

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAKIM KISITI ALTINDA GENETİK
ALGORİTMALARLA ÜRETİM ÇİZELGELEME**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisi Ahmet ERDEM

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Baha GÜNEY

Mayıs 2008

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

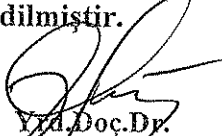
**BAKIM KISITI ALTINDA GENETİK
ALGORİTMALARLA ÜRETİM ÇİZELGELEME**

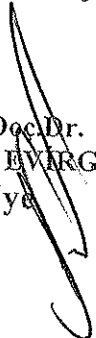
YÜKSEK LİSANS TEZİ


Endüstri Mühendisi Ahmet ERDEM

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 30 / 04 /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd.Doç.Dr.
Baha GÜNEY
Jüri Başkanı


Yrd.Doç.Dr.
Hayrettin EVRİGEN
Üye


Yrd.Doç.Dr.
Ayhan DEMİRİZ
Üye

TEŞEKKÜR

Çalışma boyunca daima beni destekleyen, bilgisini paylaőan ve en önemlisi mesai kavramı olmadan çalıőmalarıma yön veren saygı değer hocam Yrd. Doç.Dr. Baha GÜNEY' e teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bugüne kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anne ve babama; en sıkıntılı zamanda çalışma azmimi yeniden kazandıran eőim Sema ERDEM' e sonsuz teşekkür ederim.

Kaynak araőtırmalarında yardımcı olan ismini sayamayacağım birçok arkadaőıma da ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ VE PROBLEMİN TANIMI.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problemin Tanımı.....	2
BÖLÜM 2.	
ÜRETİM ÇİZELGELEME VE ÇİZELGELEME KABULLERİ.....	4
2.1.Çizelgelemenin Tanımı.....	4
2.2. Üretim Çizelgeleme ve Sınıflandırılması.....	4
2.3. Çizelgelemede Kullanılan Öncelik Kuralları ve Kabulleri.....	5
2.4. En İyi Çözüm Kuralları.....	6
2.4.1 İhtiyaç üretimi.....	6
2.4.2. İşlem karmaşıklığı.....	6
2.4.3. Çizelgeleme kriterleri.....	8
2.4.4. İhtiyaç tanımlama.....	9
2.4.5. Çizelgeleme ortamı.....	9
2.5. Performans Ölçütleri.....	9
2.6. Problemin Zorluk Derecesinin Belirlenmesi	10
2.7.Atölye Tipi Çizelgelemenin Üretim İşlem Çizelgelemedeki Yeri....	11

2.8. Kısıtlayıcı Varsayımlar.....	12
2.8.1 İşlerle ilgili kısıtlayıcı varsayımlar.....	12
2.8.2.Makinelerle ilgili kısıtlayıcı varsayımlar.....	13
2.8.3.İşler ve makinelerle ilgili kısıtlayıcı varsayımlar.....	14
2.9. Atölye Çizelgeleme Değerlendirmesi.....	14
2.9.1.Ortalama akış süresinin enazlanması.....	15
2.9.2.Toplam çizelge süresinin ve ortalama akış süresinin azaltılması.....	16
2.9.3.En fazla gecikmenin (T_{max}) azaltılması.....	16
2.9.4. Gecikme süresinin azaltılması.....	16
2.10. Seri İş Akışlı Atölye Çizelgeleme Problemleri.....	16
2.10.1. İki makineli-çok işli problem.....	16
2.10.2. Üç makineli-çok işli problem.....	17
2.10.3. M makineli-n işli problem.....	17
2.11. Permütasyon Tipi İş Sıralama.....	17
2.12. Atölye Çizelgeleme Problemi Çözüm Metotları.....	18
2.12.1. Johnson algoritması.....	18
2.12.2. CDS algoritması.....	19
2.12.3. NEH (Nawaz,Enscore,Ham) algoritması.....	19
2.12.4. Tabu araştırmaları.....	20
2.12.5. Tavlama benzetimi.....	20
2.12.6. Karınca kolonileri iyilemesi.....	21
2.12.7.Yapay bağışıklık sistemleri.....	22

BÖLÜM 3.

GENETİK ALGORİTMALAR	23
3.1. Giriş.....	23
3.2. Genetik Algoritmaların Tanımı ve Tarihçesi.....	23
3.3. Genetik Algoritmanın Kullanılma Nedenleri.....	25
3.4. Genetik Algoritmaların Diğer Yöntemlerden Farkları.....	26
3.5. Genetik Algoritmaların Temel Kavramları.....	26
3.5.1. Gen.....	26
3.5.2. Kromozom.....	27

3.5.3. Popülasyon (Topluluk).....	28
3.5.4. Uygunluk fonksiyonu.....	28
3.5.5. Genetik işlemciler.....	29
3.5.6. Çaprazlama işlemcileri.....	29
3.5.7. Değişim (Mutasyon) işlemcisi.....	32
3.6. Genetik Algoritmaların İşleyişi.....	33
3.6.1. Şema (Schemat) teoremi.....	36
3.6.2. GA' nın performansını etkileyen nedenler.....	37
3.7. GA nın Uygulanmasında Temel Konular ve Alanlar.....	38
3.8. GA Nasıl Çalışıyor.....	39
3.9. Çeşitli Değerlendirme Stratejileri ve GA ile Aralarındaki Farklar	43

BÖLÜM 4.

BAKIM YÖNETİMİ	
4.1. Bakım ve Bakım Yönetimi Kavramları.....	45
4.2. Bakım Faaliyetlerinin Amacı	46
4.3. Bakım faaliyetlerinin faydaları.....	46
4.3.1. Makine ömrü.....	46
4.3.2. Personelin geliştirilmesi.....	46
4.3.3. Duruş zamanının azaltılması.....	47
4.3.4. İşgücü kullanımı.....	47
4.3.5. Tesisin rasyonalizasyonu.....	47
4.4. Bakım Çeşitleri.....	48
4.4.1. Arıza bakım.....	48
4.4.2. Koruyucu bakım.....	49
4.4.3. Önleyici bakım.....	50
4.5. Önleyici Bakım Hedefleri.....	51

BÖLÜM 5.

ÜRETİM SİSTEMLERİ VE UYGULAMANIN YAPILDIĞI ELEKTRO- MEKANİK SANAYİ ÜRETİM SİSTEMİ.....	
5.1. Üretim Sistemi.....	52
5.2. Endüstriyel Üretim Tipleri	52

5.3.Federal Elektrik Firmasının Tanıtımı.....	57
5.4.Federal Elektrik Üretim Sistemi.....	58

BÖLÜM 6.

YAZILIM PROGRAMININ İNCELENMESİ VE UYGULAMA YAPILMASI.....

6.1. Verilerin Girilmesi.....	63
6.1.1. Makine verilerinin girişi.....	63
6.1.2. Operasyon verilerinin girişi.....	65
6.1.3. Öncelik kavramı.....	65
6.2. Yazılım Programında Genetik Algoritma Uygulanması.....	66
6.2.1. Genetik kodlama.....	66
6.2.2. Kromozomların oluşturulması.....	67
6.2.3. Çaprazlama işlemi.....	67
6.3. İşlerin Çizelgelenmesi.....	68
6.3.1. Bakım dikkate alınmadan yapılan çizelgeleme.....	68
6.3.2. Bakım kısıtı altında yapılan çizelgeleme.....	71
6.4. Federal Elektrik Eksantrik Pres Atölyesine Bütünleşik Çizelge Uygulaması.....	74

BÖLÜM 7.

SONUÇ VE ÖNERİLER.....

KAYNAKLAR.....

ÖZGEÇMİŞ.....

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

n	: İş sayısı
M	: Makine sayısı
P	: Permütasyon seri iş akışlı
F	: Seri iş akışlı
C_{max}	: Toplam çizelge süresi
F_{max}	: Toplam akış zamanı
O	: Operasyon
i	: İş
M_i	: İ. Makine
f_i	: Yığındaki i . kromozomun uygunluğu
f	: Yığının toplam uygunluk değeri
G_{max}	: Maksimum iterasyon sayısı
p_c	: Çaprazlama oranı
p_m	: Değişim oranı
GA	: Genetik Algoritma
NP	: Non-Polinomial
$EKİS$	: En kısa işlem süresi
$EUİS$	: En uzun işlem süresi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Çizelgeleme probleminin boyutu.....	5
Şekil 2.2.	Atölye tipi üretimin genel üretim sistemi içindeki yeri.....	12
Şekil 2.3.	İki makineli bir gant diyagramı.....	19
Şekil 3.1.	Pozisyona ve sıraya göre çaprazlama işlemleri.....	30
Şekil 3.2.	Tek ve çift noktalı çaprazlama işlemleri.....	31
Şekil 3.3.	Çeşitli değişim (mutasyon) işlem örnekleri.....	32
Şekil 3.4.	Kodlama uzayı ve çözüm uzayı.....	34
Şekil 3.5.	Kodlama uzayı ve çözüm uzayı.....	35
Şekil 3.6.	Kromozomların kodlama uzayından çözüm uzayına eşleme.....	36
Şekil 3.7.	16 bit genden oluşan bir yapay kromozom.....	40
Şekil 3.8.	Temel GA Algoritması akış diyagramı.....	42
Şekil 4.1.	Bakım onarım faaliyetlerinin sınıflandırılması.....	48
Şekil 5.1.	Üretim sistemi girdi-çıkı ilişkisi.....	53
Şekil 5.2.	Üretimin sınıflandırılması.....	53
Şekil 5.3.	Endüstriyel üretimin sınıflandırılması.....	54
Şekil 5.4.	Federal Elektrik ürün proses şeması.....	60
Şekil 6.1.	Program ana menüsü.....	61
Şekil 6.2.	Programın genel algoritması.....	62
Şekil 6.3.	Makine veri giriş ekranı	63
Şekil 6.4.	Makine yaşı ile bakım sürelerinin ilişkisi.....	64
Şekil 6.5.	Operasyon veri giriş ekranı.....	65
Şekil 6.6.	Bir genin kodlaması.....	66
Şekil 6.7.	Ürün operasyon ilişkisi	67
Şekil 6.8.	Örnek iki kromozom.....	67
Şekil 6.9.	Çaprazlama ve mutasyondan sonra oluşan yeni nesil kromozomlar.....	68

Şekil 6.10.	Çizelgelenecek işler	68
Şekil 6.11.	Çizelgeleme seçenekleri	69
Şekil 6.12.	Bakım dikkate alınmadan yapılan çizelgeleme	70
Şekil 6.13.	Çözüm ilerleme grafiği.....	71
Şekil 6.14.	Bakım kısıtı altında yapılan çizelgeleme.....	72
Şekil 6.15.	Bakım kısıtı ile çizelgelemenin ilerleme grafiği.....	73
Şekil 6.16.	Bakım kısıtı altında 30 kromozumlu çizelgenin çözüm ilerleme grafiği.....	74
Şekil 6.17.	Eksantrik pres atölyesinde 13. haftada üretilen ürünlerin bazıları	75
Şekil 6.18.	Eksantrik pres atölyesinde 13. hafta iş çizelgesi.....	76
Şekil 6.19.	Bakım süreleri ile birlikte eksantrik pres atölyesinde 13. hafta iş çizelgesi.....	76
Şekil 6.20.	Bakım süreleri ile birlikte eksantrik pres atölyesinde 13. hafta iş çizelgesinin iterasyon ilerleme grafiği.....	77

ÖZET

Anahtar kelimeler: Üretim Çizelgeleme, Genetik Algoritmalar, Bakım

Genellikle atölye çizelgeme problemleri bütün işlerin toplam tamamlanma zamanını minimize etmeye odaklanmışlardır. Makine bakım zamanlarını dikkate almamışlardır. Halbuki bütün makineler bakıma ihtiyaç duyar ve bu bakımların üretim çizelgesi üzerinde gösterilmesi gerekmektedir. Bu tezin amacı genetik algoritmaları kullanarak işlerin toplam tamamlanma zamanını en küçükleme ve makineler için önleyici bakımları da üretim çizelgesi üzerinde göstermektir. Ayrıca bu çalışmada bir elektro-mekanik sanayinin eksantrik pres atölyesinin haftalık bakım kısıtı altındaki iş çizelgesi de uygulama olarak oluşturulmuştur.

PRODUCTION SCHEDULING WITH GENETIC ALGORITHMS SUBJECT TO MAINTENANCE CONSTRAINT

SUMMARY

Key Words: Production Scheduling, Genetic Algorithms, Maintenance

Generally job-shop scheduling problem focuses on minimize the total completion time all jobs. Maintenance is not considered. However every machine requires maintenance and this must be planned on production schedule. The objective of this thesis is minimizing jobs completion time and also schedule the machines preventive maintenance with genetic algorithms. An application is demonstrated for a case study in electro-mechanic industry for press shop weekly scheduling under strict maintenance plan.

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE PROBLEMİN TANIMI

1.1. Giriş

Günümüzde gelişen teknolojiye, artan rekabet ortamına ve değişen ekonomik koşullara işletmelerin kendilerini adapte etmeleri gerekmektedir. Bir işletmenin ayakta kalabilmesi ve verimli çalışabilmesi üretimden önce yapılan planlama ile mümkündür. Planlamanın önemi doğru zamanda, doğru miktarda ürünü üretmek için gerekli koşulların hazırlanmasından kaynaklanır.

Sadece ürünü üretmek bir işletmenin hedefi olamaz. Üretilecek ürünler için yapılacak malzeme alımları, ara stokların azaltılması, makine ve ekipmanların verimli kullanılması v.b. birçok unsur iyi bir planlama gerektirir.

İşletmelerin ana sermayeleri olan makineleri için gerekli bakımların zamanında yapılması gerekir. Çünkü oluşacak arızalar ya zamanında ürün üretememeye ve/veya kalitesiz ürün üretmeye neden olmaktadır. Makine parkının verimli kullanılması her işletmenin hedefidir.

Bir tarafta üretimin planlanması diğer tarafta ise makine bakımlarının zamanında gerçekleştirilmesi yapılacak çizelgelerin önemini daha da artırmaktadır. Üretim çizelgeleme problemi için yapılan programlar her ne kadar gerçek uygulamaya yaklaşmak isteseler de bir takım şartları yok saymaktadırlar. Bu da yapılan çizelgelemenin tam anlamıyla uygulanamamasına sebep olur. Bu sorunu halledebilmek için çeşitli algoritmalar ve yaklaşımlarda bulunulsa da tam bir çözüm üretilememektedir.

Günümüz çizelgeleme yazılımları çeşitli algoritma yapılarını kullanarak sistemleri gant şeması üzerinde göstermeye çalışmaktadır. Ancak gerçekte karşılaşılan bir

takım sorunları yok sayarak yapılan bu yazılımlar; sistemin sadece yaklaşık çözümünü gösterebilmektedir.

Literatürde en iyileme (optimizasyon) problemlerinin çözümünde kullanılan birçok teknik mevcuttur. Bu tekniklerden doğrusal programlamalarda klasik yöntemlerle sonuca ulaşılabilirken, problemin boyutunun büyümesi bu çözümleri imkansız hale getirmektedir. Bu yüzden genetik algoritmalar, tabu arama, tavlama benzetimi gibi bir takım sezgisel arama yöntemleri geliştirilmiştir.

Son yıllarda kombinatoriyel problemlerin çözülmesinde sezgisel yöntemlerin kullanımları önemli oranda artmaktadır. Jones ve diğerlerine göre sezgisel yöntemlerin popülaritesinin 1991 yılından itibaren hızlı bir şekilde artış göstermesinin nedenleri arasında da birincisi, hesaplama gücünün iyi olması ikincisi, dönüştürülebilir yönünün olmasıdır. Sezgisel yöntemlerin en büyük avantajları arasında çözüm zamanının sayım (enumeration) tekniğine göre çok kısa olması ve her tür problem için kolay bir şekilde entegre edilebilmesidir. Dezavantajları ise bu yöntemlerin optimum çözümü garanti etmemesi ve iyi çözüm verebilmesi için bir çok parametrenin uygun bir şekilde ayarlanması gerekliliğidir.

Çizelgeleme literatürü; parametrelerin belirgin (deterministik) olduğu durumdan; belirsiz (stokastik) olduğu duruma, tek makineden çok makineye, geliş sürecinin statikten dinamiğe geçtiği bir yapıyı kapsar [1].

1.2. Problemin Tanımı

Atölye çizelgeleme problemlerinde birçok kısıt mevcuttur. Bu kısıtlar; makine-işlem süreleri, teslim tarihleri, işlem öncelik değerleri, makine bakım zamanları v.b. yapılan çizelgenin gerçeğe uygun olup olmadığını değiştirebilir. Ayrıca yukarıda bahsedilen kısıtlar sektörden sektöre farklılık da gösterebilir.

Literatürde bütün kısıtların dengelendiği çizelgeyi yapmak mümkün müdür sorularına cevaplar aranmıştır. Ancak problemin boyutunun büyüklüğü dolayısı ile bazı kısıtlar hep sabit olarak alınmak durumunda kalmıştır [2].

Bu çalışmada Elektro-Mekanik sektöründe faaliyet gösteren Federal Elektrik firmasının atölye tipi üretim yapan bölümlerinin bütünleşik üretim planlaması için gerekli çizelgeleme oluşturulacaktır. Ayrıca bu atölyelerde bulunan makineler için planlanan önleyici bakım zamanları da dikkate alınarak makinelerin iş programları oluşturulacaktır.

Mevcut durumda her atölye kendisine açılan imalat siparişlerini ERP programından almakta ancak yapılacak işlerin bir önceki atölyede ne zaman bitip de kendilerine teslim edileceğini görememektedirler. Yani bir işin 2. operasyonunu yapacak atölye bu işin 1. operasyonunun bitip parçaların ne zaman kendisinde olacağını bilememektedirler. Aynı durum 3. operasyonu yapacak atölye için de geçerlidir.

Bu çalışma da oluşturulacak model sayesinde her atölye kendisinin yapacağı işlerin bir önceki operasyonunun tamamlanma zamanını yani kendisine yarı mamullerin ne zaman geleceğinin bilgisini görebilecektir. Bununla birlikte oluşturulacak model atölye sorumlusuna kendi atölyesinde bakım yapılacak zamanları da sunmaktadır.

Yapılan iyi bir çizelgeleme ile bir imalat sisteminin etkinlik ve verimliliği önemli ölçüde değiştirilebilmektedir. Verimliliği artan bir işletmenin rekabet gücü de artar. Üretimin çizelgelenmesi zor bir problemdir. Bu tür problemlerin çözümü devam ederken sisteme etki eden faktörler de değişmektedir. İş öncelikleri, teslim tarihleri, üretim miktarları, öncelik kuralları gibi kısıtlar sürekli olarak değişime uğramaktadır.

Ancak bu çalışmada iş öncelikleri, teslim tarihleri, imalat siparişlerindeki miktarların değişmediği varsayılmaktadır. Eğer herhangi bir değişim söz konusu olursa bu değişim yapılan yazılıma yeniden yüklenmekte ve Genetik Algoritma bir kez daha çalıştırılmaktadır. Yani yazılım programına değişen koşullara göre dinamiklik kazandırılmaktadır.

BÖLÜM 2. ÜRETİM ÇİZELGELEME VE ÇİZELGELEME KABULLERİ

2.1.Çizelgelemenin tanımı

Çizelgeleme;işlerin belirlenen bir sırada gerçekleşmesi için program yapılması ve bu programın çeşitli kriterler altında çeşitli performans ölçülerinin en iyilenmesi faaliyetidir [3].

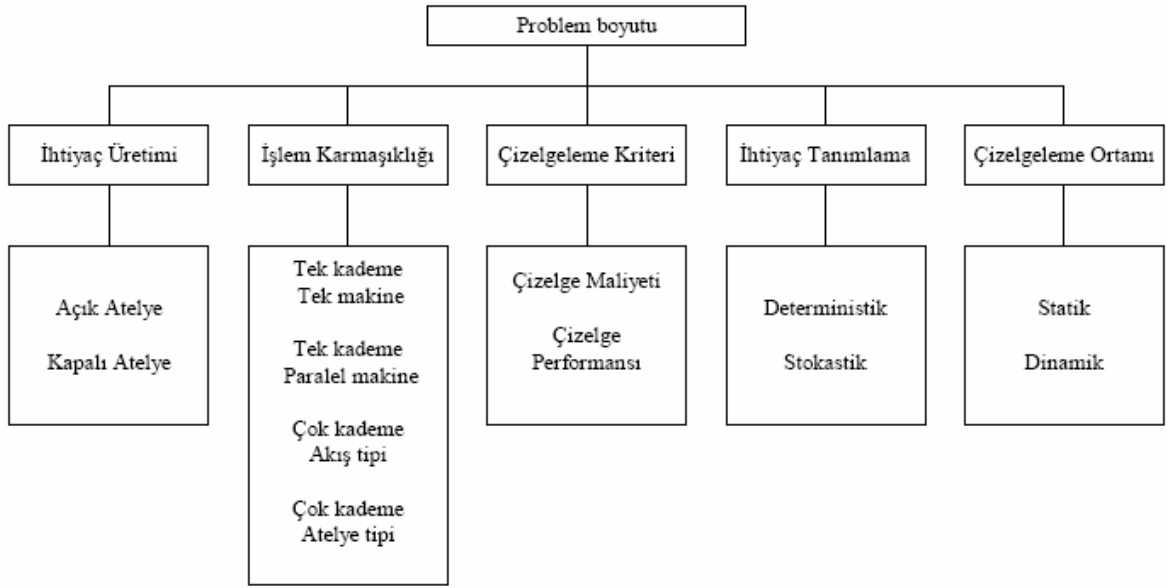
Çizelgelemede iş;herhangi bir kaynak tarafından o anda üzerinde çalışılan kısım olarak da tanımlanır.

Çizelgelemede kaynak makine olarak kabul edilir ve makine; herhangi bir zamanda üzerinde en çok bir faaliyetin gerçekleştirildiği kaynak olarak tanımlanır.

Çizelgelemenin bir tanımı da, belirlenen görevleri yerine getirmek için kaynakların zaman içindeki kullanımını göstermeye denir. Ayrıca hangi kaynakların ne zaman ve nasıl kullanılacağı da belirtilmektedir. Çizelgelemedeki asıl amaç, işi daha az kaynakla ve daha az sürede istenilen kriterlere uyacak biçimde problemin çözümünü göstermektir.

2.2. Üretim Çizelgeleme ve Sınıflandırılması

Üretim çizelgelemede dikkat edilmesi gereken unsurlar Şekil 2.1 de şema üzerinde belirtilmiştir.



Şekil.2.1 Çizelgeleme probleminin boyutu

2.3. Çizelgelemede Kullanılan Öncelik Kuralları ve Kabulleri

Çizelgeleme problemlerinde literatürde on farklı öncelik kuralları bulunmaktadır.

1. Erken teslim tarihli,
2. İlk giren ilk çıkar,
3. Kısa işlem zamanlı,
4. Kalan işlem zamanlı,
5. Toplam işlem zamanlı,
6. Dinamik değişkenli,
7. Rastlantısal öncelik kurallı,
8. Uzun işlem zamanlı,
9. Az operasyonu kalan öncelik kuralı,
10. Çok operasyonu kalan öncelik kuralı.

2.4. En İyi Çözüm Kuralları

Akış ve atölye tipi çizelgeleme problemlerinin çözümünde genel olarak aşağıdaki kabuller yapılmaktadır.

1. Tezgâh hazırlık süreleri bilinmektedir ve işlem sürelerinin içerisinde yer almaktadır.
2. Bütün n tane iş sıfırıncı zamanda işlenmeye hazır durumda beklemektedir.
3. Her iş m operasyona ve operasyonda farklı makinelere ihtiyaç duymaktadır.
4. Makinelerin önceden rezervasyon yapılmasına izin verilmez. Her işin ilk operasyonu önce başlar, ikinci operasyonun başlayabilmesi için birincinin tamamlanması gerekir.
5. Çizelgeleme metodu boyunca makineler sabittir ve mevcut yerinde kapasiteleri aynıdır.
6. Bir iş aynı anda birden fazla makinede işlenemez.
7. Makine bir anda bir tek işi yapabilir, birden fazla işi yapamaz.
8. Bir işe ait operasyon bölünmez o makinede tamamlanması gerekir.

2.4.1 İhtiyaç üretimi

İhtiyaç üretiminde gereksinimler açık ve kapalı atölyede üretilir. Açık atölyede gereksinimler doğrudan doğruya müşteri siparişiyle üretilir. Kapalı atölyede ise gereksinimler stoktan karşılanır.

2.4.2. İşlem karmaşıklığı

Tek kademe, tek makine problemi; en basit problem biçimidir. Bütün işler sadece bir makinede yapılır. Bu işlem basit olmasına karşın diğer karmaşık problemlerin temelini oluşturmaktadır.

Tek kademe, paralel makineler problemi; her bir iş paralel makinelerden birisinde işlem görmektedir. Aynı işi yapan makinelerin sayısı fazladır. Cıvata üretimin yapıldığı atölye tipi buna örnek gösterilebilir.

Çok kademeli problemler; her bir işin işlem sırasında çok kesin bir sıranın olduğu problem tipidir. Her bir iş, makineler gurubunda öncelik ilişkisine göre işlem görürler. Bu tip problemler akış tipi ve atölye tipi olmak üzere gruplandırılabilir.

İş çizelgeleme problemi; işin hangi makinede ve hangi sırayla işleme konulması gerektiğine karar verme olayı olarak adlandırılır. Bu yaklaşımlar iki başlık altında incelenebilir. Atölye tipi çizelgeleme ve akış tipi çizelgelemedir.

Akış tipi çizelgelemede bütün işler aynı sırayla aynı makine gurubunda işlenir.

Atölye tipi çizelgeleme, sınıflandırmada en genel ve en karmaşık olan çizelgeleme problemidir. Belli bir işe ait işlem kademeleri sayısı hakkında hiçbir kısıt yoktur ve alternatif olarak kabul edilebilecek rotalar mevcuttur. Atölye tipi çizelgelemede her iş farklı makinelerde işlenmek üzere kendine özgü işlem ve işlem sıralarına sahiptir. Atölye tipi üretim çizelgeleme probleminde m tane makinede (M) işlenmek üzere n tane (İ) mevcuttur. Her işin her makinede sadece ve sadece bir kez işlem gördüğü varsayılır. Makinede işin işlenmesine operasyon (O) denir. İşler makinelerde belirli bir sırayla işlenir. Genel atölye tipi üretim için teknolojik kısıtların oluşumuna dair bir sınırlama yoktur. Her iş kendi işlem sırasına sahiptir ve diğer işlerin işlem sıralarından bağımsızdır. Bununla birlikte bütün işler aynı sıraya sahip olduğunda oluşacak çizelgelemeye de akış tipi çizelgeleme olarak adlandırılır. Atölye tipi çizelgelemede ana unsur makineler ve bunlar üzerindeki işlerdir.

Her bir operasyon belli bir zaman uzunluğuna sahiptir. Bu zamanın içinde; makineyi ayarlama ve hazırlama zamanı (setup time), işi makineye taşımak için geçen sürede dâhil edilmektedir.

Atölye tipi çizelgeleme problemini genelleştirmek için bazı tanımların yapılmasına gerek vardır. Bunlar;

1. Her bir iş bütündür; iş farklı operasyonlarda oluşmasına rağmen aynı işin iki operasyonu hiçbir şekilde aynı anda işlenmez.
2. İş bölme yoktur; her bir operasyon başladığı zaman diğer operasyon o makinede başlatılmadan önce tamamlanmalıdır.
3. Her iş bir makinede bir tane olmak üzere m tane farklı operasyona sahiptir, işin aynı makine iki defa işlem görme olasılığı hesaba katılmaz.
4. İş iptali söz konusu değildir.
5. İşlem zamanları çizelgeden bağımsızdır; işe ait makineyi ayarlamak için gereken zaman en son işlem gören işten bağımsızdır.
6. Ara stoka izin verilir.
7. Makinenin her bir tipinden sadece bir tane vardır. Aynı işi yapan makineden sadece bir tane vardır. Böylelikle beklemekten kaçınmak için belli makinelerin çoğaltılması durumu ortadan kaldırılır.
8. Makineler boş kalabilir. Fakat bu durumda makinelerin verimlilik kısıdını ihmal edilir.
9. Hiçbir makine aynı anda birden fazla operasyonu işleyemez.
10. Makineler asla bozulmaz.
11. Teknolojik kısıtlar önceden bilinir ve sabittir.
12. Rastlantısallık konusu değildir.
 - a) İşlerin sayısı bilinir ve sabittir.
 - b) Makinelerin sayısı bilinir ve sabittir.
 - c) İşlem zamanları bilinir ve sabittir.
 - d) Hazırlık zamanları bilinir ve sabittir.
 - e) Belli bir problemi tanımlamak için gereken her türlü nicel değerler bilinir ve sabittir.

2.4.3. Çizelgeleme kriterleri

İki tane ana kritere sahiptir. Bunlar çizelgeye ait maliyet ve etkinlik maliyetidir. Belli bir çizelgeye ait maliyet, üretim hazırlıklarıyla ilgili sabit maliyetleri, değişken ve fazla mesai maliyetlerini, stok maliyetlerini, siparişleri karşılayamamanın sonucunda oluşacak olan maliyetlerdir.

2.4.4. İhtiyaç tanımlama

İhtiyaç tanımlama, problemin nümerik değerlerin önceden bilinip bilinmemesiyle ilgilidir. Eğer tüm parametreler miktar olarak önceden biliniyorsa ve sabitse belirgin olarak tanımlanır. Aksi halde bilinmiyorsa belirsiz olarak tanımlanır. Örnek olarak her işin her kademedeki ve her bir makinedeki işlem süreleri önceden biliniyorsa bu tipteki atölye belirgin (deterministik) olarak tanımlanır. Aksi takdirde; işlem süreleri tam olarak bilinmiyorsa ve belli bir olasılık dağılımıyla rastgele değişken olursa bu tipteki atölye belirsiz (stokastik) olarak tanımlanır.

2.4.5. Çizelgeleme ortamı

Çizelgeleme ortamı, üretilecek gereksinimler için gerekli olan girdiler üzerine varsayımlarla ilgilenir. Çizelgeleme zamanı boyunca üretilecek gereksinimlerin miktarı ve buna bağlı olarak atölye ortamına giren işlerin miktarı belirlenir ve sonradan atölye ortamına ek bir iş girişi yapılmaz. Diğer yandan çizelgeleme zamanı boyunca üretilecek gereksinimlerin miktarı ve buna bağlı giren iş miktarına sonradan ilave yapılabilecek şekilde problem tanımlanabilir. Atölye ortamına herhangi bir anda ya da özel bir durumda yeni iş girdileri olabilir. Bu durumda atölye ortamı dinamik olarak tanımlanır.

Gerçek uygulamalarda ve çizelgelemelerde problemlerin çoğu belirsiz (stokastik) ve dinamiktir. Üretilen çözüm modellerinin çoğu ise belirli ve statik olarak kabul edilir. Böyle kabullerin sebebi ise; statik ve belirli problemleri anlamadan dinamik ve belirsiz problemleri anlamak zordur. Aynı zamanda günümüzdeki teknolojik gelişmelerin sonucunda işlem sürecine katılan elektronik devreler, robotlar ve mikro denetleyiciler sayesinde işlem süresinde belirlilik sağlanmıştır.

2.5. Performans Ölçütleri

Çizelgelemede amaçları ifade etmek her zaman kolay değildir. Amaçlar çok karmaşık ve genellikle birbirleriyle bağdaşmazlar. Ancak çizelgelemede ne derece

başarılı olduğuna karar vermek için bir takım kriterleri tanımlamak gerekir. Aksi halde matematiksel olarak çizelge oluşturmak imkânsızlaşır.

Örnek olarak; kararlaştırılmış teslim tarihlerine uymak zorunda kalınabilir. Aksi takdirde güvenilirlik kaybına uğranılabilir ve finansal ceza maliyeti söz konusu olabilir. Bazen teslim tarihi önemli olmayabilir ve çizelgeleme zamanını uzunluğu enazlanmak istenebilir. Tüm işler tamamlandıktan sonra bazı makineler başka işler için kullanılabilir. Böylece makinelerin aylak (boş) kalma zamanları enazlanmak istenebilir. Aylak makine aylak sermaye demektir. Bunlara ek olarak stok maliyeti enazlanmak istenebilir.

2.6. Problemin Zorluk Derecesinin Belirlenmesi

Problemin zorluk derecesinin bilinmesi problemin çözümü için en iyi yöntemin uygulanmasını sağlar. Polinomal (P) olan denklemler çözümlenmesi, incelenmesi kolay olan denklemlerdir ve kısa sürede sorunu çözen yöntemleri mevcuttur. Eğer bir denklem yada sistem polinomal değilse (NP, Nonpolynomially Bounded) çözümlenmesi zor sistemlerdir. Ancak NP (polinomal olmayan, kesin çözümü olmayan) problemler için ise kısa sürede gerçek çözümü bulan yöntemler mevcut değildir. Bu nedenle NP problemleri için gerçek çözüme en yakın sonucu bulmak amacıyla yaklaşık çözüm algoritmaları geliştirilmiştir.

Yaklaşık çözüm algoritmaları, problemin gerçek olmayan ancak geçerli bir çözümü (gerçek sonuca yakın olan) kısa sürede bulabilirler. Pratikte karşılaşılan problemlerin çoğu için kesin çözümden ziyade kısa sürede yaklaşık bir çözümün bulunması istenmektedir. Bu nedenle pratikte karşılaşılan NP problemlerin çözümünde probleme özgü olarak sezgisel (heuristic) yöntemler yardımıyla geliştirilen algoritmalar kullanılır.

Problemlerin çözümü için kullanılan algoritmaların sonuca kısa sürede ulaşması esastır. bu algoritmanın en yaygın performans ölçütü, algoritmanın sonucu bulana kadar ki geçen süredir.

Polinomal algoritmalar pratikteki problemlerin çözümünde iyi performans gösterirler. NP problemlerinde kullanılan polinomal algoritmalar ise sorunu çözememektedir. NP olarak adlandırılan problemlerin çözümünde kesin sonuç yerine yakın çözümler tercih edilir. Bu tip problemlerin kesin sonuçlarına makul sürelerde ulaşılmadığından; yerel arama ve rastlantısal arama ile yaklaşık çözümler elde edilir. Rastlantısal arama yöntemleri; yerel arama yöntemlerinin, yerel optimumda takılıp kalma dezavantajlarını ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir.

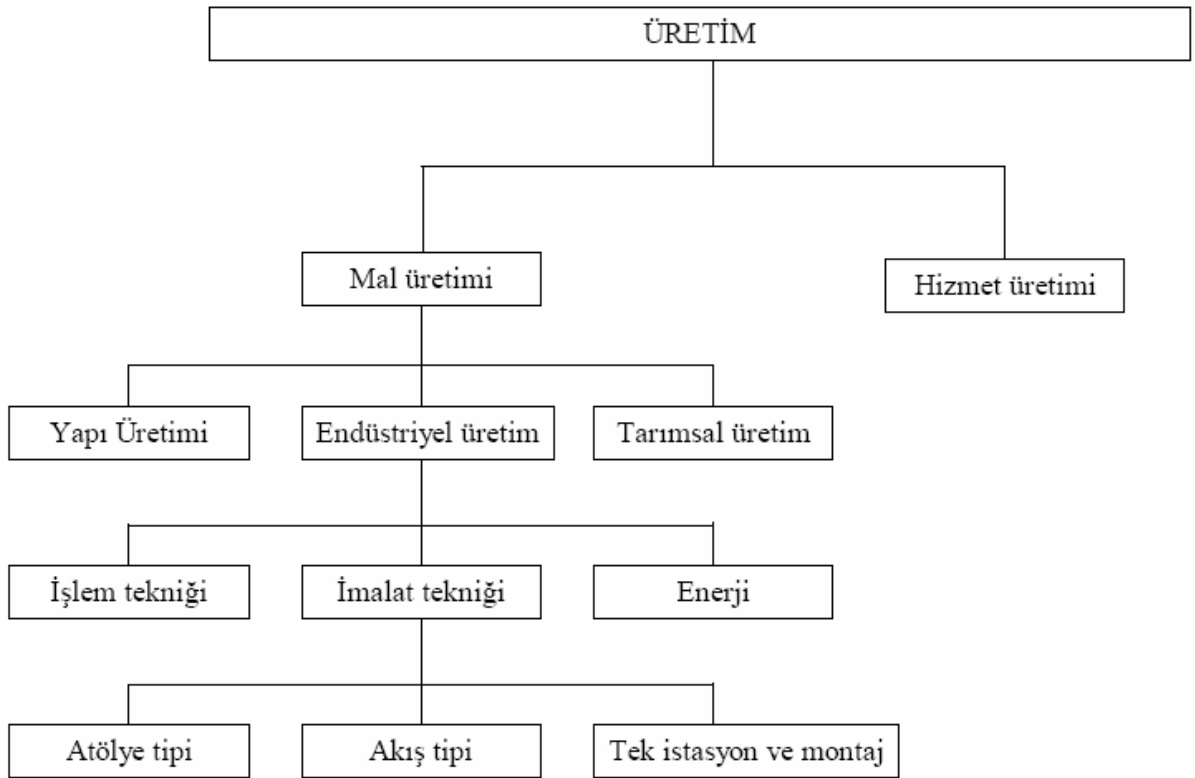
NP problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemler:

- 1) Yerel arama metodları
- 2) Yapay sinir ağları
- 3) Tabu araştırmaları
- 4) Tavlama benzetimi
- 5) Karınca kolonileri optimizasyonu
- 6) Yapay bağışıklık sistemleri
- 7) Genetik algoritmalarıdır.

2.7. Atölye Tipi Çizelgelemenin Üretim İşlem Çizelgelemedeki Yeri

Üretim işlemlerinden biri olan atölye tipi üretim, organizasyon yönünden karmaşık üretim tiplerinden biridir. Atölye tipi üretimin yeri Şekil 2.2 de gösterilmiştir.

Atölye tipi üretimde çok amaçlı işletme makineleri birbirinden farklı işleri tek veya seri kademeler halinde işlerler. Takım tezgâhı ve kalıp imalatı; tipik bir atölye tipi üretimdir. Akış tipi üretim ise atölye tipi üretimden elde edilen ürünlerin seri halde yapılmasını amaçlar.



Şekil 2.2. Atölye tipi üretimin genel üretim sistemi içindeki yeri

Atölye çizelgelemede, gerçek uygulamada karşılaşılan bir takım kısıtlayıcı varsayımlar mevcuttur. Aşağıda bu varsayımlar belirtilmiştir.

2.8.Kısıtlayıcı Varsayımlar

Çizelgeleme yapılırken gerçek ve/veya gerçeğe yakın çözümlerin elde edilmesi için işler ve makinelerle ilgili bir takım unsurların gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda problemin çözümü açısından bazı kısıtların önemi azaltılır veya kaldırılır.

2.8.1 İşlerle ilgili kısıtlayıcı varsayımlar

I_i Kümesi i işini tanımlayan operasyonların oluşturduğu kümedir.

1. I sabit ve bilinmektedir.
2. Bütün işler aynı anda işlenmek için hazır durumdadırlar ve birbirlerinden bağımsızdırlar.

3. Bir sınırsız zaman diliminde bütün işler hazır durumdadırlar.
4. Her iş şu durumda olabilir.
 - a) İş, bir sonraki makinede işlenmek üzere beklemektedir.
 - b) İş, bir makinede işlenmektedir.
 - c) İş, sonuncu makinede de işlendi ve tamamlandı.
5. Bütün işler eşit önem derecesine sahiptir.
6. Her iş, o iş için tahsis edilmiş bütün makinelerde işlenmelidir.
7. Bir iş aynı anda yalnızca bir makine tarafından işlenebilir.

Bu kısıtlardan, 1. unsur problemin deterministik yapıda olmasını sağlar, 2. unsur ise çok dikkat edilmesi gerekmeyebilir. Bu unsur olmadan da yapılan çizelgeler mevcuttur. 2. unsurun sağlanamadığı duruma örnek, işlerin birbirine bağımlı olduğu durumdur. İşlerin bağımlı olması iş önceliklerini önemli hale getirmektedir. 3. unsur ise geçerli olmamakla birlikte işlerin teslim edilmesi gereken tarih vardır. 4. unsur ara stoklara izin verilmeyen yerlerde geçerli değildir. 5. unsorda işler her zaman aynı önem derecesine sahip olmayabilir. 2 farklı siparişte 2. siparişe ait işler daha fazla önem derecesine sahip olabilir. 6. unsurun sağlanmaması durumunda atölye ortamına ait çizelgelemede büyük değişiklikler oluşacaktır [5].

2.8.2.Makinelerle ilgili kısıtlayıcı varsayımlar

M_i kümesi i işini tanımlayan makinelerin oluşturduğu kümedir.

1. M sabit ve bilinmektedir.
2. Bütün makineler aynı anda işlem yapmak için hazır durumdadırlar ve birbirlerinden bağımsızdırlar.
3. Bir sınırsız zaman diliminde makineler hazır durumdadırlar.
4. Her makine şu durumda olabilir.
 - a.) Makine, bir sonraki iş için beklemektedir.
 - b.) Makine, bir iş yapmaktadır.
 - c.) Makine sonuncu işi de tamamlamıştır.
5. Bütün makineler eşit öncelik derecesine sahiptir.

6. Her makine, kendisine tahsis edilmiş bütün işleri tamamlar.
7. Bir makine yalnızca aynı anda bir iş yapabilir.

1. unsur problemin deterministik yapıda olmasını sağlar. 2. ve 3. unsur gerçeğe tam anlamıyla uymaz. Çünkü gerçek ortamda makineler arıza, bakım ve vardiya gibi durumlardan dolayı hazır halde olmamaktadırlar. 4. unsorda makine 2. ve 3. unsurlarda olduğu gibi hazır halde olmayabilir. Yalnız 4. unsur problemde çıkarılamaz. 5. unsorda tüm makineler aynı önem derecesine sahip olmayabilir. 7. unsorda ise teknolojinin gelişmesiyle bir makine birden fazla işi aynı anda yapabilmektedir.

2.8.3. İşler ve makinelerle ilgili kısıtlayıcı varsayımlar

1. Bütün işlerin işlem süreleri sabit ve sıralamadan bağımsızdır.
2. Başlayan her operasyon bitene kadar kesinti olmaz.
3. Bir işteki operasyonların sırası sabit ve bilinmektedir.
4. Bir makinenin işlem sırası bilinmekte, ancak işlem sırası sabitlenmek istenmektedir.

Birinci unsorda insan ve makinelerin eskime faktöründen dolayı işlem sürelerinin kesin bir sabitliği yoktur. Ancak gelişen teknoloji ve kullanılan mikro denetleyici gibi elemanların üretim sürecine katılmasıyla bu unsur sağlanmaktadır. 2. unsur çok önemlidir. Çünkü başlayan bir işin bitene kadar işlem görmesi gerekmektedir. Ancak bazı çizelgelerde işin yarıda kesilip sonra devam ettirilmesi sorunun çözümünde yardımcı olmaktadır. 3. ve 4. unsurlar çok önemlidir ve problem çözümünde göz ardı edilemez.

2.9. Atölye Çizelgeleme Değerlendirmesi

Bir çizelgeleme probleminin gösterimi $n / m / A / B$ şeklindedir. n iş sayısını, m makine sayısını, A makinedeki akış türünü, B başarımlı ölçütünü gösterir.

Makinelerdeki akış 3 farklı türde olabilir.

1. Seri iş akışlı (F)
2. Permütasyon seri iş akışlı (P)
3. Karmaşık iş akışlı (G)

Çizelge değerlendirmede;

Tamamlanma zamanı (C_i): Bir işin en son işleminin tamamlandığı zamandır.

$$C_i = r_i + \sum_{k=1}^m (w_{ik} + P_{i(k)}) \quad i=1,2,3,\dots,n$$

Akış zamanı (F_i): İşlem görmek için hazır olduğu andan tamamlanmasına kadar geçen zamandır.

$$F_i = C_i - r_i = W_i + P_i$$

Gecikme zamanı (L_i) = İşin tamamlanma zamanı ile teslim edildiği zaman arasındaki farktır.

$$L_i = C_i - d_i$$

İşlem süresi (p_{ij}) = i işinin j makinesindeki işlem süresidir.

Hazır olma zamanı (r_i) = i işinin işlem görmesi için gerekli olan hazırlık zamanıdır.

Teslim tarihi (d_i) = i işinin teslim edilmek zorunda olduğu zamandır.

Ağırlık (W_{ij}) = i işinin j. Operasyonu için bekleme zamanını belirtir.

2.9.1. Ortalama akış süresinin enazlanması

Permütasyon tipi bir çizelgelemede en kısa işlem süresine göre (EKİS; Shortest Processing Time SPT) işlerin makinelere yüklenmesi ile ortalama akış süresi kısaltılabilir. Bulunan tüm işler artan süre durumuna göre sıralanırlar. En kısa işlem

süresine sahip işten başlanır ve çizelgelenmemiş iş ilk boşalacak olan makineye yüklenir.

2.9.2. Toplam çizelge süresinin ve ortalama akış süresinin azaltılması

n adet iş ve m adet makinenin bulunduğu çizelgelemede C_{max} (toplam çizelge süresi) ve F (ortalama akış süresi) azaltılması için en uzun işlem süresi (EUIS; Longest Processin Time LPT) yöntemi kullanılır. Bu yöntemde; sistemdeki tüm işler azalan işlem süresine göre sıralanır. En uzun işlem süresine sahip işten başlanır ve çizelgelenmemiş iş ilk boşalacak olan makineye yüklenir. Her makinedeki işlerin sırası ters çevrilerek EKİS sırasında çizelgelenir.

2.9.3. En fazla gecikmenin (T_{max}) azaltılması

Bu unsurun sağlanabilmesi için teslim tarihi kuralı (TTK; Due Date Rule DDR) uygulanır. Bu kuralda; tüm işler teslim tarihine göre artan sırada sıralanır. Teslim tarihi en erken olan işten başlanır ve çizelgelenmemiş iş ilk boşalacak olan makineye yüklenir.

2.9.4. Gecikme süresinin azaltılması

İşlerin gecikme süresinin azaltılması için boş süre (Slack Time) kuralı uygulanır. Bu kurala göre; tüm işler artan boş sıraya göre sıralanırlar. En küçük boş işten başlanır ve çizelgelenmemiş iş ilk boşalacak olan makineye yüklenir.

2.10. Seri İş Akışlı Atölye Çizelgeleme Problemleri

2.10.1. İki makineli-çok işli problem

$n / 2 / F / C_{max}$ olarak gösterilen bu tür atölye çizelgelemede tamamlanma zamanını en aza indirecek olan en iyi iş sırasını veren algoritma S.M. Johnson (1954) tarafından geliştirilmiştir.

Algoritmanın uygulanması için ;

1. Her işin 1. ve 2. makinedeki en düşük işlem zamanı bulunur.
2. En düşük işlem zamanı 1. makinede olan işler, 1. makinedeki iş sürelerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanır.
3. En düşük zamanı 2. makinede olan işler, 2. makinedeki iş sürelerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanır.
4. Bu sıralar bozulmadan önce 1. makineye göre bulunan sıradaki işler, sonra da 2. makineye göre bulunan sıradaki işler olmak üzere en iyi sıralama elde edilir.

2.10.2. Üç makineli-çok işli problem

Seri iş akışının olduğu 3 makineli sistemde belirli şartların sağlanması durumunda Revize Johnson yöntemi kullanılarak en kısa işlem zamanlı çizelgeleme yapılabilir.

Bu şartlar;

1. 1. makinedeki işlem zamanlarının en küçüğünün ikinci makinedeki işlem zamanlarının en büyüğünden büyük veya eşit olması gerekir.
2. Üçüncü işlem zamanlarının en küçüğünün ikinci makinedeki işlem zamanlarının en büyüğünden büyük veya eşit olması gerekir.

2.10.3. M makineli-n işli problem

Seri iş akışının olduğu ve 3 den fazla makinenin bulunduğu çizelgelemede en kısa işlem süresini bulma işlemi çok zordur. Brooks ve White' ın (1965) geliştirdiği dalsınır yöntemi basit çizelgelemelerde başarılı sonuç vermiştir. Bu problemlerde n! adet mümkün çözüm olması ve bunlardan bir kaçının verilen başarıml ölçütünü eniyilemesi çözüm açısından çok büyük zorluklar yaratır.

2.11. Permütasyon Tipi İş Sıralama

Bu tip iş sıralama tekniği seri imalat yapan işletmelerde ortaya çıkan problemlere çözüm üretmek için kullanılır. Bu tip üretim atölyesinde makineler bir hat boyunca dizilirler ve işler bu hattı takip ederler. Bu tip iş sıralama problemlerine tek kaynak kısıdı makinedir. Permütasyon tipi iş sıralamada kabul edilen unsurlar şunlardır;

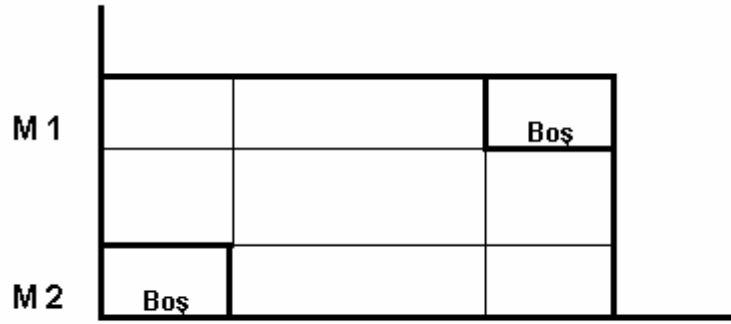
1. Tüm işlerin ve tüm makinelerin $t=0$ anında hazır oldukları kabul edilir.
2. Bir iş bir makineye atandığında, bitirilmeden aynı makinede başka bir iş yapılamaz.
3. Bir makinede operasyonun başlatılması için işin bir önceki makinede tamamlanmış olması gerekir.
4. Makinelerde bozulma ve aksama yoktur.
5. Makinelerin hazırlanma süreleri işlem süresinin içindedir.
6. İşlerin makineler arasındaki taşıma süresi ihmal edilir.

2.12. Atölye Çizelgeleme Problemi Çözüm Metotları

Atölye çizelgeleme problemlerinin çözüm algoritmaları incelendiğinde üç ve daha az sayıdaki makinenin olduğu durumlarda eniyilemeyi gerçekleştirmek için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Dört makine ve üstündeki atölye ortamlarının çözümü için ise sezgisel yöntemler kullanılmıştır. 3 ve daha az makinenin olduğu çizelgeleme algoritmalarından bir kaçını aşağıda açıklanmıştır.

2.12.1. Johnson algoritması

Tamamlanma zamanına dayalı performans kriterlerine göre makine sayısına bağlı olarak gerçek ve/veya gerçeğe yakın çözümü veren algoritmadır. Hazırlık zamanlarının sıfır olduğu kabul edilir. $C_{\max} = F_{\max}$. M_2 makinesinde işleme başlamak için M_1 makinesinde en küçük işlem zamanlı işlerin çizelgelenmesi gerekir.



Şekil 2.3. İki makineli bir gant diyagramı

Şekil 2.3. e bakıldığında M_1 makinesinde kısa işlem süresine sahip olan işler ön sıralara M_2 makinesinde kısa işlem süresine sahip işler son sıralara bırakılmaktadır.

2.12.2. CDS algoritması

Champell ve arkadaşlarının geliştirdiği bu algoritma yapısında 3 makineli n işli sistem $(m-1)$ adet yani 2 makine haline getirerek Johnson algoritması uygulanır. İşlem süreleri dikkate alınarak iki farklı çözüm algoritması uygulanır. 1. ve 2. makinelere ait işlem süreleri toplanır ve oluşan sistem 2 makineli sistem gibi Johnson algoritmasına göre çözülür.

2.12.3. NEH (Nawaz,Enscore,Ham)algoritması

Sıralanan n iş içerisinde toplam işlem zamanları en yüksek olan iki iş seçilir. Seçilen iki iş sıraya konarak tamamlanma süreleri bulunur. Kısmi olarak bulunan bu sürelerden en küçük olan iş sırası seçilerek bu iki işin birbirlerine olan önceliği belirlenmiş olur. Bu sıra sabitlenerek daha sonraki kullanımlarda da ele alınır. Daha sonra toplam işlem zamanı en büyük olan üçüncü iş seçilir. Bu iş; başa, ortaya veya sona konarak tekrardan kısmi tamamlanma süresi bulunur ve bu süre bir sonraki adımlarda kullanılmak üzere sabitlenir. Her defasında yeni eklenen iş için aynı işlemler uygulanarak bütün işlerin sıralamasının belirlenmesine kadar devam eder.

4 ve daha fazla makine n işli çizelgeleme problemleri NP zor problem olarak nitelendirilir. Bu tür çizelgelenmeler için ve/veya gerçeğe yakın çözümlerin bulunması için sezgisel yöntemler (algoritmalar) kullanılır. Aşağıda sezgisel yöntemlerden bazıları kısaca anlatılmıştır.

2.12.4. Tabu araştırmaları

Yerel iyilemenin tıkanıklığından kaçınmak için geliştirilmiş, en iyiye yakın çözüm veren bir sezgisel arama metodudur. Tabu araştırmaları, hedefe, kısıt ve tabu kullanarak belirli bir olasılıkla ulaşır. Hedefe ulaşma olasılığını arttırmak için kısıt ve tabu sayılarının artması gerekmektedir.

Tabu listesi; istenilen değişimleri saklamak ve istenmeyen durumların ortadan kaldırılması için kullanılır. Tabu araştırmaları üç strateji içerir.

1. Yasaklama stratejisi; hangi hareketlerin, tabu listesine girip girmeyeceğini belirleyen ve döngüyü önlemek için, belirli hareketleri yasaklama mekanizmasını oluşturan bir stratejidir.
2. Yeterlilik kriteri, yeterli koşulları sağlayan çözümlerin tabu durumundan çıkarılmasını sağlar.
3. Kısa dönem stratejisi, önceki döngülerdeki davranışları depolayan bir stratejidir.

2.12.5. Tavlama benzetimi

Tavlama benzetimi, NP zor problemlerin çözümünde iyi performans gösteren sezgisel bir yöntemdir. Fiziksel tavlama işlemi, ısı banyosu içerisindeki katı bir cismin düşük enerjilerini elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Katı bir cisim erime noktasına kadar ısıtılır ve sonra katı cisim hızla soğutulmaya başlanırsa katı cismin moleküler yapısı soğutma oranına bağlı olarak değişir.

Tavlama algoritması, yerel arama metodlarına benzer. Yerel arama metodunda sistem çözümünü genel en iyileme yerine yerel en iyilemeyi bulmaktadır ve bu olumsuz

olgudur. Tavlama benzetiminde bu olumsuzluk ortadan kalmaktadır. Örnek bir algoritma yapısı aşağıda adım adım belirtilmiştir.

1. Rastgele yada bilinçli olarak seçilmiş bir çözüm kümesini başlangıç çözümü olarak kabul et. S_0
1. Başlangıç çözümüne en iyi çözüm olarak S ata $S^0=S$
2. Başlangıç çözümünün maliyet işlevini hesapla $S: S(C)$
3. Başlangıç sıcaklığını belirle T_0
4. Başlangıç sıcaklığını T değerine ata. $T = T_0$
5. Durma kriteri gerçekleşmedi ise aşağıdaki işlemleri gerçekleştir.
 - a. Markov zincir uzunluğunu belirle
 - b. Mevcut S , çizelgesinde rastgele bir komşuluk aralığı belirle
 - c. S için maliyet işlevini belirle
 - d. Bir önceki çizelge ile mevcut çizelgenin maliyet işlevlerinin farkını hesapla
 - e. T sıcaklığını azalt ve bir üst adıma dön
6. En iyi çizelge, S^0 , oluştur ve dur.

2.12.6. Karınca kolonileri iyilemesi

Karınca sistemleri, karınca kolonilerinin yiyecek toplama prensibine göre çalışır. Doğadaki karıncaların görme yetilerinin çok az olmasından dolayı koloniler halinde hareket etmektedirler. Kolonilerin yiyecek toplamada en kısa yolu seçme prensibine göre oluşturulan algoritmadır. Doğadaki karıncalar, yiyecek toplarken geçmiş oldukları yol üzerine bir sıvı bırakırlar. Yalnız bu sıvı belli bir süre sonra kaybolur. Aynı yoldan ne kadar fazla karınca geçerse iz o kadar kalıcı olmaktadır. Bir sonraki karınca yiyeceğe ulaşırken bu sıvının kalıcılığını göre en etkin ve en kestirme yolu kullanmaktadır.

Karınca sistemleri algoritmasının kullanımı için önce iz matrisi, $T=[\lambda_{ij}]$ ve görünürlük matrisi, $H=[\eta_{ij}]$ tanımlanır. Problem çözüm kümesi, $\Pi = [\Pi(1) \dots \Pi(n)]$ bu durum sistemin n farklı girişinin olduğunu gösterir. Çözümün ilk adımında, m adet karıncanın yol üzerinde rastgele pozisyonlarda bulunabilir ve karıncaların bulunduğu düğüm noktasından herhangi bir yere gitme serbestliğine sahiptir.

Karınca i. düğümünden j. düğüme hareket ettiğinde j.düğüm, karınca hafızasında tabu listesine kaydedilir. Bir sonraki adımda karınca tabu listesinde bulunan yöne doğru hareket etmez.

Karınca sistemleri algoritması, Colomi, Dorigo ve arkadaşları tarafından atölye çizelgeleme problemlerinde başarıyla uygulamışlardır.

2.12.7. Yapay bağışıklık sistemleri

Bağışıklık sistemleriyle bir problem çözülürken, işlem içsel ve dışsal mesajlardan oluşur. İçsel mesajlar; hücre ve moleküller, dışsal mesajlar; bakteri, parazit ve virüs gibi yabancı maddelerdir. Problem çözümlerinde içsel ve dışsal mesajların ayırt edilmesi birçok açıdan zordur. Yapay bağışıklık sistemleri birçok endüstriyel problemlerin çözümünde kullanılabilen yeni bir yapay zeka algoritmasıdır.

BÖLÜM 3. GENETİK ALGORİTMALAR

3.1. Giriş

Doğada kısıtlı kaynakların kullanımı için bir rekabet sürmekte, bu rekabette ancak diğerlerinden daha uygun özelliklere sahip olan bireyler hayatta kalabilmektedir. Uygun özelliklere sahip olmanın belirleyici faktörlerinden en önemlisi ise değişen ortamlara uyum sağlama yeteneğidir. Bireylerin hayatta kalmalarına yardımcı olan özellikler 'gen'lerin içeriğiyle belirlenir. Bu özellikleri kontrol eden gen gruplarına kromozom adı verilir. Evrim, doğal seçim ve genetik yapının yeniden kombine edilmesinin ortak ürünü olarak oluşur. Doğal seçim sonucunda en uygun bireyler hayatta kalma açısından diğer bireylere oranla üstünlük sağlarlar. Bu sürecin diğer bir etkisi ise çoğalma şansına sahip olmaları nedeniyle "en uygun genlerin hayatlarını sürdürmeleridir". 30 yıldan fazla gündemde olmasına karşılık Genetik Algoritmalar son yıllarda etkin bir eniyileme (optimizasyon) ve arama yöntemi olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur.

Genetik Algoritmalar (GA) daha çok,

1. matematiksel modeli kurulamayan,
2. çözüm alanı oldukça geniş,
3. problemi etkileyen faktörlerin çok fazla olduğu

problemlerin çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır. Bu problemlerin başında endüstride karşılaşılan iş sıralama çizelgeleme problemleri gelmekte ve en çok kullanılan alanlardan birisini oluşturmaktadır.

3.2. Genetik Algoritmaların Tanımı ve Tarihçesi

Genetik Algoritmalar doğadaki canlıların geçirdiği evrim sürecini örnek olarak matematiksel modeli kurulamayan ya da çözüm uzayı çok geniş olan problemlerin

çözümünde tercih edilen tekniklerin başında gelmektedir. GA'nın evrimden yararlanma düşüncesi, bir bireyin hem annesinin hem de babasının özelliklerini taşıyabildiği gibi onlardan daha farklı ve üstün özelliklerini de taşıyabileceği varsayımına dayanmaktadır. John Holland makine öğrenmesi üzerine yaptığı çalışmalarda canlılardaki evrimden ve değişimden etkilenerek, bu genetik evrim sürecini bilgisayar ortamına aktarmak ve böylece bir tek mekanik yapının öğrenme yeteneğini geliştirmek yerine, çok sayıdaki böyle yapıların tamamını "çiftleşme, çoğalma, değişim..." gibi genetik süreçler sonunda üstün yeni bireylerin elde edilebileceğini göstermiştir. Holland tarafından yapılan çalışmalardan çıkan sonuçların yayınlanmasından sonra geliştirdiği yöntemin adı "Genetik Algoritmalar" olarak tanınmıştır. Bu teorik aşamadan sonra Holland'ın öğrencisi olan David E. Goldberg adlı inşaat mühendisi aynı yılda "Gaz Boru Hatlarının Genetik Algoritmalar Kullanılarak Kontrol Edilmesi" konulu tezini yaparak GA'nın ilk uygulamalı çalışmasını gerçekleştirmiştir. Daha sonra 1989 yılında, içerisinde 83 endüstriyel uygulama bulunan GA alanındaki ilk kitabı yayınlanarak bu yöntemin farklı alanlardaki çeşitli problemlerin çözümünde yaygın bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

GA da her bir çözüm, birey veya kromozom adı verilen dizinlerle gösterilir. Biyolojiden esinlenerek genellikle 0 ve 1'lerden oluşan dizinlerle ifade edilirler. Biyolojik kromozom üzerinde belirli genlerin belirli karakteristik özellikleri taşıması gibi genetik algoritmaların belirli kısımlarının da belirli özellikleriyle problemin çözümünü içerdiği kabul edilir. Son yıllarda üretim planlama, tasarım, elektronik, finansman gibi farklı, çok geniş alanları kapsayan konularda GA çalışmaları hız kazanmış, bu ilgi giderek her geçen gün artmaktadır [5].

Evrim; genetik bilgi taşıyan kromozomlar üzerinde genetik işlemlerin uygulanması sürecidir. Diğer bir deyişle, oluşturulan bir topluluğun (popülasyon) kopyalama, çaprazlama ve değişim gibi işlemlere tabi tutularak yeni topluluğun oluşumuna kadar geçen evredir. Bu evre topluluk üzerinde tüm genetik işlemlerin sırasıyla uygulandığı bir süreçtir. Evrim sürecine, başlangıçta belirlenen bir durdurma kriteri gerçekleşinceye veya probleme uygun bir çözüm bulununcaya kadar devam edilir.

3.3. Genetik Algoritmanın Kullanılma Nedenleri

Problemlerin maksimizasyonunda, minimizasyonunda, en iyileme veya optimizasyonunda öncelikle niçin diğer yöntemlerin kullanılmadığı belirtilmelidir. Genelde bu problemlerin çözümünde

2. Türev ve integral hesap,
3. Numaralama yöntemleri,
4. Rasgele arama yöntemleri

gibi üç tip temel çözüm yönteminden yararlanır. Türev ve İntegral hesaba dayanan hesaplama yöntemleri çok yoğun kullanılmıştır. Bu yöntemler fonksiyonun 1.mertebe türevini sıfır yapan köklerinin fonksiyona en küçük ve en büyük değer veren noktalar olmasına dayanır. Gerçek problemler için bu noktaları bulmak çok daha ayrı bir problemdir. Bilinen diğer bir yöntem ise, alınan bir başlangıç noktasından yukarı yönde ilerleyerek en iyi sonucu bulmayı hedefler. Tepe tırmanma adı verilen bu yöntem fonksiyon grafiğinin tepelerine tırmanır. Ancak çok sayıda dönme noktası içeren bir fonksiyonda çok sayıda tepe oluşur. Hangi tepenin en iyi çözüm olduğunu belirlemek zordur. Numaralama yöntemleri ise oldukça alışılmalıdır. Sürekli olan gerçel sayı aralıkları belli sayıda parçaya ayrılarak her bir parça denir. Ancak problemlerin boyutu bu yöntem için büyük olabilir. Bu yöntemin daha geliştirilmiş şeklini dinamik programlama oluşturur. Dinamik programlamada parçalar arasından iyi görünenler seçilir. Bu parçalar tekrar parçalara ayrılarak işlem tekrarlanır. Bu yöntem de tepe tırmanma yöntemi gibi yanlış tepeleri araştırabilir. Dinamik programlama tepelerin fazla olmadığı aralıklarda başarılı ve hızlıdır.

Kısaca en iyilemenin;

1. Bir işin daha iyi yapılması, ve
2. En doğru şekilde yapılması

olmak üzere iki amacı vardır.

Günümüzde rasgele aramaların kullanımı artmaktadır. Bu tip aramalar en iyilemenin daha iyi yapılmasını sağlamakta daha başarılıdırlar. İnsanların bilgisayarlardan beklentisi mükemmellik olduğu için bu tip aramalar şüpheye neden olabilir. Genetik Algoritmalar, klasik yöntemlerin çok uzun zamanda yapacakları işlemleri kısa bir zamanda çok net olmasa da yeterli bir doğrulukla yapabilir [15].

3.4. Genetik Algoritmaların Diğer Yöntemlerden Farkları

1. GA parametrelerin kodlarıyla uğraşır. Parametreler kodlanabildiği sürece fark etmez.
2. GA bir tek yerden değil, bir grup çözüm içinden arama yapar.
3. GA ne yaptığı konusunda bilgi içermez, nasıl yaptığını bilir. Bu nedenle bir kör arama metodudur. Genetik algoritmalar olasılık kurallarına göre çalışır. Programın ne kadar iyi çalışacağı önceden kesin olarak belirlenemez.

3.5. Genetik Algoritmaların Temel Kavramları

Bu bölümde GA yı daha iyi anlamak için bazı temel kavramlar tanıtılacaktır.

3.5.1. Gen

Kendi başına anlamı olan ve genetik bilgi taşıyan en küçük genetik birimdir. Kısmi bilgi taşıyan bu küçük yapıların bir araya gelmesiyle tüm bilgileri içeren kromozomlar meydana gelir.

Programlama açısından genlerin tanımlanması programcının olayı iyi tanımasına bağlıdır. Bir gen A,B gibi bir karakter olabileceği gibi 0 veya 1 ile ifade edilen bir bit veya bit dizisi olabilir. Örneğin, bir cismin yalnızca x koordinatındaki yerini gösteren

bir gen 101 gibi bir bit dizisi şeklinde gösterilebilir. Bu cisme ait hız, ağırlık gibi diğer özellikler de benzer şekilde ifade edilebilir.

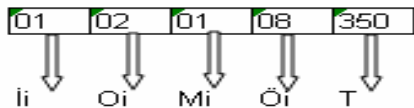
3.5.2. Kromozom

Bir yada daha fazla genin bir araya gelmesiyle oluşan ve probleme ait tüm bilgileri içeren genetik yapılardır. Bir grup kromozom bir araya gelerek bir topluluk (popülasyon) oluştururlar. Yani kromozomlar toplumdaki birey yada üyelere karşılık gelirler. Ele alınan problem açısından bakılırsa kromozomlar geçerli alternatif aday çözümler anlamına gelir.

Örneğin bir kromozom ele alınan bir tasarım probleminde koordinat, açı, boyut gibi değişkenlerden meydana gelen bir bütün olabilir. Aynı kromozom bir üretim planlama probleminde miktar, işlem rotası, zaman gibi değişkenleri içerebilir. Basit olarak 100 011 101 bit dizisi; 4x3x5 birim boyutlarında tasarlanan ve dikdörtgen yüzeylerden oluşan bir kutunun boyutları olabilmektedir.

Kromozomlar, genetik algoritma yaklaşımının üzerinde uygulandığı en temel birimler olduğundan, olayın bilgisayar ortamında çok iyi ifade edilmesi gereklidir. Kromozomun hangi kısmına ne anlam yükleneceği ve ne tür bir bilgi gösterimi kullanılacağı kullanıcının olaya bakışına ve probleme göre değişecektir.

Bu çalışmada kullanılan kromozom yapısı;



Şeklinde. Burada başlangıçtaki 01 birinci iş; sonraki 02 işe ait operasyon no; sonraki iki karakter olan 01 1. makineyi göstermektedir. 08 karakteri yapılacak olan işin önceliğini, 350 ise 1. işin 2. operasyonunun işlem zamanı olan 350 dakikayı göstermektedir.

3.5.3. Popülasyon(Topluluk)

Popülasyon kromozomlar veya bireyler topluluğu olarak tanımlanabilir. Popülasyon aynı zamanda üzerinde durulan problem için geçerli alternatif çözümler kümesidir. Aynı anda bir popülasyonda bulunan birey sayısı sabit ve probleme bağlı olup kullanıcı tarafından belirlenir. Gerçek hayatta olduğu gibi GA'ın çalışması esnasında popülasyonun bir kısım bireyleri yok olmakta ve yerlerini yenileri almaktadır. İleride anlatılacak genetik operatörler(işlemciler)le sağlanan bu sürekli yenilenme sayesinde yeni çözümlere ulaşılmakta ve böylece probleme daha uygun çözümler bulunabilmektedir.

Literatürde popülasyon büyüklüğü için kesin bir ifade kullanılmamakla birlikte kullanıcının kendisinin bir büyüklük atamasının uygun olduğu belirtilmektedir. Ancak fazla sayıdaki kromozom çözüm süresinin uzamasına neden olabileceği gibi az sayıdaki kromozom da çözüme ulaşmayı güçleştirebilir. Bu çalışmada kullanılan popülasyon kavramı; gruplar (operasyonlar) bazında kromozomlardır. Bu çalışmanın uygulama bölümlerinde genelde başlangıç popülasyon büyüklüğü 20 olarak seçilmiş ancak deneme için 30 adetlik başlangıç popülasyonu ile de çözüm üretilmiştir.

3.5.4. Uygunluk fonksiyonu

Kromozomların, problemin çözümünde gösterdiği performansı belirleyen ve problemde problemde değişen bir değerlendirme kriteridir. Kromozomun problemin çözümüne uygunluğunu gösteren başarı ölçüsü olarak da düşünülebilir. Hangi kromozomun bir sonraki nesilde de hayat sürdürebileceğini belirlemede ve yeni kromozomları oluşturacak eşlerin oluşturulmasında kromozomların uygunluk fonksiyon değerleri ağırlıklı olarak göz önünde bulundurulur. Aynı şekilde popülasyonda yeni bireylere yer açmak amacı ile popülasyondan eski bireyleri çıkarma işleminde de uygunluk değeri etkin rol oynar.

Uygunluk fonksiyonu, problem için en uygun çözümü belirleme kriteri olduğundan üzerinde durulan konuyla ilgili kar veya verimliliği maksimum yapacak, maliyet veya kaybı minimum yapacak değişkenlerin ölçülmesini sağlayacak bir fonksiyon olmalıdır. Bu fonksiyonun belirlenmesi için problem iyi tahlil edilerek objektif bir değerlendirme kriteri seçilmelidir.

Bu çalışmada uygunluk fonksiyonu olarak C_i (Toplam tamamlanma zamanı) seçilmiştir. Bütün işlerin tamamlandığı süre çalışmanın uygunluk fonksiyonudur.

3.5.5. Genetik işlemciler

Genetik işlemciler (operatörler), genetik algoritma yaklaşımının problemler üzerine uygulanmasını sağlayan temel araçlardır. Problemden çözüme ulaşmayı sağlayan bu işlemcilerdir. Genetik algoritmaların en temel işlemcileri kromozomlar arasında bilgi alış verişini sağlayan “çaprazlama” ve küçük değişimi sağlayan “değişim(mutasyon)” dur. Genetik algoritmaya genetik özelliği veren de bu işlemcilerdir. Kromozomlardan bazılarının bir sonraki evrime geçerken aynen kalmalarını sağlayan “kopyalama” işlemcisi, çaprazlamaya tabi tutulacak kromozomların seçilmesinde “eşleme” işlemcisi, popülasyondan çıkacak veya yeni topluluğa girecek kromozomları belirleyen “seçme” işlemcisi ve ilk olarak başlangıç popülasyonunu oluşturan “üretme” işlemcisi gibi yardımcı işlemcilerden faydalanılarak problemin çözümü gerçekleştirilebilir. Genetik işlemcilerin en önemli özelliği problemde problemde farklı şekilde tanımlanabilmeleridir.

3.5.6. Çaprazlama işlemcileri

İki kromozom arasında karşılıklı bilgi değişimini gerçekleştirerek yeni kromozomların oluşmasını sağlayan işlemcidir. Bilgi değişimini sağlayacak kromozomların seçiminde uygunluk değerleri göz önünde bulundurulur. Çaprazlanarak bilgi alış verişinde bulunacak kromozomların seçiminden önce, başlangıçta kromozomların çaprazlamaya tutulma olasılığını belirten sabit bit çaprazlama oranı tanımlanır. Bu çaprazlama oranı kromozomların çaprazlamaya tabi tutulma olasılığını belirtir. Çaprazlamada diğer önemli bir husus da, çaprazlama

stratejisidir. Bu strateji ile eş kromozom seçiminde hangi kriterlerin göz önünde bulundurulacağı belirlenir. Çaprazlanacak ilk kromozom en yüksek uygunluk değerli kromozomdan başlanarak seçilirken ikincisi de diğerleri arasından rasgele seçilebilir. Kromozomlarda bilgi değişimi, seçilen bazı gen gruplarının karşılıklı değiştirilmesiyle gerçekleşir. Çaprazlama işlemi çeşitli şekillerde olabilir [11].

Pozisyona dayalı çaprazlamada; Çaprazlanacak iki eş kromozom üzerinde bir grup çaprazlama noktası (bir veya daha fazla nokta) rasgele seçilir. İkinci kromozomun bu pozisyonlardaki parçası birinci kromozomun ilgili pozisyonlarına konur ve daha sonra boş kalan pozisyonlar yeni kromozomda olmayan birinci kromozom elemanları sırasıyla alınarak doldurulur, böylelikle bir yeni kromozom meydana gelir. Aynı işlem diğer kromozom için de yapılarak yeni bir kromozom daha elde edilir. Sıraya dayalı çaprazlamada ise; Bir grup nokta rasgele seçilir. Birinci kromozomun seçilen noktalara karşılık gelen karakterleri aynen yerlerini korur. İkinci kromozomun seçilen noktalara ait karakterleri birinci kromozomun aynı noktalarındaki karakterlerinin önüne getirilir. Geriye kalan boş pozisyonlara, ikinci kromozomdan aktarılan yeni karakterler de göz önünde bulundurularak ilk kromozomun kullanılmayan karakterleri tarafından sırayla (soldan sağa) yerleştirilerek yeni bir kromozom elde edilir. Bu tür çaprazlama, kromozomu oluşturan karakterlerin sayı ve sıralarının önem taşıdığı durumlarda kullanılır. Bu çaprazlama işlemine ait birer çaprazlama örneği aşağıda (Şekil 3.1.) verilmektedir.

Çaprazlamadan

	Önce	Sonra
Pozisyona göre çaprazlama B F	A B C D E F G | |	G A C D E
C F B	G F E D C B A	A G E D
Sıraya göre çaprazlama E F B	A B C D E F G | |	A G C D
C B F	G F E D C B A	G A E D

Şekil 3.1. Pozisyona ve sıraya göre çaprazlama işlemleri

Çaprazlamada önemli olan bir diğer faktör de çaprazlama noktası sayısıdır. Çaprazlama bir veya daha fazla noktadan olabilir. Basit ve pratik olması bakımından tek noktalı çaprazlama yaygın olarak kullanılmaktadır. Çaprazlamada bilgi değişimi esas olduğundan problemin yapısına göre iki ve daha çok noktalı çaprazlama uygulamaları tercih edilmektedir. Diğer geliştirilmiş çaprazlama işlemcileri hakkında geniş bilgi Goldberg (1989) da bulunabilir. En klasik tek noktalı çaprazlama birinci ve ikinci kromozom üzerinde ortak belirlenen rasgele nokta temel alınarak birinci kromozomun bu noktadan önceki kısmı ile ikinci kromozomun bu noktadan sonraki kısmı birleştirilerek yeni bir kromozom elde edilir. İkinci kromozom için de kromozomların diğer kısımları birleştirilir. Çift noktalı çaprazlama ise kromozomlar üzerinde rasgele belirlenen iki nokta esas alınarak kromozomların bu noktalar arasında kalan kısımlarının karşılıklı değiştirildiği çaprazlamadır. Tek noktalı ve çift noktalı çaprazlamaya ait birer örnek aşağıdaki Şekil 3.2. de verilmektedir.

Tek noktalı çaprazlama

Kromozom 1	1 0 1 1 0 1 0 0	Yeni kromozom1	1 0 1 1 0 1 1 0
Kromozom 2	1 1 0 0 0 1 1 0	Yeni kromozom 2	1 1 0 0 0 1 0 0

Çift noktalı çaprazlama

Kromozom 1	1 0 1 <u>1</u> 1 0 0	Yeni kromozom 1	1 0 1 <u>0</u> 0 1 0 0
Kromozom 2	1 1 0 <u>0</u> 0 1 1 0	Yeni kromozom 2	1 1 0 <u>1</u> 1 1 1 0

Şekil 3.2. Tek ve çift noktalı çaprazlama işlemleri

Bu çalışmada çift noktalı çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Burada çaprazlamaya alınan kromozomlar iki noktadan çaprazlamaya tabi tutulmuşlardır.

3.5.7. Değişim (Mutasyon) işlemcisi

Kromozomların genleri veya genleri oluşturan küçük birimleri üzerinde değişiklik yapılmasını sağlayan işlemcidir. Değişime uğratılacak kromozomun seçiminde, kromozomun değişime uğrama ihtimalini gösteren ve başlangıçta sabit olarak tanımlanan bir değişim oranı söz konusudur. Genetik algoritmalarda değişime tabi tutulacak kromozomların belirlenmesinde bazılarının istisna tutulması veya özellikle değişime uğratılması gibi özel stratejiler tanımlanabilir. Değişim işlemi kromozom üzerinde seçilen geni oluşturan alt birim üzerinde yapılacak küçük bir değişiklikle (0'ın 1 yapılması veya tersi gibi) gerçekleşir. Gösterim olarak buna uymayan bir yapıda da yine rasgele seçilecek iki genin yerleri veya sırası değiştirilmek suretiyle değişim gerçekleştirilir. GA'da değişimin sağladığı avantaj, problemin çözüm alanını araştırmada yön değişikliklerini sağlayarak araştırmanın kısır döngüye girmesini önlemektir. Çeşitli değişim işlemcileri vardır. Pozisyona bağlı değişimde; rasgele seçilen karakterlerin(genlerin) yerleri değiştirilerek gerçekleştirilir. Sıraya göre değişim ise kromozomun rasgele seçilen iki karakterinden ikincisinin, birincinin önüne getirilmesiyle olur. Kromozomun gösterimine göre sıranın ve karakter sayısının sınırlı olmadığı bir ikili sistem kromozom gösteriminde de rasgele seçilen bir karakterin karşıt(0'ın yerine 1 gibi) değeriyle değiştirilmesiyle olur. Yukarıda bahsedilen çaprazlama türlerine ait birer örnek Şekil 3.3. de verilmektedir.

	Değişimden	
	Önce	Sonra
Pozisyona göre değişim	<u>A</u> B C D E <u>F</u>	<u>F</u> B C D E <u>A</u>
Sıraya göre değişim	A B C D E <u>F</u>	<u>F</u> A B C D E
Kromozom	1 1 0 1 0 1 <u>1</u> 0	1 1 0 1 0 1 <u>0</u> 0

Şekil 3.3. Çeşitli değişim (mutasyon) işlem örnekleri

Genetik algoritma kendi içinde sanal olarak şemalar oluşturur. Toplumun bireyleri incelenerek bu şemalar ortaya çıkarılabilir. GA şemaları oluşturmak için toplum üyelerinin kodları dışında bir bilgi tutmaz. GA'nın bu özelliğine içsel paralellik

denir. Her nesilde, iyiyi belirleyen şemalardaki belirsiz yada önemsiz elemanlar azalır. Böylece GA sonuca doğru belirli kurallar içerisinde ilerler.

3.6. Genetik Algoritmaların İşleyişi

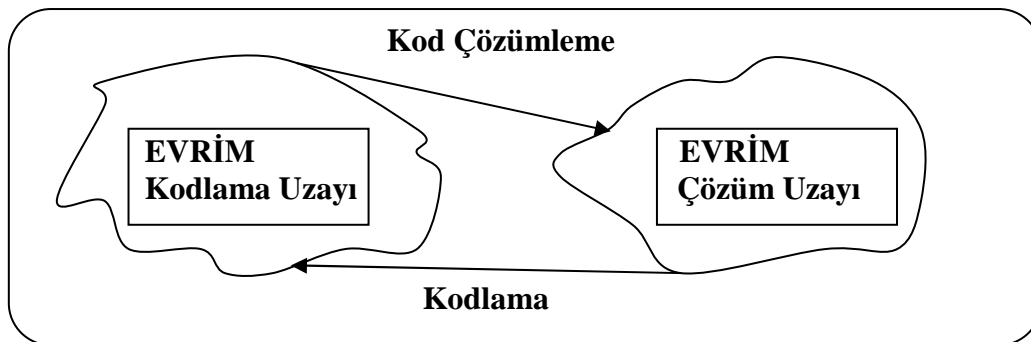
Genetik algoritmalarda öncelikle rasgele veya bilinen çözümleri içeren ve uygunluk değerleri hesaplanmış bir başlangıç kümesi (örnek topluluk) oluşturulur. Örnek topluluktaki kromozom sayısı sabit olarak alınır. Bu sayının çok küçük olması işlem kolaylığı sağlamakla beraber, alternatif çözüm çeşitliliğini azaltacağından tercih edilmez. Kromozomların fazla olması ise işlem hacmini artırarak işlem adımlarının (iterasyonların) uzamasına neden olacağından tercih edilmez.

Bu başlangıç çözümleri daha sonra probleme bağlı olarak belirlenen temel genetik işlemciler yardımıyla evrimden geçirilerek yeni çözümler oluşturulur. Yeni bireyleri oluşturma işleminde kullanılacak kromozomların seçiminde genellikle uygunluk değeri yüksek olanlara öncelik verilir. Bir veya daha fazla rasgele çaprazlama noktası seçilip, bu noktalara göre çaprazlama işlemi uygulanarak bilgi değişimi sağlanır ve yeni kromozomlar oluşturulur. Çaprazlama işleminden sonra veya çaprazlama sırasında değişim işlemi uygulanır. Değişim işlemcisi tek bir kromozom üzerinde işlem yapar. Kromozomun herhangi bir elemanı rasgele seçilir ve bu eleman onun alabileceği başka bir değer ile değiştirilir. Bu işlemciler uygulandıktan sonra mevcut örnek topluluk bireylerinden bazıları yeni bireylere yer açmak amacıyla örnek topluluktan çıkartılır. Optimal (en iyi) çözüme yaklaşmak amacıyla bu evrimden geçirme işlemi daha uygun bir çözüm bulunduğunda devam eder, bulunamayınca durur. Oluşturulan topluluğun uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilip uygunluk değerleri hesaplanır. Aradığımız sonucu veren kromozom olup olmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir sonuca ulaşılmamışsa uygunluk değeri göz önünde bulundurularak yeni kromozomlar oluşturmak üzere farklı kromozomlar eşlenir. Eşleştirilen bireyler bilgi alışverişinde bulunmak üzere daha önceden belirlenen çaprazlama stratejisi çerçevesinde değişime uğratılır. Bir önceki topluluktan doğru olan kromozomlar ve çaprazlama sonucu üretilen yeni kromozomlara yer açmak üzere eski kromozomlardan en düşük uygunluk değerli olanlar veya rasgele

seçilenler silinir. Daha sonra oluşan topluluk uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilir. Belirlenen hedefe ulaşmaya kadar bu evrime devam edilir.

Genetik algoritmanın temel özelliklerinden biri kodlama uzayı ve çözüm uzayında çalışmasıdır. Şekil 3.4. te görüldüğü gibi değerlendirme çözüm uzayında yapılırken, gelişim kodlama uzayında (kromozomlar) olmaktadır.

Doğal seçim, kromozomlarla onların çözümlenen değerlerinin performansları arasındaki bağlantıdır. Holland' ın çalışmalarında, kodlama ikili diziler kullanılarak uygulanmıştır. Son 10 yıl içerisinde, bunu klasik GA problemlerine doğrudan uygulamak güç olduğundan çeşitli dizi olmayan kodlama teknikleri de belirli problemler için oluşturulmuştur.



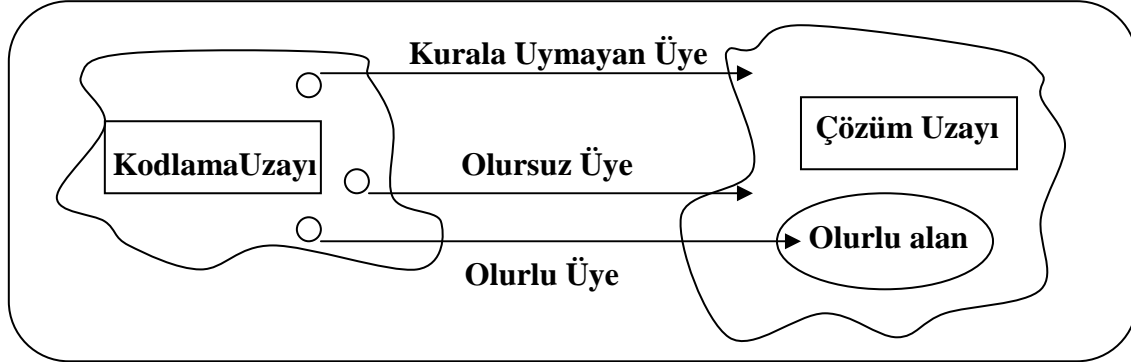
Şekil 3.4. Kodlama uzayı ve çözüm uzayı [8]

Kromozomlara dayanan çözümlerin nasıl kodlanması gerektiği genetik algoritmanın en önemli noktasıdır. Dizi olmayan kodlama yaklaşımları için 3 önemli kritik nokta ; kodlama ve kod çözümleme ile kromozomlar ve çözümler arasındaki şu ilişkileri içerir ;

1. Kromozomun Olurluluğu
2. Kromozomun Geçerliliği
3. Yapının Tekliği

Olurluluk, verilen bir problemin olurlu bölgesinde bulunan bir kromozomdan çözümün deşifre olup olamayacağı ile ilgili olan durumu belirtir. Geçerlilik, Şekil

3.5. te gösterildiği gibi verilen bir problem için bir kromozomun bir çözümü gösterip göstermediği ile ilgili özelliğini belirtir.



Şekil 3.5. Kodlama uzayı ve çözüm uzayı [8]

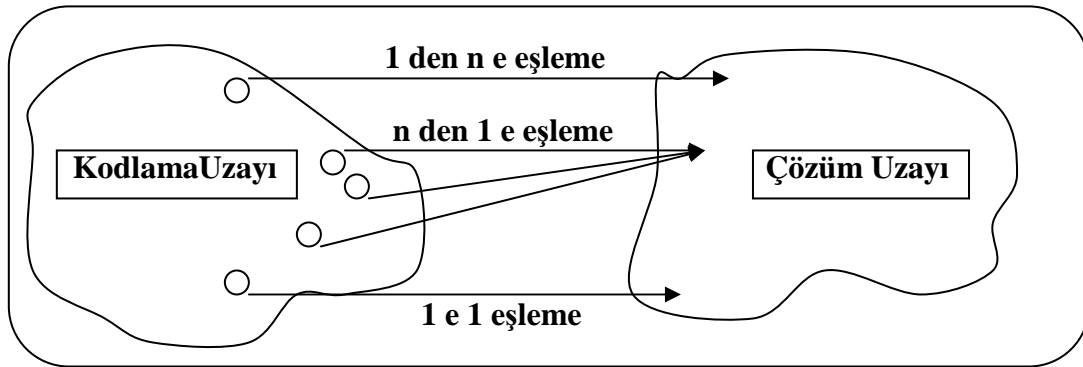
Kromozomların olurlu olması kısıtlı en iyileme (optimizasyon) probleminin yapısından kaynaklanır. Ne tür yöntem olursa olsun ister klasik veya isterse genetik algoritmalar, her zaman için kısıtları kontrol altında tutmak zorundadır. Birçok en iyileme problemi için olurlu bölge, kısıt eşitlikleri veya eşitsizliklerinin sağlandığı ortak çözüm bölgesi olarak tanımlanabilir. Bu gibi durumlarda olurlu olmayan kromozomları kontrol altında tutmak için birçok etkili ceza yöntemi geliştirilmiştir. Kısıtlı en iyileme problemlerinde en iyiye ulaşmada olurlu ve olurlu olmayan bölgelerin her ikisinden eniyi noktaya yaklaşmak genetik taramayı güçlendirecektir.

Kromozomların geçersizliği kodlama tekniklerinden kaynaklanmaktadır. Birçok kombinatoriyal en iyileme problemi için özel problem kodlamaları kullanılır ve genellikle bu kodlamalarda basit bir kesme noktası sonucunda geçersiz nesiller meydana gelebilir. Çünkü geçersiz bir çözümde ceza yaklaşımı bu duruma uygulanamayacağı için çözüm deşifre edilemeyebilir. Bu da demektir ki böyle bir kromozom değerlendirilemez. Kromozomdan çözüme doğru eşleme, aşağıdaki üç durumdan biriyle mümkün olabilir.

- a. 1 e 1 eşleme
- b. n den 1 e eşleme
- c. 1 den n e eşleme

Bu eşlemeler Şekil 3.6. da görülmektedir. 1 e 1 eşleme bu üç eşleme arasında en iyi olanıdır. 1 den n e eşleme en arzu edilmeyen durumdur.

İşlemcilerde öncelik kısıtları olduğundan, bir eşitsizlik sistemi ile öncelik kısıtları için iyi bir gösterim yoktur. Orvosh ve Davis birçok kombinatoriyal en iyileme problemleri için, cezalandırma stratejileri veya reddetme stratejisi gibi diğer stratejilere oranla gerçekten daha iyi olan düzeltme stratejileri ile olurlu olmayan veya geçersiz kromozomları onarmanın daha kolay olduğunu göstermiştir. Birçok araştırmacı olursuzluğu ve geçersizliği kontrol altında tutmak için düzeltme stratejisini tercih etmişlerdir. Bu nedenle atölye çizelgeleme problemi için bir genetik algoritmanın inşa edilmesinin en önemli noktası, ya başlangıç noktasında ya da evrim işleminde üretilecek olan olurlu çizelgede bütün kromozomları oluşturmak için probleme göre özel genetik işlemlerle beraber çözümlerin bir gösterimini kurmaktır. Bu, GA nın sonraki bütün adımlarındaki en önemli aşamadır.



Şekil 3.6. Kromozomların kodlama uzayından çözüm uzayına eşleme [8]

3.6.1. Şema (Schemat) teoremi

GA da oluşturulan başarılı bireyler incelenirse, bu bireyler arasında benzerlikler bulunabilir. Bu benzerliklerden yola çıkarak şemalar oluşturulabilir. İkili dizi kodlaması için aşağıdaki yöntem ya da yöntem parçaları önerilebilir('#' bulunduğu konumda 0 veya 1 olmasının önemsiz olduğunu gösterir). Örnek olarak ikinci ve dördüncü bitleri 1, altıncı biti 0 olan çözümlerin oldukça başarılı olduğu bir

toplulukta şema tipleri şöyle oluşturulabilir. #1#1#0 şeklindeki şemaya uygun aşağıdaki ikili diziler yazılabilir :

010100 , 010110 , 011100 , 011110 , 110100 , 110110 , 111100 , 111110 .

Görüldüğü gibi şemaların katılması ikili dizilerle gösterilen arama aralığını büyütmektedir. Arama aralığının büyümesinin sonucun bulunmasını zorlaştırması beklenir, ancak durum böyle değildir. Seçilim ve yeniden kopyalama ile iyi özellikler daha çok bir araya gelerek daha iyi değerlere sahip şemalarla uygun çözümler elde edilir.

GA kendi içinde sanal olarak şemaları oluşturur. Topluluğun bireyleri incelenerek bu şemalar ortaya çıkarılabilir. GA şemaları oluşturmak için topluluk üyelerinin kodları dışında bir bilgi tutmaz. GA nın bu özelliğine içsel paralellik denir. Her nesilde, iyiyi belirleyen şemalardaki belirsiz ya da önemsiz elemanlar azalır. Böylece GA sonuca doğru belli kalıplar içinde ilerler.

3.6.2. GA' nın performansını etkileyen nedenler

1. Kromozom sayısı: Kromozom sayısını arttırmak çalışma zamanını arttırırken azaltmak da kromozom çeşitliliğini yok eder.
2. Değişim oranı: Kromozomlar birbirine benzemeye başladığında hala çözüm noktalarının uzağında bulunuyorsa değişim işlemi GA' nın sıkıştığı yerden kurtulması için tek yoldur. Ancak bu orana yüksek bir değer vermek GA' yı kararlı bir noktaya ulaştırmaktan alıkoyacaktır.
3. Kaç noktalı çaprazlama yapılacağı: Normal olarak çaprazlama tek noktada gerçekleştirilmekle beraber yapılan araştırmalar bazı problemlerde çok noktalı çaprazlamanın daha yararlı olduğunu göstermiştir.

4. Çaprazlama sonucunda elde edilen bireylerin nasıl değerlendirileceği: Çaprazlama sonucunda elde edilen iki bireyin hemen kullanılıp kullanılmayacağı bazen önemli olmaktadır.

5. Nesillerin birbirinden ayrık olup olmadığı: Normal olarak her nesil tümüyle bir önceki nesile bağlı olarak oluşturulur. Bazı durumlarda yeni nesli eski nesille birlikte yeni neslin o ana kadar elde edilen bireyleri ile oluşturmak yararlı olabilir.

6. Parametre kodlamasının nasıl yapıldığı: Kodlamanın nasıl yapıldığı en önemli noktalardan biridir. Örnek vermek gerekirse; kimi zaman bir parametrenin doğrusal ya da logaritmik kodlanması GA' nın performansında önemli bir farka yol açabilmektedir.

7. Kodlama gösteriminin nasıl yapıldığı: Bu da nasıl olduğu yeterince açık olmamakla beraber GA' nın performansını etkileyen bir noktadır. İkili düzen , kayan nokta aritmetiği ya da gray kodu ile gösterim en yaygın yöntemlerdir.

8. Başarı değerlendirmesinin nasıl yapıldığı: Akıllıca belirlenmemiş bir değerlendirme fonksiyonu çalışma zamanını uzatabileceği gibi çözüme hiçbir zaman ulaşılmamasına da neden olabilir.

3.7. GA' nın Uygulanmasında Temel Konular ve Alanlar

GA nın uygulanmasının en uygun olduğu problemler geleneksel yöntemler ile çözümü mümkün olmayan ya da çözüm süresi problemin büyüklüğü ile üstel oranda artanlardır. Bugüne kadar GA ile çözümüne çalışılan temel konulardan bazıları şunlardır:

1. Optimizasyon (Optimization): GA, sayısal optimizasyon ve kombinatoral optimizasyon problemleri olan devre tasarımı, doğrusal olmayan denklem sistemlerinin çözümünde ve fabrika üretim planlamasında kullanılır.

2. Otomatik programlama (Automatic programming): GA, bilgisayar programları yardımıyla network sıralamasında (sorting) , ders programı hazırlanmasında kullanılır.
3. Makine öğrenmesi (Machine learning): GA, robot algılayıcılarında (sensörlerinde), yapay sinir ağlarında, yonga tasarımı ve proteinin yapısal analizinde kullanılır.
4. Ekonomi (Economics): GA, ekonomik modellerin geliştirilmesinde ve işletilmesinde kullanılır.
5. Bağışıklık sistemleri(Immune systems): GA, çok genli ailelerin evrimi esnasında ve doğal bağışıklık sistem modellerinde kullanılır.
6. Popülasyon genetiği (Population genetics) : GA, evrim ile ilgili sorulara cevap bulmada kullanılır.
7. Evrim ve öğrenme (Evolution and learning) : GA, fertlerin öğrenmesini ve türlerin evrilmesinde kullanılır.
8. Sosyal sistemler (Social systems) : GA, sosyal sistemlerin analizinde kullanılır [15].

3.8. GA Nasıl Çalışıyor

Görüldüğü üzere GA' nın işleyişi çok basittir. Fakat bu kadar basit olan yöntemin, çok zor problemleri nasıl çözdüğü de o kadar dikkat çekicidir. Bu da GA' nın en karmaşık ve bilim adamlarının yıllardır çözmeye çalıştıkları önemli sorulardan biridir.

GA' nın bu yönü şöyle açıklanabilir; GA, çözüm bulabilmek için taranması gereken çözüm uzayının çok büyük olduğu durumlarda bu arama işlemi için akılcı bir yöntemdir. Evrimin her sürecinde edinilen bilgi daha sonra ki nesillere aktarılarak

taramanın daha uygun bölgelerde gezmesi sağlandığı gibi, değişim işlemi yardımıyla yerel çözüm noktalarına sıkışıp kalma olasılığı da azalmaktadır. Ayrıca, GA' nın paralel işlem yapılan bilgisayarlarda kullanılmaya elverişli yapıda olması da zaman alıcı problemlerin çözümü için çekici bir seçenek olmasını sağlamaktadır.

GA nın basit görülen yaklaşımı oldukça karmaşık yapıdaki bir çok problemin çözümünü etkin bir şekilde gerçekleştirebilme yeteneğine sahiptir. Bu işlemlerin daha büyük boyutlu problemlerin çözümünün gerçekleştirilmesinde kullanılacak daha çok bitten oluşan yapay bir kromozom örneği şöyle verilebilir.

1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Şekil 3.7. 16 bit genden oluşan bir yapay kromozom

GA genel olarak başlıca şu temel adımlarla uygulanır :

Adım 1: Problemin değişken tanım aralığını sabit uzunluğa sahip bir kromozom olarak belirle, örnek topluluğun N- Kromozom sayısını, çaprazlama olasılığı P_c yi ve değişim olasılığı P_m yi seç

Adım 2: Problemin tanım bölgesindeki her bir kromozomun performans veya uygunluğunu ölçmek için bir uygunluk fonksiyonu belirle(bu uygunluk fonksiyonu yeni üretilen kromozomların seçiminde temel oluşturur).

Adım 3: Kromozomlar için rassal olarak N boyutlu bir başlangıç örnek topluluğu türet.

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

Adım 4: Her bir kromozomun uygunluğunu hesapla.

$$f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)$$

Adım 5: Çiftleştirmek için mevcut örnek topluluktan bir çift kromozom seç. (Bu çiftlerin uygunluk olasılığına göre ebeveyn kromozomlar seçilir. Çiftleştirmek için

seçilen yüksek uyumlu kromozomlar düşük uyumlu kromozomlardan daha yüksek olasılığa sahiptir.)

Adım 6: Genetik işlemcilerden çaprazlama ve değiştirmeyi uygulayarak bir çift çocuk kromozomu oluştur.

Adım 7: Yeni oluşturulan çocuk kromozomları yeni örnek topluluğa yerleştir.

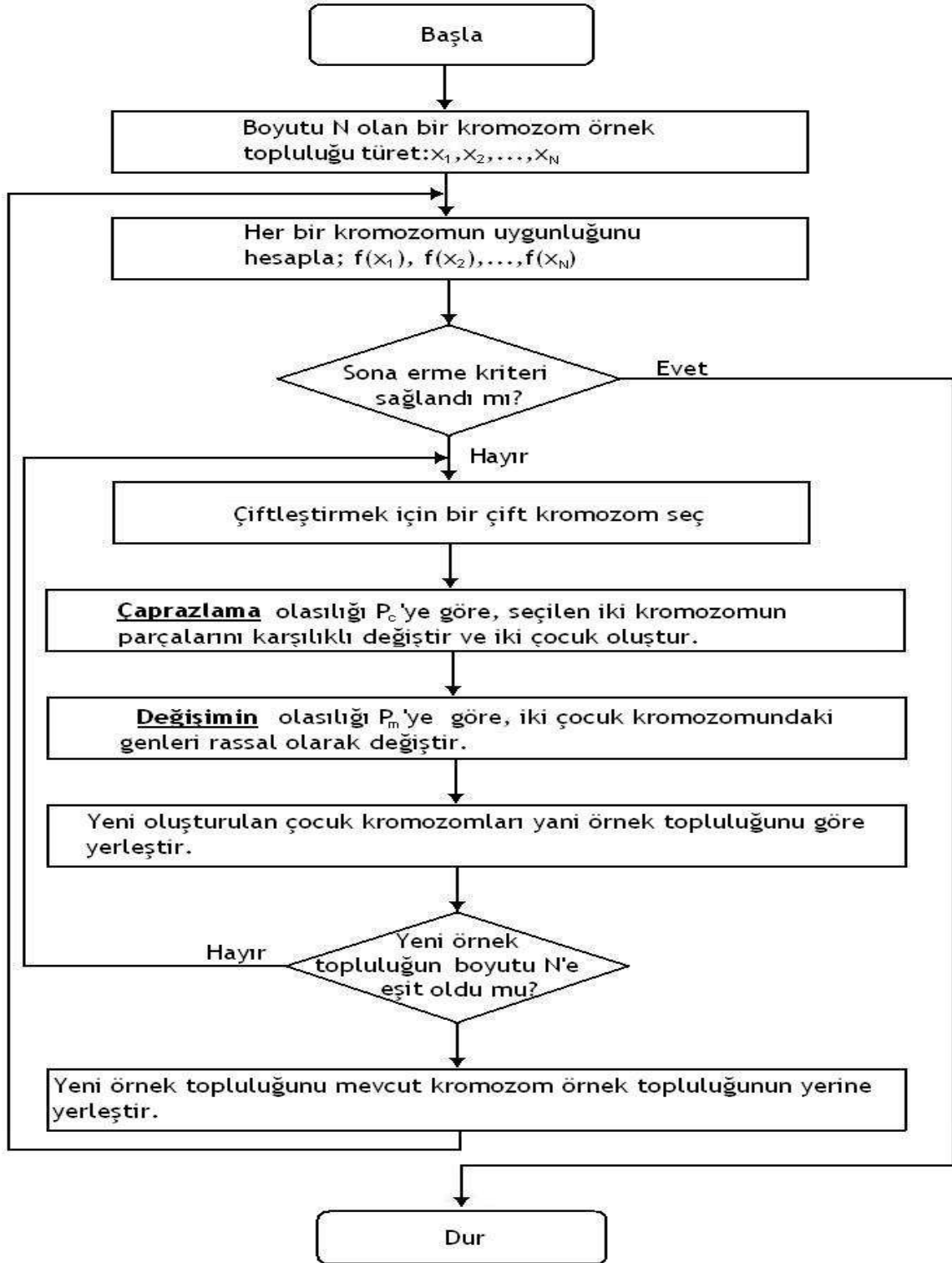
Adım 8: Yeni Kromozom örnek topluluğunun boyutu N oluncaya kadar Adım5' i tekrarla.

Adım 9: Yeni çocuk örnek topluluğunu başlangıç ebeveyn örnek topluluğunun yerine yerleştir.

Adım 10: Adım 4'e git ve sona erme kriteri sağlanıncaya kadar süreci tekrarla.

Şekil 3.8. deki akış şemasından da görüleceği gibi GA sıralı adımlarla uygulanan bir süreçtir. Her bir sıralı adım sonucunda bir nesil elde edilir. GA için türetilen nesillerin sayısı 50 'den 500'e kadar değişebilmektedir.

Nesillerin bütün setini elde etmeye toplam süreç adı verilir. Bir toplam sürecin sonunda yüksek uygunlukta bir veya daha fazla kromozom bulmaya çalışırız.



Şekil 3.8. Temel GA Algoritması Akış Diyagramı

3.9. Çeşitli Değerlendirme Stratejileri ve GA ile Aralarındaki Farklar

Doğal evrimin benzetimi için diğer bir yaklaşım 1960'ların başında Almanya'da teklif edilmiştir. GA'nın aksine bu yaklaşım , “evrim stratejisi” olarak adlandırılır ve teknik optimizasyon problemlerinin çözümü için tasarlanmıştır.

1963'te Berlin teknik üniversitesinden iki öğrenci, Ingo Rechenberg ve Hans-Paul Schwefel, akıntıya kapılmış bir kütlenin optimal durumunun araştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, Akış Mühendisliği Enstitüsünün rüzgâr tüneli kullanılmış, doğal değişimi izleyen kütleyi tanımlayan parametrelerdeki rassal (rasgele) değişimlerle ilgili karar vermişlerdir. Sonunda bilinen “evrim stratejisi” ortaya çıkmıştır.

Evrin Stratejileri Mühendislerin sezgilerine karşı bir alternatif olarak geliştirilmiştir. Bu teknikler daha çok analitik amaç fonksiyonuna sahip olmayan teknik optimizasyon problemlerinin çözümlerinde kullanılmıştır. GA'nın aksine bu stratejiler yalnızca değişim işlemcisini kullanmaktadır.

Böylece GA ile diğer bir değerlendirme stratejisi arasındaki temel fark “GA çaprazlama ve değişim işlemcilerinin her ikisini de kullanırken” , “diğerleri sadece değişim işlemcisini” kullanmaktadır. Yani, diğer bir değerlendirme stratejisi kullanıyorsak problemin kodlanmış formuna ihtiyacımız yoktur.

Değerlendirme stratejileri tamamen bir sayısal optimizasyon yöntemi kullanır. (Monte Carlo Arama Yöntemi gibi). GA daha genel uygulamaları gerçekleştirme yeteneğine sahiptir. Fakat bir GA uygulamasının en güçlü yanı (bölümü) problemin kodlanmasıdır. Genellikle, hangi yöntemin en iyi çalıştığı sorusuna cevap verebilmek için çeşitli uygulama denemeleri yapmak zorundayız.

Bilgisayar bilimindeki merkezi problemlerden biriside tam bir programlama yapılmadan bir problemin bilgisayar çözümü nasıl yapılabileceğidir. GA doğal seçim yöntemleri ile bilgisayar programlarının değerlendirmesini kullanan bir çözümü

tercih etmektedir. Aslında genetik programlama GA'nın basmakalıp bir açılımıdır, fakat genetik programlamanın amacı tamamen bazı problemlerin bit dizilerini değil daha çok problemi çözecek bilgisayar kodlarını değerlendirmektedir. Diğer bir ifade ile GA çözümü temsil eden ikili (binary) sayılar dizisini oluştururken, GP çözüm olarak bilgisayar programlarını oluşturur.

GP daha çok el ile problem çözmeye uyarlanmış bir programın olurlu (mümkün) bir bilgisayar programları uzayını arar. Herhangi bir bilgisayar programı değerlere uygulanan işlemcilerin bir dizisidir, fakat farklı tipteki deyim ve işlemcileri kapsaya bilir ve farklı söz dizimi kurallarına ait sınırlamalara sahiptir. GP genetik işlemcileri uygularken, burada kullanılan programlama dili yeni oluşturulan verilere uygulanmasına ve bilgisayar programlarını yönlendirmeye izin verecek yeteneğe sahip olmalıdır.

BÖLÜM 4. BAKIM YÖNETİMİ

4.1. Bakım ve Bakım Yönetimi Kavramları

Bakım, sistemleri veya makineleri faal vaziyette, arızasız çalışma durumunda tutmak veya arızalanan ekipmanları en kısa sürede faal konuma geri döndürmek için yapılan faaliyetlerdir.

Bakım yönetimi, işletmelerin yüksek miktarlarda yatırım yaptıkları tüm fiziksel ve teknik donanımın arıza yapmadan sürekli olarak çalışır durumda tutulabilmelerini sağlayan faaliyetler ile ilgilidir. Bakım yönetimi faaliyetleri temel yardımcı fonksiyon faaliyetleri olmak üzere iki gruba ayrılır.

Bakım yönetiminin temel fonksiyonları şunlardır:

- a. Mevcut işletme, makine, araç-gereçlerin bakımı ve korunması,
- b. Makine ve teçhizatın periyodik bakımı, kontrolü ve yağlanması,
- c. Mevcut makine, araç-gereçlerin ve binaların yenilenmesi,
- d. Yeni makine, araç-gereçlerin yerleştirilmesi ve yeni bina inşası
- e. Enerji üretim ve nakil vb. tesisatın kontrolü ve bakımı,
- f. Bakım faaliyetlerinden yararlanma seviyesinin artırılması.

İşletmelerdeki başlıca yardımcı bakım yönetim fonksiyonları:

- a. Ambarların korunması ve kontrolü,
- b. İşletme binasının yangın, patlama vb. tahribata yol açan tehlikelere karşı korunması. Bunun için gerekli koruyucu malzeme ve tesislerin bakımı
- c. Hurda makine, araç-gereçlerin değerlendirilmesi,
- d. Çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla artık maddelerin ortadan kaldırılarak değerlendirilmesi.
- e. Bina, makine, araç-gereçlerin sigorta işlemleri.

f. İşletme yönetimince bakım mühendisliğine verilecek diğer görevler.

4.2. Bakım Faaliyetlerinin Amacı

Sistemde meydana gelen arızalar üretim veya hizmet sürecinin sekteye uğramasına, bir başka deyişle kayıp zamanların çoğalmasına neden olur. Seçilerek uygulanacak bakım faaliyetleri kısacası bakım politikası, sistemdeki arızaların sıklığını veya arızaların ciddiyetini azaltarak, en etkin ve verimli şekilde çalışmalarını hedeflemektedir. Böylece sistemden elde edilecek faydanın çoğaltılmasını sağlamaktadır. Diğer amaçlar ise;

- a. Ürünlerin kalite seviyesini sabit tutmak,
- b. Makine ve ekipman ömürlerini en üst düzeye çekmek,
- c. Makine ve ekipmanın sürekliliğini sağlamak,
- d. Üretim planlarının etkinliğini sağlamak,
- e. Arızalar dolayısıyla duruş sayısını en aza indirmek,
- f. Arızalar yüzünden meydana gelebilecek kazaları bertaraf etmek,
- g. Iskartayı azaltarak israfı önlemek.

4.3. Bakım faaliyetlerinin faydaları

4.3.1. Makine ömrü

Planlı bakım uygulanan yerlerde, makine ömrünün artırılabilceğinin kabul edilmesi mümkündür. Bununla birlikte, istatistikî olarak durumun tespiti zordur. Birçok baskı makineleri, sadece küçük ayarlar ve operatörlerin yağlanması ile başarılı olarak yıllarca çalışmaktadırlar. Aynı şekilde, birçok takım tezgâhları da operatörlerinin gösterdiği özen sayesinde uzun yıllar tatminkâr olarak iş görebilmektedirler.

4.3.2. Personelin geliştirilmesi

Bakım planlamasının, planlı revizyonun ve teknik enformasyon sisteminin uygulanması, işçinin etkin olmayan zamanını azaltır, iş tatminini artırır ve bakım

işçisinin çalışma ve sosyal davranışlarını geliştirir. Takımların, yedek parçaların ve iletişimin planlı bir şekilde

Temin edildiği ve programa göre tamamlanan başarılı bir işi yapan bakım işçisinin, diğer işçiler arasındaki yeri kuvvetli olur. Bundan başka etkin olmayan davranışlardan kaçınılması işçiler üzerinde olumlu etki yapar ve daha yüksek verimlilik, daha iyi ilişkiler, istihdamda kârlılık elde edilir.

4.3.3. Duruş zamanının azaltılması

Çok karmaşık olmayan tesislerde bile planlı bakım uygulanması ile duruşlarda elde edilen düşme, işçilik ve diğer bütün maliyetlerdeki artıştan daha önemli olmaktadır. Sürekli akış hatlarında bu durum daha da önem arz eder. Çünkü yüksek üretim düzeyi yanında işlemler de birbirine bağlı olduğundan, bir kısmındaki aksama diğer kısımlarında durmasına yol açar.

4.3.4. İşgücü kullanımı

Genel revizyon işlerinin planlaması, bakım bölümünde verimliliğin elde edilmesi için gereklidir. Uygun hazırlık, takım ve yedeklerin temini, sadece duruş ve hizmete geçiş zamanının sıhhatle uygulanmasına olanak vermez, aynı zamanda işçi ve malzemelerin en etkin şekilde kullanılmasını da sağlar.

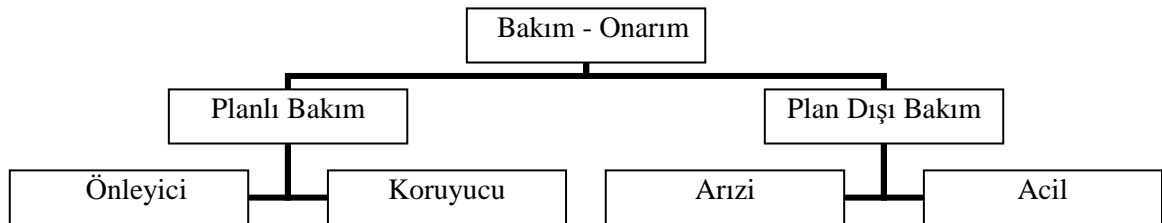
4.3.5. Tesisin rasyonalizasyonu

Yeni endüstriyel tesislerin kullanılmasında veya mevcut bir tesisin düzeninde tesisin standardizasyonunun dikkate alınması gereklidir. Üretim kapasitesinin genişletilmesine veya geliştirmeler yapıldığında bazen standart olmayan üniteler de kullanılabilir ki bu durum yedeklere bağlanan yatırımı arttırdığı gibi rasyonalizasyon için kabul edilebilir sınırı da yükseltir. Standart ünitelerden oluşan bir tesis satın alınırsa bunların revizyonları yenileme suretiyle yapılabilir. Bu husus, merkez atölyeleri olan tesisler için özellikle değer ifade eder. Standardizasyon eğitim ve tanıma zamanını da kısaltır. Mümkün olan rasyonelleştirme için, tesis ve yedek parçaların gözden geçirilmesi ve takım-teçhizat için yapılan yatırımlara olan etkisi

daha önce belirtilmişti. Projenin planlaması aşamasında, satıcı tarafından tavsiye edilen yedek parçalar ve teçhizat listeleri dikkatlice incelenmeli ve aşırı stok ve standart bir parçanın değişik tekrarlarından kaçınılmalıdır. Bu aşamada bahsedilecek bir rasyonalizasyon, gelecekte işletme için ekonomik bir esas ortaya koyar. Aynı şekilde stokların gözden geçirilmesi ve bakımı, düşük ve yüksek seviyelerinin kontrol edilmesi gerekir. Stoktaki yatırımın kontrolü bakım yönetim programının amaçlarından biri olmalıdır.

4.4. Bakım Çeşitleri

İşletmelerde yapılan bakımı en genel şekliyle planlı ve plan dışı olarak iki sınıfa ayırabiliriz. Makine arızalandığında veya acil müdahale edilmesi gereken durumlarda “Plan Dışı Bakım”; makine arızalarını beklemeden makinelerin bakıma alındığı Koruyucu ve Önleyici Bakımı ise “Planlı Bakım” olarak ifade edebiliriz. Şekil 4.1. de genel olarak bakım çeşitleri gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Bakım Onarım Faaliyetlerinin Sınıflandırılması [13]

4.4.1. Arızı bakım

En ilkel bakım yöntemi olup, makineler arızalandıktan sonra tamir yoluna gidilir. Makinelere servis süresince gereken yağlama vb. işlemlerin uygulanması bakım planı dâhilinde yapılır. Arıza anında, makinenin varsa yedeği devreye girer. Yoksa makinenin onarımı tamamlanana kadar üretim ve hizmet durur. Esas olarak, henüz bakım planlaması yapacak teknik düzeye ulaşmamış işletmelerde kullanılan bir yöntemdir.

Sistemin tek avantajı, makinenin ya da parçanın tamamıyla aşınmasından yani faydalı ömrün bitişinden sonra servisten çıkarılmasıdır. Makinenin arızalanması durumunda yedeğini bulundurmamak hem işletmeye maddi bir yük getirecek, hem de depolama sorunu oluşturacaktır. Hasarın ne zaman, hangi ekipmanda meydana geleceği bilindiğinden, arıza anında gerekli yedek ekipman stokunun fazla olması beklenemez. Böylelikle, tamir için organizasyonu veya iş planlaması mümkün olmayacaktır. En vahim olanı da, makine arızalarına durum felaket düzeyini alıncaya kadar bakmayan bu sistemde, çok ufak bir rulman arızası yüzünden çok büyük ve pahalı bir motorun kaybedildiği bile görülmektedir.

Bu nedenlerden ötürü, büyük makinelerle çalışan büyük sistemler bu yönetimi terk etmiştir.

4.4.2. Koruyucu bakım

Servis süresinde oluşmaya başlamış, hasara neden olabilecek hataların basit, düzeltici ve koruyucu bakım yöntemleri ile önlenerek, hasarın oluşma süresinin uzatılabileceği düşüncesiyle ortaya çıkmış bir bakım tekniğidir. Ancak, tarafsız bir gözlem yapılırsa, günümüzdeki ağırlaşan piyasa şartlarına tek başına cevap veremeyecek bir bakım tekniği olduğu görülebilir.

Merkezi yönetime sahip her endüstriyel kuruluşta, bakım faaliyetleri, bir bakım sistemi esas alınarak yapılır. Planlı periyodik bakım yöntemi, imalatçının verdiği bakım periyotları içinde, makineler arıza yapsın yapmasın durdurulup tamir ve bakımını önerir. Aynı şekilde, verilen ömür dolduğunda makine parçaları arızalı olsun olmasın değiştirilir. En uygun bakım aralığının tespiti oldukça güç olmasına rağmen, uygulama açısından en kolay yöntemdir. Uygulama ve organizasyon bakımından çok fazla masrafa neden olmamaları en önemli tercih sebepleridir.

Planlı periyodik bakım sisteminin ana amacı, üretim hattında kullanılan makinelerin sürekli olarak aynı güvenilirlikte kalmalarını sağlamaktır. Düzenli ve sürekli bakım organizasyonu sağlanması, beklenmeyen arızaların ortaya çıkma sıklığını azaltması, makine ve ekipmanların faydalı kullanım ömürlerini arttırması sistemin olumlu

yönleridir. Bu yöntem, her ne kadar bozulunca bakımdan daha ileri bir yöntem ise de, en büyük zaafı, makinelerin bazen belki de çoğu kez arıza olmaksızın durdurmayı ön görmesidir. İşletmelerde, en büyük maddi zararlardan birinin duruşlardan ötürü kaybolan üretimden geldiği düşünülürse, bu yöntemin maliyet açısından bazen gereksiz zararlara yol açabileceği görülmektedir.

Ayrıca, pek çok makine elemanı için tayin edilen ömür, laboratuvar şartlarında yapılmış ortalama hesaplara dayanır. Ancak gerçek işletme şartlarında bazı parçalar, bu verilen ömürden çok önce kullanılamaz hale gelebileceği gibi, birçoğu da bu ömrü aşarak çok daha uzun süre kullanılabilir. Bu nedenle beklenmeyen arızalardan kaynaklanabilecek üretim kayıpları tam olarak engellenemez [14].

4.4.3. Önleyici bakım

Bu bakım yönteminde, makine arızalarını ortadan kaldırmak için iki mantık geliştirilmiştir. Birincisi; arızaya neden olabilecek temel faktörler ortadan kaldırılarak makine çalışmaya dayanıklı hale getirilir. Buna örnek olarak yağ kirliliği ve ısınma gösterilebilir. Bu problemlerin önceden tanınması ve giderilmesi işlemine önleyici bakım denir.

Diğer düşünce ise, erken arıza belirtileridir. Her ne kadar önleyici bakım uygulaması ile arızaya sebep olan nedenler gözlenip ortadan kaldırılarak arızanın ortaya çıkması önlenmeye çalışılsa da, gerçekçi olmak gerekirse, bu her zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, arızaların ortaya çıktığı an belirlenmeli ve makine ciddi bir şekilde arızalanmadan gereğinin yapılması sağlanmalıdır. Bu yöntemde uyarıcı bakım olarak bilinmektedir.

Stratejik olarak, her iki bakım türü de birden uygulanmalıdır. Bu iki yöntemin birlikte uygulanması işletmede makine arızalarını, dolayısıyla beklenmeyen duruşları ciddi şekilde azaltacak, o oranda da üretim ve verimliliği arttıracaktır. Zaten, uyarıcı bakım işletmede yerini aldığı anda ve sistem olarak oturduğunda otomatik olarak önleyici bakım gündeme gelmekte ve uygulamaya geçilmektedir.

Bu yöntemde esas olarak dikkat edilecek nokta makinenin sağlıklı konumudur, hastalıklı konumu değildir.

4.5. Önleyici Bakımın Hedefleri

Önleyici bakımın ilk hedefi, makinenin çalışır ömrünü uzatmaktır. Koruyucu bakımında hedefi makinenin ömrünü uzatmak olmasına rağmen iki bakım yöntemi arasında büyük bir fark görülmektedir. Koruyucu bakım uygulamasında işlemlerin tahmini periyotlarla yapılmasına karşın önleyici bakımda makine arızalarına neden olan faktörler ortadan kaldırılarak makine sağlam bir duruma getirilmeye çalışılır.

Örneğin; rutubet metal yüzeylerde korozyona neden olacağından, sistemde nem miktarı sürekli olarak kontrol edilip bu limitler aşıldığında gerekli önlemler alınır, arızaya neden olabilecek bu durum ortadan kalkar.

Görüleceği üzere önleyici bakım bir bakım iş emri çıkarmamaktadır. Sadece arızaya neden olabilecek bir durumun ortadan kaldırılmasını istemektedir. Bu da bakım ve tamiratla karşılaştırıldığında maliyeti çok daha ucuz bir yöntemdir.

Önleyici bakımın faydaları:

- a. Makinelerin zamanında sıhhatli ayarları yapılacağından daha iyi verim elde edilebilir. Böylece çıktı kalitesi muhafaza edilir, kusurlu çıktı oranı azalır.
- b. İşçilerin emniyeti ve tesisin korunması daha iyi temin edilebilir. Böylece tazminat ve sigorta masrafları daha az olur.
- c. Bakım masrafları azalır. Planlı bakım, işçi ve malzeme masraflarında tasarruf sağlar.
- d. Onarım masrafları azalır. Ara kontrollerde yapılan işlemler ve değiştirilen parçaların maliyetleri arızalara nazaran daha düşük olur.
- e. Arızalardan oluşan ara onarımlar azalır ve onarımlar arasında geçen süre uzar. Böylece bakım iş gücü ve teçhizatından daha iyi istifade edilir.
- f. Makinelerin faydalı ömrü uzar. Genel olarak daha iyi bir bakım sebebiyle makinelerin yenilenmeleri için gereken zaman uzar.

- g. Daha az makine arızası olacağı için duruşlar daha iyi kontrol edilebilir ve makine kullanım süresi artar. Bunun sonucunda imalat miktarı artar ve daha kesin teslim zamanları tespit edilebilir.
- h. Yedek makine ve teçhizat ihtiyacı azalır ve tesisin yatırımında tasarruf sağlanır.
- i. Daha iyi yedek parça kontrolü yapılabilir ve stok miktarı azaltılabilir.
- j. Daha uygun bir çalışma sağlanır. Bakım masraflarının aşırı olduğu bölümler dikkati çeker. Gerekli araştırmalar yapılarak lüzumsuz işler veya yanlış uygulamalar düzeltilebilir.
- k. Arıza sebebiyle üretimde çalışan işçilerin prim kaybı daha az olur.
- l. Yukarıdaki sebeplerden dolayı üretimin birim maliyeti düşer [14].

BÖLÜM 5. ÜRETİM SİSTEMLERİ VE UYGULAMANIN YAPILDIĞI ELEKTRO-MEKANİK SANAYİ ÜRETİM SİSTEMİ

5.1. Üretim Sistemi

Üretim Sistemi, insan, malzeme, enerji gibi girdilerin arzu edilen ürün veya hizmete dönüşmesi için gerekli tüm faaliyetler kümesi olarak tanımlanabilir. Bu faaliyetlerin bir bölümü, sadece girdilerin çıktı haline dönüşümünü sağlayan üretim süreciyle ilgilidir (Şekil 5.1).

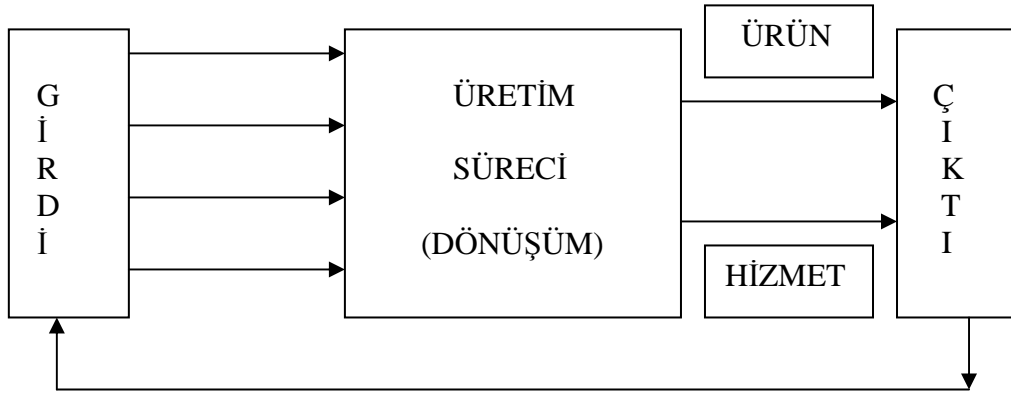
Üretim sistemleri, üretilen ürünlere göre farklı girdi-çıktı ve dönüşüm sürecine sahiptirler. Üretim ilk aşamada hizmet ve mal üretimi olarak ikiye ayrılır (Şekil 5.2.). Hizmet üretim kuruluşlara örnek olarak, sağlık hizmeti veren hastaneleri, eğitim hizmeti veren okulları, ulaştırma, pazarlama, banka ve sigorta kuruluşlarını verebiliriz. Mal üreten kuruluşlar ise tarımsal üretim, yapı üretimi (inşaat) ve endüstriyel üretim yapan kuruluşlar şeklinde üç gruba ayrılırlar. Üretim planlaması ve kontrolü faaliyetlerinin seviyesi ve ayrıntıları üretim sistemlerinin tiplerine göre farklılık gösterir. Öncelikle endüstride görülen üretim tiplerini incelemekte yarar vardır.

5.2. Endüstriyel Üretim Tipleri

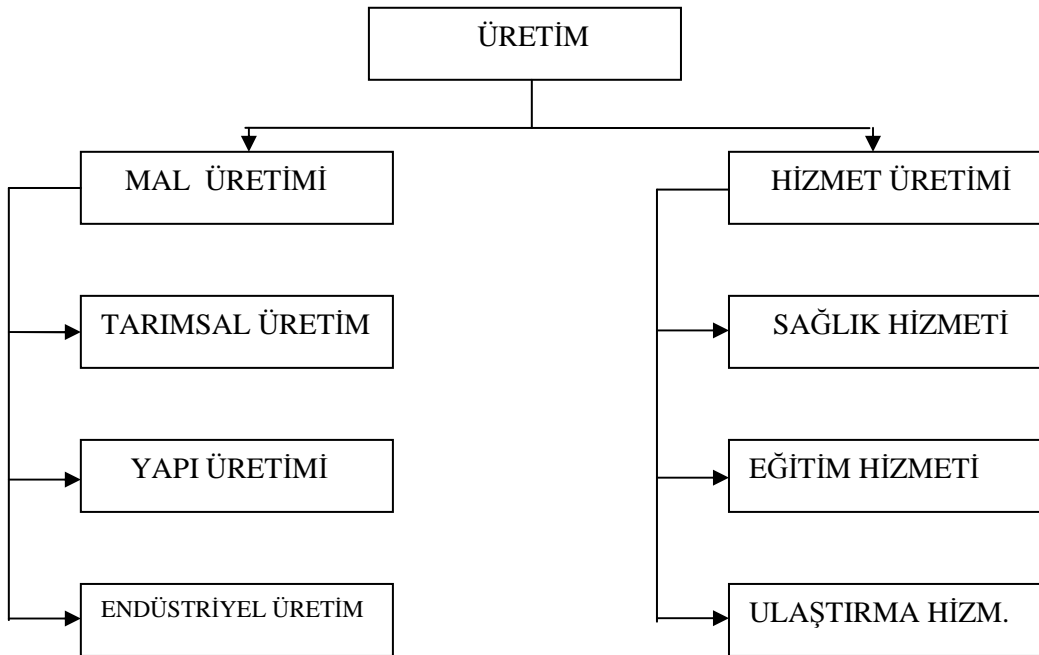
Endüstriyel üretim tipleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Bu konuda açık ve kesin bir ayırım yapmak mümkün değildir. Endüstriyel üretim tipleri;

1. Üretim miktarı ve ürün çeşitliliği,
2. Üretim akışı(iş seyri),
3. Üretim tekrarlanma derecesi

açısından sınıflandırılabilirler (Şekil 5.3).



Şekil 5.1 Üretim Sistemi girdi-çıkı ilişkisi



Şekil 5.2. Üretimin sınıflandırılması

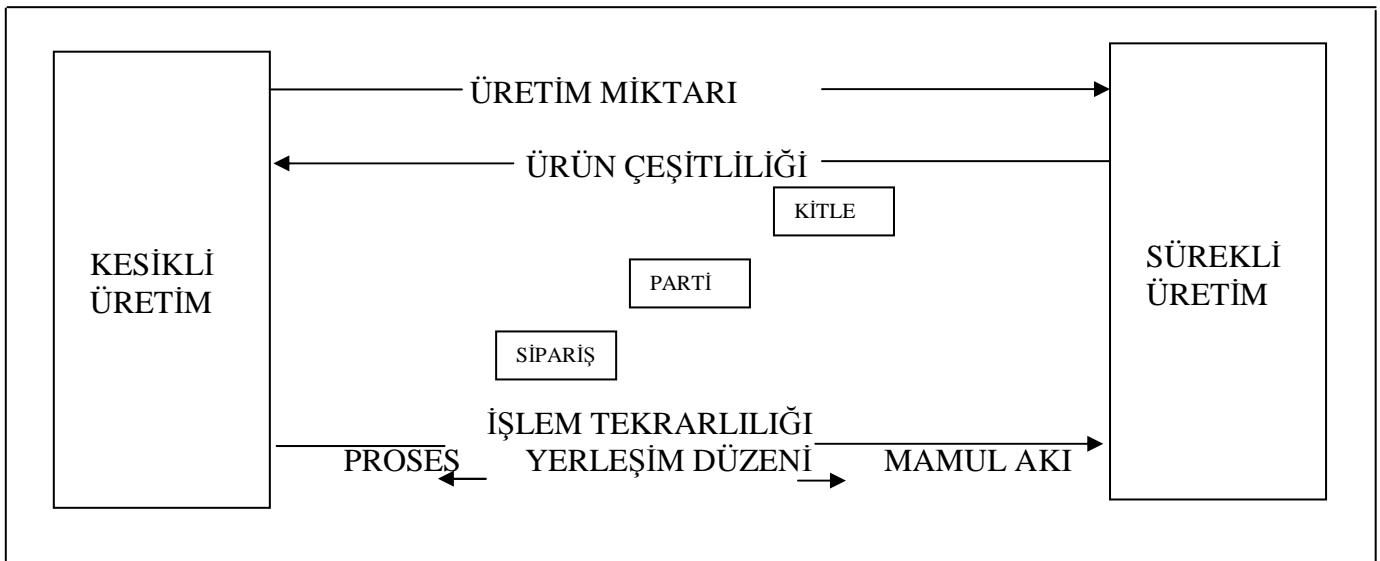
Üretim miktarı açısından endüstriyel üretim;

1. Sipariş(proje) tipi,
2. Parti tipi,

3. Kitle tipi,

üretim olarak üç grupta incelenebilir.

Sipariş üretimi, müşterinin zaman, miktar ve kalite bakımından özel olarak belirlendiği bir mamulün üretilmesidir. Miktar genellikle bir veya birkaç denilebilecek kadar azdır. Siparişe göre üretim, talep düzenliliğine bağlı olarak çeşitli şekillerde gerçekleşebilir. Az sayıda veya tek bir mamulün tek bir seferde üretilmesi halinde ise “Proje Tipi” üretim şekli olarak isimlendirilen üretim şekli gerçekleşmiş olur. Gemi, büyük ticari uçaklar, büyük buhar kazanları, büyük takım tezgahları ile prototip makinelerin üretimi buna örnek verilebilir. Proje tipi üretimde, üretim tekniklerinin geliştirilmesine yönelik araştırma ve çalışmaların faydası, imalatın bir kereye mahsus veya çok seyrek tekrarlanması nedeniyle kısıtlıdır. Ayrıca standart üretim metodlarının ve standart zamanların olmaması üretim planlamasını zorlaştırır.



Şekil 5.3 Endüstriyel üretimin sınıflandırılması

Sipariş üretimin diğer şekilleri, az sayıda mamulün talep geldikçe belirli veya belirsiz aralıklarda üretilmesi şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Bu üretim şekli atölye tip üretim olarak da isimlendirilir. Bu üretim sisteminde proje tip üretime nazaran bazı kolaylıklar mevcuttur. Ürünlerin daha önceden de imal edilmiş olması bunların tanınması ve üretim esnasında karşılaşılabilecek zorlukların önceden bilinmesini

sağlar. Ayrıca tekrardan dolayı metot geliştirme ve standart zaman bulma çalışmalarının maliyeti daha düşük olur.

Parti üretimi bir mamulün belirli bir siparişi veya sürekli bir talebi karşılamak amacıyla belirli miktarlardan oluşan partiler halinde üretilmesidir. Bir parti mamulün üretilmesi gerçekleştikten sonra makine ve tesisler başka cins bir partinin üretiminde kullanılabilir. Bu tip üretimin ortaya çıkmasını diğer bir nedeni, üretim kapasitesinin üretimden fazla olmasıdır. Bir parti bitmeden diğerinin üretimine geçilemez. Bu üretim tipinde problemler, en uygun parti büyüklüğünün saptanması ile minimum kapasite kaybına yol açan üretim çizelgesinin hazırlanmasıdır. Makine takım tertibat ve üretim periyodunun sıklığına bağlıdır. Parti hacmi büyüdükçe ve periyotlar belirli hale geldikçe üretim planlama ve tekniklerinin uygulanması daha verimli sonuçlar verir. Pres ve döküm parça imalatlarında ve çeşitli cam ürünlerinin üretilmesinde çok sık rastlanan parti tipi üretim endüstride çok yaygın bir üretim tipidir.

Kitle üretimi, aynı ürünlerin üretildiği ve ihtisaslaşmanın gerçekleştirildiği üretim sistemlerinde görülür. Kitle tipi üretimin en belirgin özelliği adından anlaşılacağı üzere yüksek sayıda üretimdir. Bu üretim tipinde ürün çeşitliliği yok denecek kadar azdır. Çeşitlilik ürünlerin arasındaki farklılıktan ziyade, ufak ölçekte örneğin model değişimi gibi bazı değişikliklerden kaynaklanır. Bu tip üretim sisteminin kurulabilmesi için talebin üretim hızından fazla olması şartı vardır. Diğer bir deyişle üretimin hepsi pazar bulabiliyorsa bu tip üretim sisteminin kurulması anlam taşır. Aksi takdirde özel makine ve teçhizatla donatılmış bu tip üretim sistemlerinde üretim esnekliği olmadığından talep düşüşlerinin maliyeti çok fazla olur.

Kitle üretimini, sürekli proses ve tekrarlı seri üretim olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Sürekli proses(akış) üretiminde makine ve tesisler yalnız bir cins mamulü üretecek şekilde dizayn edilmiş ve yerleştirilmiştir. İşlenen hammadde ve ürünler doğal yapıları itibarıyla kendiliğinden akarlar. Gıda ve kimya endüstrisi (çimento, şeker, petrol rafinerileri) proses (akış) tipi üretiminin en önemli örnekleridir. Tekrarlı seri üretiminde ise çok sayıda aynı veya benzer ürün, genellikle aynı üretim tesisini kullanarak yapılır. Motorlu taşıt montaj hatları bu üretim tipinin

en güzel örneğidir. Bu üretim tipinde son ürün birbirini takip eden iş istasyonlarındaki işlerin yapılması ile oluşturulur.

Üretim planlama ve kontrol sisteminin geliştirilmesi ve uygulanmaya konması açısından kitle tipi üretim sistemlerinde diğerlerine nazaran planlama ve kontrol faaliyetleri fazla karışık değildir.

Bu tip üretimde temel sorunlar;

1. İyi dengelenmiş bir üretim hattı tasarımı yapmak,
2. Hat üzerindeki iş istasyonlarının güvenilirliğini bilmek,
3. Hammadde ve yarı mamul ihtiyacını zamanında sağlamak,
4. Ürün tasarımı çalışmalarını etkin bir düzeyde sürdürmek,
5. İmalat ara stok düzeylerini tespit etmek,

şeklinde sıralanabilir.

Yukarıdaki üretim miktarına göre yapılan sınıflandırmadan bir mamulün belirli ve belirsiz aralıklarla üretilmesi söz konusu olduğu anlaşılmaktadır. Bu da bize endüstriyel üretim tip kesikli ve sürekli üretim olarak iki ana grupta toplamamamıza olanak verir. O halde üretim tekrarlanma derecesine göre kesikli ve sürekli olmak üzere iki uç üretim tipi arasında çeşitlilik gösterir.

Parti tipi üretim daha önce de bahsedildiği üzere, duruma göre bu iki tipten birisine daha fazla uyum sağlayabilir.

Üretilen mamulün miktarı ile üretim faaliyetlerinin fabrika içinde akışı arasında yakın bir ilişki vardır. Aynı cinsten bir mamulün az ya da çok sayıda üretilmesi, kullanılan makinelerin tiplerini, imalat yöntemlerini, standartları, insan gücünden yararlanma biçimini ve üretim planlama ve kontrol yöntemlerini etkilediği gibi, fabrika yerleşme düzenini etkiler. İşlerin çeşitli tezgâhlardan veya iş merkezlerinden geçiş sırası olarak tanımlanan iş seyrine göre yapılan sınıflandırma şekli, aslında fabrika ve tesis yerleşim düzenine göre yapılan sınıflandırmadır. Günümüzde endüstriyel tip üretimlerde görülen yerleşim düzenleri dört grupta incelenebilir.

- 1- Sabit pozisyonlu yerleştirme
- 2- Fonksiyonel yerleştirme düzeni
- 3- Grup yerleştirme düzeni

4- Hat (akış) yerleştirme düzeni

Sabit pozisyonlu yerleştirme de “sabit pozisyon” ifadesinin kullanımı üretilen mamule ilişkin bir ifadedir. Üretilen mamulün boyutlarının büyüklüğü ve ağırlığı sebebiyle bir yerde sabit kalması ve imalatında kullanılan ekipmanların yanına getirilmesi gereklidir. Büyük uçakların inşası ve gemi inşası sabit pozisyonlu yerleşimle gerçekleştirilir.

Fonksiyonel yerleştirme düzeninde aynı işi gören, aynı tipteki tezgâhların bir yerde toplandığı görülür. Örneğin tüm torna, tüm freze ve tüm taşlama tezgâhları aynı bölümde toplanır. Değişik operasyon sıralarına sahip farklı parçalar, bir iş merkezindeki operasyonu sona erince çeşitli taşıma araçları vasıtası ile sonraki iş merkezine taşınırlar. Bu nedenle bu yerleştirme düzeni işleme göre uzmanlaşmaya dayanır ve atölye tip üretim tip olarak isimlendirilir.

Grup yerleştirme düzeni, günümüzde NC tezgâhlarının ve esnek imalat hücre yönteminin devreye girmesiyle yeni boyutlar kazanan ve uygulaması artan grup teknolojisi fikrine dayanır. Grup teknolojisinin ilkesi kısaca şu şekilde özetlenebilir. Herhangi bir imalat ünitesinde imal edilen parçalar arasında malzeme, işleme operasyonları vb. gibi üretim sorunları bakımından benzerliler vardır. Bu parçalar aileler oluşturacak şekilde sınıflandırılabilir ve parça ailelerinin imalatı, uygun bir tarzda seçilmiş tezgâh gruplarında yapılabilir. Bu ilke doğrultusunda grup yerleştirme düzeni çeşitli tezgâhlar bir parça ailesini işleyecek şekilde yerleştirilir. Her grubun ustabaşısı ve ona bağlı işçiler parça ailesinin üretiminde uzmandır. Dolayısıyla sistem parça ailesine göre uzmanlaşmaya dayanır.

Hat(akış) yerleştirme düzeninde büyük miktarlarda tek ve aynı cins mamul özel bir hat boyunca yerleştirilmiş iş istasyonlarından geçerek imal edilirler. Her bir iş istasyonu farklı iş yapar. Bu düzene tipik bir örnek transfer ve montaj hatlarıdır. Sürekli proses üretimindeki yerleşim düzeni de örnek teşkil eder. Her yerleştirme düzeni parça ve mamul uzmanlaşmasına dayanır.

5.3. Federal Elektrik Firmasının Tanıtımı

Federal Elektrik firması 1992 de kurulmuş, 25.000 m² si kapalı 40.000 m² lik üretim tesislerinde faaliyet göstermektedir. Firmanın 400 den fazla çalışanı vardır. Firma alçak gerilim şalt malzemeleri, devre kesiciler, NH sigortalar v.b. 3500 çeşit ürün üretmektedir. Üretilen ürünler hem yurtiçinde hem de yurtdışında 40 ülkeye ihraç edilmektedir.

5.4. Federal Elektrik Üretim Sistemi

Uygulamanın yapıldığı Federal Elektrik fabrikasının üretim yapısı 2 ana üretim sistemini bünyesinde barındırmaktadır. Bir tarafta atölye tipi üretim, diğer tarafta montaj hatları. Atölye tipi üretim yapılan bölümler;

1. Eksantrik Pres Atölyesi
2. Kaplama Atölyesi
3. Kaynak Atölyesi
4. Parça Hazırlama Atölyesi
5. Sıcak Pres Atölyesi

Bu bölümlerde üretilen parçalar montaj hatlarında kullanılmaktadır. Sıcak Pres atölyesi haricindeki atölyelerde metal parçalar (sac, bakır v.b.) şekillendirilmekte montaj hatlarında kullanılabilir hale getirilmektedir.

Federal Elektrik montaj hatları;

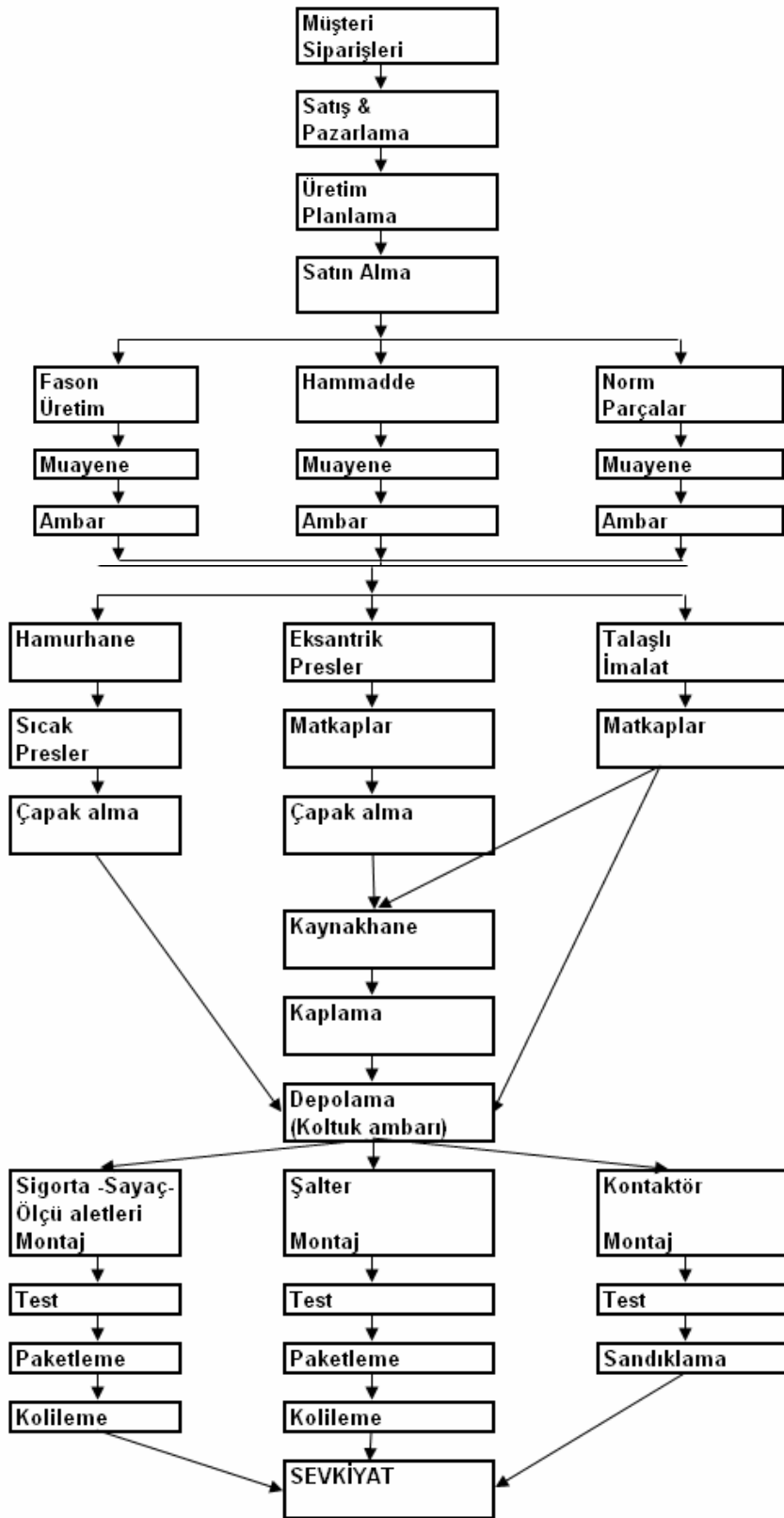
1. Şalter Montaj Hatları (F21, F31, F51, F71)
2. Otomatik Sigorta Montaj Hattı
3. NH Sigorta Montaj Hattı
4. Ölçü Aletleri Montaj Hattı
5. Kontaktör Montaj Hattı

Federal Elektrik firmasında kullanılan ERP yazılımında montaj hatlarına üretim siparişleri açılmakta; haftalık çalıştırılan MRP ile de atölyelere montaj hatlarının ihtiyaç duyduğu malzemelerin imalat siparişleri açılmaktadır. Atölyeler kendilerine açılan imalat siparişlerini “öncelik” e göre takip etmektedirler. Ancak atölye sorumlusu formenler kendi atölyesinde yapılacak bir işin bir önceki operasyonunun ne zaman biteceğini görememektedirler.

Bu çalışmada Federal Elektriğin atölye tipi üretim yapan bölümlerinin bütünleşik çizelgesi oluşturulacaktır. Bu sayede atölyelerde üretilecek bir parçanın bütün operasyonlarının başlama ve bitişi görülebilecektir. Bununla birlikte atölye sorumlusu sorumluluğu altındaki makinelerin önleyici bakım programının takibini ve hangi iş bittikten sonra makinenin bakıma alınacağını da takip edebilir hale geleceklerdir.

Şekil 5.4 de Federal Elektriğe ait bütün ürünlerin proses şeması gösterilmiştir. Burada görüleceği üzere önce malzemeler atölye tarzı üretim yapan yerlere gitmekte burada işlem görüp yarı komple haline geldikten sonra ise montaj hatlarına gitmektedir.

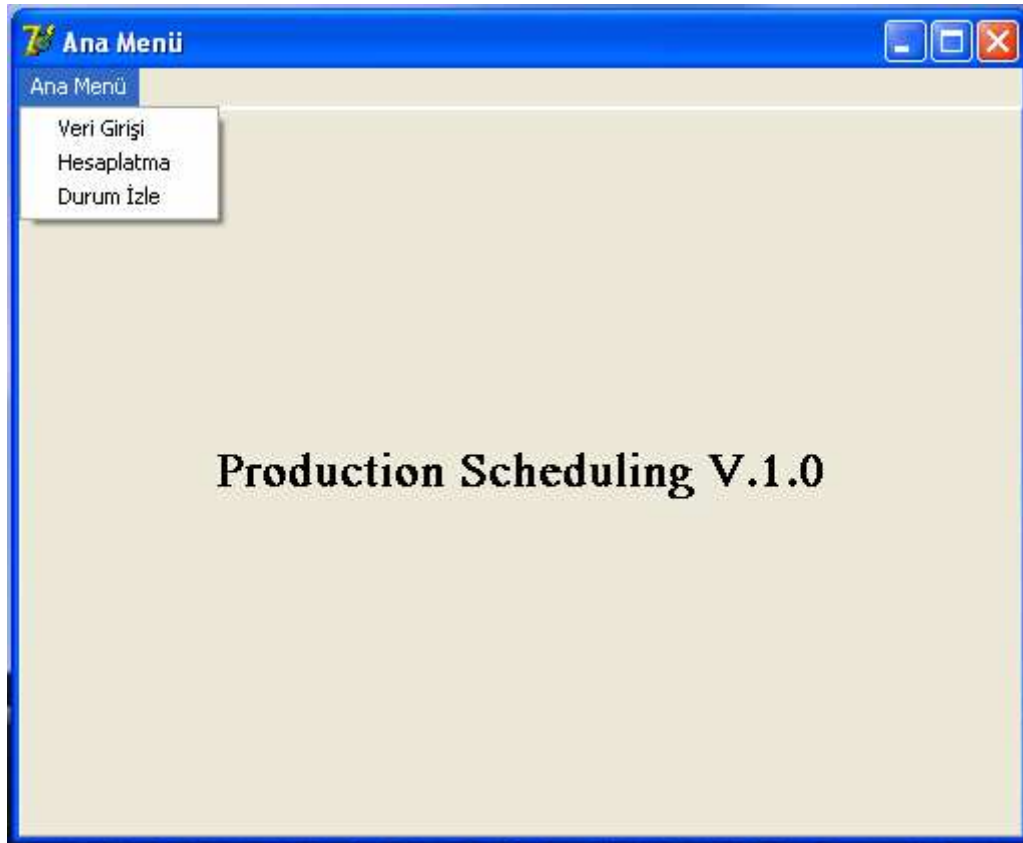
ÜRÜN PROSES ŞEMASI



Şekil 5.4. Federal Elektrik ürün proses şeması

BÖLÜM 6. YAZILIM PROGRAMININ İNCELENMESİ VE UYGULAMA YAPILMASI

Oluşturulan yazılım Delphi kodlama dilinde yazılmış MSSQL Server veri tabanı kullanan bir programdır. Programın Ana Menüünde üç modül vardır. Bunlardan ilki çizelge yapılacak işlerin, makinelerin girildiği Veri Girişi modülü. İkincisi Genetik Algoritmanın çalıştırıldığı Hesaplatma modülü, üçüncüsü ise Genetik Algoritmanın oluşturduğu çizelgenin durumunu gördüğümüz, sonuçları incelediğimiz Durum İzle modülüdür.



Şekil 6.1. Program ana menüsü

Programın genel algoritması aşağıda şekil 6.2 de gösterilmiştir. Burada kullanıcı başlangıç popülasyonun büyüklüğünü ve iterasyon sayısını girmekte ve program

genetik operatörleri çalıştırmaktadır. Program her iterasyonun en iyi kromozomunu işaretlemektedir. İşaretlenen kromozom kullanıcı tarafından daha rahat bulunabilmektedir.



Şekil 6.2. Programın genel algoritması

6.1. Verilerin Girilmesi

Program açıldıktan sonra Veri Girişi modülüne girilir. Burada iki tip veri giriş sayfası vardır. 1 makine veri giriş sayfası 2 operasyon veri giriş sayfası.

6.1.1. Makine verilerinin girişi

Veri Girişi						
Operasyon Tanımlama [Makine Adları]						
Makine Kodu	Makine Adı	Bakım Başlangıç Zamanı	Bakım Bitiş Zamanı	Bakım Süresi	Ceza Katsayısı	
221-01	TEL EROZYON TEZGAHI	2400	2600	30	0,08	
221-02	FREZE	1450	1800	20	0,02	
221-03	TORNA	2500	2800	25	0,02	
231-02	PRES(15 TONLUK)	3000	3500	25	0,02	
231-03	PRES(30 TONLUK)	1200	1500	20	0,02	
231-04	PRES(100 TONLUK)	3000	3500	20	0,02	
231-05	GİYOTİN	2200	2400	20	0,01	
231-06	PRES (63 TONLUK)	1200	1500	20	0,02	
231-07	PRES (40 TONLUK)	2800	3000	25	0,02	
231-08	PRES (32 TONLUK)	2350	2750	25	0,02	
231-10	ÇAPAK ALMA MAKİNASI	1000	1250	20	0	
231-29	PRES(120 TONLUK)	3000	3600	20	0,02	
232-01	KÜÇÜK MATKAP (KILAVUZ ÇEKME)	3000	3400	20	0	
232-03	BÜYÜK MATKAP (DELME-FREZE)	950	1250	15	0,01	
232-04	YATAY DIŞ ÇEKME MAKİNASI	2000	2600	20	0	
232-05	KLAVUZ MAKİNESİ (RETOSAN)	2000	2500	30	0	
234-01	OKSİJEN KAYNAĞI -1-	1250	1300	25	0,02	
262-02	GÜMÜŞ-KALAY-BAKIR KAPL. TAMBURU	800	1000	10	0	
262-03	NIKEL KAPLAMA-1 ASKI	1500	1700	20	0	
262-05	NIKEL KAPLAMA TAMBUR	2000	2200	20	0	
262-06	YAĞ ALMA	1000	1250	15	0	
262-08	KALAY KAPLAMA-1 ASKI	4000	4500	25	0	
262-11	ÇİNKO KAPLAMA-TANBUR	2500	2800	30	0	
M01	100 Tonluk Pres	400	600	30	0,05	
M02	30 Tonluk Pres	800	900	20	0,05	
M03	70 Tonluk Pres	500	700	30	0,05	
M04	Kaplama Kazanı	900	1000	20	0	
M05	Kaynak Tezgahı	200	400	40	0	
M06	Hidrolik Enjeksiyon Presi	1000	1200	50	0,08	
M07	Matkap (Havsa-Delik)	1500	2000	15	0	

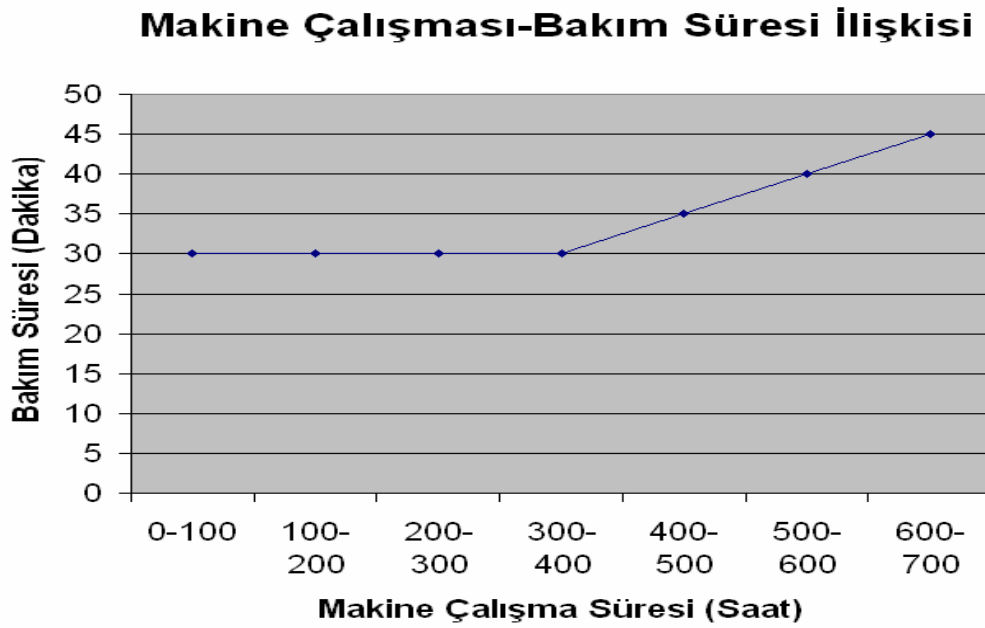
Şekil 6.3. Makine veri giriş ekranı

Makine veri giriş ekranında Makine Kodu, Makine Adı, planlanan bakımın başlangıç ve bitiş zamanları ile eğer makineye planlanan zamanda bakım yapılmaz ise katlanılacak ek bakım süresi girilmektedir. Bir makinenin ceza katsayısı o makinenin bakım karakteristiğine göre değişmektedir. Bakım bölümünün kayıtlarına göre bir makineye belirli bir süre için bakım planlanmış olmasına rağmen bakım yapılmayıp da makine çalıştırılmaya devam ederse; çalışılan ek sürenin belirli bir oranı kadar ek bakım süresi ihtiyacı vardır. Örneğin bir eksantrik pres için planlanan bakım 30 dakika olmasına rağmen eğer makine fazladan 120 dakika daha çalıştırılırsa bakım süresi 6 dakika daha artmakta ve toplam bakım süresi 36 dakika olmaktadır.

Yaptığımız atölye çizelgelemede hem makinelerin ne zaman bakıma alınacağını, makinelere ne kadar süre bakım yapılacağını; hem de planlanan zamandan sonra bakım yaparsak da katlanacağımız fazladan bakım süresini bilmemiz gerekmektedir. Bu sayede çizelge oluştururken makinelere bakımı zamanında yapmazsak katlanacağımız fazladan bakım zamanlarını da dikkate almamız gerekecektir.

Programına 30 adet makine bilgisi girilmiştir. Ancak çizelgelenecek makine sayısında 50 adet makineye kadar program çizelge oluşturabilmektedir.

Chan ve arkadaşları Şekil 6.4. de görüldüğü gibi makine bakım zamanları ile makine bakım süresi arasındaki ilişkiyi açıklamışlardır. Buna göre makine çalışma süresi arttıkça makineye yapılacak bakımın süresi de artmaktadır.



Şekil 6.4. Makine yaşı ile bakım sürelerinin ilişkisi.

6.1.2. Operasyon verilerinin girişi

Operasyon Tanımlama Makina Adları

Çizelgeleme Dönemi 50 50. Hafta Çizelgesi

İşlem Kodu	İşlem Adı
2-000-101	F51 SABIT KONTAK BARASI
2-000-203	F71 300-630 A UZUN BARA
2-000-231	F71 300. 630A.SCECO KISA BARA
2-000-239	F71 300A.RT-UZATMA BARASI KUVEYT
2-025-001	YRD.HAR.KONTAK BARASI
2-100-013	F31 MAN.HAR.PARÇA -2-
2-100-022	F31 DİL TUTUCU-2 ISIL İŞLEMLİ
2-100-456	F112E SWITCH MONTAJ SACL
2-140-321	F92E MEKAN?ZMA PERDESİ
2-140-401	F112E KURMA KOLU
2-150-065	DGB TAHRIK MAFSALI
2-150-700	GS KONTAKTÖR UZATMA KOLU (KISA)

Op.No	Makina	Öncelik	Süre
1	M02	8	110
2	M03	8	180
3	M05	8	250

Şekil 6.5. Operasyon veri giriş ekranı

Bu ekranda çizelgelenecek işler girilmektedir. Üst sekmede çizelgelenecek iş alt sekmede ise bu işin geçeceği operasyonlar, bu operasyonun hangi makinede olacağı, önceliği ve toplam işlem süreleri girilmektedir. Programa 12 adet iş yüklenmiştir. Bu işler en az iki makinede işlem gören işlerdir.

6.1.3. Öncelik kavramı

Üretim çizelgelemede önemli kavramlardan birisi de öncelik kavramıdır. Çoğu durumda bir işin diğer bir işten daha önce yapılması gerekmektedir. Örneğin teslim tarihi yakın olan işin teslim tarihi geç olan işten daha önce yapılmalıdır. Günlük hayatta bazı müşteriler firma için diğer müşterilerden daha değerlidir. O müşteriye yapılacak işler diğer müşterilerin işlerinden daha önce yapılmalıdır. Bazı ürünlerin kar marjı daha yüksektir veya firmanın bir ürünü üretmesi diğerine göre daha değerlidir. Değeri yüksek olan ürünü değeri düşük olan üründen önce üretmek bir

firmanın üretim politikası olabilir. Bu ve benzeri durumlar için öncelik kavramı kullanılır.

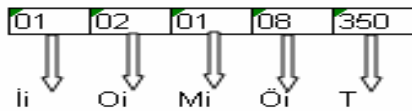
Federal Elektrik firmasında öncelik kavramı iki farklı noktada kullanılmaktadır. Montaj hatlarının öncelik kavramı yapılacak ürünün sevkiyatına kalan günü göstermektedir. Parça hazırlık bölümlerinin öncelik kavramı ise yapılacak parçanın montajda kaç gün içinde biteceğini gösterir. Yani önceliği düşük işin daha erken yapılması gereği vardır.

Oluşturulan yazılım programında yukarıdaki durumların da göz önüne alınabilmesi için işlere öncelik ataması konulmuştur. Ancak yazılımdaki öncelik değeri pozitif etki etmektedir. Öncelik değeri yüksek olan işin daha erken yapılması gereğini gösterir. Başka bir deyişle öncelik o işin önem derecesini de göstermektedir.

6.2. Yazılım Programında Genetik Algoritma Uygulanması

6.2.1. Genetik kodlama

Oluşturulan yazılımda kodlama aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 6.6. Bir genin kodlaması

Burada 01 karakteri yapılacak işi 02 karakteri o işin kaçınıcı operasyonu olduğunu, 01 karakteri ise makine kodunu göstermektedir. Kısaca başlangıçtaki üç bölüm 1 nolu işin 2 numaralı operasyonunun 01 numaralı makinede yapılacağını gösterir. 08 karakteri ise bu işe bizim verdiğimiz öncelik değerini, 350 karakteri ise bu işlemin süresini göstermektedir.

6.2.2. Kromozomların oluşturulması

Kromozomlar oluşturulurken çizelgenecek işlerin operasyon rotasından yararlanılır.

İşler	1. Operasyon				2. Operasyon				3. Operasyon			
	Makine	Öncelik	Süre(Dk.)	Gen	Makine	Öncelik	Süre(Dk.)	Gen	Makine	Öncelik	Süre(Dk.)	Gen
İş 1	M3	7	230	G11	M2	7	300	G21				
İş 2	M4	9	150	G12	M5	9	200	G22	M1	9	300	G31
İş 3	M1	6	180	G13	M3	6	250	G23	M5	6	150	G32
İş n	Mn	.....	.....	G1n	Mn	.....	.....	G2h	Mn	.....	.....	G3k

Şekil 6.7. Ürün operasyon ilişkisi

Şekilde gösterildiği üzere 1. operasyona ait işlerin genleri 1. grup genler; 2. operasyona ait işlerin genleri 2. grup genlerdir. Bir kromozom oluşturulurken 1. grup genler önce kendi arasında sıralanır; 2. grup genler kendi arasında sıralamaya tabi tutulurlar.

Kromozom 1: G13-G15-G11-G12-G14-G16-G17-G22-G21-G25-G23-G24-G32-G33-G31

Kromozom 2: G14-G15-G12-G11-G13-G16-G17-G23-G21-G24-G22-G24-G33-G32-G31

Şekil 6.8. Örnek iki kromozom

6.2.3. Çaprazlama işlemi

Oluşturulan yazılımda çift noktalı çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Burada her grup genler kendi içinde iki notadan çaprazlamaktadır. Oluşan olumsuz durumlar ise düzeltme fonksiyonu ile olurlu hale getirilmektedir.

Çocuk Kromozom 1: G14-G15-G11-G12-G13-G16-G17-G23-G21-G25-G22-G24-G33-G32-G31

Çocuk Kromozom 2: G13-G15-G12-G11-G14-G16-G17-G22-G21-G23-G25-G24-G33-G32-G31

Şekil 6.9. Çaprazlama ve mutasyondan sonra oluşan yeni nesil kromozomlar.

6.3. İşlerin Çizelgenmesi

6.3.1. Bakım dikkate alınmadan genetik algoritma ile yapılan çizelgeleme

Yazılımda 12 adet işin 7 adet makineye çizelgelemesi yapılacaktır. Her iş en az bir operasyondan oluşmaktadır. Şekilde görüldüğü üzere yapılacak her işin operasyonları, operasyonun yapılacağı makine ve süre bilgileri girilir. Bu veri giriş ekranı bizim çizelgeleyeceğimiz bütün işleri göstermektedir.

İşlem Kodu	İşlem Adı
2-000-101	F51 SABİT KONTAK BARASI
2-000-203	F71 300-630 A UZUN BARA
2-000-231	F71 300..630A.SCECO KISA BARAII
2-000-239	F71 300A.RT-UZATMA BARASI KUVEYT
2-025-001	YRD.HAR.KONTAK BARASI
2-100-013	F31 MAN.HAR.PARÇA -2-
2-100-022	F31 DİL TUTUCU-2 ISIL İŞLEMLİ
2-100-456	F112E SWITCH MONTAJ SACI
2-140-321	F92E MEKAN?ZMA PERDESİII
2-140-401	F112E KURMA KOLU
2-150-065	DGB TAHRİK MAFSALI
2-150-700	GS KONTAKTÖR UZATMA KOLU (KISA)


Op.No	Makina	Öncelik	Süre
1	M02	8	110
2	M03	8	180
3	M05	8	250

Şekil 6.10. Çizelgelenecek işler

Oluşturulan çizelgeleme programında değişik senaryolara göre çizelgeleme yapılabilmektedir. Örneğin başlangıç popülasyonunu kullanıcı değiştirebilmektedir. Literatürde popülasyon büyüklüğü için kesin bir değer kullanılmamakla birlikte kullanıcının kendisinin bir büyüklük atamasının uygun olduğu belirtilmektedir. Ancak fazla sayıdaki kromozom çözüm süresinin uzamasına neden olabileceği gibi az sayıdaki kromozom da çözüme ulaşmayı güçleştirebilir [9].

Ayrıca Genetik Algoritmanın iterasyon sayısını da kullanıcı belirleyebilmektedir. Durdurma kriteri olarak değişik kriterler vardır. Bu çalışmada sabit iterasyon sayısı tercih edilmiştir. Aşağıdaki iterasyon ilerleme grafiklerine dikkat edilecek olursa belirli bir iterasyondan sonra toplam tamamlanma zamanlarının ortalamasında herhangi bir değişim söz konusu olmamaktadır.

Hesaplatma ekranında makinelere bakım çizelgesinin atanıp atanmayacağı da seçilebilmektedir.



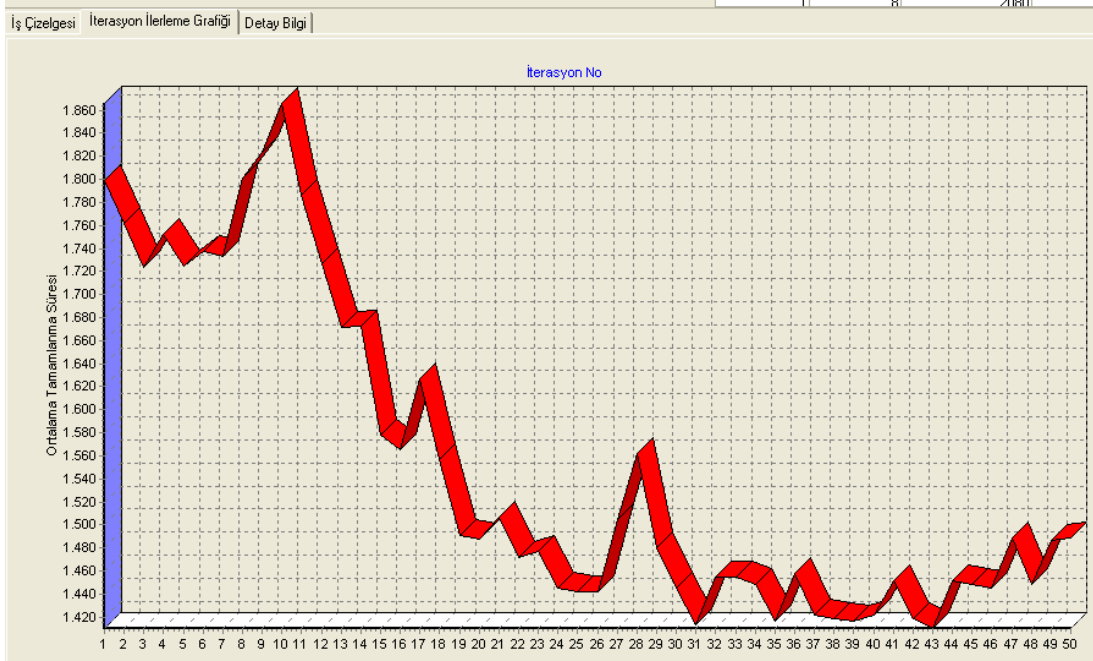
Senaryo No	Senaryo Adı	Çizelgeleme Dönem	İterasyon No	Kromozom No	Bakım hesap
6	50. hafta Atölye çizelgesi (Bakım Hariç)	50	50	20	<input type="checkbox"/>
7	50. Hafta Atölye Çizelgesi (Bakım Dahil)	50	50	20	<input checked="" type="checkbox"/>
8	50. hafta çizelgesi (bakım dahil 30 kromozom)	50	50	30	<input checked="" type="checkbox"/>

Şekil 6.11. Çizelgeleme seçenekleri

Durum İzle												
Senaryo No: 6 50. hafta Atölye çizelgesi (Bakım Hariç) <input type="button" value="Ekranla"/>										İterasyon No	Kromozom No	Tamamlanma Süresi
<input type="checkbox"/> Detay Göster										49	18	1380
										49	19	1440
										49	20	1440
										50	1	1380
										50	2	1440
										50	3	1380
										50	4	1440
										50	5	1440
İş Çizelgesi | İterasyon İlerleme Grafiği | Detay Bilgi												
İterasyon No: Kromozom No:												
Baş.Z. Bitiş.Z. Op. Makina Kodu:												
İş Kodu: M01 M02 M03 M04 M05												
	Baş.Zaman	Bitiş.Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş.Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş.Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş.Zamar	Op.Nc
2-000-101				80,00	190,00	1	190,00	370,00	2			
2-000-203	300,00	650,00	1							650,00	830,00	2
2-000-231	650,00	850,00	1							1200,00	1290,00	3
2-000-239	0,00	60,00	1							1290,00	1380,00	3
2-025-001				0,00	80,00	1				830,00	950,00	2
2-100-013							60,00	150,00	1	150,00	180,00	2
2-100-022				190,00	250,00	2	0,00	60,00	1			
2-100-456	60,00	300,00	1				900,00	950,00	3			
2-140-321												
2-140-401												
2-150-065												
2-150-700												
Grand Total	650,00	850,00	1	190,00	250,00	2	900,00	950,00	3	1290,00	1380,00	3
M06 M07 Grand Total												
	Baş.Zaman	Bitiş.Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş.Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş.Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş.Zamar	Op.Nc
										1080,00	1330,00	
										830,00	1080,00	
				900,00	1200,00	2				1200,00	1290,00	
				60,00	210,00	2				1290,00	1380,00	
										830,00	950,00	
										150,00	180,00	
										190,00	250,00	
				300,00	900,00	2				900,00	950,00	
	0,00	150,00	1							0,00	150,00	
	450,00	600,00	1							450,00	600,00	
	600,00	840,00	1							600,00	840,00	
	150,00	450,00	1							150,00	450,00	
	600,00	840,00	1	900,00	1200,00	2				1290,00	1380,00	

Şekil 6.12. Bakım dikkate alınmadan yapılan çizelgeleme

Toplam 12 adet işin tamamlanma zamanı (C_T) 1380 dakika çıkmaktadır. Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere yazılım programı her işin bütün operasyonlarının hangi makinede ne zaman başlayıp bittiğini göstermektedir.



Şekil 6.13. Çözüm ilerleme grafiği

Yukarıdaki şekilde iterasyonların ortalama tamamlanma zamanları gösterilmiştir. Başlangıç çözümünün ortalama tamamlanma zamanı 1800 dakika iken çözüm ilerledikçe 1420 dakika ortalamaya düşmektedir. Genetik Algoritma mantığında uygunluk değeri yüksek kromozomlar daha sonraki nesillere aktarılmaktadır. Grafikten de görüleceği üzere nesiller ilerledikçe uygunluk değeri yüksek kromozomların sayısı artmaktadır.

6.3.2. Bakım kısıtı altında yapılan çizelgeleme

Makine bakımlarının göz önüne alınıp alınmayacağı senaryo oluşturulurken yazılıma girilmektedir. Makinelere hangi zaman aralıklarında kaç dakikalık bakım yapılacağı Bakım Bölümü tarafından Üretim Planlama Bölümüne verildiği varsayılmıştır. Bakım departmanını hangi makineler için bakım planladığını bildirmekle birlikte planlanan bakımın ötelenmesi durumunda katlanılacak ek bakım sürelerini de bildirir. Bu bilgiler yazılımda makine veri girişi sırasında yazılıma girilir. Genetik Algoritma çalışıp sonuçlar alındığında bakım kısıtı göz önüne alınırsa yazılım Makine veri tabanından bakım sürelerini çekmekte ve çizelgeye dahil etmektedir.

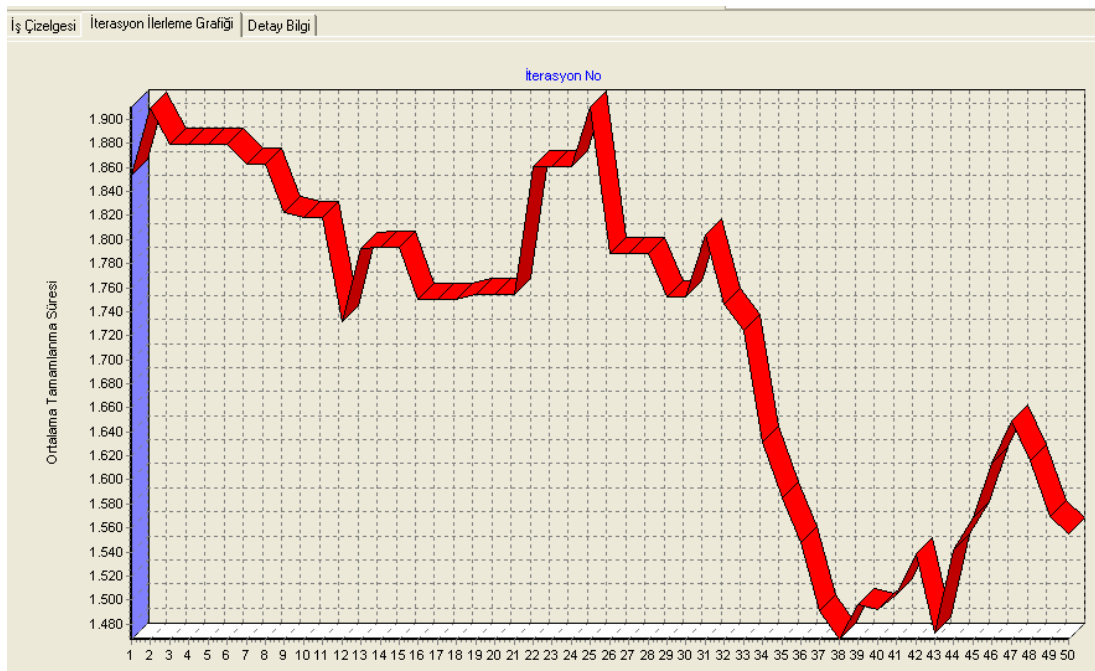
Durum İzle																																						
Senaryo No: 7 50. Hafta Atölye Çizelgesi (Bakım Dahil)										Ekran																												
<input type="checkbox"/> Detay Göster										<table border="1"> <thead> <tr> <th>İterasyon No</th> <th>Kromozom No</th> <th>Tamamlanma Süresi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>14</td><td>1380</td></tr> <tr><td>50</td><td>15</td><td>1380</td></tr> <tr><td>50</td><td>16</td><td>1517,5</td></tr> <tr><td>50</td><td>17</td><td>1640</td></tr> <tr><td>50</td><td>18</td><td>1380</td></tr> <tr><td>50</td><td>19</td><td>1380</td></tr> <tr><td>50</td><td>20</td><td>1919,125</td></tr> </tbody> </table>					İterasyon No	Kromozom No	Tamamlanma Süresi	50	14	1380	50	15	1380	50	16	1517,5	50	17	1640	50	18	1380	50	19	1380	50	20	1919,125
İterasyon No	Kromozom No	Tamamlanma Süresi																																				
50	14	1380																																				
50	15	1380																																				
50	16	1517,5																																				
50	17	1640																																				
50	18	1380																																				
50	19	1380																																				
50	20	1919,125																																				
İş Çizelgesi İterasyon İlerleme Grafiği Detay Bilgi																																						
İterasyon No: Kromozom No:																																						
Baş.Z Bitiş.Z Op Makina Kodu																																						
İş Kodu	M01			M02			M03			M04			M05																									
	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc																							
2-000-101				80,00	190,00	1	190,00	370,00	2				370,00	620,00	3																							
2-000-203	300,00	650,00	1							650,00	830,00	2	830,00	1080,00	3																							
2-000-231	682,50	882,50	1							1290,00	1380,00	3																										
2-000-239	240,00	300,00	1							990,00	1080,00	3																										
2-025-001				0,00	80,00	1				80,00	200,00	2																										
2-100-013							60,00	150,00	1	830,00	860,00	2																										
2-100-022				190,00	250,00	2	0,00	60,00	1																													
2-100-456	0,00	240,00	1				840,00	890,00	3																													
2-140-321																																						
2-140-401																																						
2-150-065																																						
2-150-700																																						
B000	650,00	682,50	0				890,00	929,50	0	1080,00	1100,00	0	620,00	660,00	0																							
B001													1080,00	1120,00	0																							
Grand Total	682,50	882,50	1	190,00	250,00	2	890,00	929,50	3	1290,00	1380,00	3	1080,00	1120,00	3																							
M06			M07			Grand Total																																
Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc																														
						370,00	620,00	3																														
						830,00	1080,00	3																														
			990,00	1290,00	2	1290,00	1380,00	3																														
			840,00	990,00	2	990,00	1080,00	3																														
						80,00	200,00	2																														
						830,00	860,00	2																														
						190,00	250,00	2																														
			240,00	840,00	2	840,00	890,00	3																														
0,00	150,00	1				0,00	150,00	1																														
690,00	840,00	1				690,00	840,00	1																														
450,00	690,00	1				450,00	690,00	1																														
150,00	450,00	1				150,00	450,00	1																														
						1080,00	1100,00	0																														
						1080,00	1120,00	0																														
690,00	840,00	1	990,00	1290,00	2	1290,00	1380,00	3																														

Şekil 6.14. Bakım kısıtı altında yapılan çizelgeleme

Şekilde görüldüğü üzere 1, 3, 4, 5 nolu makinelere bakım yapılmıştır. Toplam bakım süresi ise 182 dakikadır. 5 nolu makineye iki ayrı zamanda bakım atanmıştır. Bunlardan ilki 620. dakikada başlayıp 660. dakikada bitmekte, ikinci bakım ise 1080. dakikada başlayıp 1120. dakikada bitmiştir.

Bu çözümde toplam bakımlar da dahil tamamlanma zamanı 1380 dakikadır. Genetik algoritmanın başarılı bir çizelge yapması ile birlikte toplam tamamlanma zamanında fazla bir artış olmadan makine bakımları da çizelgeye dahil edilmiştir.

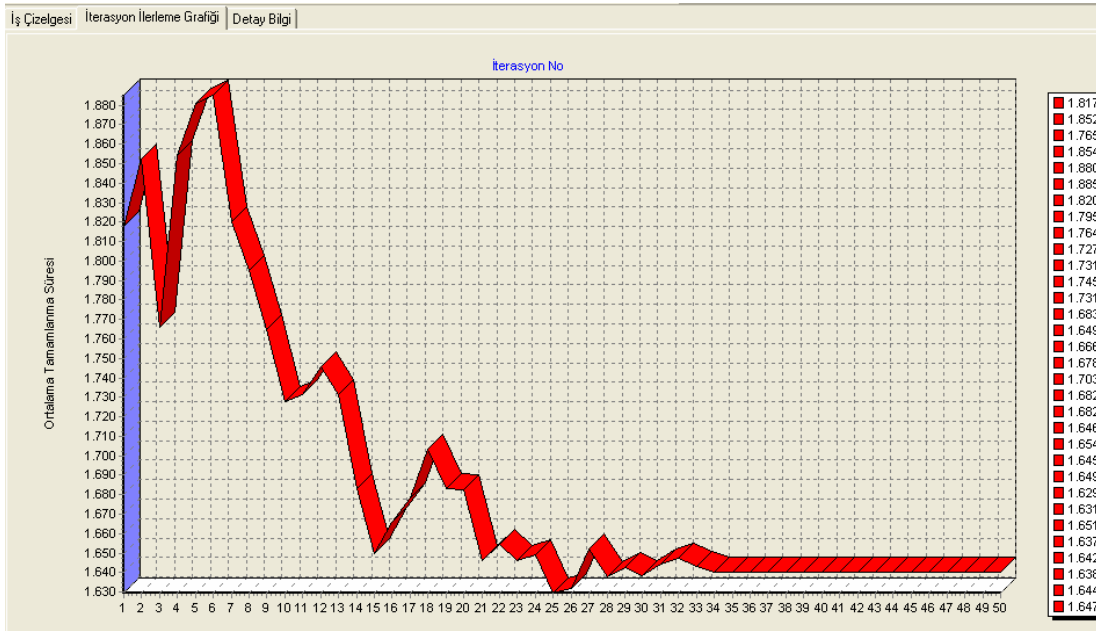
Burada dikkat edilirse bakım makinelerin üzerinde bir işlem olarak ele alınmaktadır. Çünkü makineye bakım yapılırken herhangi bir iş yapamaz. Sadece bakım yapılmaktadır. Bakımın süreleri de programda kayıt altına alınmaktadır.



Şekil 6.15 Bakım kısıtı ile çizelgelemenin ilerleme grafiği

Bakım kısıtı ile yapılan çizelgelemenin başlangıç çözümünün ortalaması 1860 dakika iken 38. iterasyonda ortalama 1480 dakikaya düşmektedir.

Bakım kısıtı altında başlangıç popülasyonunu 30 olarak seçersek yapılan çizelgenin en iyi toplam tamamlanma zamanı da 1380 dakika olmaktadır.



Şekil 6.16. Bakım kısıtı altında 30 kromozomlu çizelgenin çözüm ilerleme grafiği

Başlangıç popülasyonunun 30 a çıkarılması ile sonuçlarda önemli bir değişim olmamıştır. Program yaklaşık 33 iterasyon sonra optimal çözüme yaklaşmıştır.

6.4. Federal Elektrik Eksantrik Pres Atölyesine Bütünleşik Çizelge Uygulaması

Federal Elektrik firmasında 13. hafta itibariyle eksantrik pres atölyesinde tamamlanan işler yazılım programına girilerek yazılım programı test edilmiştir. Bu işlerin tamamı 43 adet olup tezgahlardaki hazırlık süreleri de dahil olarak sisteme girilmiştir. Ayrıca bu işler için sadece eksantrik pres atölyesi değil, bu işlerin 2. ve 3. operasyonları için kaplama ve parça hazırlama atölyeleri de çizelgeye dahil edilmiştir. Bu durumda toplam tamamlanma zamanı 2390 dakikadır ki haftalık çalışma süresi 2550 dakikadır. Üretimin fiili olarak 2550 dakikada tamamladığı işler için iyi bir planlama ile bu süreden yaklaşık %6 lık bir kazanç elde edilmektedir.

Veri Girişi	
Operasyon Tanımlama | Makina Adları	
Çizelgeleme Dönemi 13. Hafta | İş yükleri	
İşlem Kodu	İşlem Adı
2-100-410	F112E AÇTIRMA BOBİN GÖVDE
2-100-446	F112E KAYNA?A HAZIR KARE
2-100-617	F21 SEPERATÖR SACI (SİPARİŞ AÇMA)
2-102-108	FSF/FLS 250. 630A. SEPERAT
2-106-014	FMH MONTAJ KIZAĞI
2-106-016	FMH ARK SACI-2
2-120-003	F31 20,25,32,40,63 DBOYNU
2-120-602	F21 32A.Bİ-METAL DESTEĞİ
2-240-204	F71 ARK PERDESİ -B-
2-240-205	F71 ARK PERDESİ -K-
2-240-404	F112E ARK PERDESİ
2-240-601	F21 SEPERATÖR SAĞ YAN PLAKA
2-240-602	F21 SEPERATÖR SOL YAN PLA
2-362-101	FSF/FLS GÖSTERGE SİP.AÇMA
6-04-0660	F71 CİVATALI HAREKETLİ KOL
6-05-0416	F92E SOMUN TAKILMIŞ ÇIKIŞ BAR
6-08-1095	F101E KARE MİL PERÇİN KOM
6-90-0361	DAĞITIM BARA KOMPLESİ 12
6-91-0351	DAĞITIM BARA KOMPLESİ 18

Op.No	Makina	Öncelik	Süre
1	231-06	25	1300
2	262-05	25	540

Şekil 6.17. Eksantrik pres atölyesinde 13. haftada üretilen ürünlerin bazıları

İş Çizelgesi		İterasyon İlerleme Grafiği		Detay Bilgi												
Excele Aktar																
İterasyon No		Kromozom No														
Baş.Z.	Bitiş.Z.	Op.	Makina Kodu													
İş Kodu	Bitiş Zamar	Op.No	262-05		262-06		262-08		262-11		Grand Total					
			Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.No	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.No	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.No	Baş.Zaman	Bitiş Zamar			
2-100-446												0,00	200,00			
2-100-617			1300,00	1840,00	2							1300,00	1840,00			
2-102-108			1840,00	2140,00	2							1840,00	2140,00			
2-106-014												1300,00	1540,00			
2-106-016												2215,00	2390,00			
2-120-003						80,00	110,00	2				80,00	110,00			
2-120-602												425,00	455,00			
2-240-204												620,00	705,00			
2-240-205												860,00	945,00			
2-240-404												665,00	745,00			
2-240-601												1145,00	1395,00			
2-240-602												1395,00	1645,00			
2-362-101												0,00	270,00			
6-04-0660												625,00	675,00			
6-05-0416												425,00	565,00			
6-08-1095												1540,00	1700,00			
6-90-0361												0,00	320,00			
6-91-0351												320,00	600,00			
Grand Total	645,00	2	1840,00	2140,00	2	1130,00	1340,00	3	1432,00	1442,00	3	755,00	815,00	2	2215,00	2390,00

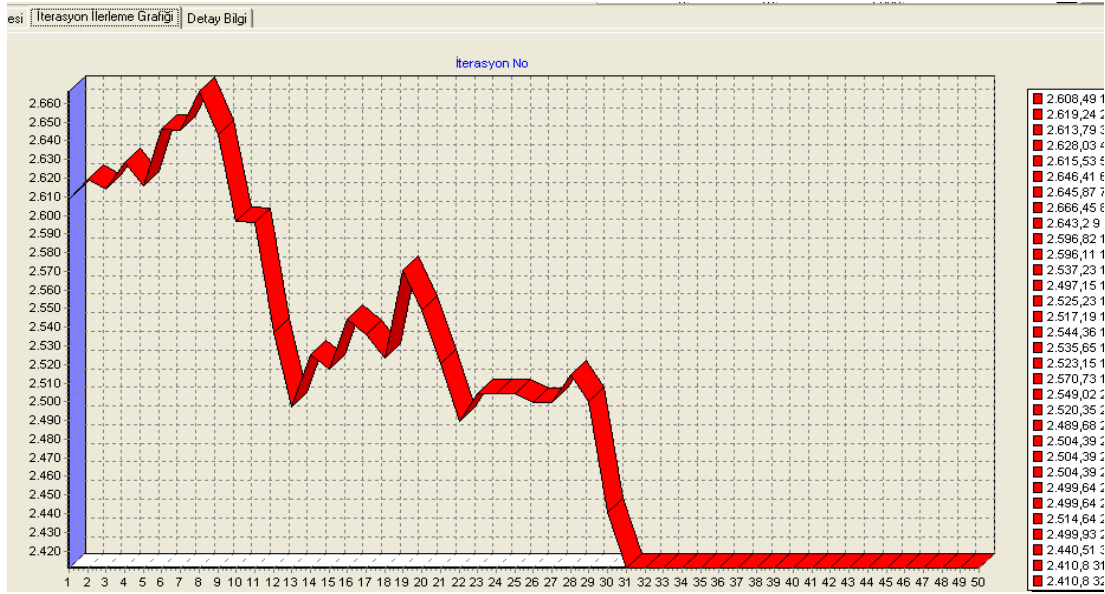
Şekil 6.18. Eksantrik pres atölyesinde 13. hafta iş çizelgesi

Ayrıca bakım süreleri de dikkate alınacak olursa 13. hafta işleri 2410 dakikada tamamlanmaktadır. Bu çizelgede 6 adet makineye bir defa 1 adet makineye iki defa olmak üzere toplam 8 adet bakım da çizelgelenmiştir. Bu bakımların 7 adeti normal zamanlı bakım 1 bakım ise gecikmeli olduğundan ceza süresi de eklenerek çizelgeye dahil edilmiştir. Toplamda 151,9 dakika süren bu bakımlar toplam tamamlanma zamanını (toplam çizelge süresini) sadece 20 dakika artırmaktadır. Kısaca makinelere yaptığımız bakımlar bizim çizelge süremizi çok fazla artırmamaktadır.

43 adet iş için 20 başlangıç popülasyon büyüklüğü 50 iterasyonlu bu çizelgenin genetik algoritma ile oluşturulması için 1.6 GHz lik bir bilgisayar kullanılmış ve 3 dakika 52 saniyede çizelge oluşturulmuştur.

İş Çizelgesi | İterasyon İlerleme Grafiği | Detay Bilgi																
Excel'e Aktar																
İterasyon No <input type="text"/> Kromozom No <input type="text"/>																
Baş.Z. <input type="text"/> Bitiş.Z. <input type="text"/> Op. <input type="text"/> Makina Kodu <input type="text"/>																
İş Kodu	262-05			262-06			262-08			262-11			Grand Total			
	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc	Baş.Zaman	Bitiş Zamar	Op.Nc		
2-102-108			1840,00	2140,00	2									1840,00	2140,00	
2-106-014														2010,00	2250,00	
2-106-016														1835,00	2010,00	
2-120-003						80,00	110,00	2						80,00	110,00	
2-120-602														155,00	185,00	
2-240-204														685,00	770,00	
2-240-205														860,00	945,00	
2-240-404														665,00	745,00	
2-240-601														1145,00	1395,00	
2-240-602														1395,00	1645,00	
2-362-101														265,00	535,00	
6-04-0660														155,00	205,00	
6-05-0416														535,00	675,00	
6-08-1095														2250,00	2410,00	
6-90-0361														10,00	330,00	
6-91-0351														405,00	685,00	
B000			2140,00	2160,00	0	1000,00	1015,00	0						2140,00	2160,00	
B001														2150,00	2160,00	
Grand Total	285,00	2	2140,00	2160,00	2	1170,00	1380,00	3	1252,00	1262,00	3	785,00	875,00	2	2250,00	2410,00

Şekil 6.19. Bakım süreleri ile birlikte eksantrik pres atölyesinde 13. hafta iş çizelgesi



Şekil 6.20. Bakım süreleri ile birlikte eksantrik pres atölyesinde 13. hafta iş çizelgesinin iterasyon ilerleme grafiği

Şekil 6.20 de görüldüğü üzere 30. iterasyona kadar kromozomların dağılımında zikzaklar yaşanmakta iken 30. iterasyondan sonra kromozomların ortalamasında değişim yaşanmamıştır.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çizelgeleme problemlerinin çözümünde üç makineden az olan sistemler için geliştirilmiş özel algoritmalar mevcuttur. Ancak 3 den fazla makine ve n adet işin çizelgelenmesi için kesin olarak çözen bir algoritma mevcut değildir. Bu tür problemlerde kullanılan sezgisel yöntemler kesin ve/veya kesine yakın çözüm değerleri bulabilmektedir.

Bu çalışmada sezgisel yöntemlerden Genetik Algoritma kullanılmıştır. Yapılan yazılım programında genetik seçme yöntemleri karma olarak kullanılmıştır. Hem elitist strateji hem de rulet tekerleği seçim yöntemi uygulanmıştır. Ancak literatürde turnuva yönteminin de iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir.

Yapılan yazılımda 3 ve daha az sayıda operasyondan geçen işlerin sınırsız sayıda makinenin genetik algoritma ile çizelgelenmesi sağlanmıştır. Eğer bir işin 3 den fazla operasyonu varsa operasyon birleştirmesi yapılarak çözüm elde edilebilecektir.

Makinelerin bakım zamanları ile bakım yapılmadan çalıştırılmaya devam etmesi durumunda ortaya çıkan arızalar ile ilgili uygulamada istatistikî bilgilere ulaşmada zorluklar yaşanmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada gelen kabul görmüş değerlere yer vermeye çalışılmıştır. Ancak gerçek veriler elde edilirse Weibull dağılımı ile bakım süreleri güncellenebilir.

Bu çalışmada Federal Elektrik fabrikasının atölyelerinin bütünleşik çizelgelenmesi için küçük bir uygulama yapılmıştır. Bu uygulamada görüldüğü üzere atölyeler arasındaki malzeme transferlerinin zamanlaması da planlanabilmektedir. Çünkü bir işin hangi zamanda hangi atölyede kaçınıcı operasyonda işlem gördüğü önceden planlanıp çizelgeye alınabilmektedir.

Bu çalışmada önce 7 adet makine üzerinde 12 adet iş çizelgelenmiştir. Bu çizelgelenmeler de makinelere bakım yapılmadığı varsayılmıştır. Daha sonra makinelere yapılacak bakımların çizelgeyi nasıl etkilediği yine Genetik Algoritmalar kullanılarak incelenmiştir. Daha sonra örnek bir uygulama olarak Federal Elektrik firmasının 13. haftada tamamlanan işleri programa yüklenmiş ve fiili olarak 2550 dakikada biten işler bakım zamanları dikkate alınmadan 2390 dakika makinelere yapılan bakımlar da dikkate alındığında 2410 dakika da tamamlanabileceği görülmüştür.

Oluşturulan yazılım mevcut ERP sistemi içine entegre edilebilir durumdadır. Bu yazılıma işler ve makineler manüel olarak girilmektedir. Ancak istenirse mevcut makine iş yükleri otomatik olarak ERP sisteminden de alınabilir.

KAYNAKLAR

- [1] EREN, T., GÜNER, E., Tek ve Paralel makineli problemlerde çok ölçütlü çizelgeleme problemleri için bir literatür taraması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 35-39, 2002.
- [2] RECHENBERG, I., Evolutionstrategie(Evolution Strategy, Stuttgart, Frommann-Holzboog, 75-95, 1973.
- [3] ENGİN, O., FIĞLALI, A., Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Çözümünde Uygun Çaprazlama Operatörünün Belirlenmesi, Doğu Üniversitesi Dergisi, 27-35, 2002.
- [4] GOLDBERG, D.E., Genetic Algorithm in Search, Optimization & Machine Learning , Mass:Addison Wesley, Reading, 95-102, 1989.
- [5] KOZA, J.R., Genetic Programming II: Automatic Discovery of Reusable Programs, MIT Press, Cambridge, MA, , 28-34, 1994.
- [6] ARİFOĞLU, U., KUBA, C., MATLAB ve Mühendislik Uygulamaları, Alfa Yayınları, İstanbul, 245-248, 2003.
- [7] ÖZEL, S., Üretim Çizelgeleme Algoritmalarının Programlanması, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, pp:5-9, 55-56, 1999.
- [8] HOLLAND, J.H., Adaptation in Natural and Artificial System Ann Arbor, The University of Michigan Press, 102-113, 1975.
- [9] BİROĞUL, S., Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Atölye Çizelgeleme, Gazi Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, 3-26, 2005.
- [10] F.T.S. Chan et al., Solving distributed FMS scheduling problems subject to maintenance:Genetic algorithms approach, Science Direct ,1-5., 2006.
- [11] ENGİN, O., FIĞLALI, A., Genetik Algoritmalarla akış tipi çizelgelemede üreme yöntemi optimizasyonu, İtü Dergisi, 3-5, 2002.
- [12] CEDİMOĞLU İ.H., GEYİK, F., Yapay Zeka Çözüm Yaklaşımlarıyla Üretim Çizelgeleme, YAEM ODTÜ, 1998.
- [13] LEWIS E.E., Introduction to Reliability Engineering, John Wiley&Sons, 1, 285-288, 1997.

- [14] TAŞKIN, F., Önleyici Bakım Politikası Altında Optimum Stok Miktarının Bulanık Mantık Yöntemiyle Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 26-32, 2006.
- [15] EMEL, G.,TAŞKIN, Ç., Genetik Algoritmalar Ve Uygulama Alanları, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt XXI, Sayı 1, s.129-152, 2002.
- [16] DÜĞENCİ, M., Genetik Algoritmalarla Permütasyon Tipi İş Sıralama, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 3-7, 1996.
- [17] LIMBOUTG, P., Preventive Maintenance scheduling by variable dimension evolutionary algorithms, International Journal of Pressure Vessels, 262-269, 2006.
- [18] SUMMANVAR, V.S., JAYARAMAN, V.K., Solution of constrained optimization problems by multi-objective genetic algorithm, Journal of Computer&Chemical Engineering, 1481-1492, 2002.
- [19] KENNE, J.P., Age-dependent production planning and maintenance strategies in unreliable manufacturing systems with lost sale, European Journal of Operational Research, 408-420, 2007.
- [20] HOLLAND, J.H., Genetic Algoritms, Scientific American, July, 44-50, 1992.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ERDEM 15 Temmuz 1981 tarihinde AFYON' da doğdu. İlköğretimi Anıtkaya İlköğretim okulunda, ortaöğrenimi Afyon Kocatepe Anadolu Lisesi'nde 1999 yılında tamamladı. 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimini tamamladı. 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri mühendisliği yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Halen Federal Elektrik firmasında Lojistik Yöneticisi olarak çalışmaktadır.