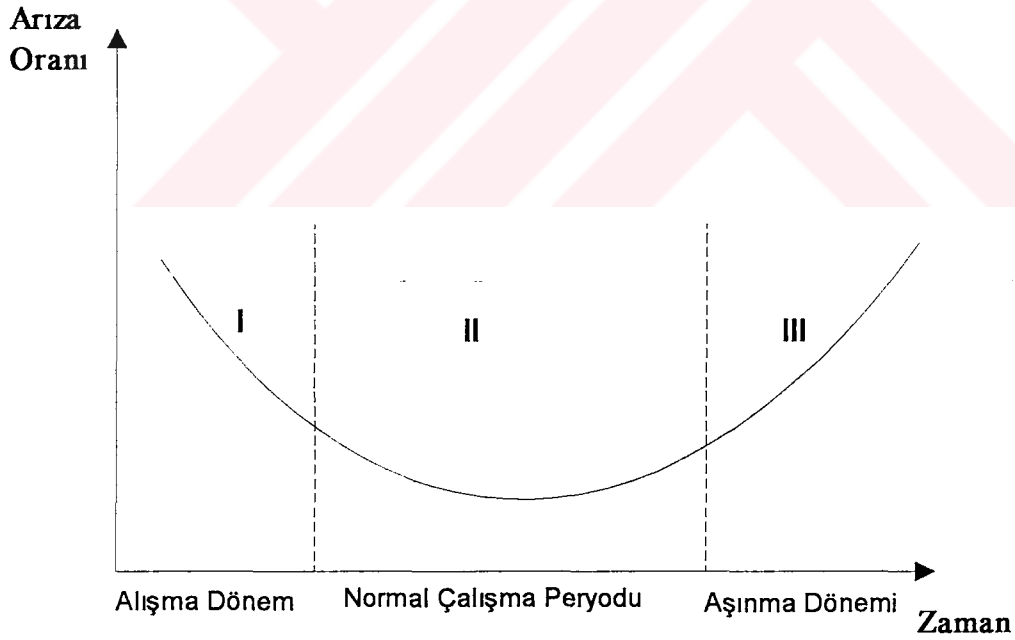
$$\int_1^{R(t)} \frac{1}{R(t)} dR(t) = \int_0^t -\lambda(t)dt$$

$$\ln R(t) = -\int_0^t -\lambda(t)dt$$

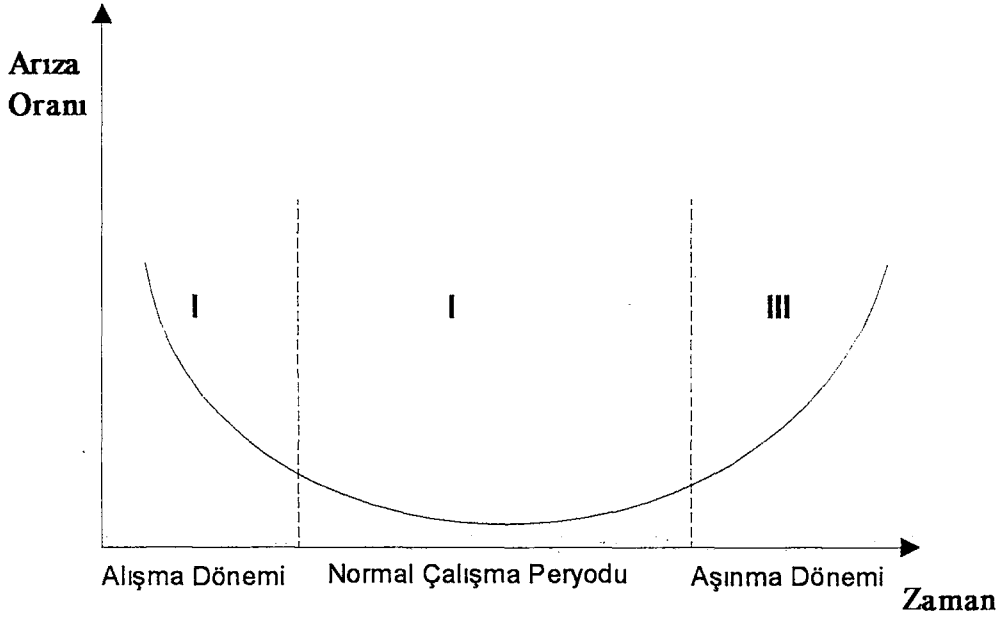
$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t)dt\right)$$

1.4. Makina ve Teçhizatların Arıza Karakteristikleri

Teçhizatların arızalanma sıklığı, teçhizat kullanıldığı sürece sabit değildir. Genel olarak makinaların arızalanma sıklığı kuvvet eğrisi de denilen Şekil 1.5'deki gibi bir eğridir.



Şekil 1.5. Tipik Bir Mekanik Teçhizat Ömür Eğrisi



Şekil 1.6. Tipik Bir Elektronik Teçhizat Ömür Eğrisi

Birinci bölge alışma ya da adaptasyon dönemi olarak adlandırılır. Genellikle imalat veya kötü dizayn sonucu ortaya çıkar. Bu bölgede arıza oranı, yaşın veya zamanın bir fonksiyonudur. Başlangıçta ortaya çıkan bu arızaların giderilmesi için sistem genellikle deneme işletimine alınır. Böylece gerçek işletimde ortaya çıkabilecek arızalar önceden belirlenir ve giderilmesi için önlemler alınır. Genellikle erken arızaların ortaya çıkarılması için sistem, normalden daha ağır koşullarda çalıştırılır. Ancak bu dönemdeki arızalar tamamen ortadan kaldırılamaz.

İkinci bölge, normal çalışma periyodu ya da yararlı ömür dönemi olarak bilinir ve sabit bir arıza oranı ile tanımlanır. Bu bölgede arızalar tamamen tesadüfi olarak ortaya çıkar. En iyi bakım teknikleri ile dahi bu arızalar önlenemez. Bu arızalar düzensiz olarak ve beklenmedik bir anda ortaya çıkar. Bu dönemin her anında, arızaların ortaya çıkış olasılığı yaklaşık aynı varsayılır.

Üçüncü bölge aşınma veya yorulma dönemini temsil eder. Zamanla hızla artan bir arıza oranına sahiptir. Bunun nedeni, mekanik bozulma ve malzemenin

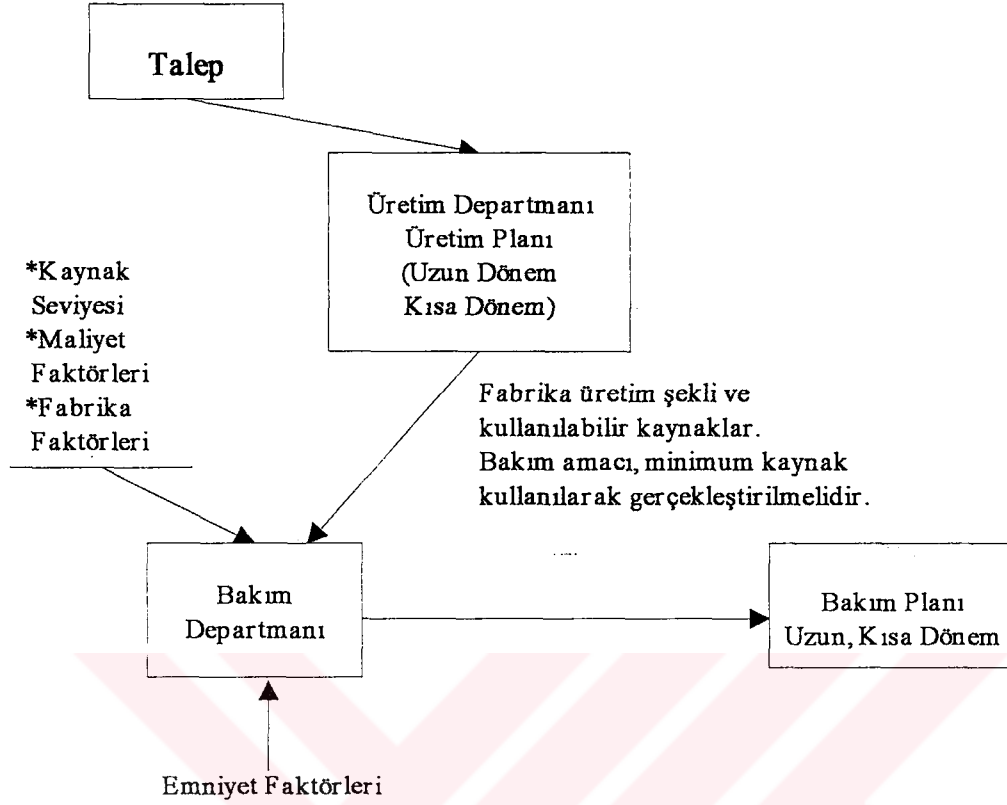
yorulması sonucunda aşınma arızalarının ortaya çıkmasıdır. Eğer parçanın bakımı uygun bir şekilde yapılırsa, aşınma arızalarının ortaya çıkışı mümkün olduğunca geciktirilebilir. Sistemin güvenilirliğinin bozulmaması için aşınan parçaların gerektiği zaman değiştirilmelidir. Eğer aşınmaya uğrayacak parçaların değiştirilme olanağı yok ise bu elemanlar, sistemin diğer değiştirilebilir elemanlarından daha uzun ömürlü olmalıdır.

1.5. Üretim Alt Sistemi Olarak Bakım

Bakım çalışmaları, üretim sisteminin plan ve programlara uygun olarak çalışmasını sağlayan faaliyetlerdir. Herhangi bir üretim fonksiyonu gibi bakım faaliyetleri de planlama, yürütme ve kontrol aşamalarından geçer. Böylece kendi içinde bir sistem olan bakım, üretim fonksiyonlarını kısmen sağladığı için üretim sisteminin içinde bir alt sistem olarak da tanımlanabilir.

1.5.1. Bakım Faliyetlerinin Üretime Ekisi

Üretimin programlara uygun bir şekilde yürütülmesi, üç temel üretim unsurundan birini oluşturan makina ve tesislerin akasamadan çalıştırılmasına bağlıdır. Teçhizatların belirli zamanlardaki bakımlarının yapılması ve beklenmedik zamanlarda ortaya çıkan arızaların giderilmesi üretim akışını mümkün olduğu kadar aksatmadan yapılmalıdır. Şekil 1.7’de üretim planlama ile bakım planlama arasınadaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Üretim Planlama ve Bakım Planlama İlişkisi

Üretim sistemi büyüdükçe bakım faaliyetlerinin de önemi artar. Yüzlerce tezgahtan oluşan bir üretim hattında birkaç makinanın arızalanması, zincirleme etkilerle bütün sistemin çalışmasını aksatabilir. Sipariş türü üretimde arızalanan teçhizatın eksikliğini bir ölçüde giderebiliriz. Fakat sürekli üretimde, arızaların imalat akışının üzerindeki etkisi çok büyüktür. Örneğin bir rafinerideki herhangi bir nokatadaki bir arıza tüm sistemin durmasına ve kayıplara yolaçar. Ayrıca arıza giderildikten sonra normal üretim düzeyine gelinceye kadar da bir miktar süre geçer bu da önemli bir kayıptır.

Otomasyonun ağırlık kazandığı proseslerde sorunu güçleştiren bir başka unsur da, arızaların giderilmesi için iyi eğitilmiş yetenekli bakım personeline ihtiyaç duyulmasıdır. Özellikle karmaşık mekanizmaların ve elektriksel veya elektronik

kontrol cihazlarının yer aldığı makinalarda kalifiye bakım personelinin çalışması zorunludur.

Bakım faaliyetlerinin temel amacı, üretimin aksamasını minimum düzeyde tutmak olmalıdır. Herhangi bir makinanın bakıma alınması diğer makinaların boş beklemesine sebep oluyorsa, bu durum kapasite kaybına yol açacaktır. Çok makinalı sistemlerde bakım faaliyetleri yüzünden kapasite kaybının önlenmesinin de üzerinde durulmalıdır. Diğer taraftan bakım faaliyetlerini gerçekleştirecek personelin verimliliğinin artırılmasında üzerinde durulması gereken başka önemli bir husustur. Bakım faaliyetlerinde belirsizlik bulunduğundan eldeki insan gücü kaynaklarından en iyi şekilde yararlanmanın yolları aranmalıdır. Bu aynı zamanda bakım maliyetlerinin düşürülmesi demektir. Bu çalışmada, bakım maliyetinin önemli unsurlarından biri olan bakım ekibi miktarı ya da diğer bir ifade ile bakım personeli sayısının belirlenmesi üzerinde durulacaktır.

Bakım faaliyetlerinin üretim akışı, verimlilik ve dolayısı ile maliyetler üzerindeki başlıca etkileri şunlardır.(Kobu,1989)

- Makinaların ve operatörlerinin boş kalmaları
- Dolaylı işçilik ve imalat genel masraflarının artması
- Müşteri taleplerinin karşılanamaması
- Aksaklığın ilgili bulunduğu departmanla ilgili olan diğer departmanlardaki gecikme ve boş beklemler
- Kalitenin düşmesi, ıskartanın artması
- Eksik bakım yüzünden arıza oranının artması

1.6. Bakım Planlama Faaliyetlerinin Amacı

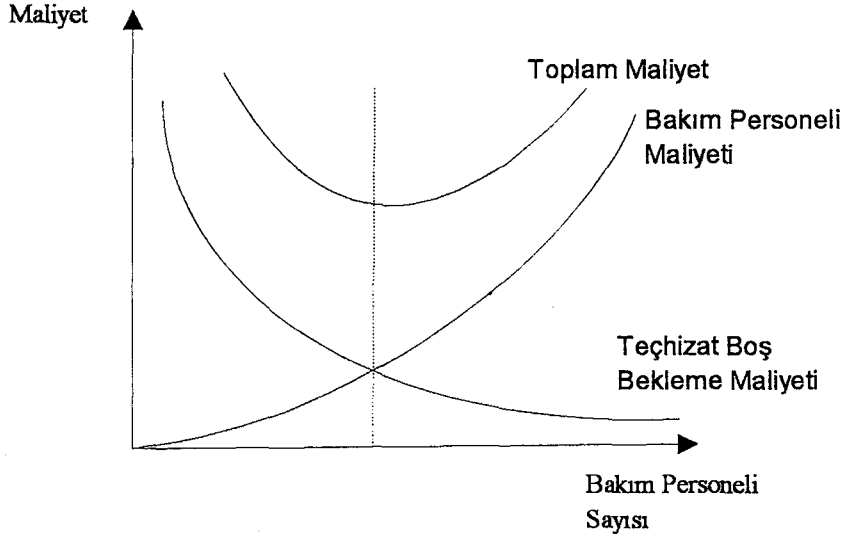
Bakım Faaliyetlerinin amacı, duruşlardan ve arızalardan kaynaklanan üretim kayıplarının minimize edilerek, her teçhizatın düzenli ve verimli kullanımını

sağlayarak, performansının maksimize edilmesi ve ayrıca sistemin tamamının güvenilirliğin artırılması ve sürekliliğin sağlanmasıdır. Aşağıdakilerin herbiri operasyon sisteminin güvenilirliği ile ilgilidir (Wild,1990).

- Tasarım ve/veya sıkı üretim standartlarının gelişimi ile, bileşen ve ekipmanların dizaynındaki gelişmeler
- Bozuk parçaların değiştirilmesi, kontrolü ve rutin bakım çalışmalarını kolaylaştırıcı ekipman dizaynındaki gelişmeler
- Bakım çalışmalarını kolaylaştırıcı yerleşimdeki gelişmeler
- Bir tamir tesisi kurarak bozulan parçaların hızla değiştirilmesi ve teçhizatın durmasının azaltılması
- Koruyucu bakım uygulayarak, düzenli muayene ve/veya kritik parçaların değiştirilmesi ile, arıza oluşumunun azaltılması
- Düzenli bakım ve/veya koruyucu bakım çalışmaları ile kritik parçaların değiştirilmesi ve dolayısı ile durma zamanlarının kısaltılması

1.7. Bakım Sisteminin Girdileri

Planlama işlemi sonunda tanımlanan çalışma karakteristikleri, yani karar değişkenleri veya bakım faktörleri, sistemin girdilerini oluştururlar. Örneğin periyodik yenilemelerin zamanı, **bakım ekibinin büyüklüğü (bakım personeli sayısı)** gibi karar değişkenlerinin değiştirilmesi sistemin çalışma durumunu büyük ölçüde etkileyecektir. Bakım ekibinin büyüklüğü ile boşa bekleme maliyeti arasındaki denge Şekil 1.8’de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Bakım Personeli Sayısının Belirlenmesi

1.8. Bakım Sisteminin Çıktıları

Makina ve teçhizatın durumunu belirten bir parametre veya parametreler topluluğudur. Örneğin sistemin çıktısı, arızaların sıklığı, teçhizatın aşınması, arızalar nedeniyle oluşan işletim dışı süreler ve bu sürelerin neden olduğu maliyetler başlıca çıktılar olarak gösterilebilir. Bu çıktılar üretim planlamaya girdi olarak dönmektedir.

1.9. Bakım Sistemini Etkileyen Faktörler

Sistemin denge durumunu korumak veya istenen çıktı değerini gerçekleştirmesi istenirken, birtakım faktörler, çevre koşullarını oluşturarak bu denge durumunun sağlanmasında bozucu bir rol oynayabilir. Bu faktörlerin ışığı altında yapılacak olan şey, bakım planlaması sistemin girdilerini veya karar değişkenlerini saptamaktır. Ancak sistemin çalışma karakteristiklerini belirleyecek olan bu etkenlerin bir kısmı bakım bölümünün, bir kısmı da diğer üretim fonksiyonlarının kontrolü altındadır. Dolayısıyla etkin bir kontrolün sağlanması için, bu bölümlerle bakım bölümü planlayıcıları arasında sürekli bir iletişim olmalıdır.

1.10. Bakım Departmanının Kontrolü Altında Bulunan Faktörler

Bakım faktörleri diyebileceğimiz bu faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Bölümde çalışanların sayısı
- Bakım ekibinin içeriği (çeşitli ihtisas elemanlarının bulundurulması ve sayısı)
- Bakım bölümün organizasyon yapısı ve haberleşme sistemleri
- Bakım görevlilerinin çeşitli iş istasyonlarına dağıtımı
- Kullanılan teşvik sistemleri
- Bakım planlaması için kullanılan sistemler
- Bakım politikaları
- Bakım bölümüne ait depolardaki elemanların ve araçların sayısı

Yukarıdaki faktörlerin değişimiyle sistemin çıktısında büyük ölçüde değişecektir ve bu şekilde sistemin kontrolü sağlanabilir.

1.11. Bakım Departmanının Kontrolü Altında Olmayan Faktörler

1.11.1. Üretim Faktörü

Bakım Bölümünün kontrolü dışında olan ve üretim faaliyetleriyle ilgili olan faktörlerdir. Bu faktörler bakım politikasını büyük ölçüde etkilerler ve bazıları şunlardır:

- Üretim hızı ve bu hızda yapılan değişiklikler.
- Üretimi destekleyen hammadde karakteristiklerindeki değişiklikler.
- Üretim programları.
- Fabrika yedek parça stoklarının seviyesi.

1.11.2. Fabrika Makina ve Teçhizatları İle İlgili Faktörler

Bakım bölümü politikaları planlanırken, mevcut fabrika teçhizatı ve özellikleri göz önüne alınarak karar verilir. Bakım işlerinin, fabrikanın üretim için harcanan zamanı kullandığı gerçektir. Üretim kapasitesini artırmak isteyen bir üst yönetim çeşitli yatırım alternatifleri ararken, onarım ve koruyucu bakım esnasında boşa geçen zamanları değerlendirmek amacıyla, sisteme yedek makineler, daha çok sayıda parçalar alınması düşünülebilir. Bu gerçekleşirse, eski bakım politikasının değiştirilmesi gereği açıktır.

Aynı şey takım ve aparatlarda yapılan tasarım değişikliklerinde de sözkonusudur. Yeni tasarım, bozulmaların sıklığını azaltıcı yönde ise, koruyucu bakımın daha seyrek aralıklarla yapılması normal olacaktır. Yani, bu gibi kararların alınması ve uygulamaya konmasının bakım bölümü planlayıcılarına aktarılması gerekir veya bunun tersi de sözkonusudur. Yani istenen çalışma düzeyinin gerçekleşmesi için, gerekli olan yatırımların yapılmasını üst yönetime önermek yoluyla, bakımın diğer bölümlerle ilişkisi kurulabilir.

1.12. Bakım Planlamasında Karşılaşılan Sorunlar

Bu sorunları iki grupta toplamak mümkündür. İlk grupta, bakımların yapılması zamanlarına ilişkin sorunları toplayabiliriz. Bu sorunların kökeninde, özellikle arızaların ortaya çıkış zamanlarının bilinmemesi yatmaktadır. Bu sorunlar, planlamanın zaman boyutu ile ilişkilidir.

Bakım planlamasında karşılaşılan ikinci grup sorunlar ise, bakıma ayrılacak kaynaklarla ilgilidir. Bu sorun, zamanlama sorunuyla iç içedir. Bu nedenle, çözümü arızaların ortaya çıkış zamanlarının kestirimine bağlıdır. Karar verici, sistemin bakıma gerek duyacağı zamanları kestirebilmeli ve bunlara ilişkin gerekli kaynakları da tahmin edebilmelidir. Ancak bu belirleme sırasında önemli olan, bakım işlerinin en düşük

maliyetle gerçekleştirilmesidir. Karar verici, gerekli bakım faaliyetlerinin zamanında gerçekleşmesini sağlayacak bir dizi eylem seçeneğiyle karşı karşıyadır. Söz konusu eylem seçenekleri, bakım süresinin ve bakıma tahsis edilecek kaynakların çeşitli bileşimlerinden oluşmaktadır. Karar verici tutarlı bir karar politikası uygulayabilmek için, sistemin belirlenen amaçları doğrultusunda en uygun eylem biçimini saptama durumundadır.

Bakım planlamasında karşılaşılabilecek problemlerin başlıcaları şunlardır:

- **Yenileme problemleri:** Aşınmış veya ömrünü doldurmuş makina ve teçhizatın yenilenmesi. Burada problem, neyin ne zaman yenileceğinin belirlenmesidir.
- **Onarım ve revizyon problemleri:** Yapılan bakım işlemi sonunda teçhizatın hiç bir zaman yeni kabul edilemeyeceği ve yıpranıp, değerinin düşeceği, çalışma masraflarının artması söz konusudur. Onarım ve revizyonların amacı teçhizatın ömrünü uzatmak ve yıpranmanın hızını düşürmektedir.
- **Muayene problemleri:** Muayene sıklığının, muayene aralıklarının ve muayene zamanlarının belirlenmesi problemleridir. Kısaca muayenenin ne zaman yapılması gerektiği problemidir.
- **Optimizasyon problemleri:** Bakım olanaklarının ve kaynaklarının en iyi şekilde kullanılmasıyla ilgili problemlerdir. Takım, teçhizat, iş gücü gibi kaynakların en iyi şekilde kullanılması ile ilgilidir. Örneğin, bakım ekibi kaç kişiden oluşmalı, teçhizat yeterli midir, hangi yedek parçadan ne kadar bulundurmalı, gibi problemlerdir.
- **Yerleşim problemleri:** Bir sistem içindeki teçhizatın yerleştirilmesi veya bir teçhizat içindeki parçaların yerleştirilmesi; sistemin veya teçhizatın güvenilirliğini etkiler.
- **Güvenilirlik problemleri:** Paralel bağlı sistemlerde, boşta çalışan eleman

bulundurmanın nedeni, sistemdeki diğer paralel elemanların çalışmaları halinde devreye girip, duruş zamanı oranını azaltmaktadır. Ama boşta çalışır eleman bulundurmak bu defa da maliyeti artırır. Bu durumda, azalan duruş zamanı, artan maliyet dengesi kurulmalıdır. Yani problem, optimum sayıda eleman sayısı bulmaktır.

- **Çizelgeleme problemi:** Bakım programının nasıl olması gerektiği, en uygun iş sırasının ne olduğu problemi.

1.13. Bakım Planlaması Yaklaşımları

Günümüzde mal ve hizmet üretiminde kullanılan sistemler son derece karışıktır ve maliyetleri oldukça yüksektir. Ekonomik olarak eldeki kaynaklardan yani söz konusu sistemlerden mümkün olduğunca daha fazla yararlanılmak zorundadır. Bu nedenle sistemlerin bakımı, bakımın planlanması ve uygulanması giderek daha çok önem kazanmaktadır. Bakım planlama, sistemlerin bakımını minimum maliyetle ve etkin bir şekilde yaparak işletim dışı süreyi en aza indirmeyi sağlar. Bakım planlamaya böylesine önem kazandıran faktörler ise şunlardır:

- Mekanizasyonun artması,
- Donanımların artan karmaşıklığı,
- Artan kalite gereksinimleri,
- Artan maliyetler,
- Üretilen mal ve hizmetlerin nitelik ve niceliklerinde daha az sapma için çaba gösterilmesi.

Bakım faaliyetleri, teçhizatın verimliliğinin artırılmasını ve dolayısı ile, teçhizatı normal çalışma şartlarında daha uzun süre muhafaza etmek için gerekli olan çabaların tamamını içermektedir. Bakım faaliyetleri, planlı ve plansız bakım faaliyetleri olmak üzere iki bölüm halinde düşünülebilir. Plansız bakım tipi olan **arıza bakımı (acil bakım)**

denilen bakım tipinde, aniden arızalanan teçhizatı üretimden almak ve gerekli bakım faaliyetlerini gerçekleştirmek söz konusu olduğundan, uğranılan zaman ve üretim kaybı firmaya çok pahalıya malolabilir. Planlı bakım tipi olan **koruyucu bakım**'ın teçhizat güvenilirliğinin geliştirilmesi ve bakım maliyetlerinin azaltılması konularında önemi çok büyüktür. İnsan sisteminde de koruyucu bakımın önemi açıkça görülebilir. Yaşam süreci boyunca periyodik bir şekilde sağlık kontrolü yaptıran kişilerin ömrü uzar, hastalık oranı azalır. Buna bağlı maddi ve manevi birçok sorunlardan kurtulunur. İnsan için koruyucu bakım ne kadar önemliyse, makina ve teçhizat için de koruyucu bakım o derece önemlidir.

1.13.1. Arıza Bakımı

Arıza bakımı, bir arızanın oluşmasından sonra teçhizatın tekrar eski normal çalışma şartlarına getirilmesi çalışmalarından ibarettir. Arıza bakımı ya da tamir, bir makinanın durmasından sonra yapılan iyileştirici bir uygulamadır. Arıza bakımı planlamasındaki en önemli problemlerden biri, bulundurulacak kaynak miktarına karar vermektir. Eğer bakım ekibi miktarı büyük olursa, onarım zamanı kısa olacaktır, fakat bu durum aynı zamanda tamir ekibinin fazla boşa kalmasına ve dolayısı ile işgücü maliyetlerinin artmasına sebep olacaktır. Bakım planlamasındaki en önemli problemlerden biri bakım ekibinin miktarının tayinidir.

1.13.2. Koruyucu Bakım

Koruyucu bakım, teçhizatı iyi durumda tutmak ve güvenilirliğini artırmaktır. Doğru bir koruyucu bakım , üretim sisteminin tamamında üretim kapasitesinin önemli ölçüde artmasını sağlayacaktır. İdeal bir koruyucu bakım, bütün teçhizatlar için problemleri, daha ortaya çıkmadan önleyecek şekilde yapılan bakımdır.

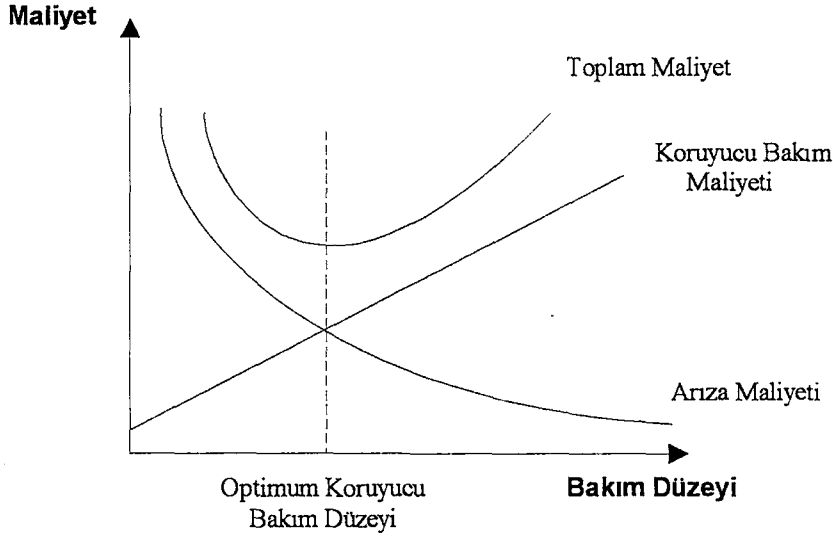
Koruyucu bakım , teçhizatlar arızalanmadan önce, onları kabul edilebilir çalışma şartlarında muhafaza etme ve muhtemel bozulmaları azaltmak için gerçekleştirilen bakım faaliyetlerinden ibarettir. Ana hatları ile bir koruyucu bakım şunları içerir:

- Kabul edilebilir güvenilirliği sağlamak için teçhizat ve sistemin dizaynı, seçimi ve kurulması
- Teçhizatın Periyodik kontrol ve çalışma şartlarını tahmin etmek için kayıtların muhafaza edilmesi ve böylece bozulmalardan kaçınılabilir
- Yeterli yağlama, boyama, temizleme ve bakım operasyonu şartlarının düzenlenmesi
- Hiç bozulma olmamasına rağmen periyodik servis, onarım veya tam kontrol

Koruyucu bakım, teçhizatın bozulmasını önleyen veya geciktiren ve planlı olarak yapılan onarım ve yenileme işlemleridir. Planlı bakımın en önemli kısmını koruyucu bakım oluşturur. Koruyucu bakımın amacı, ani bozulmalar söz konusu olduğunda yapılması zorunlu olan arıza bakımı veya düzeltici bakım masraflarının ağır külfetinden kurtulmaktır.

Koruyucu bakıma iyi bir örnek, havayollarında ki bakım faaliyetleridir. Uçaklar her uçuştan sonra sıkı bir şekilde kontrol edilirler. Ayrıca daha önceden belirlenmiş (planlanmış) uçuş saatleri dolunca daha detaylı kontroller yapılır. Bunlardan başka belli uçuş saatleri sonunda tam bir revizyondan geçirilirler. Pilotların raporlarına, ihtiyaçlara göre belirli düzeltme ve yenilemeler yapılır ve bunlar sonunda oluşabilecek arızalar önlenmiş olur.

Koruyucu bakımlı toplam bakım maliyeti eğrisi şekil 1.6'da gösterilmiştir (Wild, 1994). Açık olarak görülüyor ki, koruyucu bakım maliyetindeki artış, arıza bakım masrafını azaltmaktadır. Bu iki eğriden minumum maliyet politikası grafiksel ve matematiksel olarak belirleneyebilir.



Şekil 1.9. Koruyucu Bakım İle Bakım Maliyetleri Arasındaki İlişki

1.12.2.1. Koruyucu Bakımın Önemi

Bazan koruyucu bakımın, normal arıza bakımından daha pahalı olduğu düşünülebilir. Ancak koruyucu bakım uygulanmadığında, aşağıdaki kayıpların ortaya çıkması muhtemeldir. Bu durumlar koruyucu bakımın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

- Çizelgelenmiş teçhizat bozulmalarından kaynaklanan kayıp üretim zamanı
- Bozulmalardan dolayı teçhizat performansındaki ve dolayısıyla ürün kalitesindeki bozulmalar
- Teçhizat servis ömrünün azalması
- Teçhizatın düzensiz çalışmasından dolayı emniyetsizlikten oluşan kazalar
- Onarım için harcanan büyük üretim zamanı kaybı

Koruyucu bakım uygulanmadığında ortaya çıkabilecek bu kayıpların yanı sıra, koruyucu bakım gerçekleştirildiğinde aşağıdaki faydaların sağlanması mümkündür.

- Operatörler teçhizatı daha iyi tanırlar. Bu sayede daha iyi çalıştırırlar ve muhtemel problemleri daha iyi tahmin edebilirler
- Fabrikadaki teçhizat kayıtları daha iyi tutulur
- Kalite, esneklik, emniyet, güvenilirlik ve üretim kapasitesi artar
- Eğer teçhizatımızın güvenilirliğini artırabilirsek, emniyet stoklarına azaltabiliriz

Uzun dönem etkileri açısından ele alındığında, koruyucu bakımın işletmeye olumlu yönde çok büyük katkılarının olacağı açıktır. Koruyucu bakım programını başarılı bir şekilde gerçekleştirmek için öncelikle pozitif bir yönetim anlayışının hakim olması gerekmektedir.

Makinaların imalatçısı tarafından verilen spesifikasyonlar, arıza dağılım eğrileri ve fabrikanın arıza kayıtları incelenerek, çalışma yüzdesini (olasılığını), durma süresi, işçilik ve parça maliyetlerinin bir fonksiyonu olarak veren bağıntılar bulunur. Çalışma yüzdesini maksimum yapan optimal çözüm, yani optimal bakım periyodu uzunluğu bu bağıntılardan yararlanarak kolaylıkla hesaplanabilir.

Bir koruyucu bakım sistemine karar verebilmek için aşağıdaki noktalara dikkat etmek gereklidir.

- Kontrol masrafları, tamir masrafları ve teçhizatın arızalı olarak bekleme zamanının maliyetinden fazla mı ?
- Teçhizatın normal ömrü koruyucu bakımı getirecek kadar uzun mu?
- Teçhizat işlem için kritik derecede önemli mi?
- Teçhizatın yedeği mevcut mu?

Koruyucu bakımın önemli bir amacı, arıza bakımı masraflarını en aza indirmek olduğuna göre, problem koruyucu bakım ile arıza bakımı arasındaki maliyetler açısından incelenmelidir.

1.12.2.2. Koruyucu Bakımın Faydaları

- Acil bakımı azaltır
- Duruş zamanlarını azaltır
- Üretim kapasitesini artırır
- Bakım ve üretimin işçilik kapasitesini geliştirir
- Revizyonlar arası süreyi uzatır
- Makinanın verimini artırır
- Güvenilir bir bütçe kontrolü ve maliyetlerde düşme sağlar
- Stok kontrolüne yardımcı olur ve yedek parça değişimlerini azaltır
- Makina yenileme değiştirme konusunda bilgi sağlar

1.12.2.3. Tahmini Bakım

Koruyucu bakımın bir dalı da tahmini bakım diye adlandırılan bakım türüdür. Bu bakımda algılayıcılar kullanılarak teçhizatın parçalarının performansı izlenir ve böylece performans düştüğü veya teçhizat bozulmaya yüz tuttuğunu tahmin etmek için teknik veriler analiz edilir. Pahalı arızalar olmadan önce sorunlar ve bunların çözüm yöntemleri belirlenmeye çalışılır.

Koruyucu bakım arızaları önlemeyle ilgilidir. Özellikle tahripkar olanları diğer parçaların arızalanmasına sebep olur. Rutin muayeneler ve belirli parçaların değiştirilmesi, koruyucu bakımın tamamında sık sık bir makinanın servis dışına alınması gerekir ve eğer makina üzerindeki diğer çizelgelenmiş bakımdan önce parça değişimine ihtiyaç olduğu düşünülürse, parça değiştirilir. Bu periyodik bakım işini bir zaman aralığı setinde gerçekleştirmekten ziyade bazı işletmeler bir koruyucu bakım

programına sahiptir. Tahmini bakım; teçhizatın periyodik olarak izlenmesi ve teçhizatın belirli performans ölçülerinin sağlayıp sağlamadığının takip edilmesidir.

Bir makina henüz çalışırken sorunlar tesbit edilir ve arızalar daha oluşmadan önce tesbit edilmeye çalışılır. Bazan uygun parçalar değiştirilerek bakım faaliyetleri çizelgelenir.

Makinanın çalışması esnasında problemi teşhis etmek ve gözlemek için kullanılan teçhizat teknolojilerindeki gelişmelerden dolayı, tahmini bakım son zamanlarda oldukça elverişli bir stratejidir. Bir makinanın çalışma koşulu birkaç şekilde izlenebilir. Teçhizat üzerindeki kritik inceleme noktaları belirlenerek algılayıcılar yerleştirilebilir ya da ölçümler taşınabilir birimler ile okunabilir. Titreşim ve ultrasonik algılayıcılar analiz için bir bilgisayara veri girmekte kullanılabilir. Teçhizat uygun bir şekilde çalışırken normal titreşim tablosundan uzaklaşan trendler problemleri ciddi boyutlara varmadan tesbit etmek için analiz edilir.

Bir makina yağlayıcılarındaki laboratuvar analizleri, oluşan aşınmanın miktarını ve hangi tip malzemenin aşındığını ortaya çıkarır. Bu aşınan parça analizleri, sorunun ne şekilde olduğunun işaretlerini belirlemede ve planlanacak olan onarım işinin tesbit edilmesinde kullanılır. Böylece bazan, teçhizat henüz durmadan önce problemin önemi anlaşılabilir.

Bu tip bir bakım programı, üretim çizelgesini bozan planlanmamış durma zamanlarını, aylak iş gücünü ve kayıp müşteri servisini ve dolayısıyla prestij kaybını önler. Bakım departmanı teçhizatı onarmak için hangi parçaların, hangi spesifikasyonda kaç kişi gerektirdiğini belirlemek için teçhizat sökölünceye kadar beklemez. Teşhis için bu çalışmaların çoğunun yapıldığı için ve gerekli parça ve iş gücü kullanılabildiğinden dolayı, teçhizatlar genellikle kısa süreler için servis dışı kalır.

1.12.3. Koruyucu Bakım ve Arıza Bakımı Mukayesesi

Bakım mühendisliğinin karar vermesi gereken önemli konulardan biri koruyucu bakım ve tamir alternatiflerinden hangisine ağırlık verileceğinin tesbitidir. Koruyucu bakımda bir makina, arıza çıkarması beklenmeksizin, önceden saptanmış süreler sonunda bakıma alınır. Bakım esnasında bazı parçalar, henüz çalışır durumda omalarına rağmen değiştirilirler. Tamir politikasında makina bir arıza çıkarıncaya kadar bakım görmez. Arıza çıktığında tamir ile birlikte diğer bakım işlemleri de yapılır.

Bir organizasyonda uygulanacak koruyucu bakım ile arıza bakımının optimum düzeyi Şekil 1.9'da gösterildiği gibi, bakım maliyetini minimum yapan seviyedir.

Koruyucu bakım ile arıza bakımı arasında bir tercih yapabilmek için aşağıdaki analitik yaklaşımı da kullanabiliriz.

TC: peryot başına beklenen arıza maliyeti,

Cb: Bir arızanın maliyeti,

N: Gruptaki benzer parçaların sayısı,

$E(n) = \sum P_n$: bozulmalar arası peryotların beklenen sayısı,

$1/E(n)$: peryot başına bozulmaların beklenen sayısı,

n: zaman periyodu

P_n : n. peryotta bir bozulmanın ihtimali.

Koruyucu bakımlı bozulmaların peryot başına beklenen maliyeti, koruyucu bakım maliyeti ve koruyucu bakımdan ayrı olarak bu parçaların bozulma maliyetini içerir. Veya

$$TC = C_p + B_n \cdot C_b / n,$$

burada;

$$B_n = n(p_1 + p_2 + \dots + p_n) + B_1 p_{n-1} + B_2 p_{n-2} + \dots + B_{n-1} p_1,$$

C_p : koruyucu bakım maliyeti,

n : koruyucu bakımlar arası zaman periyotları,

B_n : her n periyodu için koruyucu bakım gerçekleştirildiğinde arızaların beklenen sayısı.

Böylece ancak şu şart sağlanınca koruyucu bakım ekonomik olur.

$$\frac{C_p + B_n C_b}{n} < \frac{C_b}{E(n)}$$

Aksi takdirde arıza bakımı daha ekonomik olacaktır.

1.13. Bakım Planlamasının Organizasyonu

Fabrikalarda tamir bakım faaliyetlerini genellikle bakım mühendisliği departmanı yürütür. Tamir bakım departmanının temel fonksiyonu; üretim planlama kontrol ve imalat departmanları ile işbirliği yaparak bakım planlarını hazırlamak, arızaların minimum zaman kaybı ile giderilmesini sağlamak ve tamir bakım ekiplerini yönetmektir. Bu fonksiyonun kapsamına giren başlıca görevler şunlardır:

- Üretim teçhizatlarının arızalarının giderilmesi, bakımlarının yapılması
- Fabrika binası ve yardımcı tesislerin tamir ve bakımının yapılması
- Makina, teçhizat ve tesislerin periyodik muayenelerinin yapılması
- Yeni makinaların kurulması ve eskilerinin değiştirilmesi

1.14. Güvenli Bakım Yönetiminin Önemi

Bakım çalışmaları, üretimin aksamasını ekonomik olarak minimum şekilde tutulacak şekilde etkin bir biçimde yönetilmelidir. Bir bakım departmanını işletmek maliyet gerektirir. Bu sebepten diğer birimler gibi planlanmalı ve kontrol edilmelidir. Bakım faaliyetleri bir işletmenin yatırımlarının geri dönüşünü etkiler. Çünkü bakım için bekleme zamanı, kaçırılan sipariş teslimatlarına sebep olacağı için bir fırsat maliyeti ifade eder. Etkin bir bakım programı, teçhizatın çalıştığı zaman yüzdesini artırarak bir işletmenin verimliliğinin artmasına yardımcı olacaktır. Bakım faaliyetleri, sistemin çıktılarının kalitesini doğrudan etkileyen teçhizatların, çalışmasında etkileyecektir. Bakım aynı zamanda yatırımın geri dönüşünde tesir eder. Çünkü bakım, teçhizatın onarım maliyeti ve teçhizatın ekonomik ömrünü etkiler.

Bakım yönetiminin başlıca amamaçları şunlardır:

- Teçhizatın düzensiz çalışmasından dolayı oluşacak maliyet ve zaman kaybının minimize edilmesi. Bu durum özellikle darboğaz durumlarında önem arzeder.
- Bakım çalışmalarından dolayı oluşacak maliyet ve etkin zaman kayıplarının minimize edilmesi.
- Bakım personeli ve teçhizatın etkin kullanımı.
- İşletmenin yatırımlarının muhafaza edilmesi ve yatırımın sağladığı servis zamanını artırmak için malzemelerin ömrünün uzatılması.

1.15. Bakım Faaliyetlerinde İzlenecek Alternatif Politikalar

Üretim sisteminin tamamının aksamadan çalışmasını sürdürmek, bakımı belirli bir plan çerçevesinde yürütmek ve beklenmedik arızaları minimum düzeyde tutmak, kısaca fabrikanın güvenilirlik derecesini artırmak ile mümkün olabilir. Bir fabrikanın güvenilirliğini artırmak için izlenecek yolun, yani temel politikanın belirlenmesi şarttır. İşletmenin yapısı ve diğer kısıtlayıcı faktörler, bakım politikasının belirlenmesinde

önemli rol oynar. Bir işletme bakım politikası olarak aşağıdaki beş politikanın birini veya birkaçının uygun kombinasyonunu tercih edebilir:

- **Bakım ekibini geniş, kullanılan araç sayısını yüksek tutmak** : Bu alternatif seçildiği takdirde, arıza yapan bir makinarya anında bakım uygulayabilme ihtimali artar. Makinaların boş bekleme süresi kısalmır. Buna karşılık bakım ekibinin ve araçlarının boş kalması oranı yüksek olur.
- **Koruyucu bakıma ağırlık vermek**: Arıza meydana gelmeden, gerekli kontrol ve bakım işlemlerini yaparak arıza olasılığını azaltmak için koruyucu bakım uygulamak. Koruyucu bakımla beklenmedik arızaların üretimi aksatması büyük ölçüde önlenmiş olur. Ancak bu alternatif seçildiğinde, gerçekleştirilen koruyucu bakım maliyeti ile arıza bakımı maliyetinin kıyaslanması gerekmektedir.
- **Yedek üretim kapasitesi bulundurmak** : Üretim hattının kritik noktalarında, bir arıza meydana geldiğinde derhal devreye sokulabilecek yedek makinalar bulundurulur. Burada da, üretimin durması ile ortaya çıkabilecek kayıplar ile yedek makina bulundurmanın maliyetleri kıyaslanmalıdır.
- **Makinaların güvenilirlik düzeyini artırmak**: Üretimde kullanılacak makinaların, fiyatları yüksek fakat ömürleri uzun olan tiplerini seçmek ve böylece arıza olasılığını azaltmak mümkündür. Değişecek yedek parçalar için de aynı durum söz konusudur. Tabii olarak bu durumdada bir maliyet kıyaslaması yapılmalıdır.
- **İş istasyonları arasında yarı mamül stokları bulundurmak** : Meydana gelen bir arıza nedeni ile iş akışının durmasını önlemek için, tamir süresince diğer iş istasyonlarına önceden biriktirilmiş yarı mamul stoklarından sevkiyat yapılır. Yarı mamul stoklarının kapladığı alan ve bunlara yapılan yatırımın maliyeti göz önünde bulundurulması gereken önemli bir unsurdur.

Yukarıdaki politikaların herbirinde ilginç bir ortak özellik vardır. Aslında bütün işletme politikalarında mevcut olan bu özellik, her politikanın getireceği yararlar karşılık birtakım maliyetleri ortaya çıkarmasıdır. Tamir Bakım sisteminin dizaynında önemli olan nokta, yapılan yatırım ve harcamalarla sağlanan yararlar arasında olumlu yönde bir denge kurulmasıdır. Bu amaçla yapılan ekonomik analizlerde kullanılan temel veriler maliyetler ve makinelerin arıza karakteristikleri oluşturur.

1.16. Temel Bakım Kararları

Aşağıda görüleceği gibi, herhangi bir faaliyetler setine uygulanacak gelişmiş bir bakım politikasının oluşturulması aşamasında, birçok karar verilmesi gerekir. Bakım politikasının oluşturulması birbirinden bağımsız ve gerekli üç kararın alınmasına bağlıdır.

- Hangi parçaların bakımı yapılacak ?
- Herhangi bir durumda hangi tip bakım uygulanacak ?
- Bakım çalışmaları nasıl organize edilecektir ?

Bakım fonksiyonunu meydana getiren iki tip organizasyon vardır. Bunlardan biri merkezi bakım, diğeri ise merkezi olmayan bakımdır.

1.16.1. Merkezi Bakım

Merkezi bakımın avantajları;

- Bakım sistemi içinde grupların daha kolay ve çabuk haberleşme imkanı
- Bakım personelinin daha iyi organizasyonu ve verimli kullanımı

1.16.2. Merkezi Olmayan Bakım

Merkezi olmayan Bakımın Avantajları;

- İşe gidiş gelişler arasında geçen zamanın kısalması
- İşleme giren malzemelerin durumu hakkında daha çok bilgi
- Üretim ve bakım arasında üretim ağırlıklı ilişkilerin gelişmesidir.

Bu saydığımız unsurlar ve diğer açılardan merkezi ve merkezi olmayan bakım planlaması aşağıdaki şekilde de karşılaştırılabilir.

Bazı işletmeler küçük bir bakım departmanına sahip olmayı tercih eder, bazıları ise işletmenin her bir bölümü için küçük bir bakım departmanına sahip olmayı tercih eder. Eğer işletmenin her bir bölümü farklı fonksiyonlara, özel teçhizatlara veya bakım işinin çok hızlı gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyuyorsa, her bir birim için bir bakım departmanı düşünülebilir. Ancak bir merkezi bakım departmanı ile iş yükü daha kolay dağıtılabilir.

1.16.3. İşletme İçi Bakıma Karşı Sözleşmeli Bakım

Gerekli bakım personelinin organizasyonun bünyesinde mi bulundurulacağı , yoksa dışarıdaki firmalardan mı sağlayacağı ekonomik analizler sonucunda karar verilebilir. Bazı işletmeler bakım departmanının masraflarını haklı gösterecek yeterli teçhizata sahip değildirler. Bu tip işletmeler genellikle bakım hizmetini, diğer firmalardan sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, son derece spesifik bakım faaliyetleri içinde bakım hizmeti dışardaki firmalardan alınabilir.

1.16.4. Bakım Ekibinin Büyüklüğünün Tayini

İşletme yönetim herhangi bir arızayı anında onaracak ve istenilen zamanda koruyucu bakım faaliyetlerini gerçekleştirecek yeterli personele sahip olmayı isterler. Fakat bu faaliyetleri gerçekleştirmek oldukça pahalı olabilmektedir. Bu faaliyetleri gerçekleştirmek için gerekli personeli istihdam etmeye karar vermeden önce teçhizatların boş beklemesi ile ilave bakım personeli istihdam etmenin maliyeti kıyaslanmalıdır.

Eğer bakım ekibi yüksek kullanım oranına sahip ise, bir kritik arıza olduğunda, ekip o anda başka bir arıza ile meşgul olabilir. Bakım ekibinin aylak zamanı ile boş beklemlerin maliyeti arasındaki ilişki çok önemlidir. Çıktıyı maksimum yapmak için bakım personelini tam kapasitenin altında bir kullanım oranı ile yüklemek gerekir.

1.16.5. Yedek Makina ve Teçhizat

Bazan eski teçhizatlar yerlerine yenileri alınmasına rağmen satılmazlar. Bu teçhizatlar üretimde arasına yedek teçhizatlar olarak kullanılırlar. Bakım yönetimi ile ilgili önemli bir karar da, bu tarz elde bulundurulacak teçhizatın sayısına karar verilmesidir. Aynı zamanda, üretim sisteminin güvenilirliğini artırmak için fazla olan bu teçhizatlar satılmayabilir. Bu şekilde ilave teçhizat bulundurulması birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörlerin başlıcaları, teçhizatın herbir parçasının güvenilirliği, onarımı gerçekleştirme zamanı, bir onarım için bekleme zamanı, çizelgelenmiş üretim operasyonlarının zaman yüzdesi ve kayıp üretim zamanı maliyeti gibi unsurlardır.

1.16.6. Parça Değiştirme İle Tamir Mukayesesi

Bir makina bozulduğunda, onun onarmanın en iyi yolu belli değildir. Eğer teçhizat uzun süre beklemeden değiştirilebiliyorsa, tamirata ilave masraf yapmaktansa

onu değiştirmek daha uygun olur. Tamir için gerekli ve sahip olduğumuz teçhizatı korumak için gerekli nakit akışı ile yerine koymanın hangisinin daha iyi alternatif olduğu kıyaslanabilir.

1.16.7. Gurup Değiştirmeye İle Bireysel Değiştirme Mukayesesi

Bireysel değiştirme, bir parça arızalandığında yalnızca o parçanın değiştirilmesidir. Gurup değiştirme ise, zamanla arızalanmaya meyletmiş olan maliyeti nisbeten dşşük olan benzer yapıdaki parçaya uygulanır. Gurup değiştirmenin klasik rneği sokak lambalarıdır. Bir ampul patladığında, eğer bütün ampüller değiştirilirse bir miktar ilave maliyete yol açacaktır. Aynı anda bir binanın bir bölümünde bütün ampllerin değiştirilmesi, işgücü maliyetlerinden tasarruf sağlaması, sağlam ampllerin de değiştirilmesinden oluşacak maliyetleri dengeleyebilir. Bu durumlarda değiştirmenin frekansının çok iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Arızalı olanları değiştirmeye karşı, periyodik olarak bütün ampllerin değiştirilmesi ile yalnızca arızalı olanlarının değiştirilmesi kararı, arıza bakımı ile koruyucu bakım arasınadaki karara benzer. Bu konuda izlenebilecek mümkün politikalar şu şekilde sıralanabilir:

- Yalnızca arızalı parçayı değiştirme
- Yalnızca arızalanması muhtemel parçaları periyodik olarak değiştirme
- Bütün parçaları (sağlam ve bozuk) periyodik olarak değiştirme

1.7. Elde Bulundurulacak Bakım Kapasitesi

Bakım kapasitesinin miktarı, bir işletmenin sahip olduğu diğer unsurlar ile yakından ilgilidir. Bakım yapılacak teçhizatın tipi, miktarı ve harici bakım sözleşmeleri, işletmede bulundurulacak işgücü miktarını etkileyen unsurlardır. Servis ihtiyaçlarının frekansı ve kayıp üretim zamanı maliyetinin yanı sıra uygun kapasitenin belirlenmesinde önemlidir.

Bu problemi çözmek için kuyruk (bekleme hattı) modelleri ya da simülasyondan faydalanılır. Bir fabrikadaki bütün makinalar, bakım departmanına gelebilecek servis taleplerinin bir populasyonunu ifade eder. Teçhizat beklerken ya da serviste iken çalışmama zamanı maliyeti, hızlı bakımı sağlamak için gerekli kapasite maliyeti ile kıyaslanır. Boş bekleme maliyeti ile bakım kapasitesi maliyeti arasında bir denge sağlanmalıdır.

1.8. Bakım ve Yenilemede Bilgisayar Kullanımı

Bir bakım yöneticisi teçhizat ve parçalardan, işin planlanmasından, kontrolünden, maliyetlemeden, kalite kontrolünden vs. fayda elde etmeye çalışacaktır. Bakım yöneticisinin etkin bir şekilde çalışması için yeterli miktarda veriyi toplamaya, depolamaya ve gerektiğinde erişebilmelidir. İlave olarak muayenenin planlanması, servis işlemleri, korucu bakım gibi faaliyetlerde önemli kararların verilmesi, tamiratin organizasyonu ve değiştirmenin planlanması kadar önemlidir. Belirtilen bu görevler dizisi ve bu görevleri yerine getirmek için önemli miktarda bilgi gerekmektedir. Bu sebepten bakım departmanlarının, bilgisayar tabanlı bakım yönetim sistemlerine yönelmesi kaçınılmazdır.

Bilgisayar destekli bakım yönetimi aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- a) Bakım kayıtları ve dökümantasyon sistemi
- b) Bakım kayıtları, dökümantasyon, karar verme ve planlama sistemleri
- c) Bakım planlama ve uzman sistemlerin entegrasyonu

a'yı sağlayabilecek pek çok özel mikro bilgisayar vardır. Bunlar verilerin toplanması, iş çizelgelerinin ve ihtiyaçların belirlenmesi, fabrika geçmiş verilerinin analiz edilmesi, işçilik maliyetleri vb. konularda birçok avantaj ve kolaylık sağlar. Bu sistemler, karar verici sistem olmaktan ziyade geliştirici sistemlerdir. b yaklaşımı ise, hem dataları hemde karar vericileri içerir. Böyle bir sistem, koruyucu bakım ve kontrollerin planlanmasında, yenileme aralıklarının hesaplanmasında kullanılır. Bu yaklaşım çok daha gelişmiş (ileri) sistemlerdir. c tipi bir yaklaşımda ise yapay zekanın önenli bir uygulama alanı olan uzman sistemlerden yararlanılmaktadır. Bu yaklaşım sonderece kompleks sistemlerden oluşur. Sistemde bakım sisteminde bulunan teçhizatlara sensörler yerleştirilerek arızalar daha oluşmadan tesbit edebilmekte ve bu sensörler bilgisayarlara veri girişinde kullanılmakta ve bu verilere dayanarak teçhizat için en uygun bakım kararını uzman sistem verebilmektedir. Bu tip sistemlere örnek olarak uzman teşhis edici sistemleri vermek mümkündür. Bu şekilde geliştirilmiş olan örneklerden uzman sistemler bölümünde bahsedilecektir.

II. BÖLÜM

Bu bölümde, günümüzün önemli yönetim araçlarından biri olan benzetim tekniği üzerinde duracağız. Her geçen gün yöneticilik yapmak güçleşmektedir. Bunun en önemli sebebi sistemlerin yapısındaki büyüme ve karmaşıklaşmadır. Yöneticiler sorumlulukları altındaki sistemlerin yönetiminde iyileştirmeler yapmak için, sistem üzerinde bir takım değişiklikler yapacaklar ve bu değişikliğin sisteme olan etkisini gözleyeceklerdir. Bu işlemi gerçekleştirmek büyük maliyetler gerektireceğinden, pratikte bu işi yapmak pek mümkün olamayacaktır. Bu durumda, gerçek bir sistemin modelini kurup, bu sistem üzerinde bir takım değişiklikler yapılması ile, sistemde meydana gelen değişimleri incelemeye yarayan ve aynı zamanda bir karar mekanizması olan benzetim devreye girmektedir. Bu özelliğinden dolayı, benzetim, günümüz yöneticilerinin sıkça başvurdukları bir araç konumuna gelmiştir. Çalışmanın bu bölümünde benzetim hakkında genel bilgiler verilecektir. Daha sonraki bölümde ise benzetim ile yapay zeka tekniklerinden biri olan, uzman sistemlerin ilişkisi üzerinde durulacaktır.

2.1. Benzetim

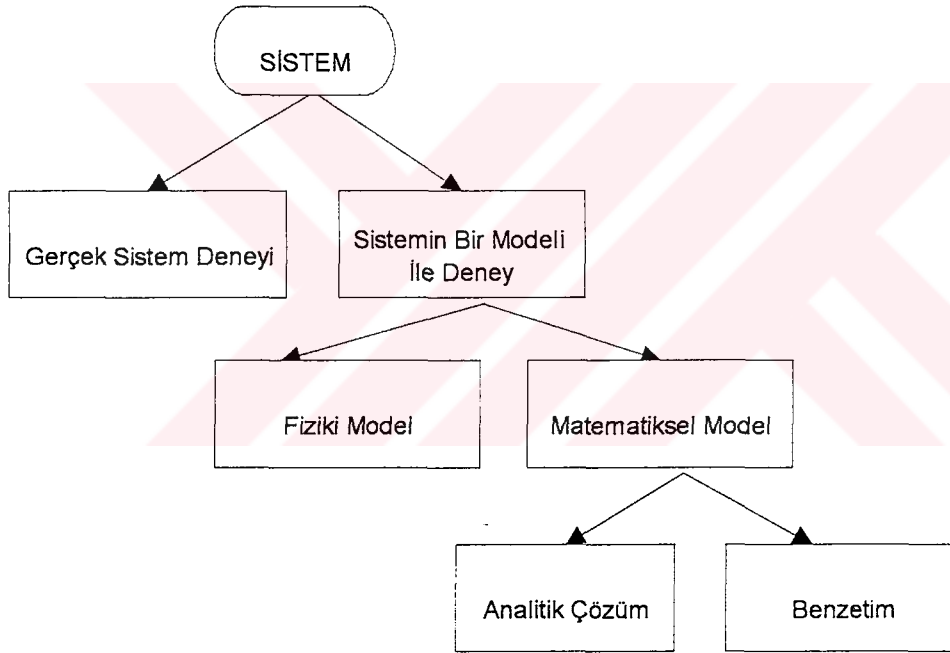
Günümüzde yönetim son derece güç bir işlev haline gelmiş bulunmaktadır. Bunun önemli nedenlerinden biri de sistemlerin yapılarının büyümesi ve bu yapıdaki öğelerin aralarındaki ilişkilerin de son derece karmaşık bir yapı oluşturmasıdır. Bu nedenle, böyle kompleks sistemlerin yönetilmesi de son derece güç bir hal almaya başlamıştır. Bu karmaşık yapılar sistem yaklaşımının doğuşunu ve gelişmesini sağlamıştır.

Sistem yaklaşımı, yöneticilerin en önemli yardımcılarında biridir. Sistem yaklaşımının, karmaşık sistemlerin analizinde ve tasarımında yararlandığı önemli araçlardan biride benzetimdir.

Benzetim, gerçek bir sistemin modelinin kurulması ve bu model ile, gerçek sistemin üzerinde yapılması çok pahalı veya mümkün gözükmeyen işlemlerin yapılarak sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek deneyler yürütülmesi sürecidir (Erkut, 1992).

Benzetimi daha dar bir anlamda, bilgisayarlarla yürütülen denemeler olarak tanımlayabiliriz.(Erkut, 1992)

Benzetim, özellikle analitik ve nümerik çözüm metodlarının uygulanmadığı veya uygulanmasının pratik olmadığı durumlarda kullanılır. Varsayımlarımızı yapabiliyorsak, sistemimiz de müsaitse ilk olarak analitik modelleri denememiz gerekmektedir. Benzetim modelleriyle analitik modeller arasında karma modeller vardır. Analitik modeller cevap vermezse karma modeller, onlardan da sonuç alınamazsa benzetim modeline gidilir. Birçok kompleks sistem için analitik metodlar ve konusu geçen karma metodlar, sisteme uygun olmayan, çok pahalı, zaman alıcı metodlardır. Şekil 2.1’de bir sistemi inceleme yöntemleri gösterilmiştir (Law et al,1991).



Şekil 2.1. Bir Sistemi İnceleme Yöntemleri

Benzetim yaklaşımının amacı, değişik koşullar altında sistem elemanlarının davranışlarını incelemek, elemanlar arasındaki ilişkiyi anlamak ve ortaya çıkarmaktır. Matematik anlamda bir çözüm aranmaz. Ama benzetim çalışmalarının da bir amacı vardır ve ulaşılan amaca da çözüm denilebilir.

Bir modelin amacına ulaşabilmesi, işe yarar iyi bir model olabilmesi için iki önemli özelliği içermesi gerekir; gerçekçilik ve basitlik. Yani bir yandan gerçek sistemin bütün önemli özelliklerini gösteren iyi bir yaklaşım, bir yandan da anlaşılabilir ve çözülebilir olmalıdır. Fakat ne yazık ki gerçekçi modeller genellikle komplekstirler, basit modeller ise çoğunlukla gerçeğe yakın olamazlar.

Benzetimin en büyük dezavantajı bir optimizasyon tekniği olmamasıdır. Ayrıca bir sistemin bilgisayar benzetimini kurmak ve geçerli olduğunu ispatlamanın maliyeti çok yüksektir. Genelde her bir sistem için ayrı bir program yazma zorunluluğu vardır. Benzetim dilleri bir dereceye kadar bu dezavantajları giderebilmiştir.

2.1.1. Benzetime Nezaman Başvurulmalıdır?

- Problemin tam bir matematik formülasyonu mevcut değilse veya matematik formülasyonun analitik yöntemlerle çözümü henüz bulunamamış ise.
- Analitik yöntemlerin kullanılabilir olduğu ancak matematik çözüm yollarının çok karmaşık olması nedeniyle benzetimin basit çözüm yolları sağlayacağı durumlarda
- Analitik çözümlerin bulunduğu, fakat problem üzerinde çalışanlarda bu bilgilerin olmadığı durumlarda
- Belirli parametrelerin tahmin edilmesi için de benzetime başvurulabilir
- Deneylerin yürütülebilmesi ve olayların mevcut çevreleri içinde gözlenmesindeki güçlük nedeni ile benzetimin tek yol olduğu durumlarda
- Uzun zaman alan sistemler veya prosesler için zaman üzerinde oynamak gerekebilir. Bu durumlarda benzetim, zaman üzerinde tam bir denetim sağlayabilecek bir yaklaşımdır

2.1.2. Benzetim Metodunun Faydaları

- Benzetim analistleri daha genel düşünmeye zorlar
- Sistemin modeli kurulduktan sonra, farklı durumların analizi için istenildiği kadar kullanılabilir
- Benzetim metodu üzerinde daha sonraki yapılacak analiz için veri, çoğu kez gerçek hayatta olduğundan daha ucuz ve kolay elde edilebilir
- Benzetim bir sistemdeki içsel karmaşık etkileşimleri etüd etme ve bunlar üzerinde deney yapma olanağını sağlar
- Benzetimi yapılacak sistemin ayrıntılı gözlemi, sistemin daha iyi anlaşılmasını daha önce görülmemiş eksikliklerin giderilmesini ve daha etkin bir sistemin kurulmasını sağlayabilir
- Benzetim, değişik koşullar altında, sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veya hiçbir veriye sahip olmadığımız yeni durumlar üzerinde, deney yapma amacıyla kullanılabilir
- Benzetim analitik çözümlerin doğruluğunu gerçeklemek üzere kullanılabilir

2.1.3. Benzetim Yönteminin Sakıncaları

Matematik kesinlikten yoksun olmasına karşın benzetim, birçok problemin çözümünde en çok kullanılan tekniklerden biridir. Ancak yine de her teknik gibi belli sakıncalar da içermektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- İyi bir benzetim modelinin geliştirilmesi genellikle pahalı ve zaman alıcı bir işlemdir. Her zaman kolaylıkla bulunamayacak düzeyde yaratıcılık gerektirir
- Bir benzetim modeli, gerçek durumu yansıtmadığı bir anda, sanki gerçek durumu yansıtıyormuş gibi algılanabilir

- Benzetim sonuçları genellikle sayısaldir. Bu ise, sayılara gerektiğinden daha fazla bir doğruluk derecesi verilmesine neden olabilir
- Benzetim tekniğini bir kez kullandıktan sonra, araştırmacılar, bu tekniğin analitik yöntemlerin daha uygun olduğu durumlarda da kullanma eğilimini gösterirler

2.2. Benzetim Süreci

Benzetim çalışmalarının adımlarını aşağıdaki gibi ele alınabilir:

- Sistem tanımı ve problemin formülasyonu
- Gerçek verilerin toplanması ve işlenmesi
- Matematik modelin formülasyonu
- Gerçek verilerden yararlanarak parametrelerin tahmini
- Modelin test edilmesi (modelin geçerliliğinin araştırılması)
- Bilgisayar modelininkurulması
- Bilgisayar modelinin geçerliliği
- Deneysel tasarım
- Benzetim verilerinin analizi

Bu adımları Şekil 2.2'deki gibi bir akış diyagramında gösterilebilir (Law et al,1991).

En son adım olan benzetim verilerinin analizinde, alınacak karar üç esasa bağlıdır. Uygulanabilirlik, maliyet ve basitlik. Bilgisayar benzetimi ancak ve ancak bu üç madde sağlanmışsa kullanılmalıdır. Bunlar şunlardır:

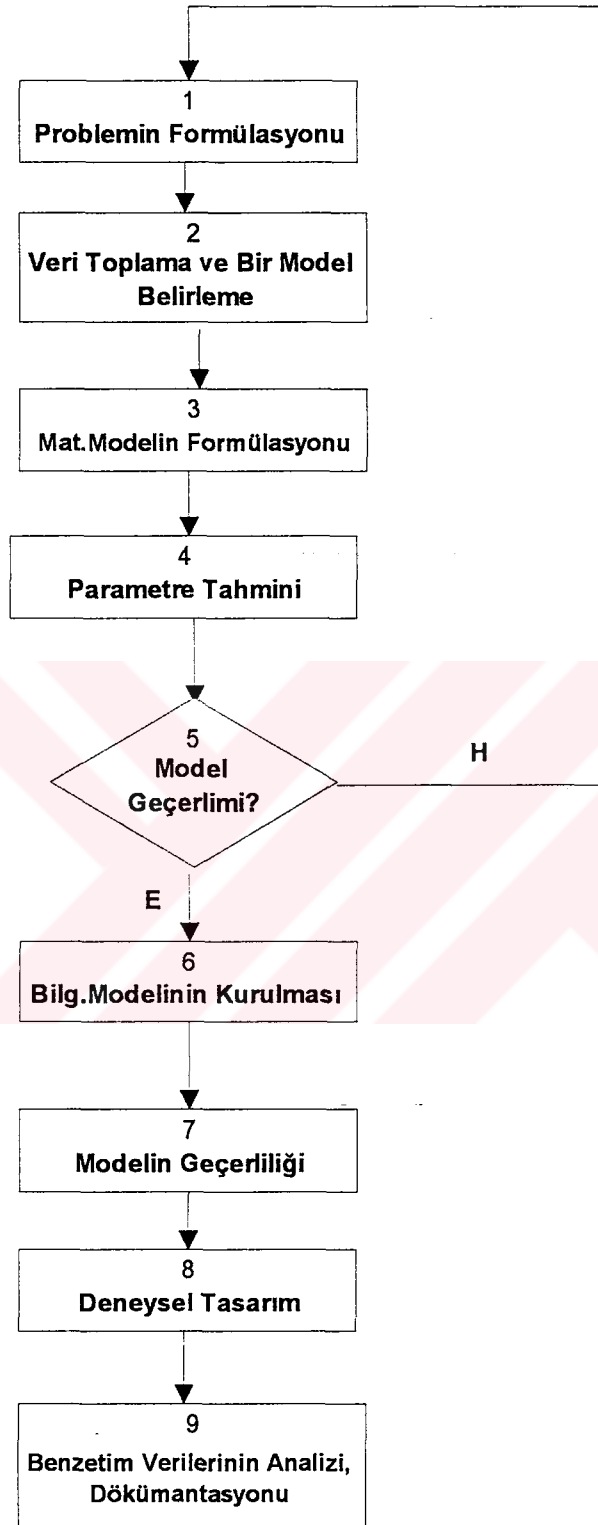
- **Uygulanabilirlik:** Bilgisayar Benzetimi kullanarak tam bir çözüm veya problem çözümüne başarılı bir yaklaşım elde ettiğimizden emin miyiz?

- **Maliyet:** Problemimizi çözmek için bilgisayar Benzetimi en ucuza mal olacak yöntem midir?
- **Basitlik:** Benzetim çalışmalarının sonunda, veriler, sonuçlar; kullanacak kişi için yeterince kolay anlaşılabilir, kolay gösterilebilir mi?

Benzetim çalışmalarını yapmadan önce bu üç soruya birden evet yanıtı vermek çok az sayıda mümkün olmaktadır. Bilgisayar benzetimini kullanmaya karar vermek için belli bir miktar çalışma yapmak, deneyim kazanmak gereklidir.

Eğer bilgisayar benzetimi, başka bir teknik uygulandığında oluşacak maliyetten daha düşük fiyata mal oluyorsa, anlaşılır ve gösterimi kolay çözümler elde ediliyorsa bu teknik seçilmelidir. Bu şartlar sağlanamıyorsa daha başka alternatifler aranmalıdır.





Şekil 2.2. Benzetim Süreci Akış Diyagramı

2.2.1. Sistemin Tanımı ve Problemin Formülasyonu

Diğer bilimsel araştırmalarda olduğu gibi benzetim çalışmaları da sistem tanımı ve problemin formülasyonu veya amaçların açık bir dille belirtilmesiyle başlar. Başka bir deyişle benzetim çalışmasını planlamadan önce, araştırmanın amaçlarını açıkça tanımlamalı, değerlendirme kriterlerini belirlemeliyiz. Aksi halde dışsal faktörler ile olan ilişkilerin gözardı edilmesi tehlikesi doğar.

Bu aşama benzetim süreci boyunca problemin yeniden ifade edilmesini gerektirebilir, Araştırma boyunca devam eden sürekli bir iştir.

Benzetim sonucunda elde edilen sonuçların yorumlanması doğrudan doğruya başlangıçta yapılan varsayımlara bağlıdır. Örneğin; rassal sayı üreticinin gerçek rassal sayıları ürettiği varsayılır. Yada sistemdeki herhangi bir özelliği gözardı etmekle, bu özelliğin sistemin performansını etkilemediği varsayılır. Bütün bunları yaptıktan sonra, yüksek maliyet, komplekslik derecesi veya amaçlara ulaşamama gibi nedenlerden dolayı bilgisayar benzetimi kabul veya reddedilir.

2.2.2. Gerçek Verilerin Toplanması ve İşlenmesi

Aslında veri toplaması ve analizi konusu benzetim çalışmalarında baş sırada yer almalıdır. Çünkü araştırılmakta olan sistem hakkında bilgi sahibi olmadan problemi formüle etmek veya amaçları belirlemek imkansızdır. Herhangibir problem tanımlanmadan önce mutlaka yeterli miktarda verinin toplanıp, işlenmesi gereklidir.

Benzetim çalışmalarında kullanılacak verileri toplama ve uygun hale getirme işlemleri sırasında bazı problemlerle karşılaşılabilir. Bir bilgisayar brnzetimini başarılı şekilde sonuçlandırmak için yeterli veri analizi gereklidir. Bunun nedenlerinden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yukarıda da bahsedildiği gibi, problem formülasyonu yapmadan önce sistem hakkında bilgi toplamak gereklidir. Bu da veri toplamak ve değerlendirmekle olur.
- Anlamlı bir konuma getirilen veri, sistemin davranışlarını açıklayan matematiksel modellerin formülasyonunda kullanılan hipotezlerin kurulmasına yardım ederler.

- Veriler, bu modellerin gelişmesinde de önemli rol oynarlar.
- En son konumuna getirilen veriler, girdi, çıktı ve durum değişkenlerinin, işlem karakteristiğinin parametrelerinin tahmin edilmesini sağlarlar.
- Veri olmadan benzetim çalışmalarının geçerliliği test edilemez.
- Stokastik benzetim modellerinin tasarımında tecrübelerle dayalı verilerin veya teorik olasılık dağılımlarının kullanılmasına karar verilmelidir. Bu seçim önemli bir aşamadır ve aşağıdaki nedenlerden dolayı araştırmanın temelini oluşturur.
- İşlem görmemiş ham verilere bağlı çalışma, geçmişin benzetimidir.
- Modelin işlenmesi için gerekli rasgele değişimleri üretirken tabloların kullanılması, teorik dağılımların kullanılması sırasında bilgisayar zamanı ve bellek etkin bir şekilde kullanılmalıdır.
- Analist modelin duyarlılığını çalıştığı olasılık dağılımına göre belirlemelidir.

Bilgisayar benzetimi çalışmalarında çok önemli bir yeri olan veri analizi 6 ayrı fonksiyondan meydana gelir:

- Toplama
- Kayıt
- Değiştirme
- Nakletme
- Çalıştırmak (Manipulasyon)
- Çıktı

Veri toplama ve kayıt aynı anda gerçekleşir. Çünkü verinin toplanmasıyla kayıt işlemi de otomatikman gerçekleşir. Verilerin toplanabilmesi için anketörlere, alan araştırmasına, örneklerle, dökümanlara ihtiyaç vardır. Veri toplanması ve kaydedilmesi hem pahalı hem de zaman alıcı bir bölümdür.

2.2.3. Matematik Modelin Formülasyonu

Matematik modelin formülasyonu üç adımdan oluşur:

- Bileşenlerin belirlenmesi
- Değişken ve parametrelerin belirlenmesi
- Fonksiyonel ilişkilerin belirlenmesi

Model kurma bir bilim değil, bir sanattır. Bir kişi ekonometri, matematiksel statistik, olasılık teorisi, diferansiyel denklemler, matematik programlama vb. konularında kendini yetiştirmiş olsa bile bir sistemin matematik modelini kurma işlemi bir sanatçının işine benzer.

Başarılı bir matematik modeli kurmak için,

- Analistin tecrübe derecesi
- Deneme-yanılma işlemi gerekmektedir.

Matematik model formülasyonunda gündeme gelen konulardan biri modele kaç tane değişken sokulacağıdır. Genel kural olarak çıktı değişkenleri çalışmanın amacına bağlı olarak kendiliğinden belirir. Gene de çıktı değişkenlerinin sayısında bir üst limit vardır. Bu biraz da bilgisayarın kapasitesine bağlıdır.

Asıl zorluk girdi değişkenlerinin seçiminde ortaya çıkar. Çok az sayıda girdi değişkeni geçersiz, anlamsız modellere neden olurken çok fazla sayıda girdi değişkeni bilgisayar benzetimini imkansız hale getirebilir. Bu da bilgisayarın hafıza kapasitesinin yetersiz olması veya bilgisayar programının aşırı derecede karmaşık olmasından meydana gelir.

Bu aşamada düşünülmesi gereken başka bir konu da, modelin kompleksliğidir. Genelde hesaplama ve programlama süresini minimuma indiren sistemin davranışlarını doğru ve yeterli olarak tanımlayan matematik model formülasyonu ile ilgilenilir. Bir modeldeki değişken sayısı ve modelin komplekslik derecesi, programlama zamanı, hesaplama zamanı ve geçerlilikle doğrudan ilgilidir.

Düşünülmesi gereken başka bir konu da hesaplama verimliliğidir. Hesaplama verimliliği derken, belirlenen amaca ulaşmak için gerekli bilgisayar zamanı söylenmeye çalışılmaktadır. Genel kural olarak aşağıdaki iki amaçtan biriyle ilgilenilir. Amaçlardan birincisi, benzetim yapmak için gerekli bilgisayar zamanını minimize etmek yani, belli bir zaman periyodunda çıktı değişkenleri hakkında bir genelleme yapabilmek için gerekli bilgisayar zamanını en aza indirmek; ikincisi de bilgisayar benzetim modeli ile üretilmiş istatistiksel parametrelerin değerlerinin hesaplanmasında daha önceden belirlenmiş istatistiksel doğruluk seviyesine erişmek için gerekli bilgisayar zamanını minimize etmektir..

Bilgisayar programlama zamanı, matematik model formülasyonunda düşünülmesi gereken konulardan biridir.

Bilgisayar programını yazmak için gerekli süre bir ölçüde kullanılan değişken sayısına ve modelin karmaşıklığına bağlıdır. Eğer modelde yararlanılan verilerden bazıları stokastik ise programlama zamanı da önemli ölçüde artar. Programlama zamanını düşürmek için sarfedilen çaba, şüphesiz geçerlilik ve hesaplama hızıyla da dengelenmelidir.

Model kurmada ilgilenilen diğer bir konuda, modelin geçerliliği veya modelin ne derecede gerçekçi olduğudur. Yani modelin sistemi yeterli bir şekilde açıklayıp açıklayamadığı ve sistemin gelecekteki davranışları hakkında iyi ve güvenilir tahminler verip, veremediği konusudur.

Yukarıda, matematik modelde aranılan özelliklerin neler olabileceği özetlendi. Fakat bu özellikler çok ideal amaçlardır ve gerçek dünyada çok ender ulaşılabilirler. Model kurucunun karşısına çıkabilecek güçlükler şöyle sıralanabilir:

- Sistemi etkileyen bazı değişkenleri ölçmek mümkün olmayabilir.
- Sistemi tanımlarken gerekli değişken sayısı, bilgisayarın kapasitesini aşabilir.
- Çoğu kez sistemin davranışlarını etkileyen değişkenler arası ilişkiler o derece kompleks olabilir ki, matematiksel denklemler halinde gösterilemezler.

2.2.4. Gerçek Verilerden Yararlanarak Parametrelerin Tahmini

Verileri toplayıp, modeli kurduktan sonra yapılacak şey, modelin parametre değerlerinin hesaplanması ve bulunan değerlerin istatistiksel yeterliliğinin test edilmesidir.

Toplanan veriler aşağıdaki amaçlar için kullanılırlar:

- Rassal değişkenlerin dağılım türünün belirlenmesi
- Dağılım parametrelerinin belirlenmesi
- Sistemin bileşenleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi

Verilerden çıkarılan olasılık dağılımının gerçek verilere ne derece uyduğunu uyma iyiliği testleri yardımıyla ölçülebilir. Aynı zamanda olasılık dağılımına ait beklenen değer, varyans ve bazı parametrelerin tahmininde istatistiksel güvenilirliği test edilir.

2.2.5. Modelin Geçerliliğinin Araştırılması

Sistemin matematik modeli formüle edildikten, parametreler tahmin edildikten sonra modelin yeterliliği ve uygunluğunu kontrol edilmelidir. Yani model test edilmelidir. Sisteme uygun olmayan bir modelle çalışmak hiç bir şey kazandırmaz.

Sistemi tam olarak temsil eden bir modelin kurulması düşünülemez. Ama incelenen sistemin belirleyici olan karakteristiklerinin modelde yer aldığı konusunda ve model davranışlarıyla sistemin davranışları arasında büyük sapmalar olmadığı konusunda emin olmak gerekir.

Bu aşamada benzetim verileri ile, gerçek veriler karşılaştırılıp, modelin tahmin yeteneği belirleneyebilir. Model kurulurken yapılan varsayımlar üzerinde belli testler yapılabilir.

2.2.6. Bilgisayar Modelinin Kurulması

Bilgisayar benzetimi için gerekli bilgisayar programının oluşturulması, genellikle aşağıdaki 6 adımdan oluşur:

- 1 Akış Diyagramı
- 2 Bilgisayar Programının yazılması
 - a) Genel Amaçlı Derleyici
 - b) Özel Amaçlı Benzetim Dilleri
- 3 Hata Kontrolü
- 4 Verilerin Kullanılması ve Başlangıç Koşulları
- 5 Sonuçların Üretilmesi
- 6 Çıktı Raporları

İlk adımda olayların sırasını özetleyen bir akış diyagramı çizilir.

Akış diyagramının hazırlanmasından sonra uygun bir bilgisayar programı için iki seçenek vardır. Genel amaçlı derleyicilerden (C, Pascal, Fortran, Cobol v.b.), veya özel amaçlı benzetim dillerinden (GPSS, SIMSCRIPT, SIMAN v.b.) biri seçilir.

Benzetim modellerinin çoğu, normal işleme karakteristiklerine ulaşana kadar bir çevrime girerler. Bu çevrim sona erdiğinde denge durumuna erişilmiştir. Yani artık sistemin tipik davranışı gözlenmeye başlanmıştır. Normal işleme koşullarına yani denge durumuna (bu durum kişiye, amaca, bakış açısına, şartlara göre değişen bir durumdur.) erişimden önce benzetim modelleri belli bir süreçten geçmelidir.

Başlangıç koşullarını belirlemek için açık kurallar yoktur. Bu çoğu kez amaca, elemanlar arasındaki ilişkilere ait bilgi düzeyine, deneyime bağlıdır.

Bu aşamada zaman akış mekanizmasını da belirlemek gerekir. Yani benzetim modelinde gelişecek olayların hangi sırayla irdeleneceğine karar verilir. Benzetim modelinde iki temel mekanizma vardır. Bunlar olay veya işlem yaklaşımlarından bir tanesine göre hareket ederler.

- Sabit aralıklı zaman yöntemi
- Olaya göre ilerleyen zaman

Olay yaklaşımı, benzetim modelini olayların oluşmasına göre geliştirir. İşlem yaklaşımı da bir işlemi baştan sona işleyip, yeni işleme geçer. İşlem yaklaşımı ise işlemler dizisini işleyip, yeni bir diziye geçer. En yaygın olanı olay yaklaşımıdır.

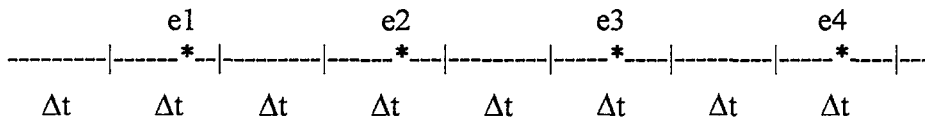
Birincisi, olayların oluşmasına bakmaksızın önceden belirlenmiş zaman aralıklarını kullanarak Benzetim zamanını ilerletir. İkincisi, her olay yaratılıp, işlendikten sonra zamana göre bir sonraki olaya gider ve Benzetim zamanını buna eşitler. Bu yaklaşımın şekilsel gösterimi Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’de gösterilmiştir.

Burada :

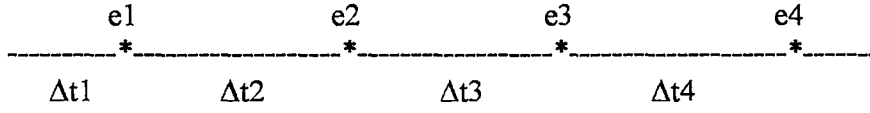
e_i : Olayın gerçekleştiği anlar

Δt_i : Zaman aralıkları

Bilgisayar modelinin kurulmasında son adım Benzetimi yapılan sistem hakkında istenilen bilginin ne çeşit bir çıktı raporu halinde sunmak gerektiğinin belirlenmesidir. Genel amaçlı programlama dillerinden biri seçilirse çıkış raporlarının formatında çok az kısıta rastlanır. Ama eğer özel amaçlı benzetim dillerinden biri tercih edilirse o dilin çıktı format gereksinmelerine bağlı kalınır.



Şekil 2.3. Sabit Aralıklı Zaman Yöntemi



Şekil 2.4. Olaya Göre İlerleyen Zaman Yöntemi

2.2.7. Bilgisayar Modelinin geçerliliği

Bu kavram, matematik modelin geçerliliği kavramından pek farklı değildir. Bir bilgisayar modeli, eğer modellenen gerçek sistemin sonuçlarına yakın sonuçlar üretiyorsa, bilgisayar modeli geçerlidir.

Genelde bilgisayar modelini yürürlüğe koymak için 2 test yapılır. Birincisi, çıktı değişkenlerinin benzetimden elde edilmiş değerleri ile geçmişteki gerçek veriler karşılaştırıldığında, benzetim verilerinin ne derecede başarılı olduğu test edilebilir. İkincisi, benzetim modellerinin gelecekte sistemin davranışları hakkındaki tahminlerinin ne kadar doğru olduğu test edilebilir.

2.2.8. Deneysel Tasarım

Tasarım, çözüme öncülük eden bilgiyi sağlayan gözlem ve analiz sürecidir. Başarılı bir tasarım, test edilen hipotezlerin veya değerlendirilen stratejilerin önerilmesinde ön bilgilerin kullanılmasını gerektirir.

Bilgisayar modeli yürürlüğe sokulduktan sonra model, başka benzetim çalışmalarında da kullanılmalıdır. Problemi, girdi, çıktı değişkenlerini, parametreleri tanımladıktan sonra dikkatlerimizi deneysel tasarım üzerinde toplamalıyız. Bu aşamada iki önemli amacımız vardır.

- Gerekli deneme sayısını azaltarak ekonomiklik sağlamak,
- Araştırmacının öğrenme sürecine uygun bir yapı sağlamaktır.

Birincisinde, faktör seviyeleri, seviyelerin kombinasyonları ve çalışmaların sırası seçilmelidir. İkincisinde, faktör kombinasyonları seçildikten sonra sonuçların rassal yanlışlıklardan kurtulmuş olması sağlanmaya çalışmalıdır.

2.2.9. Benzetim Verilerinin Analizi

En son adım, bilgisayar tarafından üretilmiş benzetim verilerinin analizidir. Analiz aşağıdaki üç adımdan oluşur.

- Benzetim verilerinin toplanıp, işlenmesi
- Test istatistiğinin hesaplanması
- Sonuçların gösterilmesi (yorumlanması)

Benzetim verilerinin analizi, gerçek veri analizine çok benzemesine rağmen bazı önemli ayrıcalıklar vardır. Benzetim verilerinin analizi ve yorumlanması, deneyin nasıl tasarlandığının ve model kurulurken yapılan varsayımların izini taşır. Verilerin incelenmesinde varyans analizi, çoklu karşılaştırma, spektral analiz yöntemleri kullanılabilir.

2.3. Monte Carlo Benzetimi

Monte Carlo benzetimi, 0 ile 1 arasındaki rastgele rasayıları kullanarak, belli zaman aralıklarında sabit bir yapıda olmayan belirli stokastik ve deterministik problemleri çözmek için, bu sayıların uygun bir tasarımıdır (Law et al, 1991). Monte Carlo benzetimi genellikle dinamik bir yapıdan ziyade statik bir yapı arz etmektedir.

Monte Carlo benzetimi genellikle analitik çözümü mümkün olmayan yada çok güç olan gerçek bir durumun stokastik bir modelini oluşturarak, daha sonra bu model üzerinde örnek deneyler uygulanarak sistemin durumu incelenir. Bu teknik sayesinde, elde edilmesi uzun zaman alacak, büyük miktarda veri elde edilebilir. Bu tekniğin kısaca şu adımlardan oluşmaktadır.

- Frekans dağılımlarını kümülatif olasılık dağılımlarına dönüştür. Bu sayede, bir değişken değeri ile rastgele sayı arasında ilişki kurmayı sağlar.

- Benzetimin her tekrarlanışında, belirli değişken değerlerini tesbit etmek için rastgele sayı çek. Bu rastgele sayılar, ya bir rastgele sayılar tablosundan elde edilir yada bilgisayarlar yardımı ile üretilcektir.
- Analiz ettiğimiz operasyon için yapılan benzetime yeterli tekrarı sağlayana kadar devamet. Kabul edilen tekrarın gerçeği yansıtıp yansıtmadığı çeşitli istatiksel testler ile analiz edilebilir. Bilgisayar ile gerçekleştirilen benzetim sistemlerinde örnek büyüklüğü çok fazla tutmak, modelin gerçek sistemin davranışlarını daha iyi yansıtmasına yardımcı olacaktır (Tersine, 1980).

Bu çalışmada bakım personeli sayısını belirlemede, yaygın olarak kullanılan benzetim tekniklerinden biri olan Monte Carlo benzetimi kullanılmıştır. Bu tekniğin kullanılmasının sebebi, imalat sistemlerindeki arızaların ve servislerin genellikle, olasılığa dayalı bir yapı arzemesinden kaynaklanmaktadır. Bu teknik bakım yöneticisine, rastgele oluşan arızaların ve bu arızaları gidermek için gerçekleştirilen servislerin, yönetiminde ve bakım sisteminde ortaya çıkabilecek diğer problemlerin çözümünde yarara sağlayacaktır.

III. BÖLÜM

Son yıllarda her alanda uzman tavsiyelerine duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Son zamanlara kadar bu ihtiyaç, konunun uzmanları tarafında sağlanmakta idi. Bu durum aynı zamanda hem birtakım avantaj ve hem de bir takım dezavantajlara yol açmakta idi. Bu dezavantajları gidermede uzman sistemler önemli araçlardır. Yapay zeka ve onun bir uygulama alanı olan uzman sistemlerde son zamanlarda ortaya çıkan gelişmeler, uzman sistemleri, herhangi bir uzman tavsiyesi ihtiyacını karşılamada bir alternatif olarak ön plana çıkartmıştır. Yapay zeka ve dolayısı ile uzman sistemler gelişmelerini büyük ölçüde bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlıdır. Uzman sistemler büyük miktardaki veriyi çok hızlı bir şekilde işlemeyi gerektirirler. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile bu büyük miktarda veri çok hızlı bir şekilde işlenebilmesi imkanı ortaya çıkmıştır.

Uzman sistemlerde ilk gelişme aşamalarında, birçok alanda bir uzman gibi davranacak sistemlerin geliştirilmesi çalışmalarına yönelindiği için, bir takım başarısız sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonraları ise, uygulama alanlarının sınırlandırılması ile başarılı sonuçlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu güne kadar uzman sistemler ile, bir uzman tavsiyesinin gerektiği, ister endüstriyel isterse diğer alanlarda bir çok uygulama geliştirilmiştir. Biz bu çalışmada, özellikle imalat sanayisinin önemli problemlerinden birini teşkil eden bakım planlama ile ilgileneceğiz. Endüstride kullanılan makina ve teçhizatın bakımlarının gerçekleştirilmesi ve planlanması yoğun uzmanlık gerektirmektedir. Bu çalışmada bakım planlaması kaynaklarından biri olan personel sayısının belirlenmesi problemi üzerinde durulacaktır.

3.1. Yapay Zeka

Yapay zeka terimi ilk defa 1956 yılında John McCarthy tarafından kullanılmıştır. O zamandan günümüze kadar bir çok yapay zeka tanımı yapılmıştır. Yapay zeka yeni bir alan olduğu için, bu tanımlardan hiçbirisi genel bir kabul görmemiştir. Bu tanımlardan birkaçı şunlardır:

Yapay zeka, insanın akıl yürütme şekline benzer işlemleri uygulayarak, karmaşık problemleri bilgisayarların çözmesi işlemidir (Rolston,1988).

Yapay zeka, insan tarafından yapıldığında zeka gerektiren faaliyetlerin, makinalar tarafından yapılması bilimidir (Minsky,1968).

Yapay zekanın mühendislik açısından önemli olan yönü, insanın zihinsel kabiliyetlerinin bilgisayar temelli sistemlere kazandırılmasıdır.

Bu tanımların ortak unsuru; insanın zihinsel fonksiyonlarını anlama ve insanın problem çözmede kullandığı faaliyetlerin bilgisayarda modellenmesi ve çözümüdür.

3.1.1. Yapay Zeka Uygulama Alanları

Yapay zeka, bir çok alanda uygulanabilir. Bu alanlardan başlıcaları şunlardır: problem çözme, robotik, akıl yürütme, otomatik programlama, doğal diller, öğrenme ve uzman sistemler.

Biz bu çalışmamızda, yapay zeka uygulama alanlarından uzman sistemler sahasını inceleyeceğiz.

3.2. Uzman Sistemlere Giriş

Modern, sanayileşmiş toplumlarda uzman tavsiyelerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu ihtiyacı, yaşamın bütün kesitlerinde farklı biçimde ve düzeyde görmek mümkündür. Konumu olması itibari ile endüstri alanından bir örnek vermek gerekirse, sanayide kullanılan birçok makinaların tamir ve bakımı yoğun uzmanlık gerektirir. Daha üst düzeyde, şirket yönetimleri ve hükümetler geleceğe yönelik plan ve politikalarını çeşitli uzmanların tavsiyelerine göre belirlemektedir.

Günümüzde gerekli uzman tavsiyeleri genelde uzman kişilerden sağlanmaktadır. Uzmanlığın Kişilerde bulunmasının avantajları, insanlar girişim ve zeka yetenekleri ile yeni çevrelere ve durumlara rahatça uyum sağlayabilmeleri, dezavantajı ise insanların uzmanlığının geçici olmasıdır. İşten ayrılma, sakatlık ve ölüm gibi nedenlerden dolayı belli bir süre sonra bu kişilerden yararlanmak mümkün olmayabilir. Ayrıca yeni bir şeyi öğrenmelerinin uzun zaman alışı, aynı zamanda birden fazla görev yapamayışları uzmanların bir diğer dezavantajlarıdır. Bu sorunu aşmak için uzmanlığın kitaplarda depolanması düşünülmüştür. Fakat kitaplar, kullanın ve güncelleştirme zorluğu ile soruna çözüm olmaktan uzaktır. Bu nedenle alternatif çözümler aranmıştır. Uzman sistemler teknolojisi bu arayışın sonucudur.

Bir uzman, deneyim eğitim ve deneyimden dolayı bizim tam olarak yapamadığımız bir şeyi yapar. Uzmanlar yaptıkları bir faaliyette ehliyetli olmalarının yanısıra, aynı zamanda işi kolaylaştırıcı ve etkindirler. Uzmanlar birçok şey bilirler ve problem ve işlere uygulamak için ustalık (beceri) ve danışmanlık özelliğine sahiptirler.

3.2.1. Uzman Sistemler

Uzman sistemlerin tanımlanmasındada, yapay zekada olduğu gibi, bir takım zorluklar vardır. Uzman sistemler için de genel kabul gören bir tanım yapmak zordur. Bu sebepten dolayı uzman sistemler için geliştirilmiş bazı tanımlar şunlardır:

Uzman sistemler, verilen bir uygulama sahasındaki karmaşık problemleri çözmek için, konunun uzmanlarına benzer şekilde hareket eden yazılım ve donanımdan ibaret bilgisayar sistemleridir (Wolfram, el at, 1987).

Bir uzman sistem, bir uzmanın yorumunu gerektiren, karmaşık gerçek dünya problemlerini ele alarak, problemleri bir uzmanın benzer bir problemle karşılaştığında kullandığı akıl yürütmeyi kullanarak problemleri çözmeye çalışan sistemlerdir (Weiss, el at, 1984).

Bu tanımlardan sonra, uzman sistemlerin amaçları hakkında şunlar söylenebilir. Uzman sistem çalışmalarının amacı, sahip olduğu bilgilere göre düşünebilen ve istenilen bir problemi uzman bir kişi gibi çözebilen bir bilgisayar sistemini hazırlamaktır. Her konuda uzman bir bilgisayarın yapılması yerine tek tek, ayrı ayrı konularda uzmanlık programları yazılması başarı sağlamak için iyi bir yöntem olarak düşünülebilir.

3.2.2. Uzman Sistemlerin Özellikleri

Her uzman sistemin kendine özgü nitelikleri vardır. Bunun yanında bazı özellikler bir çok sistem için geneldir. Bunları şu şekilde sıralanabilir (Doukidis, el at, 1988).

- **Performans Kaabiliyetleri:** Başarı ile gerçekleştirilmiş ve kullanımdaki bir uzman sistemin en azından o sahadaki uzmanlara eşdeğer bir performansa sahip olması gerekir. Aksi takdirde bu uzman sistemi geliştirmenin bir değeri ve anlamı olmaz. Aslında ideal olan, uzman sistemin uzmanlardan daha başarılı olmasıdır. Fakat uzman sistem teknolojisinin henüz yeni olduğu düşünülürse, performansı insaninkine yaklaşan bir uzman sistemin de çok sayıda kullanıcı tarafından kullanılmasındada yarar vardır.
- **Makul Cevap Zamanı:** Bu unsur, önceki faktörle yakından ilgilidir. Şöyleki; eğer sistemin cevap vermesi yada sorduğu sorular arasındaki zaman dilimi uzun sürerse sistem tercih edilmeyebilecektir. Standart bir bilgisayar sistemi tasarlanacağı zaman,

sistem analizi teknikleri yardımıyla cevap zamanları için bir kriter elde etmek gereklidir.

- **Değişebilirlik:** Sahadaki gelişmelere paralel olarak, uzmanlıkta sürekli olarak değişmektedir. Yeni olgular, problemin çözümü için yeni teknikler ortaya çıkmakta, yeni teknikler, yaklaşımlar ve metodolojiler geliştirilmektedir. Bir uzman sistemin değerini koruyabilmesi, yani sürekliliğini kuyabilmesi için, bilgi tabanı değiştirmede uzmanınkine yakın düzeyde esnekliği kullanıcıya sağlaması gerekir.
- **Etkin Bir Kullanıcı Arayüzü:** Sistem analizinde yapılan çalışmalar, bir problemin teknik çözümü ne kadar iyi olursa olsun, eğer sisemin kullanıcı arayüzü yeterince iyi tasarlanmamışsa sistemden yeterince yararlanmak mümkün olmayacaktır. Bilgi tabanının uzman sistemler için önemi çok büyüktür. Ancak iyi bir kullanıcı arayüzü olan dar kapsamlı bir bilgi tabanına sahip bir sistem, kötü bir kullanıcı arayüzü olan, geniş kapsamlı bilgi tabanına sahip bir sistemden daha fazla tercih edilecektir.
- **Açıklama Yeteneği:** Bir uzman sistem, sonuçlara nasıl eriştiğini açıklayabilmelidir. Bu özellik, sistemin kullanıcıların güvenini kazanması açısından oldukça önemlidir. Kullanıcılar niçin ve nasıl gibi sorularla sistemin sonuçlarını yargırlar. Kullanıcı, sistemin açıklamalarını kabul etmek zorunda değildir. Başka bir deyişle sistemin, kullanıcıya tavsiyeleri reddetme olanağını sağlaması gerekmektedir.

3.2.3. Uzman Sistemlerin Avantajları

- **Uzman Sistem Tutarlı ve Sürekli:** Bir uzman sistemin verimi sürekli olarak artmasa bile, başlangıçtaki kalitesini korur. Başka bir deyişle, bir uzman sistem bilgi tabanı aynı kaldığı müddetçe aynı problem için daima aynı çözümü verecektir. Ama maalesef aynı şeyi uzmanlar için söyleyemeyiz. Uzmanlar bazan önyargılı kararlar verebilirler. Ayrıca uzmanlar, haftanın ve yılın bazı zamanlarında tatil yaparlar ve daha önemlisi,

sahasında uzun yıllar hizmet veren bir uzman, bir süre sonra bazı yeteneklerini yitirmeye başlayacaktır.

- **Uzman Sistemler Çok Ucuza Çoğaltılabilir:** Örneğin, tıbbi tavsiyelerde bulunabilen bir uzman sistem programının yazıldığını düşünelim; bunun binlerce kopyasının yapılması hem çok ucuz, hemde çok yararlı olabilmektedir. Buna karşılık uzmanların sayısı oldukça az olmasından dolayı, bir uzman sistemle karşılaştırıldığında çok pahalıdır.
- **Uzman Sistem Kolay Değiştirilebilir:** Bir uzman sistemin bilgi tabanını değiştirmek oldukça kolaydır. Fakat aynı şey uzmanlar için geçerli değildir.
- **Uzman Sistemin Kontrolü Basittir:** Uzman sistemin kontrolündeki basitliğe karşılık, uzmanların kontrolü oldukça zordur.
- **Uzman Sistemler Oldukça Güçlüdür:** Uzman sistemler, bir uzmanın sahip olduğu ve yararlandığı bilgi tabanından çok daha büyük bilgi tabanıyla sistematik bir akıl yürütme işlemi gerçekleştirirler.
- **Uzman Sistem Birçok Farklı Yerde Bulunabilir:** Bir uzman aynı zamanda sadece birtek yerde bulunabildiği halde, bir uzman sistemi farklı yerlerde eş zamanlı olarak çalıştırmak mümkündür.

TABLO 3.1. Uzman Sistemlerin Avantajları

Uzman Sistem	Uzman
Tuatarlı	Tutarsız
Sürekli	Geçici
Ucuz	Pahalı
Kolay Değiştirilebilir	Kolay Değiştirilemez
Kontrolü Basit	Kontrolü Güç
Güçlü	Zayıf
Aynı Anda Birçok Yerde Bulunabilir	Aynı Anda Bir Yerde Bulunur.
Transferi Kolay	Transferi Güç
Dökümantasyonu Basit	Dökümantasyonu Güç

3.2.4. Uzman Sistemlerin Dezavantajları

Uzman sistemlerin başlıca dezavantajları şunlardır.

- **Uygulama Sahasının Seçimi:** Uzman sistem uygulaması bazı alanlarda iyi çalışır. bazı alanlarda ise istenilen sonuçlar elde edilemeyebilir. Uzman sistem teknikleri için uygun bir sahanın seçilmesinde karşılaşılan problemler, ideal bir uzman sistem sahasıdır.
- **Uzman sistemin Uyum Yeteneği Yoktur:** Kurallar devamlı olarak değişmektedir. Bu değişmelere paralel olarak uzman sistemin bilgi tabanı değiştirilmedikçe, uzman sistem değişmelere uyum sağlayamaz.
- **Test Etme:** Özellikle, sistemin sadece tavsiyelerde bulunmaktan ziyade karar vermede yardımcı olmak üzere kullanıldığı sahalarda, uzman sistemlerin testi oldukça önemlidir. Test edilmiş sistemlere ihtiyaç duyulması durumunda bu dahada kritikleşir. Kullanıcı, sistemin tavsiyesinin en iyi çözüm olduğuna ve bütün mümkün yan etkileri

göz önüne aldığına emin olmalıdır. Bununla birlikte, ortaya çıkabilecek aksaklıklardan kimin sorumlu olduğuna dair açık bir durum yoktur

- **Belirsizlik:** Pratikte sadece doğru ve yanlış olaylar ele alınmaz. Karşılaştığımız olaylar hakkında genellikle kesin bir kanımız yoktur. İdeal olarak bir uzman sistemin belirsizliğin üstesinden gelebilmesi gerekir. Bununla birlikte, sorumluluğunu uzman sistemin yükleneceği, olasılıksal akıl yürütme türünde kullanım için geçerli istatistiksel kanunların bulunması gibi önemli bir teorik bir problemle karşı karşıyayız.
- **Kabul Edilebilirlik:** Bir firmada uzman sistem teknolojisine giriş, firmanın organizasyon yapısında ciddi sonuçlar doğuracaktır. Uzman sistemlerin kullanımı düşünüldüğü zaman, bu faktörlerin göz önüne alınması gerekir. Aksi takdirde sistem, organizasyondan aktif bir mukavemetle karşılaşabilir.
- **Bilginin Elde Edilmesi:** Uzman sistemlerin geliştirilmesinde karşılaşılan en ciddi problem, gerekli bilginin elde edilmesi işleminin sebep olduğu dar boğazdır. Bir uzmandan bilginin çekilmesi ve bu bilginin depolanması genellikle uzun ve zor bir işlemdir.
- **Uzman Sistemin Sınırlıdır:** Bir uzman, kendi bilgi sınırlarını bilir. Bilgisayar tabanlı bir sistem ise, özellikle programlandığı müddetçe sınırlarını bilmez. Uzman sistemler, bir problemin kendi yeteneklerinin ötesinde veya kendi sahası dışında olduğunu belirleyecek yerleşik bir bilgiye sahip değildir.
- **Uzman Sistem Bakım Gerektirir:** Uzman sistemin geçerliliğini ve kalitesini koruyabilmesi için bir uzman yada bilgi mühendisi tarafından sürekli olarak bakılması gerekir

TABLO 3.2. Uzman Sistemlerin Dezavantajları

Uzman Sistem	Uzman
Dar Görüşlü	Yaratıcı
Kontrol Edilmeli	Adapte Olabilir
Sembolik Bilgi Girişi	Algısal Deneyim
Teknik Bilgi	Genel Bilgi

3.2.5. Uzman Sistemlerin Kullanım Alanları

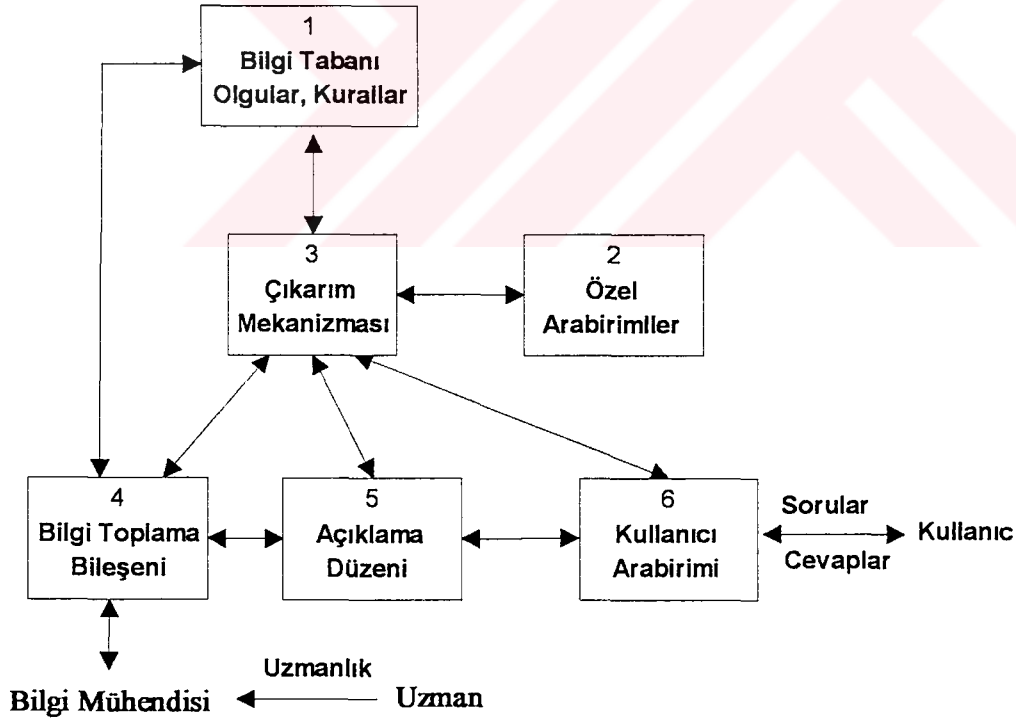
Uzman sistemlerin karar vermek veya problem çözmek için kullanıldığını biliyoruz. Ancak hangi görevler uzman sistemler için daha uygundur? Uzman sistemler bilinen bilgisayar programlarından daha yüksek işlem düzeyinde çalışırlar: Bir insanın düşünme mekanizmasına benzer tarzda çalışırlar. Çıkarımlar, tahminler yaparlar ve ek bilgi için sorular sorarlar. Bunlardan başlıcaları:

- Yorumlama
- Tahmin
- Teşhis
- Tasarım
- Planlama
- Öğretim ve Eğitim
- Denetleme/Kontrol
- Değerlendirme

3.3. Uzman Sistemlerin Yapısı

Yapı olarak standart bir uzman sistem tanımlamak imkansızdır. Günümüze kadar geliştirilen uzman sistemler için farklı yapılar kullanılmışlardır. Çünkü bir yapı, bir uygulama için uygun olmasına rağmen bir diğeri için uygun olmayabilir. olabilir.

Önemli farklara rağmen, yapıların çoğu genelde birkaç ortak bileşene sahiptir. Uzman sistemlerin bu temel bileşenleri şunlardır: bilgi tabanı, çalışma belleği, çıkarım mekanizması, açıklama düzeni, bilgi toplama bileşeni ve kullanıcı arabirimidir. Şekil 3.1'de tipik bileşenleri ile beraber uzman sistemler için ideal bir yapı gösterilmiştir (Harmon, el at,1985). Bununla birlikte, bütün bileşenler her zaman uzman sistemde mutlaka bulunmayacağı gibi, farklı bir biçimde de organize edilebilirler. Aşağıdaki bölümlerde bileşenlerin herbiriyle ilgili daha ayrıntılı bilgi verilir.



Şekil 3.1. Tipik Bir Uzman Sistem Yapısı

3.3.1. Bilgi Tabanı

Uzman sistemlerin en kritik bileşeni olan bilgi tabanı, özel bir uygulama sahası ile ilgili temel olguları (verileri), prosedürel kuralları ve bulgusal (sezgisel) bilgiyi içerir. Olgular sadece pasif bir rol oynarlar. Buna karşılık kurallar prosedürel bir anlama sahiptirler. Bilgi tabanında depolanan bu bilgi, sistemin bir uzman gibi hareket etme yeteneğini oluşturur.

Genelde Bilgi, olgular ve kurallar biçiminde depolanır. fakat bu bilginin edpolanmasında çok farklı düzenler kullanılır. Bilgi temsil düzeninin tasarımı; sistemin açıklama işlemini, bilginin güncelleştirilmesi işlemini, çıkarım mekanizmasının tasarımını ve sistemin toplam etkinliğini etkiler. Kısacası bilgi temsil düzeninin seçimi uzman sistem tasarımında çok kritik kararlardan biridir. Bilgi, bilgi tabanında ne kadar iyi temsil edilirse, o derece güçlü bir uzman sistem elde edilir (Wolfram, el at, 1987).

Uzman sistemlerde iki tür bilgi depolanır. Birincisi saha özel bilgi, ikincisi ise saha bağımsız bilgidir. Bilgi tabanında depolanan bilgi saha özel bilgidir. Bundan dolayı, sadece özel bir sahaya aittir. Bir uzman sistemdeki bilgi, saha bilgisini sistem bilgisinden, yani problemlerin nasıl çözüleceği veya kullanıcı ile nasıl bağlantı kurulacağına ilişkin bilgiden ayıracak biçimde tasarlanır.

Bilgi tabanı çıkarım mekanizması ile beraber uzman sistemin kalbini oluşturur. Bilgi tabanının uzman sistemler için öneminden dolayı, uzman sistemler, literatürde bilgi tabanlı sistemler olarak yer alırlar.

3.3.1.1. Veri Tabanı ve Bilgi Tabanı

Bir veri tabanı programı ve uzman sistemin her ikisinde depolanan bilgiyi yeniden elde edebilir. Fakat bu ortak özelliklerine rağmen iki programın tipi bir birinden oldukça farklıdır. Örneğin tıpta, bir veri tabanı programı çeşitli hastalıkların belirtilerini saymak

için kullanılabilir. Halbuki bir uzman sistem ise hastalığın teşhisinden, hastalığın sebeplerinin belirlenmesinin belirlenmesine ve tedavi programlarının önerilmesine kadar bir uzmanın (burada bir doktorun) görevlerinde bir uzman olarak yardımcı olabilir. Uzman sistemlerin böyle gerçek bir uzman gibi davranabilme yeteneklerinin asıl nedeni; kapsam ve görünüş olarak farklı, geniş bir bilgi türünü depolayabilir olmasıdır.

Veri tabanı programları kendi sahalarındaki olgular hakkında akıl yürüterek sonuç çıkaramadıklarından, bir veri tabanı programı kullanıcılardan, kendi sonuçlarını kendilerinin çıkarmasını bekler. Veri tabanı programları veriyi kendileri işlerler ve formatlarlar, fakat veri hakkında akıl yürütemezler, yorumlayamazlar. Aksine uzman sistemler, uzmanın akıl yürütme işlemine benzer tarzda çalışan tanımsal ve prosedürel bilgiden oluşan bir uzmanlığa sahiptirler.

Bilgi tabanı ile veri tabanı arasındaki farkı daha genel biçimde ifade edecek olursak: Bilgi tabanı uygulanabilir. Veri tabanına ise soru sorulur ve güncelleştirilir, fakat veri tabanını uygulamak düşünülemez.

3.3.2. Çalışma Belleği

Geçici veri deposu, veri tabanı veya iddialar olarak da adlandırılan çalışma belleği, sistemin sahip olduğu bilginin özel bir zamandaki ayrıntılarını içerir. Bundan dolayı başlangıçta çalışma belleği boştur. Daha sonra, kullanıcının etkileşim boyunca sağladığı olguları ve sistem tarafından çıkarılan olguları kapsayacaktır. Bu nedenle, çalışma belleği dinamik bir yapıya sahiptir.

Tipik bir etkileşim, kullanıcının bir arabirim yardımıyla uzman sisteme erişmesi ile gerçekleşir ve kullanıcının sağladığı ilk girdiler çalışma belleğinde depolanır. Daha sonra uzman sistem bilgi tabanındaki kuralları kullanmak üzere çıkarım mekanizmasını çalıştırır. Sistem bazı olguları öğrenme ihtiyacı duyarsa, yine kullanıcı arabirimi yardımıyla bunları kullanıcıya soracak ve sonra, bu olguları çalışma belleğinde

depolayacaktır. Ayrıca çıkarım mekanizmasının ürettiği yeni olgularda çalışma belleğinde depolanır. Çıkarım mekanizması kullanıcının sağladığı olgularla birlikte bu ara sonuçları yeni girdiler olarak kullanır.

3.3.3. Çıkarım Mekanizması

Bir kimsenin bir sahada genişbilgi sahibi olamsı, o kişinin uzman olması için yeterli değildir. Bir uzmanın aynı zamanda uygun bilgiyi nasıl seçeceğini ve onu nezaman uygulaması gerektiğini de bilmesi gerekir. Benzer biçimde, bir bilgi tabanı tek başına bir programın uzman sistem olması için yeterli değildir. Programın bilgi tabanı haricinde, bilgi tabanındaki bilginin nasıl uygulanacağını kontrol eden başka bir bileşenede sahip olması gerekir. Programın bu işlevleri gören bileşenlerine çıkarım mekanizması denir.

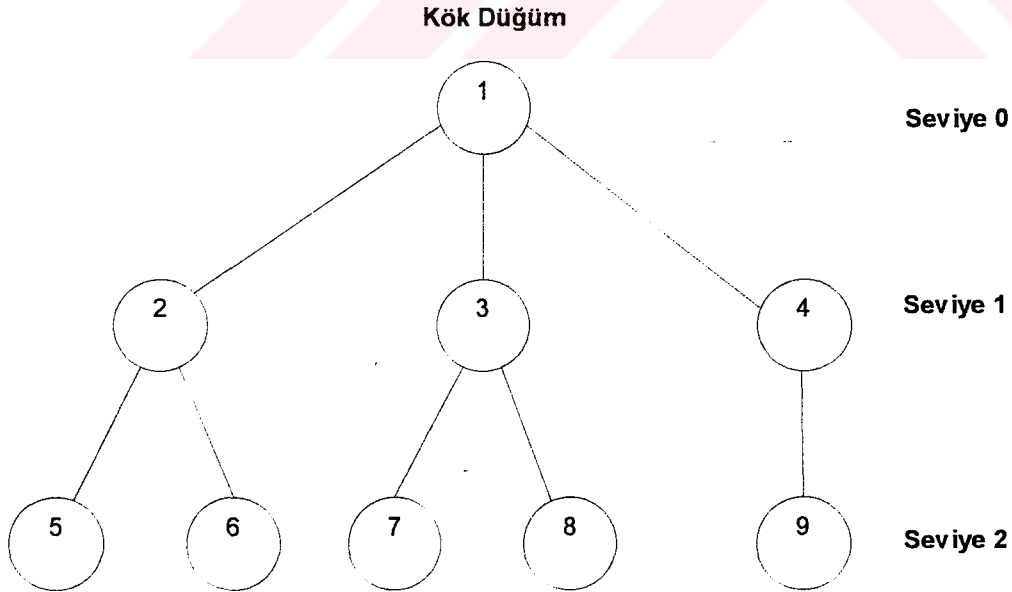
Yukarıdaki paragraftan da anlaşılacağı üzere uzman sistemlerde iki tür bilgi depolanır: saha-özel bilgi ve saha-bağımsız bilgi. Saha-özel bilgi, uzmanın olgusal ve sezgisel bilgisinden oluşur ve sistemin bilgi tabanında depolanır. Saha-bağımsız bilgi ise sistemde inşa edilen saha-özel bilgiye uygulanabilen genel problem çözme stratejilerini temsil eder. Problemin nasıl çözüleceğine ilişkin bu saha-bağımsız genel problem çözme bilgisi, sistemin çıkarım mekanizmasında yer alır. Uzman sistemlerde bilgi, saha-özel bilgi ve saha-bağımsız bilgi birbirlerinden ayrılacak şekilde organize edildiğinden, bir uzman sistemdeki çıkarım mekanizması farklı bilgi tabanları ile çalışabilir. Çıkarım mekanizmalı, bilgi tabanı boş sistemler, yüksek düzeyli uzman sistem inşa dilleri olan uzman sistem geliştirme araçları, günümüzde uzman sistemlerin inşasını oldukça kolaylaştırmıştır.

Çıkarım mekanizması; mantıksal olarak sonuçlar çıkarmak veya bir problemin niçin gerçekleştiğini kanıtlamak için problem çözme teknikleri yardımı ile bilgi tabanı boyunca tarama, arama, çözme ve akıl yürütme işlemlerini gerçekleştirir. Bu işlemler sonucunda elde edilen sonuçlar müteakip işlemlerde kullanılmak üzere bilgi tabanında depolanır.

Çıkarım mekanizmasının ana elemanları, arama teknikleri ve kontrol stratejileridir. Arama teknikleri, problem çözme tekniklerinin esasını oluşturur. Kör arama ve sezgisel arama olarak iki kategoride toplayabileceğimiz arama tekniklerinin en iyi bilinen örnekleri; ayrıntılı arama, genişlik-ilk, derinlik-ilk ve en iyi-ilk arama teknikleridir. Kontrol stratejileri ise aramanın, yani akıl yürütmenin uygulanmasına ve yönüne rehberlik ederler. En yaygın iki kontrol stratejisi; ileri zincirleme ve geri zincirlemedir.

3.3.3.1. Arama Ağacı

Arama ağacı, arama alanını temsil eden grafiksel bir metottur. Bilgi tabanındaki bilgi elemanları, bu anlam ağlarındakiler gibi düğüm ve bağlarla çizilerek canlandırılabilir. Her düğüm; bir olgu, kural veya diğer bilgi elemanını temsil eder. Düğümler ilişkileri gösteren bağlarla birbirlerine bağlanırlar. Genellikle sonuç diyagram, tepedeki gövdesi ve kökleri ve aşağı doğru yayılan dal ve yaprakları ile ters yüz edilmiş bir ağaca benzer. Tipik bir arama ağacı Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Arama Ağacı

Arama işleminin başlangıç noktasına genellikle kök düğüm denir. Kök düğüm dallarla aşağı doğru büyüyerek, "çocuklar" olarak adlandırılan alt düğümlere uzanırlar. Her ilave düğümün bir veya daha fazla alt düğümü vardır. Nihayet ağacın en alt düğümlerinin hiçbir altdüğümü yoktur. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi arama ağacının temel yapısı hiyerarşiktir ve bir organizasyon şemasına benzer.

3.3.3.2. Arama Teknikleri

Yapay zekada kullanılan temel problem çözme tekniği, aramadır. Arama, adındanda anlaşılacağı gibi en iyi çözümü bulmak için problemin mümkün çözümler kümesinin sınanması işlemidir. Bu işlem esasta bir labirenti çözmeye benzer: uzman, verilen bir durumla başlar ve problemin çözümü bulununcaya kadar alternatifleri sınar. Arama tekniklerinin amacı, sınanacak mümkün yolların sayısını azaltmaktır.

Günümüzde uzman sistemlerde kullanılan birçok arama tekniği vardır. Burada önemli olan, uygulama için en uygun tekniği belirlemektir.

Arama tekniklerini iki guruba ayırabiliriz: kör arama teknikleri ve sezgisel arama teknikleri.

3.3.3.2.1. Kör Arama Teknikleri

Kör arama teknikleri, vadide yürüyerek kendine uygun bir yol arayan kişiye benzer. Herhangi bir anda kişi sadece vadinin sınırlı bir kısmını izleyebilir ve bu yüzden oldukça yakın olmasına rağmen mükemmel bir yolu kaçırabilir. Bir başka deyişle, kör aramalar çözüm yolunun keyfi olduğu durumlardır. Bu nedenle zayıf arama teknikleri olarak bilinirler ve bunun bir sonucu olarak da karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmazlar. Ayrıntılı arama, genişlik-ilk ve derinlik-ilk kör arama örnekleridir.

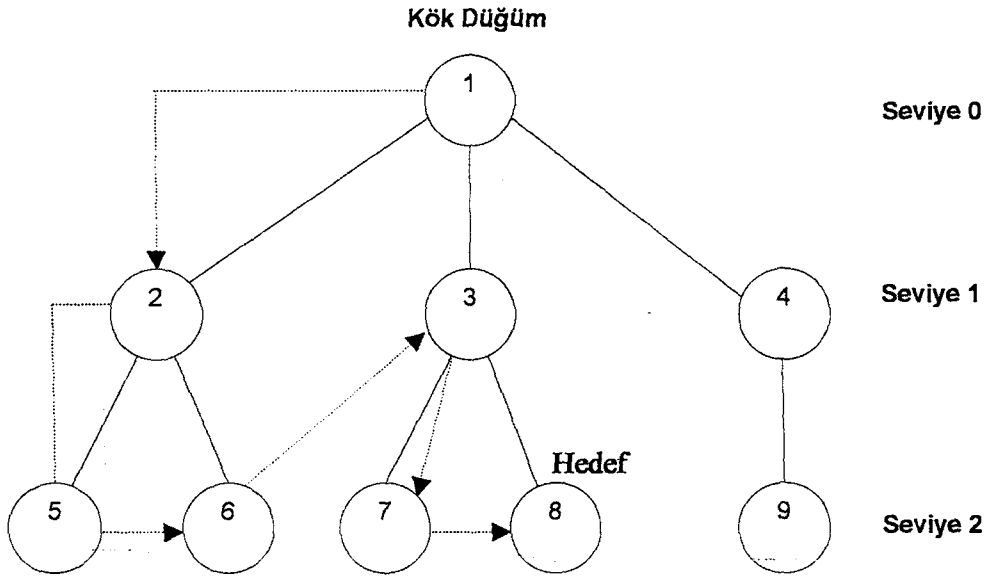
3.3.3.2.1.1. Ayrıntılı Arama Tekniği

Ayrıntılı arama, her mümkün yolun bir karar ağacı yardımıyla analiz edildiği bir arama tekniğidir. Bu tekniğin uygulanması, çok zaman harcamayı gerektirir. Bazı problemler boyutundan ötürü bu metod için olanaksız olabilirler. Bununla birlikte ayrıntılı arama tekniği, zamanın önemli olmadığı ve kesinliğin gerekli olduğu uygulamalar için uygundur.

3.3.3.2.2. Derinlik-ilk Arama Tekniği

Derinlik-ilk arama tekniğinde arama işlemi tepeden tabana ilerler. Şekil 3.3'deki örnekte, arama 1'den başlar ve sırayla 2 ve 5 olarak aşağı doğru iner. Her düğümün sadece en soldaki düğümü sınanır. Düğüm arzulanan düğüm değilse, işlem bir sonraki düzeye iner ve bu düğümün en soldaki düğümü seçer. Bütün bu işlemlerde hareket daima aşağı doğrudur. Arama işlemi, arzulanan tercihi bulmadan en aşağı düzeye inerse, işlem bir tercih içeren en son düğüme döner. Daha sonra aşağı doğru yapılan hareket tekrarlanır. Örneğin, Şekil 3.3'deki arama işlemi için hedef düğüm 8 ise, işlem önce 1'den 5 numaralı düğüme iner. Bu istediğimiz sonuç olmadığından sonra 2'den 6'ya inilir, buradan 3'e gidilir. Daha sonra 7, 3 ve 8 yolları izlenerek hedef düğüm olan 8 numaralı düğüme ulaşır.

Şimdi de derinlik-ilk arama tekniği ile ilgili olarak verdiğimiz örneği tekrar ele alarak derinlik-ilk ve genişlik-ilk arama tekniklerini mukayese edersek; arulanan düğüm 8 ikinci düzeyde olduğunda, derinlik-ilk arama tekniğinde 8'e erişmek için 6 düğüm sınanırken, genişlik-ilk arama tekniğinde 7 düğüm sınanır.

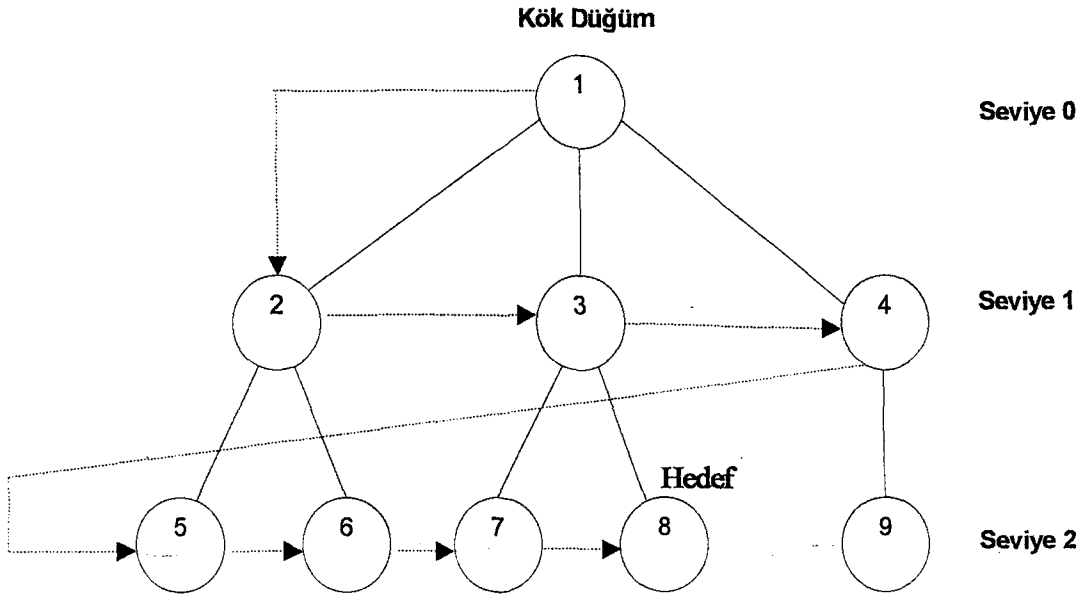


Şekil 3.3. Derinlik-İlk Arama Tekniği

Derinlik-ilk arama tekniği, çok uzun alt dalların olmadığı ve kısa yolların bulunduğu durumlarda oldukça etkin bir tekniktir.

3.3.3.2.3. Genişlik-İlk Arama Tekniği

Genişlik-ilk aramasında, hareket seviye seviye gerçekleştirilir. İşlem aynı seviyedeki düğümleri bire bir sınar ve bir düzeyde hedef düğümü bulamazsa, daha sonra müteakip düzeydeki düğümleri inceler. Şekil 3.4 genişlik-ilk arama tekniğinin çalışma mekanizmasını göstermektedir.



Şekil 3.4. Genişlik-İlk Arama Tekniği

Genişlik-ilk arama tekniği, bir düğümden çıkan yolların sayısı çok fazla olmadığı durumlarda oldukça etkindir. Bununla birlikte bütün düğümlerin aşağı yukarı aynı derinlikteki düğüme gittiği durumlarda, tekniği kullanmak doğru olmaz.

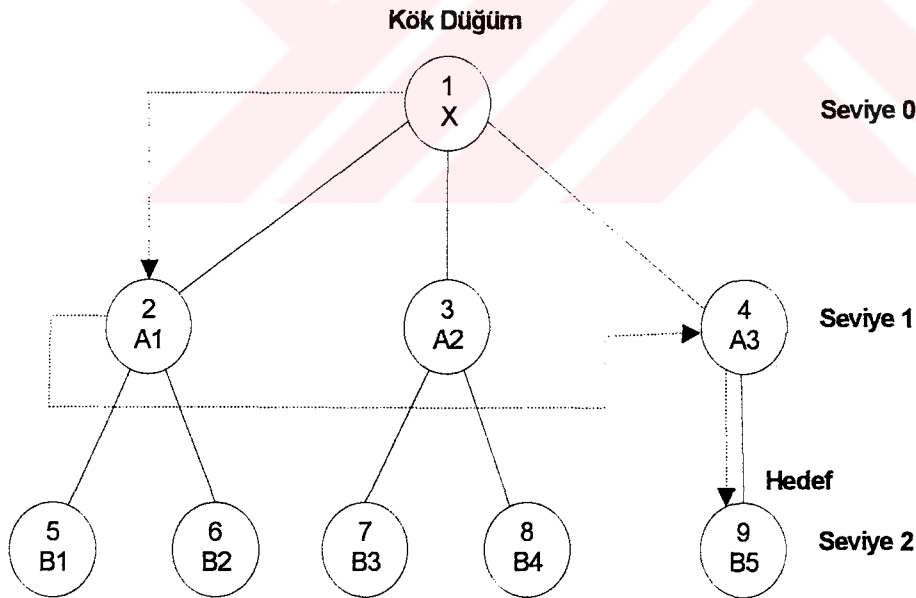
3.3.3.2.2. Sezgisel Arama Teknikleri

Sezgisel bilginin kullanılmasındaki asıl amaç, çözüm için bir yön sağlayarak akıl yürütme işleminin etkinliğini artırmaktır. Böyle bir yönün sağlanması, çözüme erişmeden önce aranması gereken alanı küçültür. Bu da bize, verilen bir zaman zarfında daha karmaşık problemleri ele alma imkanını verir. Sezgisel aramanın esası, tatminkar çözümlerin teşhis edilmesidir. Sezgisel arama, üssel karmaşıklılığından dolayı klasik metodlarla çözülemeyen problemler için tatminkar çözümler bulunmasını sağlar. Sezgisel arama teknikleri problem çözümü için genel bir çare olmamakla beraber, oldukça güçlü bir tekniktir. En iyi-ilk arama tekniği, iyi bilinen bir sezgisel arama tekniğidir.

3.3.3.2.2.1. En iyi-ilk Arama Tekniği

3.3.3.2.2.1. En iyi-ilk Arama Tekniği

En iyi-ilk arama tekniğinde, bir çözüme götürmesi en muhtemel bir sonraki durumu belirlemek üzere bir sezgisel değerlendirme fonksiyonu kullanılır. Bu matematiksel fonksiyon, aram ağacındaki her mümkün durumun iyiliği hakkında sezgisel değerle hesaplar. Böylece en iyi-ilk arama tekniği, mevcut düğümün hedef düğümünden ne kadar uzak olduğu hakkında iyi bir tahmin yapar ve hedef düğüme götüren en kısa yolu seçer. En iyi-ilk arama tekniği için bir örnek, Şekil 3.5’de verilmiştir. Şekilde, başlangıç düğüm X ve hedef düğüm B5 dir. İşlem X düğümü ile işe başlar. İkinci adımda üç alternatif tercih vardır: A1, A2, ve A3. Bu düğümler arasında çözüme uzaklık değeri en düşük olan A1 tercih edilir. Üçüncü adımdaki olası tercihler B1, B2, A2 ve a3 dür. Yine en küçük uzaklık değerine sahip bulunan A3 seçilir. Dördüncü adımda dört mümkün tercih vardır: B1, B2, A2, B5. Bu tercihler arasında en düşük değere sahip hedef düğüm B5 seçilerek işlem tamamlanır.



Şekil 3.5. En iyi-ilk Arama Tekniği

3.3.3.3. Kontrol Startejileri

Arama işlemlerinin önemli niteliklerinden biri, akıl yürütmenin ilerlediği yöndür: Bir arama tekniği seçildiği zaman, farklı durumlar bundan sonra ne yapılacağına (yani, hangi operasyonun uygulanacağına ve nerede uygulanacağına) karar vermek için farklı akıl yürütme stratejileri (kontrol stratejileri) gerektirir. Yapay zekada kullanılan geleneksel iki kontrol stratejisi vardır: İleri zincirleme ve geri zincirleme.

3.3.3.3.1. İleri Zincirleme

İleri akıl yürütme veya ileri arama olarak da adlandırılan ileri zincirleme (forward chaining), verilen başlangıç koşullarıyla başlar ve bir çözüme doğru bilgi tabanı boyunca ileri doğru arama işlemini gerçekleştirir. Çıkarım işlemini yürütmek için elde bazı veriler olmadıkça bu metod çalışmayacağından, ileri zincirleme stratejisi veri yürütmeli (data-driven) çıkarım olarak da bilinir. Hiçbir veri kalmadığında çıkarım mekanizması durur.

Şekil 3.4 ve 3.5’de verilen derinlik-ilk ve genişlik-ilk arama teknikleri, ileri zincirleme programında gerçekleştirilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi ileri arama, bir olguyla (kök düğümlerle) başlar ve bu olguyla bilgi tabanındaki (arama alanındaki) düğümlere eşlemeye çalışarak, bir hedef veya çözüm düğüm bulununcaya kadar ileri doğru hareket eder.

Bir kural tabanlı sistemi göz önüne alırsak; sistem, bir olgudan (veya durumdan) hareket ederek öncülerini bu olguyla eşlenen (öncülerin doğruluğu olgu tarafından kanıtlanan) bir kural buluncaya kadar kural listesi boyunca ilerler. Daha sonra, kullanılan bu kural yeni bir olguyu iddia etmek için kullanılacaktır. Kural, aynı arama işleminde bir daha kullanmayacak; bununla birlikte, bu kuralın ateşlenmesinin bir neticesi olarak ulaşılan olgu (sonuç cümlecisi), çalışma belleğinde depolanacaktır. Bu eşlenen bir kuralı bulma, kuralı ateşleme ve sonucu çalışma belleğine ekleme işlemi eşlenen (doğrulan) daha fazla kural kalmayıncaya kadar devam eder.

3.3.3.3.2. Geri Zincirleme

İleri zincirleme stratejisinin tam karşısı geri zincirleme (backward chaining) dir. Geri zincirleme (geri akıl yürütme olarak da bilinir), son çözümle (hedef durumla) başlayıp başlangıç koşullara doğru geriye ilerleyen bir hedef yönlendirmeli (goal-directed) arama işlemidir. Şekil 3.4'ü göz önüne alırsak, bir geri zincirleme tekniği 8, 7, 6, 5, 4,2 ve 1 sırası içinde düğümleri sınar.

Kullanıcı bir olgunun doğru olup olmadığına ilişkin bir soru surduğu ve bilgi tabanındaki bilinen bilgiden veya kullanıcının verdiği cevaplardan soruyu belirleyebilen bir kural olduğu zaman geri zincirleme akıl yürütmesi kullanılır. Başka bir deyişle, geri zincirleme olgulardan hipotezi (sonuç cümleciğini) kanıtlamaya çalışır. Mevcut amaç sonuç cümleciğindeki olguyu kanıtlamaksa, daha sonra öncüllerin durumla eşlenip eşlenmediğini saptamak gerekir.

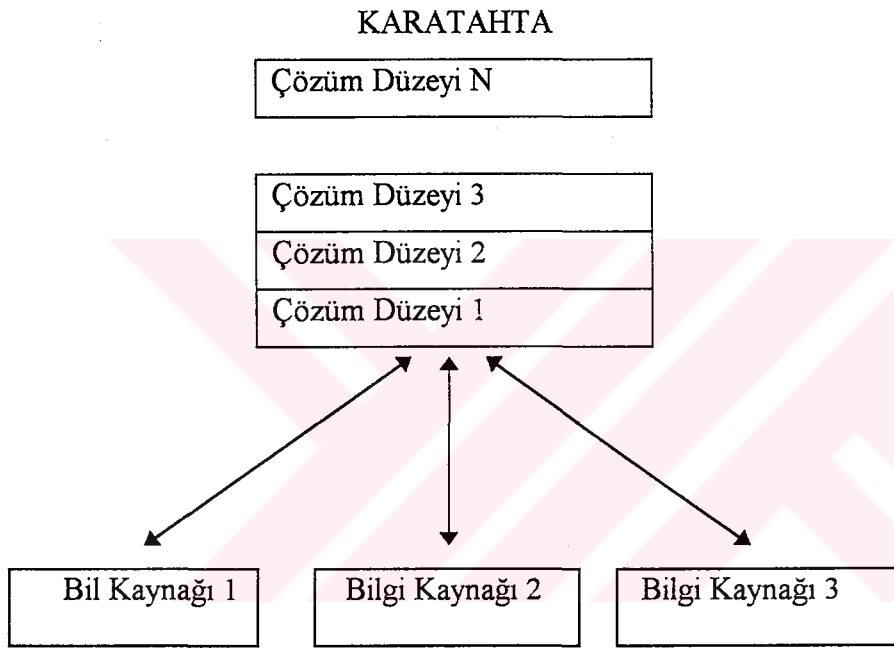
3.3.3.3.3. Karatahta Modeli

Karatahta modeli, özellikle çok sayıda uzman gerektiren kompleks sahalardaki akıl yürütmeyi organize etmek için kullanılan bir sistemdir. Önceki bölümlerde bahsedilen tekniklerde bir problemi çözmek için bilgi tabanı boyunca ya ileri yada geri ilerleyerek akıl yürütülüyordu. Fırsatçı akıl yürütme ise her ikisinin karışımı bir sistemdir. Bilgi parçaları en uygun zamanlarda ya ileri yada geriye doğru uygulanır.

Şekil 3.6' de bir karatahta modeli verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi karatahta modelinde bilgi, herbiri bir uzmanı temsil eden ayrı ve bağımsız bilgi tabanlarına parçalanabilir ve herbir bilgi tabanı özel bir işlevi yerine getirir. Bilgi tabanları birbirlerine karatahta diye adlandırılan bir genel bilgi tabanını kullanarak iletişim kurarlar. Bir bilgi kaynağı tarafından üretilen her kısmi sonuç, karatahtaya kaydedilir. Bu nedenle karatahta sistem tarafından erişilen ara sonuç ve kararları kapsar. Bağımsız bilgi tabanlarındaki bilgi, karatahta bilgisindeki değişiklikleri etkiler ve ayrıca bağımsız bilgi kaynakları

karatahtanın içeriğini gözetleyebilir ve değiştirebilirler. Fakat kendi aralarında direkt olarak iletişim kuramazlar.

Her bağımsız bilgi tabanı yarı aktiftir. Sadece bilgisinin ne zaman katkıda bulunacağını bilir ve gerektiğinde harekete geçer. Ayrıca karatahtanın mevcut içeriğini gözleyerek mevcut duruma kendi uzmanlığının uygulanmasına dayalı yeni bir çözüm geliştirmeye çalışır.



Şekil 3.6. Karatahta Modeli

3.3.4. Açıklama Düzeni

Bir uzman bir problemi çözdüğünde çözüme nasıl ulaştığını açıklayabilir. Başka bir deyişle kendi akıl yürütmesini açıklayabilir. Benzer bir yeteneği, birer uzman iddiasındaki uzman sistemlerin de göstermesi gerekir. Geleneksel bilgisayar programlarında genellikle böyle bir özellik yoktur.

Uzman sistemlerin, kendilerini özellikle üç yönde açıklamaları önemlidir.

- Birincisi ve en önemlisi; sistemin verilen olgulardan sonuçlarına nasıl eriştiğini açıklayabilmesi gerekir. Eğer sistem kendini açıklayabilirse bu açıklama en azından, kullanıcının ya kendi yargısını düzeltmesi yada sistemin sonucunu reddetmesi seçeneklerinden birini seçmesini sağlar.
- İkincisi, sistem kullanıcıdan özel bir bilgi talebinde bulunduğu anda niçin böyle özel bir bilgiye ihtiyaç duyduğunun gerekçesini ifade edebilmelidir.
- Üçüncüsü, sistemin neden bir özel sonuca erişmediğini veya özel bir tavsiyede bulunmadığını açıklama yeteneğidir. Bazen bu tür açıklamalar diğer çıktılardan daha aydınlatıcı olabilir. Sistemin böyle bir açıklama yeteneğine sahip olması kesin bir şart olmamakla beraber oldukça yararlıdır.

3.3.5. Bilgi Toplama Bileşeni

Bilgi toplama, uzmanlar, kitaplar gibi çeşitli bilgi kaynaklarından problem çözme uzmanlığını elde etmeve edinilen bu uzmanlığı sistem tarafından kullanılabilen temsili bir yapıya dönüştürme işlemidir.

Bilgi toplama işlemi genellikle bilgi mühendisleri tarafından gerçekleştirilir. Sistemin bir anlamda sıfırdan inşası demek olan bu durumda bilgi toplama görevi, yoğun bir bilgi mühendisliği ve programlama deneyimi gerektiren oldukça güç ve zaman alıcı bir görvedir.

Uzman sistemler için sistemin inşası kadar, sistemin bakımı ve sürekliliğinin de sağlanması önemlidir. Bu nedenle çoğu zaman uzman sistemlerde bilgi toplama bileşeninin en önemli görevi sistemi korumaktır. Bu, özellikle dinamik çevrelere yönelik uzman sistemler için çok daha önemlidir.

3.3.5.1. Uzman Sistemlerde Bilgi

Bilgi birkaç şekilde sınıflandırılabilir. En genel sınıflandırmaya göre iki tür bilgi vardır: tanımsal bilgi ve prosedürel bilgi. Uzman sistemlerin bilgi tabanlarında her iki bilgi türünde temsil edilir.

Tanımsal bilgi, özel bir problem sahasındaki nesneler, olaylar ve bunların birbirleri ile ilişkisi hakkındaki olguları ifade eder.

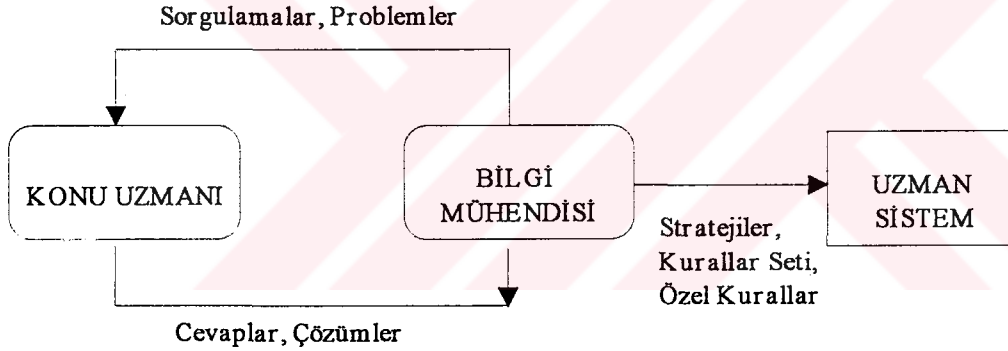
Prosedürel bilgi ise tanımsal bilginin nasıl kullanılacağını, örneğin birşey yapılacağı zaman bunun nasıl yapılacağına ilişkin bilgidir.

Bilgiyi kabul derecelerine göre ise üç grupta toplamak mümkündür: olgusal bilgi, sezgisel (heuristic) bilgi ve meta bilgi. Doğruluğu ilgili olduğu sahanın bütün uzmanlarınca kabul edilen olgusal bilgi; bir problem sahasındaki kavramları, ilk prensipleri, genel konuları ve nedensel ilişkileri kapsar. Sezgisel bilgi, uzmanın yılların tecrübesi ile edindiği bilgidir. Uzmanların desteğine sahip olmakla beraber, sezgisel bilginin tabiatından ötürü tümevarımlıdır ve bir uzman aksini kanıtladığında değiştirilmesi gerekir. Meta bilgi, bilginin yapısına, nasıl organize edildiğine ve ne zaman (hangi sıra içinde) uygulanabileceğine ilişkin bilgidir. Bilgi hakkında bilgi diye adlandırabileceğimiz bu tür bilgi, problem çözümü için genel bir yaklaşım sağlar. Bir uzmandan elde edilmesi en zor bilgidir. Ayrıca, bu tür bilgi uzmandan uzmana da farklı olabilir.

3.3.5.2. Bilgi Mühendisliği

Bilgi mühendisliği; çeşitli kaynaklardan arzulanan bilgiyi toplayıp, bu bilgiyi bilgi tabanında oluşturma işlemidir. Bilgi çeşitli kaynaklardan temin edilebilir. En önemli bilgi kaynağı uzmanlardır. Kitaplardan, mevcut bilgisayar bilişim sistemlerine kadar saha ile ilgili daha birçok şey bilgi kaynağı olarak kullanılabilir.

Bilgi mühendisi, uzmanlar dahil bütün kaynaklardan bilgiyi toplayıp, bu bilgiyi bilgi tabanında organize eden kişidir. Aslında diğer mühendislik disiplinlerinden farklı olarak, bilgi mühendisinin kim olduğunu tam olarak tanımlayan genel kabul görmüş bir kriter mevcut değildir. Uzman sistem geliştirme işlemine teknik yönden katkıda bulunan hemen herkesi bir bilgi mühendisi olarak kabul edebiliriz. Bilgi mühendisleri genellikle, önceden bilgisayar sahasında eğitim görmüş ve özellikle programlama teknikleri konusunda bilgi sahibi olan kişilerdir. Bir uzman sistem inşaatı, deneyimsiz bir bilgi mühendisine öğrenmek istediklerinin çoğunu öğretecektir. İnşa ettiği uzman sistemlerin adedi artıkça da, bilgi mühendisinin uzman sistem inşaatındaki başarısı artacaktır. Bilgi mühendisliği görevi genellikle bir yapay zeka uzmanı, bazen de bir programcı veya bilgisayar alanında daha yüksek kariyerdeki bir kişi tarafından yapılmaktadır. Şekil 3.7’de konunun uzmanından bir bilgiyi bir uzman sisteme nasıl aktarılacağı gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Bir Uzmandan Bilgisayar Brogramına Bilgi Transferi

Bilgi mühendisi, uzman sistem tasarım ve inşaatında iki farklı görev üstlenir. Bilgi mühendisinin birinci görev, saha uzmanından gerekli bilgiyi elde etme işlemidir. Bu görevin başarısı, bilgi mühendisinin bilgisayar teknolojisindeki eğitiminden ziyade sosyal yönden kuvvetli olmasına ve bilgi toplama tekniklerindeki deneyimine bağlıdır. Bilgi mühendisinin ikinci görevi ise doğrudan doğruya bilgisayarla ilgili diğer bilgi mühendisliği rolleridir.

3.3.5.3. Uzman Sistemlerde Bilgi Toplama Teknikleri

Bilgi toplama işlemi, bilgi mühendisinin çok emek sarf etmesini gerektiren bir işlemdir. Bu işlem, bilgi temsil tekniklerini bilen bir bilgi mühendisi ile saha uzmanı arasında geniş kapsamlı görüşmeler yapmasını gerektirir. Bilgi mühendisi gerekli saha bilgisini elde etmek için şu metodları kullanabilir:

- Mevcut yazılı metni okuma,
- Gözlem,
- Örnek problemleri incelemek,
- Benzetim,
- Görüşmeler,
- Otomatik bilgi toplama.

3.3.6. Kullanıcı Arabirimi

Uzman sisteme erişim, uzman sistem ve kullanıcı arasında diyalog üreten bir arabirim mekanizması aracılığı ile sağlanır. Kullanıcı arabiriminin işlevi operatör ve çıkarım mekanizması arasındaki bilgi alış verişini sağlamaktır. Kullanıcı arabirim düzeninin, kullanıcıdan bilgiyi kabul etmesi ve bu bilgiyi sistemin diğer birimlerine uygun bir biçimde dönüştürmesi gerekir.

Uzman sistemler, arabirim mekanizması oluşturmak amacı ile menüler, doğal dil işleme sistemi ile donatılabilir. Çoğu programcıların tanıdık olduğu menü; kullanıcının yürütülecek bir işlemi seçebileceği, görsel bir seçenekler listesidir.

Kullanıcı arabirimi genellikle uzman sistem performansının başarı ölçüsü olarak kabul edilir. Çünkü çıkarım mekanizması ne kadar etkin ve bilgi tabanı ne kadar kapsamlı olursa olsun, program sadece çıkarım mekanizması ve bilgi tabanı ile anlaşılır bir biçimde

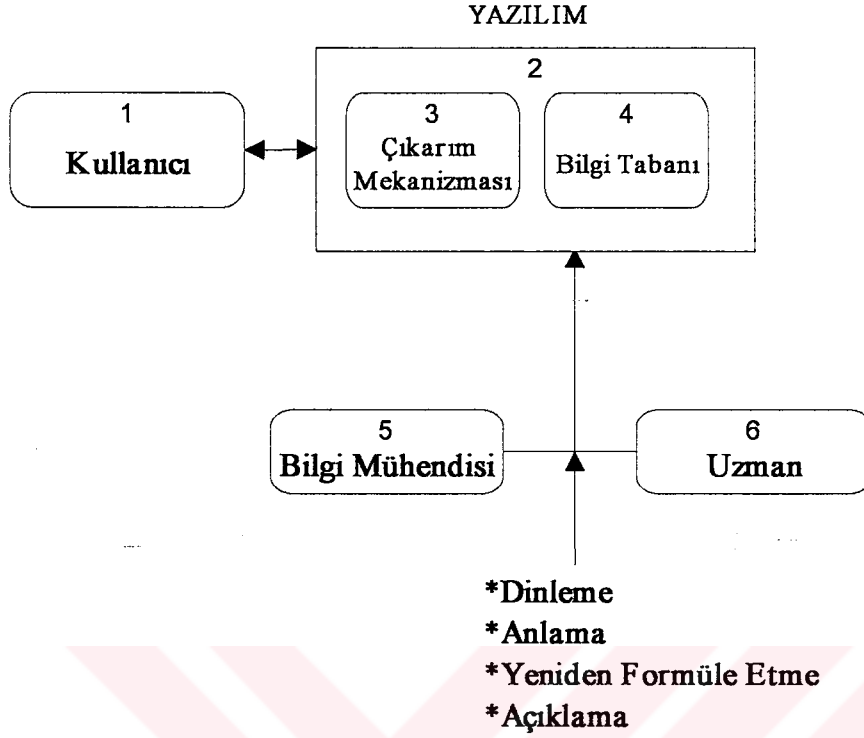
iletişim kurma yeteneği ölçüsünde değerlidir. Bu nedenle bir uzman sistemin kabul edilebilirliği de büyük ölçüde kullanıcı arabiriminin kalitesine bağlıdır.

3.4. Uzman Sistem Geliştirme İşlemi

Uzman sistemler pahalı yatırımlardır. Bu nedenle, yeni bir uzman sistem geliştirme kararı çok önemli bir karardır. Herşeyden önce böyle bir uzman sisteme gerek olup olmadığının analizi yapılmalıdır. Başlangıçta aşağıdaki koşulların bulunması, uzman sistem geliştirme projesinin başarı şansını artıracaktır:

- Uygulama sahası, sınırları çok iyi çizilmiş dar ve tanımlanabilir sahadır.
- Uzman sayısı azdır ve uzmanlara fazla talep vardır.
- Uzman sistemin için gerekli bilgiyi sağlayacak en azından bir uzman mevcuttur.
- Uzman bilgisini korumak gerekmektedir.
- Hatalı kararların veya uzman tavsiyelerinin maliyeti yüksektir.
- Uzman tavsiyesine kesinlikle ihtiyaç vardır.

şekil 3.8’de tipik bir uzman sistem geliştirme senaryosu gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Uzman Sistem Geliştirme Senaryosu

3.5. Uzman Sistem Oluşturma Yöntemleri

Uzman sistem dört farklı şekilde gerçekleştirilebilir:

- LISP, PROLOG ve SMALLTALK gibi yapay zeka dillerinden birini kullanarak sistemi inşa etmek.
- C ve PASCAL gibi genel amaçlı programlama dillerinden birinde sistemi geliştirmek. Her iki dil kendine özgü özellikleri ile, uzman sistem inşasında kendi avantaj ve dezavantajlarına sahiptir.
- Sınırlı geliştirme aracı örneğin INSIGHT, tümevarımlı sistem örneğin CLASS ve melez geliştirme aracı örneğin KEE gibi yüksek düzeyli bir geliştirme aracı yardımı ile

uzman sistemi geliştirmek. Bu geliştirme araçlarından birçoğu bilgi tabanı hariç tüm uzman sistem bileşenlerinin eksiksiz olarak gerçekleştirildiği programlardır. Problemi tam olarak karşılayan bu tür geliştirme aracının kullanılması, sistem geliştirme ve zaman maliyetini oldukça azaltacaktır. Ayrıca bu geliştirme araçları, bilgisayar konusunda fazla tecrbesi olmayan uzmanların bile bilgi mühendisi olmadan uzman sistem geliştirilmesine olanak vermektedir.

- EMYCIN gibi herhangi bir uzman sistem kabuğu (shell) kullanmak: Kabuklar işlev olarak yüksek düzeyli geliştirme araçlarına benzerler. Onlardan farkları daha katı olmaları ve herbir kabuğun mevcut sistemlerden birinin saha özel bilgisinin yok edilerek türetilmesidir.

Uzman sistem inşaasında bu yollardan biri uygulanacağı, gibi bunların bir kombinasyonu da uygulanabilir. Sistem geliştirici ele aldığı problemi her yönden analiz ederek problem için en uygun yaklaşımı belirlemelidir.

3.6. Uzman Sistem Geliştirme Safhaları

Uzman sistemlerin inşasında izlenen evreler, herhangi bir bilgisayar programı geliştirilmesiindeki evrelere benzer. İki arasındaki benzerlikler farklılıklardan çok fazladır. Bu sebepten uzman sistem geliştirme işleminide bir tür yazılım geliştirme işlemi olarak, başka bir deyişle, yazılım geliştirme işleminin bir yorumu olarak kabul edebiliriz. Bununla birlikte geleneksel yazılım geliştirme işlemi ile uzman sistem geliştirme işlemi arasında önemli farklar vardır. Bu önemli farkları şöyle sıralayabiliriz (Rolston, 1988).

- Yönetim (müşteri) ve saha uzmanı tüm geliştirme işlemi boyunca bu işlemin içindedir. Buna karşılık geleneksel sistemde, kullanıcı başlangıçta beklentilerini açıklar ve daha sonra nihai ürün elde edilinceye kadar herhangi bir müdahalede bulunmaz.

- Uzman sistemlerin inşası sırasında değişiklik sıhhatli bir durum olarak görülür. Özellikle prototip inşası evresinde değişiklik teşvik edilir. Bunda amaç, prototip evresinde değişikliklerin gerçekleştirilmesi ve sonuçlarının gözlenmesi kolay olduğundan, bu evrede değişiklikleri teşhis etmektir.

Uzman sistem geliştirme işlemi iteratif bir işlemdir. İşlemin her evresinde sonuçlar değerlendirilir ve beklentiler ile kıyas edilir. Sonuçlar beklentileri karşılamıyorsa, bu evrede gerekli düzeltmeler yapılır ve elde edilen yeni sonuçlar değerlendirilir. İşlem tatmin edici sonuçlara elde edilinceye kadar devam eder.

Uzman sistem geliştirme işlemini birbirini izleyen altı safhaya ayırarak inceleyebiliriz. Bunlar şunlardır:

3.6.1. Problemi Belirleme Safhası

Bu safha, bir uzman sistem geliştirme projesinin en kritik evrelerinden biridir. Problem sahasının belirlenmesi ve seçilen problemin tanımlanması bu evrede gerçekleştirilir.

Uzman sistem geliştirilmesine yönelik ilk çalışma, organizasyonun problemlerinden hangisinin uzman sistem geliştirmek için daha uygun olduğunun belirlenmesidir. Uzman sistemin geliştirileceği problem sahası belirlenirken şu kriterler göz önünde bulundurulur: Problem konusu uzman sistem geliştirmek için uygunmu? Problem için belli bir saha tanımlanabilir mi? Belirlenen bu saha uzman sistem uygulaması için elverişli mi? Yeterli bir uzmanlığa sahip uzman veya uzmanlar temin edebilir miyiz? Bu problem için uzman sistem geliştirmek ekonomik mi?

Problemin bir uzman sistem tarafından gerçekten çözülüp çözilemeyeceğinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bazı problemler çok basit ve uzman sistem teknolojisi için farklı olduklarından, bu problemlere yönelik uzman sistemler geliştirilemeyebilir.

Ayrıca, problemi modellemek için tanımlanabilir bir saha veya uzman bulunamayabilir. Kaldı ki bir uzman sistem projesinin başarıya ulaşması büyük oranda uygun bir uzmanlığın bulunmasına bağlıdır.

Fayda/maliyet analizleri de bu safhada yapılmalıdır. Çoğu iş kararlarında olduğu gibi, bir uzman sistem geliştirme kararı da, sistemden beklenen faydalar ile sistemin oluşturulmasının maliyetinin analizine bağlıdır. Bu maliyetler; uzman, bilgi mühendisi ve gerekli ayzılım ve donanım maliyetlerini içerir. Sistemden beklentiler ise şunlar olabilir: Daha fazla müşteriye hizmet vererek elde edilecek gelir artışı, kullanım etkinliğinin artmasından doğan maliyet azalması veya sistemin kritik uzmanlığı koruması sonucu sağlanan emniyet.

Aday problemler yukarıdaki kriterlere göre belirlendikten sonra, uzman sistem geliştirmek için en uygun problem belirlenir. Bundan sonraki çalışmalar seçilen problem üzerinde yoğunlaşır.

Problem seçiminden sonraki adım, problemin özelliklerinin belirlenmesidir. Bilgi mühendisi bu amaçla saha uzmanıyla yeterli miktarda görüşmeler yapar. Ayrıca sistemden beklentilerin ve hedeflerin de bu aşamada açıkça ortaya konması gerekmektedir.

Her uzman sistem geliştirme evresinde olduğu gibi, bu evre de bir değerlendirme ile sona erer. Bilgi mühendisi problem için geliştirdiği tanımları uzmana sunar. Uzman bu tanımları yeterli bulur ve bilgi mühendisinin sahayı yeterli biçimde tasvir ettiğini onaylarsa bir sonraki evreye geçilir. Aksi durumda, tatminkar bir sonuç elde edilinceye kadar bu işlemlere devam edilir.

3.6.2. Prototip Oluşturma Safhası

Bir problem sahası seçildiği ve seçilen probleme ilişkin gerekli ilk analizler yapıldıktan sonra bunu izleyecek görev, şimdiye kadar teşhis edilen kavarnların daha açık biçimde tanımlanması ve nihai sistemin küçük bir kısmını temsil eden bir prototipin inşasıdır.

Bu safhada, problemin hem özgün hemde genel yönlerini daha iyi anlayabilmek için problemin daha ileri düzeyde analizi yapılır. Genellikle bilgi mühendisi bu amaçla, problem sahasındaki işlemler ve nesneler arasındaki ilişkileri grafik olarak göstermek üzere problemin bir diyagramını çizer. Ayrıca problemi bir seri alt probleme bölmek ve de hem her alt problem bölümleri arasındaki ilişkilerin hemde çeşitli alt problemler arasındaki ilişkilerin diyagramını çizmek yararlı olacaktır.

Bu safhadaki son işlem, problem için kilit niteliğinde bir alt problemin prototipinin inşasıdır. Bilindiği gibi prototip, bir sistemin yapılmış ilk ve en yetkin örneğidir. Nihai sistemin küçük bir kısmının prototipinin oluşturulmasında başlıca üç amaç vardır:

- Problem çözme teknikleri ve problemin konusu ve doğası hakkında daha derin bir fikir sahibi olmak.
- Tüm sistemin fonksiyonelliğini göstermek. Bu sayede müşteri, sistemin faydasını değerlendirebilir ve bütün sistemi geliştirmek üzere çalışmalara devam edip edilmemesi konusunda karar verilebilir.
- İlk tasarım kararlarını denemek.

3.6.3. Biçimleme Safhası

Prototipin geçerliliğinin kanıtlanmasından sonra, sistemi geliştirmeye biçimlendirme evresi ile devam edilir. Bu ana kadar yapılan çalışmalar aslında problemi anlamaya yöneliktir. Diğer kompleks büyük yazılım sistemlerinin geliştirilmesinde olduğu gibi, bir uzman sistemin geliştirilmesinde de, biçimlendirme oldukça önemlidir. Çünkü, başlangıçta tam olarak anlaşılamayan problem bu aşamada daha iyi bir biçimde tanınması gerekir.

Biçimlendirme evresinin asıl amaçları şunlardır:

- Önceki evrelerde geliştirilen anlayışları korumak ve kaydetmek;
- Sistemi tam olarak gerçekleştirmeden önce bir kuvvet planı yapmak;
- Sistem gerçekleştirme stratejilerine ilişkin kararları kaydetmek;
- Geliştireceğimiz sistem için uygun geliştirme stratejileri seçmek;
- Projeyi anlaşılır bir şekilde izah ederek, daha fazla kişinin projeye katkısını sağlamak;
- Kullanıcının projeye katılımını sağlamak ve projenin yönetimini kolaylaştırmak için kontrol noktaları oluşturmak ve gerekli açıklığı sağlamak.

Biçimlendirme işlemindeki ilk adım, ayrıntılı problem analizidir. Bu analizin amacı; çözülecek problemi, karşılanacak hedefleri ve en önemlisi, projenin ve yönetimin beklentilerini sınırlayan kısıtları mümkün olduğu kadar açık bir biçimde tanımlayan fonksiyonel tanımlar geliştirmektir.

Bu evrede gerçekleştirilen ikinci adım, proje planlama faaliyetidir. Bu faaliyetin çıktısı; proje için gerekli olan kaynakların tahminini ve kaynakların nasıl dağıtılacağını gösteren bir bütçeyi kapsayan proje planıdır. Proje planının ayrıca, proje ekibinde yer alanların görevlerini ve bu görevlerin birbirlerine bağılıklarını gösteren bir programda içermesi beklenir.

Proje planlama faaliyetinden sonraki aşama, test planlama faaliyetidir. Bu faaliyetin amacı, sistem geliştirildikten sonra sistemin geçerliliğini kanıtlamak için gerekli elemanları tanımlamaktır. Bu amaçla özellikle sistemi sınırlı koşullarla çalışmaya zorlayan, örnek test çalışmaları ve bu çalışmalarda izlenen prosedürler listelenir.

3.6.4. Gerçekleştirme Safhası

Uzman sistemin işleme hazır hale getirildiği bu evrede izlenen adımlar şunlardır (Rolston, 1988).

- Prototipin yeniden gözden geçirilmesi;
- Sistem çatısının inşası;
- Esas bilginin eldesi;
- Yardımcı yazılımın geliştirilmesi;
- Bütünleştirme;

Bu evrede ilk adım olarak, önceden inşa edilen prototip, biçimlendirme evresinde geliştirilen planlara uygun olarak yeniden gözden geçirilir. Bu amaçla aşağıdaki adımlar gerçekleştirilir:

- Temsil ve çıkarım kararlarının gözden geçirilmesi;
- Sistem bileşenlerinin temsil düzeyinin gözden geçirilmesi;
- Bilgi tabanını kısımlara ayırmak;
- Prototipin onaylanması.

Prototipin revizyonu için önce bilgi temsil düzeni ve çıkarım düzeni tasarım evresinde verilen kararlara uygun bir biçimde değiştirilir. Daha sonra sistem bileşenlerinin temsil düzeyi değerlendirilir. Örneğin bu düzey çok yüksek veya çok düşük olabilir. Bundan sonraki adım, bilgi tabanının kısımlara ayrılmasıdır. Karmaşık bir sistemi, yönetilebilir daha küçük kısımlara ayırmak oldukça etkin bir tekniktir. Bilgi tabanı

mantıksal olarak bağımsız parçalara ayrıldığı zaman, tabanı değiştirmek kolaylaşır. Böylece prototipe, biçimlendirme evresinde geliştirilen yeni anlayışlara uygun bir fonksiyonellik kazandırmaya çalışılır. Prototip revizyonunun son adımında prototip son durumuyla değerlendirilerek revizyonun başarısı kontrol edilir. Prototip doğrulanmazsa ilk adıma dönülür ve bu işleme geçerliliği kanıtlanacak bir prototip geliştirilinceye kadar devam edilir.

Prototip gözden geçirilip geçerliliğine karar verildikten sonra geniş çaplı nihai sistem geliştirme adımları başlar. Bu evrede sistemin temel çatısı (çıkartım mekanizması, kullanıcı arabirimi gibi), esas bilgi tabanı ve gerekli yardımcı yazılımlar birbirlerine paralel olarak gerçekleştirilir.

Bütün bileşenleri ile başarılı bir sistem gerçekleştirildiğine inanıldığı zaman, gerçekleştirilen bu sistemin kendini doğrulaması gerekir. Bu amaçla sistem test edilir.

3.6.5. Kontrol Safhası

Önceki evrelerde gerçekleştirilen sistem, ilk olarak bilgi mühendisi ve uzman gibi dahili elemanlar tarafından test edilerek değerlendirilir. Değerlendirmeden olumlu sonuç alınır, sistem konuyla ilgili organizasyon dışından kimselerin de görüşlerine sunulabilir. Bu işlemler esnasında, sistem bir çok örnek durum için defalarca çalıştırılarak problem sonuçlarının doğruluğundan, kullanıcı arabiriminin yapısına kadar herşey kontrol edilir.

Sistem fonksiyonel ve yapısal olmak üzere iki açıdan test edilir. Fonksiyonel testte, sistemin ele alındığı problem hakkında ürettiği cevapların doğruluğu kontrol edilir. Bu işlemde enbüyük güçlük, uzman sistemlerin hitap ettiği sahalardaki problemlerin mutlak doru cevaplarının bulunmayışdır. Bu sebepten, aynı soruya saha uzmanının verdiği cevap, doğru cevap olarak kabul edilir. Sistemi değerlendirilirken, sistem cevaplarının önce, saha uzmanının verdiği cevapla, sonrada bir uzman gurubunun cevaplarıyla karşılaştırılması daha verimli olur.

Uzman sistemi yapısal olarak test ederken sistem bileşenlerinin birbirine uygunluğu ve yapısal açıdan sistemin yeterliliği de kanıtlanmaya çalışılır.

Test işlemi sonunda sistem doğrulandığı takdirde, artık uzman sistem kullanım için hazırdır. Aksi takdirde görülen ihtiyaca göre ya gerçekleştirme evresine yada biçimlendirme evresine dönülerek gerekli değişiklikler yapılır. Test evresine gelindiğinde sistem yeniden test edilir. Testlerden umut kesilip başlangıca dönülmediği takdirde, test evresinden tatmin edici bir sonuç alınıncaya kadar bu döngü aynen devam eder.

3.6.6. Uzman Sistemin Güncelleştirilmesi Safhası

Diğer bütün büyük yazılımın sistemleri gibi bir uzman sistemin de gelişimi asla tamamlanamaz. Bunun başlıca sebebi; dinamik bilgi çevresi ve uzman sistemlerin yeni kurallar ve sezgisel güncelleştirilebilme yeteneğidir. Ayrıca, yönetim ve kullanıcıların yeni talepleri de gelişimi zorunlu kılar.

Uzman sistem gelişimi sistemin bütün ömrü boyunca devam eder. Uzman sistemin değerini ve geçerliliğini koruyabilmesi için gerekli olan bu gelişim, sistemin sürekli bakımı ve güncelleştirilebilmesi ile sağlanır. Uzman sistemin bakımı; bilgi tabanı, yazılım ve donanımın yeniden gözden geçirilmesini, gerekli değişikliklerin yapılmasını ve kalitesinin yükseltilmesini gerektirir. Gelişimler birkaç farklı türde olabilir:

- Genel fonksiyonellikteki artış;
- Başta bilgi tabanında olmak üzere sistemde yapılan düzeltmeler;
- Bilgi tabanını daha iyileştirmek amacıyla bilgi tabanına yeni bilgi eklemek. Bilgi tabanına yeni bir bilgi eklendiği zaman bu bilgi sistem tarafından kontrol edilir.
- Harici değişikliklerin gerektirdiği revizyonlar. Örneğin sistemin geliştirilmesinde esas olarak alınan programlama dilindeki revizyondan dolayı, uzman sistem de bu revizyona uygun değişikliklerin yapılması.

Sistem, bir geliştirme aracı ile geliştirildiyse değişiklikleri yapmak kolaydır. Yeni kurallar yazılabilir veya mevcut kurallar değiştirilebilir. Diğer taraftan herhangi bir programlama dili kullanıldıysa, bakım işlemi daha zor ve zaman alan bir işlemdir. Yeni bilgisayar kodu yazılmalı ve mevcut kodla bütünleştirilmelidir.

3.7. Uzman Sistemin Başarısızlık Nedenleri

Uzman sistemler, yapısından gelen kısıtlar ve/veya sistem geliştirme faaliyetleri sırasında aşılamayan problemler sebebiyle başarısız olurlar. Başarısızlık nedenlerinin bir çoğu diğer geleneksel sistemlerin başarısızlık nedenlerine benzer. Bunun yanında geleneksel yazılım sistemlerinde rastlanılmayan, uzman sistemlere özgü başarısızlık nedenleride vardır. Örneğin gerekli saha bilgisini elde etmedeki güçlük, ele alınan problemin tam anlaşılabilmesi, sistemin sağduyu gerektirmesi, sistemin kendi bilgi sınırlarını bilmemesi, sistemin test edilmeyişi, sisteme güvensizlik bu tür başarısızlık sebepleridir. Bu problemlerin aşılma derecesi, geliştirdiğimiz uzman sistemin başarı düzeyini belirler. Uzman sistem geliştirme projelerinin başarısız olmalarının önemli nedenleri aşağıda verilmiştir.

- Problem konusu çok geniştir;
- Problem sahasında hiçbir uzman yoktur;
- Uygun bir uzmanı elde etmek zordur;
- Uzman bilgisini aktaramayabilir;
- Uzman sistemler kendi bilgi sınırlarını bilmezler;
- Bilgi temsili dili uygun değildir;
- Sistem, test edilemez;
- Sistem testi çok uzun zaman alır;
- Başarı ölçütü yoktur;
- Kullanıcı sisteme karşı güvensizli içindedir;
- Kullanıcı sisteme çok fazla güvenir.

3.8. Endüstri Mühendisliğinde Uzman Sistemler

Bilgisayarlar yıllardan beri karmaşık matematik problemlerini çözerek, test ve deneylerden elde edilen verileri analiz ederek, Benzetim yardımıyla yeni tasarımları doğrulayarak vb. daha birçok yardımcı mühendislik fonksiyonunu gerçekleştirerek başta araştırma ve geliştirme çabaları olmak üzere belli başlı mühendislik faaliyetlerine önemli katkılarda bulunmuşlardır. Şimdi uzman sistemler geleneksel bilgisayar sistemlerine göre sahip oldukları daha güçlü özellikler ile daha fazla bilgisayar gücünü mühendislere sunuyorlar. Bunun neticesi olarak uzman sistemler on yıl gibi kısa bir zaman zarfında bütün mühendisliklerde geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Potansiyel uygulamaların sayısı ise oldukça yüksektir.

Uzman sistem teknolojisinin ortaya çıkışına paralel olarak diğer mühendislik disiplinlerinde olduğu gibi endüstri mühendisliği sahasındaki kişiler de bu yeni teknoloji ile ilgilenmeye başlamışlardır. Endüstri mühendisleri kendi sahalarındaki problemleri çözmek için uzman sistemleri önemli bir yardımcı olarak kullandıkları gibi, sahip oldukları önemli avantajlarla kısa zamanda yeni birçok uzman sistemin geliştirilmesinde önemli roller üstlenmişlerdir.

3.8.1. Endüstri Mühendisliği ve Uzman Sistemlerin Karşılıklı Yararları

Endüstri mühendisliği problemleri genelde çözümü uzmanlık gerektiren kompleks problemlerdir. Bu nedenle bu tür problemler için algoritmalar üretmek veya matematiksel çözümler bulmak güçtür. Aslında endüstri mühendislerinin eğitimi gördükleri birçok teknik vardır. Fakat bu tekniklerin de tecrübe ile desteklenmesi ve problemlerin zeki bir şekilde ele alınması gerekir. Birçok endüstri mühendisliği melekesi, eğitim yıllarından ziyade uzun yıllar fabrikada çalışarak kazanılır Kısacası zeki kararların endüstri mühendisliğinde büyük önemi vardır.

Uzman sistemler kompleks problemleri ele alır ve bu zeki sistemlerin amacı, bu tür problemler karşısında karar vericilerin zeki kararlar almasını desteklemektir. Uzman sistemler ve endüstri mühendisliğinin amaçtaki bu benzerliği iki alan arasında potansiyel bir etkileşim imkanı doğurmuştur. Aşağıda bu etkileşim iki yönden ele alınmıştır.

- Endüstri mühendisleri bilgi toplama ve model inşasındaki tecrübeleri ile bilgi mühendisleri olarak yeni uzman sistemlerin geliştirilmesinde önemli katkılarda bulunabilirler.
- Uzman sistemler kompleks sistemleri ele almaktaki üstün yetenekleri ile endüstri mühendislerine güçlü bir problem çözme aracı sunarlar. Ayrıca bu zeki sistemler bir danışman veya bir öğretici olarak da endüstri mühendislerine yardımcı olabilirler.

3.8.2. Sistem Geliştirici Olarak Endüstri Mühendisleri

İyi bir eğitim görmüş endüstri mühendisleri özellikle kendi fonksiyonları ile ilgili alanlarda geliştirilecek uzman sistemler için bilgi mühendisinin en güçlü adaylarıdır. Böyle bir durumda endüstri mühendisleri, bilgi mühendisi ve saha uzmanı görevlerinin her ikisinde üstlenecektir. Bir bilgi mühendisi için en önemli ve zor görev ilgili sahayı tanımaktır. Uzman sistem geliştirebilmek için gerekli olan uzman sistem geliştirme nitelikleri ise bir bilgi mühendisinin sahip olması gerekli son niteliklerdir. Uzman sistem melekeleri birkaç aylık bir kurs eğitimi yardımı ile elde edilebilir. Fakat endüstri mühendisliği sahasında edinilen iş tecrübesi çok daha değerlidir ve yılların tecrübesi ile kazanılır. Kaldı ki bir bilgi mühendisi olarak endüstri mühendislerinden beklenen, yeni programlama dilleri veya bilgi temsil metodları geliştirmek değil, mevcut olanları en etkin biçimde kullanmaktır. Yeni metodlar ve diller geliştirmek ise daha çok bilgisayar bilimi sahasındaki uzmanların işidir.

Endüstri mühendislerinin bilgi mühendisliği rolünü üstlenmelerindeki en önemli avantajları, diğer mühendislikten farklı olarak endüstri mühendisliğinin insanı da içine

almasıdır. Endüstri mühendisleri farklı organizasyon düzeylerinde ve farklı departmanlarda sürekli olarak insanlar ile çalışırlar. Bu endüstri mühendislerinin sahip oldukları önemli bir ayrıcalıktır. Bunun sonucu olarak bir endüstri mühendisinin gerekli saha bilgisini uzmanlardan eldeetmesi çok daha kolay ve etkindir. İnsan ilişkileri zayıf, örneğin insan psikolojisini bilmeyen bir kimse yapay zeka teknikleri konusunda ne kadar bilgili olursa olsun bir bilgi mühendisi olarak verimli olamayacağı gayet açıktır.

Sistem geliştirici (bilgi mühendisi) olarak endüstri mühendislerine yardımcı olabilecek bir diğer önemli husus, sistem geliştirme konusundaki eğitimleridir. Bir sistem oluşturmak için izlenen adımlar temelde, uzman sistem geliştirme adımlarına benzer. Sistem geliştirme konusundaki tecrübeleri, endüstri mühendislerinin uzman sistem geliştirme faaliyetlerini kolaylaştıracak ve ayrıca geliştirilen uzman sistemlerin başarı şanslarını artıracaktır.

Her sistem geliştirmede olduğu gibi, uzman sistem geliştirilmesinde de fayda/maliyet analizi oldukça önemlidir. Sistem geliştirmenin bütün maliyetleri, sistemden beklenen tasarruflarla beraber dikkatli bir şekilde göz önüne alınmalıdır. Bu ise basit bir iş değildir. Özellikle, doğrudan hesaplanamayan faydaların belirlenmesi büyük zorluk arzeder. Uzman sistem geliştirip geliştirmeme konusundaki karar büyük bir olasılıkla ekonomiklik esasına bağlı olacağından, hesap ve değerlendirmenin çok iyi yapılması gerekir. Fayda/maliyet analizleri konusunda eğitilmiş olan endüstri mühendislerinin, uzmanın problemi nasıl çözdüğünü gözlemlemesine yardımcı olur. Bir endüstri mühendisi etüd teknikleri yardımı ile uzmanı gözleyerek, notlar alarak, uzmanın hangi sıra içinde neleri yaptığını iyice anlayarak uzman sisteme yerleştirecek etkin bir metodoloji geliştirebilir. Böylece uzmanın bilgisi, uzman sisteme daha başarılı ve gerçekçi bir biçimde yansıtılır.

Geleneksel sistem yaklaşımının adımları gibi bir Benzetim programının geliştirilmesinde izlenen adımlar da, uzman sistem geliştirme işleminde kullanılan adımlarla birçok ortak yönler taşır. Bunlar; tanımlama, inşa, doğrulama, değerlendirme

gibi. Ayrıca, diğer programlama dilleri ve Benzetim dilleri ile çalışmak, uzman sistem geliştirme araçlarıyla çalışmayı kolaylaştıracaktır. Benzetim bilgisinin uzman sistem geliştirilmesindeki olumlu etkileri yanısıra Benzetim alanında uzman sistemlerden yararlanma çalışmaları da dikkat çekmektedir. İleriki bölümlerde göreceğimiz gibi Benzetim biliminin yapay zeka ve uzman sistem teknolojileri ile nasıl geliştirilebileceğini ve karşılıklı yararları soruşturan birçok araştırma vardır.

Kısacası, endüstri mühendisleri özellikle, bilgi toplamadaki ve model inşasındaki tecrübeleri ile yalnız endüstri mühendisliği alanlarında değil, diğer alanlardaki uzman sistem geliştirme projelerinde de bilgi mühendisleri olarak görev alabilirler.

3.8.3. Uzman Sistemlerin Endüstri Mühendisliğine Yararları

Endüstri mühendislerinin bir uzman sistem uygulamasındaki en muhtemel rolleri, içinde bir derece zekanın bulunduğu bu sistemin bir kullanıcısı olmak ve böylece bu yeni teknolojinin sağladığı olanaklardan yararlanmaktır. Endüstri mühendislerinin uzman sistemleri kullanma amaçlarını ve bundan sağlayacağı faydaları şöyle sıralayabiliriz.

Endüstri mühendisleri uzman sistemleri kişisel bir danışman olarak kullanabilirler. Endüstri mühendislerinin görevlerini daha iyi biçimde yapmalarını ve daha kompleks problemleri etkin bir biçimde ele almalarını sağlar. Endüstri mühendisleri ilgili diğer sahalar için bilgi kaynağı olarak uzman sistemlerden yararlanabilecekleri gibi, konusunda yüksek uzmanlığa sahip endüstri mühendislerinin bilgi ve tecrübelerini öğrenmek için de uzman sistemlere danışabilirler. Uzman sistemlerin yardımı ile daha iyi kararlar daha kısa zamanda verilebileceğinden önemli bir verimlilik artışı sağlanacaktır.

Endüstri mühendisliği sahasında geliştirilen uzmanlığın önemli bir kısmının uzman sistemlerde kodlanması ile endüstri mühendislerinin görev yükleri azalacak ve rutin işler yerine en zeki makinaların bile altından kalkamayacağı daha karmaşık problemlere daha fazla zaman ayırabileceklerdir. Böylece endüstri mühendisliğinin konu ve sınırlarında

genişleyecektir. Endüstri mühendislerinin sanayideki etkinlikleri artacaktır. Bir endüstri mühendisi olarak hareket edecek uzman sistemlerin kullanımı, işletmelere de pekçok avantaj sağlar.

İnsanlarda bilgisayarlara ve buldukları sonuçlara büyük güven vardır. Buna ilaveten bir uzman sistem ulaştığı sonuçlara nasıl eriştiğini açıklayabildiğinden, uzman sistem sonuçlarının bir uzman endüstri mühendisinin bulduğu çözümlere göre karar vericiler tarafından kabul edilme şansı yüksektir. Bu, endüstri mühendisliği sahasındaki uzman sistem uygulamalarını hızlandıracak önemli bir faktördür.

Uzman sistemler, endüstri mühendisliği eğitiminde ve tecrübesiz endüstri mühendislerinin yetiştirilmesi ve performanslarının geliştirilmesinde bir öğretici olarak kullanılabilir. Bu zeki sistemler, sahip oldukları açıklama düzenleri ile zamanla kullanıcılarına da kendi uzman mantıklarını kazandıracaktır.

3.10. Bakım Planlama ve Uzman Sistemler

Uzman sistemlerin en başarılı oldukları sahalardan biri de kompleks sistemlerde arıza teşhisi ve bakım-onarım alanıdır. Arıza teşhisi ve bakım-onarım alanındaki uzmanların azlığı ve özellikle gelişmiş bir teçhizatın arıza nedeni ile çalışmama maliyetinin yüksek oluşu, bu alanda uzman sistem geliştirmenin önemini arttırmıştır. Ayrıca teşhis tipi uzman sistemlerin başta tıp olmak üzere diğer alanlarda elde ettiği başarılar da, arıza teşhisi için uzman sistem geliştirme çabalarını ve bu sistemlerin başarılarını olumlu yönde etkilemiştir. Arıza teşhisi ve bakım-onarım görevleri yapan uzman sistemlerin geliştirilmeleri zor ve maliyetleri yüksek olduğundan, bu tür sistemler genelde büyük, kompleks ve pahalı teçhizatlar için veya çok miktarda teçhizatın bakım gerektirdiği yerlerde kullanılırlar. Örneğin büyük bilgisayar sistemleri, telefon sistemleri ve veri iletişim şebekeleri için birçok arıza teşhisi ve bakım-onarım işlevi gören uzman sistem geliştirilmiştir.

Bakım-onarım uzman sistemleri, gerekli semptom ve gözlemlerin verilmesi ile problem boyunca mantıksal biçimde akıl yürütebilir ve probleme mümkün neden ve çözümler önerebilirler. Bu tür sistemler sahip oldukları bu yetenekler ile bir teknisyenin veya bakım mühendisinin problemi teşhisini kolaylaştırır, onarımı hızlandırır ve böylece kusurlu parçaların mümkün en kısa zamanda eski durumuna getirilmesini sağlar. Sonuçta, önemli bir para ve zaman tasarrufu sağlanır ve verimlilik artışı gerçekleştirilir. Ayrıca, bakım amaçlı uzman sistemler koruyucu bakımın düzeyini belirleyerek bakımdan sorumlu yöneticilerin, örneğin endüstri mühendislerinin, bakım yönetimi görevlerini kolaylaştırır.

Bakım-onarım alanındaki ilk bilgi tabanlı sistemlerden biri DELTA (Diesel Electric Locomotive Troubleshooting Aid) dir (Bonissone, 1983). DELTA (CATS olarak da bilinir), General Electric tarafından dizel elektrikli lokomotiflerin bakımını geliştirmek için tasarlanmıştır. Bu uzman sistem geliştirilmeden önce, böyle büyük ve kompleks makinaların arızaları ile ilgili olarak şirketten sadece birkaç kişi gerekli tecrübeye sahiptir. General Electric, dizel elektrikli lokomotiflerin onarımında kırk yıllık bir tecrübeye sahip bir uzmanın tecrübelerini uzman sistemde kodlamıştır. Sistem kusurlu fonksiyonların teşhis ve onarımında bakım teknisyenlerini desteklemek için kullanıcıya semptomlarla ilgili olarak sorular sorar ve sonra bu semptomları kullanarak lokomotif onarımı için uygun stratejiler belirler. Sistemin bir fonksiyonunda yeni teknisyenlere eğitim vermektir. Bu bakımdan bakıldığında DELTA ideal bir eğitim aracıdır.

Bazı otomobil imalatçıları otomobillerin imalat ve bakımını kolaylaştırmak için uzman sistemlerden yararlanmaktadır. Örneğin, Ford otomobil şirketi takım tezgahı problemlerinin ve robot gibi aygıtların imalatındaki problemlerin teşhisine yardım için bir uzman sistem kullanmaktadır (Frenzel, 1987). Bu sistem, bir makina veya takımda kusurlu bir fonksiyonla karşılaştığı zaman üretimi durdurabilmektedir.

Birçok bilgisayar imalatçısı da imalat ve bakım uygulamaları için uzman sistemlerden yararlanmaktadır. IBM, disk sürücülerindeki hataların yerlerini nihai imalat

evrelerinde saptayan bir uzman sistem kullanmaktadır (Waterman, 1986). DART adındaki bu sistem Stanford üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. Teknisyenler DART yardımı ile bu kusurlu birimleri mümkün en kısa zamanda ve en az maliyetle onarabilirler.

Bakım problemine uzman sistem yaklaşımlarının ilginç bir uygulaması B.Hakami ve J. Newborn tarafından tanıtılmıştır (Hakami, 1983). Bu bakım sistemi British Steel Corporation'ın çelik haddehanesindeki donanımın arızalarını teşhis etmek için kullanılmaktadır. Sistem semptomları (imalathanenin çeşitli kontrol noktalarından toplanan verileri) analiz eder ve imalathenedeki kesinti kaynağının teşhisine yardımcı olmak üzere, ilgili yöneticiye ilave testler yapmasını önerebilir. Sistem bir öneride bulunmadan önce, verilen bir testin etkinliğini ilgili maliyetlerle mukayese eder. Bu açıyla sistem, verilen bir arızanın varlığına ilişkin verilere dayanarak belirlenen olasılık hakkındaki bilgiyi kullanır. 1982 den beri kullanımda olçan sistem oldukça başarılıdır. Sistem British Steel tarafından ayrıca etkin bir eğitim aracı olarak da kullanılmaktadır.

3.11. Uzman Sistemler ve Benzetim

Benzetim ve yapay zeka tekniklerinin temel amacı gerçek olayların modellerini geliştirmektir. Her ne kadar teknolojik gelişmeler benzetim modellerini daha güçlü, hızlı ve ucuz yapmakta ise de modellerin karmaşıklığı ve anlaşılmasının zorluğu modellere olan güveni azaltmakta ve modellerin güncelleştirilmesini ve hayatiyetini sürdürmesini zorlaştırmaktadır. Bunlara ilaveten benzetim modelleri genel olarak Eğer-İse (Eğer bu olursa ne olur) durumlarında sonuçlar üretebilmekte fakat olayların arkasındaki neden ve niçin'i açıklayamamaktadır. Günümüzde benzetim modellerinin dinamik ve gerçek zamanlı ortamlarda çalışmasının gerekliliğı ise problemleri artırmakta, her an beklenmedik, belirsiz, tahmin edilemeyen davranışların benzetimin yapılması gerekmektedir.

Yapay zeka üzerine yapılan araştırmalar, bu tekniklerin kesin sınırları bulunamamış, belirsiz, karmaşık ve dinamik bilgileri gerçek zamanda işleyebilme özelliklerinin olduğunu göstermiştir. Yapay zeka sistemleri aynı şekilde davranışların neden ve niçinini açıklama kabiliyetine de sahiptirler. Benzetim modellerinin bu özellikler ile donatılması, modellerin geçerliliğini ve kabul edilebilirliğini artırarak, onlara olan güveni sağlamakta önemli bir ölçü olacaktır. Özellikle gelişmiş bilgi gösterimi, açıklama ve öğrenme yetenekleri ile donatılan benzetim modelleri önümüzdeki yıllarda araştırmaların ilgi odağı olacaktır. (Öztemel,1995)

3.11.1. Yapay Zeka ve Benzetim Arasındaki Benzerlikler

Yapay zeka ve benzetim bilgisayar tabanlı bir karar prosesini destekleyici modelleri icra ettirmesi açısından benzerdirler. Her ikiside genelde sistemi belirsizlik şartları altında modellemeye çalışırlar.

Uzman Sistem ve benzetim metodları arasındaki benzerlik, her ikisinde yaptıkları görev açısından oldukça önemlidir. Her iki metotta, bir sistemi modüler olarak sunar ve bir çıkarım mekanizması ile bu gösterimi işletirler. Bu benzerlik, benzetim ve yapay zeka araştırmacıları tarafından oldukça kabul grmştir. Çıkarım mekanizması, kullanıcının programladığı kontrol yapısına ters olarak, herhangi bir sayıdaki modülü sıralarından bağımsız olarak işletirler. Pratikte bu genellikle çok zor başarılabilir. Mesala, Olay-tabanlı bir benzetimde, çıkarım mekanizması olayların sayısından ve onların sırasından bağımsızdır.

Uzman sistemlerle benzetim modelleri arasında bilgi gösterim teknikleri, çıkarım mekanizmaları ve belirsizlikler karşısındaki davranışları bakımındanda aralarında benzerlikler kurulabilir. Uzman sistemlerde yaygın bilgi gösterimi network'lerle (Prospector'de olduğu gibi), frames'lerle ve kurallar ile (MYCIM'de olduğu gibi)

yapılabilmektedir. Çıkarım mekanizmasında, ileri ve geri zincirleme metodu kullanılmaktadır. Uzman sistemler belirsizlikleri Bayes teoremi, fuzzy mantığı ve diğer bazı metodlar ile ortadan kaldırarak günceller. Kural-tabanlı sistemler kuralları belirlilik faktörünün ilişkilendirilmiş şekliyle, belirsizlik içerebilirler. Mesela;

IF a

THEN b

bunun anlamı “Eğer, a doğru ise b’yi uygula”.

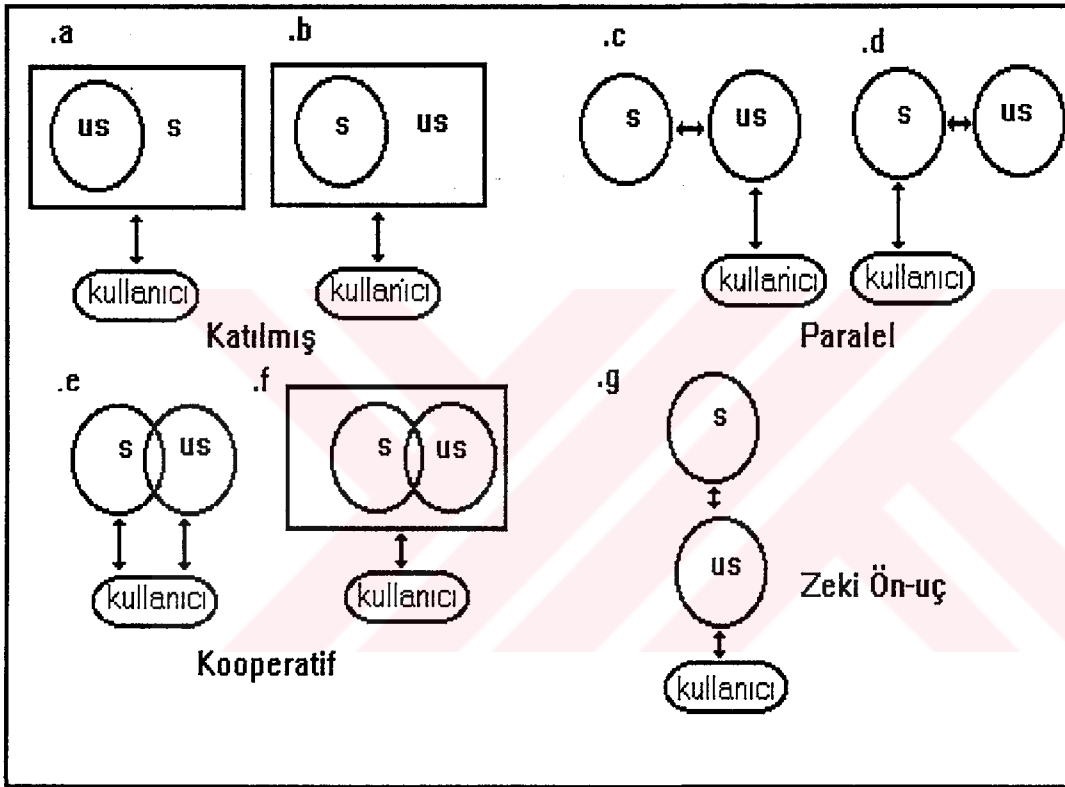
3.4.11.2. Yapay Zeka Teknikleri ve Benzetim Modelleri Bileşimleri

Yapay zeka teknikleri ve benzetim modelleri bileşiminden arzu edilen temel amaçlar; benzetim modeline zeki davranış yaptırabilmek, insanın sahip olduğu entellektüel kapasiteyi bilgisayara aktarabilmek, insan muhakeme mekanizmasının anlaşılmasını kolaylaştırmak, uzman sistemlerin benzetim yoluyla deneyler üreterek testlerini sağlamak, benzetim modellerinin kurulmasında araştırmacıların yükünü hafifletmek ve modellere bir karar verici rolü verebilmektir. Bu çalışmada benzetim neticelerinin değerlendirilmesinde, karar verici olarak uzman sistem yaklaşımını kullanmaya çalıştım.

3.4.11.2.1. Uzman Sistemler ve Benzetim Bileşimi

Uzman sistemler ve benzetim arasında amaçları açısından şu şekilde bir benzerlik kurulabilir; tıbbi sahada kullanılan bir uzman sistem düşünelim, hastanın şikayetlerini aldıktan ve gerekli bulguları tesbit ettikten sonra hastayı iyileştirmek amacıyla bazı ilaçlar ve/vaya tedavi şekli önerir. benzetim ise bir fabrikada verimliliği artırıcı farklı senaryoları

deneyerek önerilerde bulunur. Fonksiyonları arasındaki temel farklılık; uzman sistemler emirleri icra eder, benzetim modelleri ise tahminleri icra eder. Benzetimin koşumu esnasında, uzman sistem, benzetim literatüründe senaryo olarak ifade edilen ve belirli şartlara dayandırılmış faaliyetler setinin seçimini yapar. Uzman sistem genellikle önerinin gerekçelerinde açıklayabilmektedir.



Şekil 3.9. Uzman sistemler ve Benzetim Bileşimi

Uzman sistemler ve benzetimin bileşimi dört grupta toplanabilir :

- **Katılmış:** Şekil.3.9.a ve Şekil 3.9.b'de birbiri içerisine gömülü uzman sistem ve Benzetim modeli ilişkisi görülmektedir. Bazı Benzetim modelleri verinin karşıtı olarak bilgi kullanırlar. Mesela, bir kuyruk sisteminde kuyruk öncelik disiplini bir veri değil,

bilgidir. Bu tür kurallar program kodlarına gömülmekten ziyade ayrı bir bilgi tabanında bulundurulurlar. Birbiri içerisine gömülü sistemler iki sebepten gereklidir: (Miller,1990).

- Uzman sistem, Benzetim koşum sonuçlarını gözlemek için kullanılır
- Uzman sistem, bir veya daha fazla bağımlı değişken kullanabilir ve bu yüzden bu değerlerin güncellenmesi için Benzetima ihtiyaç duyulur. Bu durum özellikle askeri amaçlı Benzetim çalışmalarında gemilerin, uçakların vs. pozisyonlarını bilme ve güncelleme ihtiyacından kendini gösterir ve bu ikinci sebep sebebin çok daha önemli olduğunu vurgulamak gerekir.
- **Paralel:** Benzetim ve uzman sistem ayrı bilgisayarlarda ayrı yazılımlar olarak geliştirilmiş, tasarlanmış ve karşılıklı etkileşimli olarak yürütülmüşlerdir. Bu konfigürasyon kompleks sistemlerin modellenmesinde ve var olan bir uzman sistemi Benzetim modelinin karar verici bir parçası olarak kullanmada faydalıdır.
- Uzman sistem ve Benzetim programı herhangi bir zaman anında serbest olarak ikisi arasında bilgi geçişine izin verecek bir protokol ile birleştirilmelidir. O zaman Benzetim modeli, uzman sistemden geri aldığı veriyi kontrol edebilir veya düzenleyebilir. Bu link uzman sistemin; kontrolüne, Benzetimin gözlenmesine ve Benzetimin aktüel kısımlarını tutulmasına izin verir.
- **Yardımcı:** Uzman sistem ve Benzetim bazı görevleri yapmak için veri paylaşımı yapabilirler. Şekil.3.9.e ve Şekil 3.9.f bu tür uygulamalar ya bitmiş bir Benzetim uygulamasında veya model geliştirilirken kullanıcıya yardımcı olarak kullanılır. Özellikle, tecrübesiz Benzetimcuların hataya düşmelerini engellemeye yöneliktir. Bazı yardımcı sistemler başka bir yazılım tarafından kuşatılırlar. Şekil.3.9.f, bu karar verici tarafından kullanılabilinen bir karar destek olabilir.
- **Zeki ön-uçlar(Intelligent Front-End):** kullanıcı ile Benzetim paketi arasına kurulmuş, kullanıcı ile paket arasında diyalog sağlayan, açıklamalar ve yorumlar yapan bir uzman sistemdir Şekil 3.9.g.

Önemli avantajları;

- Diyalog yönetebilmesi (doğal dil arayüzü veya enazından kullanıcı-odaklı serbest formatlı girdi sağlama imkanı)
- Kullanıcı ister tecrübeli, ister tecrübesiz olsun sistem kullanıcı ile diyalog kurarak modelin kullanıcı istekleri doğrultusunda düzeltilmesini sağlar.
- Paket, kullanıcı yerine karar verebilme yeteneğine sahiptir.

Tüm uzman sistem benzetim modeli bileşimlerinin, belkide en önemli başarısı, uzman sistemlerin verdiği kararın nedenini açıklayabilme yeteneğini bu bileşime de taşınmış olmasıdır. Benzetimde araştırmacıları en çok düşündüren problemlerden biri olan, modelin geçerliliğinin analizi, oluşturulabilecek uygun bir sorgulama penceresi ile benzetimin modülleri arasındaki iletişimin nedenleri sorgulanabilir. Böylelikle tecrübesiz bir benzetimcide modelin tutarlılığını kolayca gözleyebilir.

IV. BÖLÜM

4.1. Sistemin Tanımı

Bu uygulama tipik bir imalat sanayiinde, bakım yönetimi problemlerinden biri olan personel sayısı belirleme problemini çözmek için, geliştirilen benzetim modeli ile elde edilen sonuçlar, karar verme aşamasında uzman sistem yaklaşımı tarafından kullanılmaktadır.

4.2. Sistemin Bileşenleri

Sistem bileşenleri, uygulama alanının sınırlamak için azaltılmıştır.

- Bakım işini gerçekleştirecek olan personel
- Bakımı yapılacak olan tesis ekipmanları

4.3. Sistemin Değişkenleri

- Bakım personeli sayısı
- Bakım kapsamında bulunan ekipman sayısı
- Arızalar arası süreler
- Servis süreleri
- Personel maliyeti
- Ekipman aylak zaman maliyeti
- Toplam bakım maliyeti

4.4. Sistemin Varsayımları

Bu uygulama, sistemin n adet makina ve n adet personelden oluşabileceğini varsaymaktadır. Sistemde arızalar arası sürenin ve her bir arıza için servis süresinin tamamen tamamen tesadüfi olarak ortaya çıkacağı varsayılmıştır. Ayrıca sistem, bakım için sisteme gelen makinalar arasında öncelik kuralı olarak ilk gelen makina ilk servis

görecektir prensibine ve servis için birden fazla personel bulunduğu durumda o ana kadar en az çalışmış personel servis vereceğini varsaymaktadır. Karar kriteri olarak toplam bakım maliyeti göz önüne alınacaktır.

Bazı bakım problemlerinde, bakımı yapılacak olan ekipman bakım servisinin ayağına gelmesine rağmen bazı durumlarda, teçhizatın taşınması güç veya mümkün olmadığı durumlarda servis arızalı ekipmanın yanına gitmektedir. Bu çalışmada, servise başlamadan önce geçecek olan, servis ekibinin teçhizatın yanına gidene kadarki geçen süre ihmal edilmiştir.

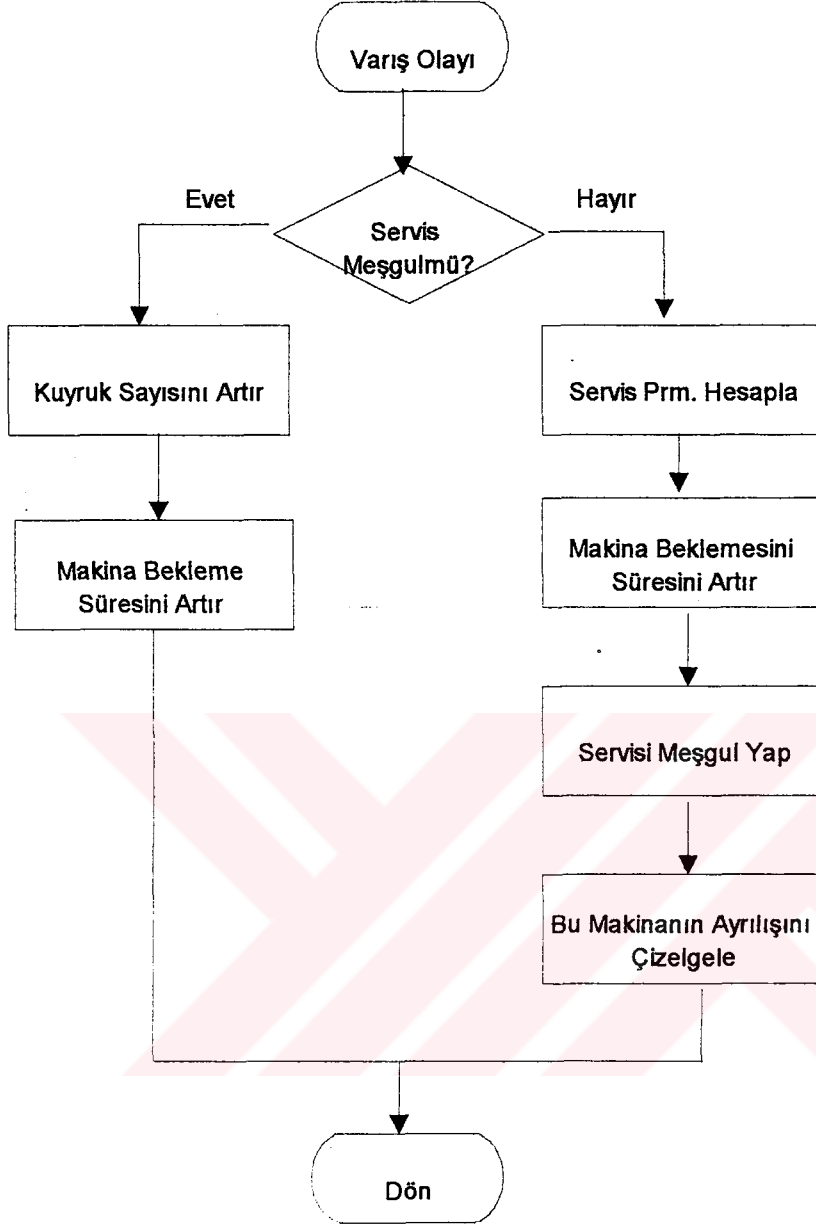
4.5. Sistemin Çalışması

Sistem yukarıda sayılan varsayımlara dayalı olarak, genel amaçlı programlama dillerinden biri olan TURBO PASCAL 7.0 ile geliştirilmiş olan bir benzetim programı temeline dayanmaktadır. Benzetimden elde edilen neticeler değerlendirme kriteri olarak uzman sistem tarafından kullanılmaktadır.

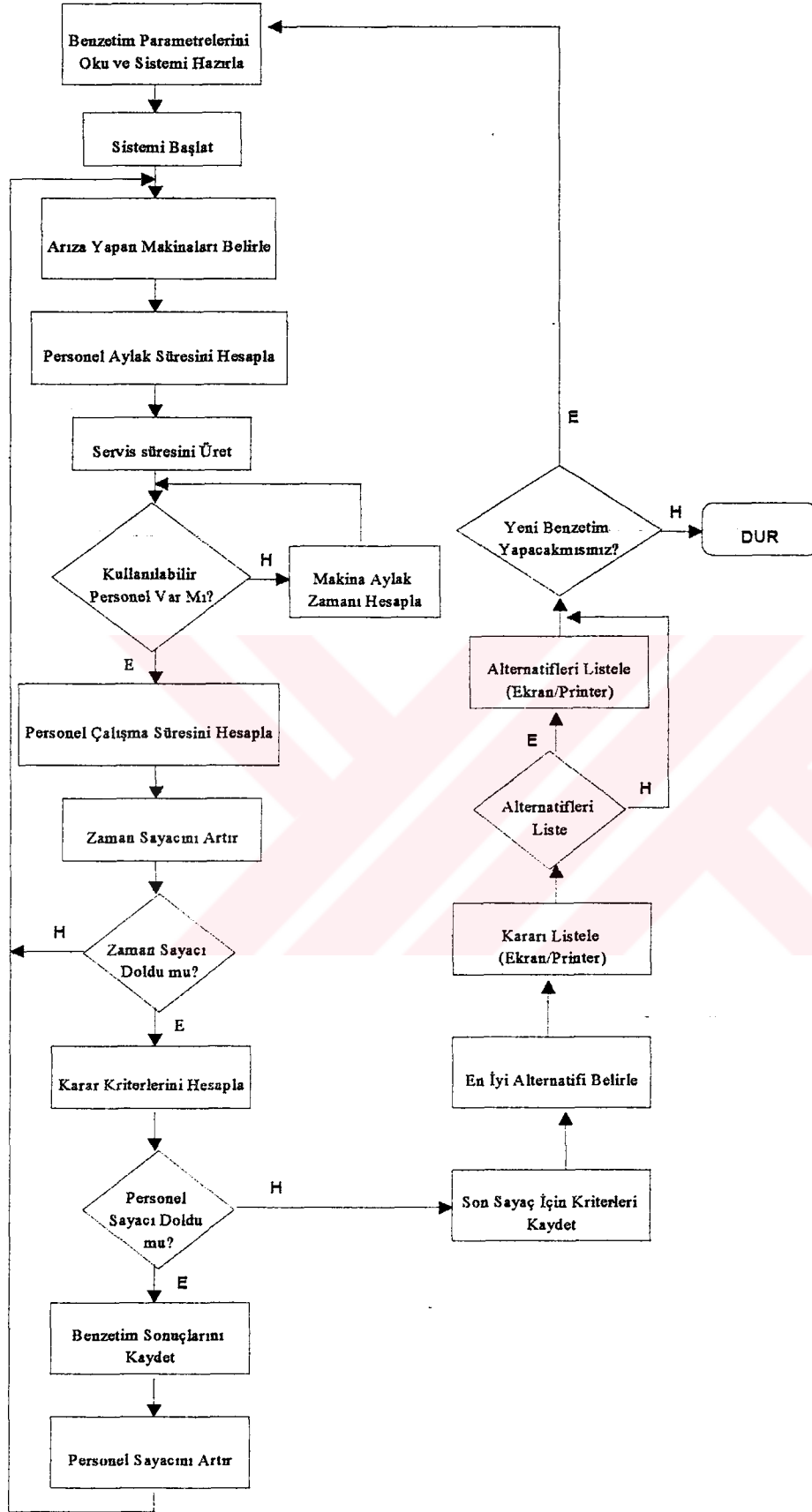
Sistem veri olarak geçmiş dönemlerde elde edilen arızalar arası süreler ve bu arızalar için gerçekleştirilen servis sürelerini kullanarak, rassal sayı aralıklarını oluşturur. Daha sonra benzetimin çalışması esnasında bu olasılık aralıklarının yararlanılır.

Geliştirilen program çalışması genel olarak üç aşamada gerçekleşir. Birinci aşama, benzetimde kullanılacak olan geçmiş dönem verilerinin, herbir benzetim koşumu için gerekli olan verilerin ve programın genel parametrelerinin kaydedildiği bölümdür. İkinci aşamada benzetim belirlenen kriterlere göre çalıştırılır. Üçüncü ve son aşamada ise elde edilen benzetim sonuçlarına göre karar verilir. Ekte verilen uygulamada, verilen sistem için personel sayısı 5 olarak bulunmuştur.

Şekil 4.1.' de sistemin varışlarla ilgili akışdiagramı ve Şekil 4.2' de de genel olarak sistemin diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Varış Sistemi Akış Diyagramı



Şekil 4.2. Sistemin Genel Akış Diyagramı

Bakım ile ilgili geliştirilmiş daha kompleks, sistemler, gerekli semptomları toplayarak, problemli çözmek için mantıksal bir şekilde akıl yürüterek, problemi henüz oluşmadan eşhis edebilir yahutta bir problemin nedenlerini ve o problemle ilgili çözüm yollarını önerebilir. Bu tür sistemler, sahip oldukları bu yetenekler ile bir teknisyenin veya bakım mühendisinin problemi teşhisini kolaylaştırır ve onarımını hızlandırır. Böylece arızalı olan parçanın mümkün olan en kısa zamanda eski durumuna gelmesi sağlanır. Sonuçta, önemli bir para ve zaman tasarrufu sağlanır ve aynı zamanda verimlilik de artmış olur.



KAYNAKLAR

1-BILLINGTON, R., ALLAN, R.N, "Reliability Evaluation of Engineering System".

2-CHANDLER, J.S., LIANG, T.P., 1990. "Developing Expert Systems for Bussines Application". Merril Publishing Comp.

3-DAVIES, P.B., 1991. "Expert Database Systems a Gentle Introduction ". McGRAW-HILL

4-DOUKIDIS, G.I., 1988. "Developing Expert Systems". Chartwell-Bratt Ltd.

5-EMERY,F.E., 1972. "System Thinking". Penguin

6-ERKUT, H., 1992. "Yönetimde Simülasyon yaklaşımı". Bayrak Yayıncılık

7-FRENZEL, L.E.,1987. "Understanding Expert Systems". Howard W.Sams & Company.

8-HARMON, P., KING, D., 1985. "Expert Systems". John Wiley & Sons, Inc., USA

9-HOFFMANN, T.R., 1967. "Management and Mnaufacturing Systems". Wodsworth Publishing Company, Inc.

10-JARDINE, A.K., 1970. " Operational Research In maintenance", Manchester University

11-LAW, M.A., KELTON, W.D., 1991. "Simulation Modelling and Analiysis". McGRAW-HILL

12-MEREDITH, J.R., 1992. "The Management of Operations". John Wiley & Sons, Inc.

13-MILLER, R.K., WALKER, T.C., 1988. "Artifical Intelligence Applications in Manufacturing". The fairmost Press, Inc.

14-MILLER, R.K., 1990. "Manufacturing Simulation". The Fairmost Press, Inc.

15-ÖZTEMEL, E., HOCAOĞLU, F.,1995. "Benzetim Çalışmalarında Yapay Zeka Teknikleri". Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği Kongresi :17

16-ROLSTON, D.W. 1988. "Principles of Artifical Intelligence and Expert Systems Development". New York Mac Graw-Hill.

17-TERSINE, R.J., 1980. "Production/Operations management", Nort Holland, New York

18-WATERMAN, D., 1986. "Aguide to Expert Systems", Addison Wesley

19-WEISS, S.M., KULIKOVSKI, C.A., 1984. "A practical Guide to Designing Expert Systems". Rowman & Allenheld.

20-WOLFRAM, D.D. DEAR, T.J., GALBRAITH, C.S., 1987. "Expert Systems for the Technical Professional". John Wiley & Sons, Inc.

21-WILD, R.,1994. " Production and Operations Management". Cassel Villiers House London

EKLER:

EK1.

**Bakım Planlaması Benzetimi
ve
Bir Uzman Sistem yaklaşımı**

**Bu Program: Bakım Personeli Sayısını Belirlemede
Karar Verici Olarak Uzman Sistem
Yaklaşımını Kullanır.**

Programa Başlamak İçin ENTER

Kayıt Benzetim Raporlar Yardım Çıkış

Karar
Alternatifler Listesi
Detay Liste

Kayıt Benzetim Raporlar Yardım Çıkış

Arıza Bilgileri
Servis Bilgileri
Benzetim Bilgileri
Tanımlamalar

Benzetimde kullanılacak makinaların arızalanma bilgileri kaydedilir.

Makina Kodu :mak2

Kayıt No	Arz.Ar.Sr.	Frekans	Rassal Sayı Aralığı		
0	50	15	0.000	-	0.181
1	40	12	0.181	-	0.325
2	35	10	0.325	-	0.446
3	20	11	0.446	-	0.578
4	15	8	0.578	-	0.675
5	10	9	0.675	-	0.783
6	5	4	0.783	-	0.831
7	2	14	0.831	-	1.000

Esc->Menü

Makina Kodu :mak1

Kayıt No	Arz.Ar.Sr.	Frekans	Rassal Sayı Aralığı		
0	6	45	0.000	-	0.360
1	5	7	0.360	-	0.416
2	10	12	0.416	-	0.512
3	14	13	0.512	-	0.616
4	20	15	0.616	-	0.736
5	25	9	0.736	-	0.808
6	30	10	0.808	-	0.888
7	35	14	0.888	-	1.000

Esc->Menü

makina Kodu :mak4

Kayıt No	Arz.Ar.Sr.	Frekansı	Rassal Sayı Aralığı		
0	10	3	0.000	-	0.046
1	15	7	0.046	-	0.154
2	20	6	0.154	-	0.246
3	25	10	0.246	-	0.400
4	28	12	0.400	-	0.585
5	30	9	0.585	-	0.723
6	35	15	0.723	-	0.954
7	40	3	0.954	-	1.000

Esc->Menü

makina Kodu :mak3

Kayıt No	Arz.Ar.Sr.	Frekansı	Rassal Sayı Aralığı		
0	5	10	0.000	-	0.079
1	15	35	0.079	-	0.354
2	25	27	0.354	-	0.567
3	35	40	0.567	-	0.882
4	45	15	0.882	-	1.000

Esc->Menü

makina Kodu :mak1

Kayıt No	Ser.Süresi	Frekansı	Rassal Sayı Aralığı		
0	3	40	0.000	-	0.242
1	5	35	0.242	-	0.454
2	7	30	0.455	-	0.636
3	10	25	0.636	-	0.788
4	12	20	0.788	-	0.909
5	15	12	0.909	-	0.982
6	20	3	0.982	-	1.000

Esc->Menü

makina Kodu :mak5

Kayıt No	Arz.Ar.Sr.	Frekansı	Rassal Sayı Aralığı		
0	3	15	0.000	-	0.300
1	7	10	0.300	-	0.500
2	12	13	0.500	-	0.760
3	15	8	0.760	-	0.920
4	20	3	0.920	-	0.980
5	25	1	0.980	-	1.000

Esc->Menü

Makina Kodu :mak3

Yayıt No	Ser.Süresi	Frekansı	Rassal Sayı Aralığı		
0	10	1	0.000	-	0.013
1	8	5	0.013	-	0.080
2	7	10	0.080	-	0.213
3	5	12	0.213	-	0.373
4	4	12	0.373	-	0.533
5	2	15	0.533	-	0.733
6	1	20	0.733	-	1.000

isc->Menü

Makina Kodu :mak2

Yayıt No	Ser.Süresi	Frekansı	Rassal Sayı Aralığı		
0	4	15	0.000	-	0.312
1	3	10	0.313	-	0.521
2	8	12	0.521	-	0.771
3	10	7	0.771	-	0.917
4	15	3	0.917	-	0.979
5	20	1	0.979	-	1.000

isc->Menü

Makina Kodu :mak5

Kayıt No	Ser.Süresi	Frekansl	Rassal Sayı Aralığı		
0	45	1	0.000	-	0.012
1	20	5	0.012	-	0.071
2	15	10	0.071	-	0.190
3	12	9	0.190	-	0.298
4	10	7	0.298	-	0.381
5	7	15	0.381	-	0.559
6	4	17	0.560	-	0.762
7	1	20	0.762	-	1.000

Esc->Menü

Makina Kodu :mak4

Kayıt No	Ser.Süresi	Frekansl	Rassal Sayı Aralığı		
0	27	1	0.000	-	0.016
1	25	2	0.016	-	0.048
2	20	3	0.048	-	0.097
3	15	5	0.097	-	0.177
4	10	7	0.177	-	0.290
5	5	9	0.290	-	0.435
6	3	15	0.435	-	0.677
7	1	20	0.677	-	1.000

sc->Menü

benzetim kodu :DENEY5X1
tezgah sayısı :5 Bakım personeli sayısı :1

toplam Benzetim zamanı :7819 Tekrar sayısı: 5
ortalama Benzetim zamanı :1563

Servis Bilgileri
servis No:1 Ort bekleme :386 Verimlilik(%) :75.27

İş Makina Bilgileri
İş Makina No:MAK2 Ort.Kuy.Bek.:743 Ort.Ser.Sür.:276 Verimlilik(%) :34.72
İş Makina No:MAK5 Ort.Kuy.Bek.:758 Ort.Ser.Sür.:268 Verimlilik(%) :34.32
İş Makina No:MAK1 Ort.Kuy.Bek.:448 Ort.Ser.Sür.:225 Verimlilik(%) :56.85
İş Makina No:MAK4 Ort.Kuy.Bek.:625 Ort.Ser.Sür.:197 Verimlilik(%) :47.33
İş Makina No:MAK3 Ort.Kuy.Bek.:344 Ort.Ser.Sür.:208 Verimlilik(%) :64.61

toplam Bakım Maliyeti :243675

Benzetimde Kullanılacak Veriler

Simülasyon Kodu :DENEY
maksimum personel sayısı :5 Adım adım benzetim (E/e,H/h) :H
maksimum süreyi giriniz :1500 Bir. zaman işçilik maliyeti :5
Bir. zaman tezgah bek. maliyeti:50
tekrar sayısını giriniz <1-100> :5

Simülasyona Dahil Edilecek Tezgahlar
tezgah Kodu

AK1
AK2
AK3
AK4
AK5

Benzetim kodu :DENEY5X3
Tezgaah sayısl :5 Bakım personeli sayısl :3

toplam Benzetim zamanı :7737 Tekrar sayısl: 5
ortalama Benzetim zamanı :1547

Servis Bilgileri
Servis No:1 Ort bekleme :992 Verimlilik(%) :35.82
Servis No:2 Ort bekleme :1048 Verimlilik(%) :32.24
Servis No:3 Ort bekleme :1028 Verimlilik(%) :33.50

Makina Bilgileri
Makina No:MAK5 Ort.Kuy.Bek.:607 Ort.Ser.Sür.:360 Verimlilik(%) :37.41
Makina No:MAK3 Ort.Kuy.Bek.:318 Ort.Ser.Sür.:293 Verimlilik(%) :60.45
Makina No:MAK1 Ort.Kuy.Bek.:285 Ort.Ser.Sür.:332 Verimlilik(%) :60.04
Makina No:MAK4 Ort.Kuy.Bek.:221 Ort.Ser.Sür.:246 Verimlilik(%) :69.76
Makina No:MAK2 Ort.Kuy.Bek.:151 Ort.Ser.Sür.:278 Verimlilik(%) :72.23

Toplam Bakım Maliyeti :193225

Benzetim kodu :DENEY5X2
Tezgaah sayısl :5 Bakım personeli sayısl :2

toplam Benzetim zamanı :7806 Tekrar sayısl: 5
ortalama Benzetim zamanı :1561

Servis Bilgileri
Servis No:1 Ort bekleme :875 Verimlilik(%) :43.89
Servis No:2 Ort bekleme :869 Verimlilik(%) :44.28

Makina Bilgileri
Makina No:MAK5 Ort.Kuy.Bek.:938 Ort.Ser.Sür.:325 Verimlilik(%) :19.06
Makina No:MAK1 Ort.Kuy.Bek.:576 Ort.Ser.Sür.:282 Verimlilik(%) :44.95
Makina No:MAK3 Ort.Kuy.Bek.:440 Ort.Ser.Sür.:266 Verimlilik(%) :54.72
Makina No:MAK2 Ort.Kuy.Bek.:322 Ort.Ser.Sür.:214 Verimlilik(%) :65.64
Makina No:MAK4 Ort.Kuy.Bek.:404 Ort.Ser.Sür.:251 Verimlilik(%) :58.01

Toplam Bakım Maliyeti :239925

Benzetim kodu :DENEY5X5
Tezgah sayısı :5 Bakım personeli sayısı :5

toplam Benzetim zamanı :7788 Tekrar sayısı: 5
ortalama Benzetim zamanı :1557

=====
Servis Bilgileri

Servis No:1	Ort bekleme :1229	Verimlilik(%) :21.07
Servis No:2	Ort bekleme :1209	Verimlilik(%) :22.32
Servis No:3	Ort bekleme :1198	Verimlilik(%) :23.01
Servis No:4	Ort bekleme :1231	Verimlilik(%) :20.89
Servis No:5	Ort bekleme :1230	Verimlilik(%) :20.95

Makina Bilgileri

Makina No:MAK5	Ort.Kuy.Bek.:0	Ort.Ser.Sür.:360	Verimlilik(%) :76.87
Makina No:MAK2	Ort.Kuy.Bek.:0	Ort.Ser.Sür.:324	Verimlilik(%) :79.18
Makina No:MAK1	Ort.Kuy.Bek.:0	Ort.Ser.Sür.:241	Verimlilik(%) :84.50
Makina No:MAK4	Ort.Kuy.Bek.:0	Ort.Ser.Sür.:291	Verimlilik(%) :81.28
Makina No:MAK3	Ort.Kuy.Bek.:0	Ort.Ser.Sür.:272	Verimlilik(%) :82.49

Toplam Bakım Maliyeti :113325

benzetim kodu :DENEY5X4
tezgah sayısı :5 Bakım personeli sayısı :4

toplam Benzetim zamanı :7820 Tekrar sayısı: 5
ortalama Benzetim zamanı :1564

=====
Servis Bilgileri

Servis No:1	Ort bekleme :1162	Verimlilik(%) :25.66
Servis No:2	Ort bekleme :1168	Verimlilik(%) :25.32
Servis No:3	Ort bekleme :1158	Verimlilik(%) :25.93
Servis No:4	Ort bekleme :1179	Verimlilik(%) :24.59

Makina Bilgileri

Makina No:MAK5	Ort.Kuy.Bek.:623	Ort.Ser.Sür.:342	Verimlilik(%) :38.22
Makina No:MAK1	Ort.Kuy.Bek.:379	Ort.Ser.Sür.:300	Verimlilik(%) :56.53
Makina No:MAK3	Ort.Kuy.Bek.:253	Ort.Ser.Sür.:267	Verimlilik(%) :66.69
Makina No:MAK4	Ort.Kuy.Bek.:169	Ort.Ser.Sür.:247	Verimlilik(%) :73.39
Makina No:MAK2	Ort.Kuy.Bek.:46	Ort.Ser.Sür.:290	Verimlilik(%) :78.43

Toplam Bakım Maliyeti :184900

Simölsayon kodunu gir :

Alternatif Sonuçlar

DENEY5X1.RAP
DENEY5X2.RAP
DENEY5X3.RAP
DENEY5X4.RAP
DENEY5X5.RAP

Aktif dosya :DENEY5X1.RAP

Esc->Menü F4->Ekрана/F5->Yazılcıya Liste



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 01.01.1970

Doğum Yeri : Karaisalı/Adana

Öğrenim : YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisansı 1992-

İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi
Endüstri Mühendisliği 1988-1992

ADANA İMAM HATİP LİSESİ 1982-1988

MEHMET AKİF ERSOY İLKOKULU 1977-1982

Yabancı Dil : İngilizce