T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FREZELEME İŞLEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞMI İLE KESME KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU

EMİNE TOSUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Konya, 2006

T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FREZELEME İŞLEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞMI İLE KESME KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU

EMİNE TOSUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Bu tez 12.08.2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oyçokluğu / oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Ünüvar	Yrd. Doç. Dr. Hüseyin İmrek	Yrd. Doç. Dr. Yusuf Yılmaz
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FREZELEME İŞLEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞMI İLE KESME KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU

Emine TOSUN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR

2006, 104 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin İMREK

Yrd. Doç. Dr. Yusuf YILMAZ

Bu çalışmada, genetik algoritma yaklaşımının frezeleme işlemine adaptasyonu ve frezeleme işlemlerinde optimum kesme koşullarının belirlenmesi ve GA yaklaşımıyla kesme koşullarının sürekli iyileştirdiğini gösteren bir çalışma yürütülmüştür. Birinci bölümde frezeleme işlemi ilgili bilgi verilmiştir ve temel kavramlar tanımlanmıştır.İkinci bölümde , GA ile ilgili temel kavramlar verilmiş ve GA kısaca açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde yapay zeka teknikleri hakkında bilgi verilmiştir ve GA ‘ nın kullanım alanları anlatılmıştır. Ayrıca tasarım optimizasyon problemlerinde GA yaklaşımı hakkında bilgi verilmiş, literatür taraması yapılmıştır.

Dördüncü bölümde yaptığımız çalışmada frezeleme işleminde optimum kesme koşullarını belirleme probleminin çözümünde amaç fonksiyonlarımız belirlenmiş, matematiksel model kurulmuş ve bu modeli çözmek için GA yaklaşımı kullanılmıştır. Ayrıca optimizasyon teknikleri karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde ise çok amaçlı optimizasyon problemlerinde istenilen optimum kesme koşullarına ulaşmak için geliştirilen modelim GA yardımıyla optimizasyonu yapılmıştır ve optimum kesme koşulları elde edilmiştir.

Sonuç olarak, frezeleme işleminde optimum kesme koşullarının belirlenmesinde GA metodun çok etkin olarak kullanılabileceği ve performanslarının kullanılan parametrelere bağlı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, Optimum Kesme Koşulları, Optimizasyon, Yapay Zeka Teknikleri

ABSTRACT

MS Thesis

OPTIMISATION OF CUTTING CONDITIONS WITH GENETIC ALGORITHM APPROACH IN MILLING OPERATIONS

Emine TOSUN

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Departmant of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR

2006, 104 Page

Jüry: Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR

Asst. Prof. Dr. Hüseyin İMREK

Asst. Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

In this study, a study has been carried out, indicating that cutting conditions have been continuously improving, with the adaptation to milling operation of genetic algorithm approach and determination of optimum cutting conditions in milling operations, and GA approach. In the first section, it has been informed about face milling operation and the basic concepts have been described. In the second section, basic concepts related to GA have been given and GA has been explained shortly.

In the third section, it has been informed about artificial intelligent techniques and told about the use field of GA. Additionally, the information has been given about GA approach in design optimisation problems and literature review has been performed.

In the fourth section, in the study we have carried out, our objective functions have been determined in the solution of the problem connected to optimum cutting conditions; mathematical model has been built and GA approach has been used to sort out this model. In addition, optimisation techniques have been compared.

And in the fifth section, the developed model has been optimised by means of GA in order to reach the desired optimum cutting conditions in multi-objective optimisation problems and optimum cutting conditions have been obtained.

As a result, it has been determined that, in determination of optimum cutting conditions for face milling operations, GA method can be used very effectively and their performance depend on the parameters used.

Key Words: Genetic Algorithms, Optimum Cutting Conditions, Optimisation, And Artificial Intelligent Techniques.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında benden yardımlarını, desteğini ve zamanını esirgemeyen ; ayrıca çalışmamın akışına yön veren danışman hocam Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gelecekteki çalışmalara ışık tutması dileği ile…

Emine TOSUN

2006

İÇİNDEKİLER

ÖZET……..... i
ABSTRACT……. iii
ÖNSÖZ……..... v
İÇİNDEKİLER……. vi
ŞEKİLLER LİSTESİ……. ix
TABLO LİSTESİ……. x
KISALTMALAR…….. xi
1. GİRİŞ……..……. 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI…… 3
3. FREZELEME İŞLEMİ……...……..…. 6
3.1. Frezeleme İşleminin Tanımı……..... 6
3.2. Temel Freze Tanımları……..... 7
3.3. Freze Takımlarının Uygulanması……..... 11
3.3.1. Frezeleme yönü…….……..... 11
3.3.2. Freze çapı ve konumu…….……..... 13
3.3.3. Frezenin iş parçasına giriş ve çıkışının önemi…… 14
3.3.4. Frezeleme işleminde ortaya çıkan sorunlar ve çözümleri…….. 16
3.4. Freze Tezgahları…… 19
3.5. Frezeleme İşleminde Kullanılan Kesici Uçlar……... 21
3.6. Alın Frezeleme……..... 22
3.7. Parmak Frezeleme……..... 23

4. GENETİK ALGORİTMALAR...…… 25
4.1. Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar…….. 25
4.2. Genetik Algoritmanın Tarihçesi…… 26
4.3. Genetik Algoritmaların Temel Teoremi…… 27
4.4. Genetik Algoritmanın Elementleri…….…… 32

4.5. Genetik Algoritmaların Parametreleri……..... 32
4.6. Genetik Algoritmanın Kodlanması……..... 34
4.6.1. İkili kodlama……... 34
4.6.2. Çok karakterli ve gerçek değerli kodlama…….. 35
4.6.3. Ağaç kodlama……. 35
4.7. Genetik Algoritmalarda Seçim Metotları…….. 35
4.7.1. Rulet çemberi ve stokastik örnekleme ile uygun oransal seçim metodu...……...…….. 35
4.7.2. Turnuva metodu……..... 36
4.7.3. Sabit durum metodu…… 36
4.7.4. Elitizm…… 37
4.8. Genetik Algoritmalarda Kullanılan Operatörler…… 37
4.8.1. Yeniden Üretim……... 37
4.8.2. Çaprazlama Operatörü…… 38
4.8.2.1. Tek nokta çaprazlama…….. 39
4.8.2.2. Pozisyona dayalı çaprazlama……..... 39
4.8.2.3. Sıraya dayalı çaprazlama……..... 40
4.8.2.4. Kısmi planlı çaprazlama (PMX)…….. 41
4.8.2.5. Doğrusal sıralı çaprazlama (LOX)……... 42
4.8.3. Mutasyon Operatörü……... 42
4.8.3.1. Ters mutasyon…….. 43
4.8.3.2. Komşu iki geni değiştirme……... 43
4.8.3.3. Keyfi iki geni değiştirme……..... 44
4.8.3.4. Keyfi üç geni değiştirme……..... 45
4.8.3.5. Araya yerleştirme……..... 45

5. İMALAT SİSTEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMALAR……... 46
5.1. Yapay Zeka Teknikleri…….. 48
5.2. Genetik Algoritmaların Kullanım Alanları…… 49
5.2.1. Tesis planlamasında genetik algoritma……... 51
5.2.2. Çizelgeleme problemlerinde genetik algoritma…….. 53
5.2.3. Malzeme kesme ve istifleme problemlerinde genetik algoritma ……... 53

5.2.4. Diğer bazı problemlerde genetik algoritma…… 54
5.3. Tasarım Optimizasyon Problemlerinde Genetik Algoritma Yaklaşımı……. 55
5.3.1. GA' nın çalışma prensibi…… 57
5.3.2. Genetik işlemciler……... 59
5.3.2.1. Üreme……... 59
5.3.2.2. Çaprazlama…….. 60
5.3.2.3. Mutasyon……. 61
5.4 Talaş Kaldırma İşlemlerinde Uygulanan Optimizasyon Metotlar……ı 62

6. AMAÇ FONKSİYONLARIMIZ VE MATEMATİKSEL MODELİN KURULMASI……... 72
6.1. Optimizasyon……..... 72
6.2. Optimizasyon Bileşenleri……... 74
6.3. Amaç Fonksiyonları……... 75
6.4. Matematiksel Model…….. 77
6.4.1. Uygunluk Fonksiyonlarımız..…… 77
6.4.1.1. Tek takımlı işler için uygunluk fonksiyonu……..... 77
6.4.1.2. Çok takımlı işler için uygunluk fonksiyonu ……... 79
6.4.2. Kısıtlar…… 81
6.5. Notasyonlar……..……..... 83

7. FREZELEME İŞLEMİNDE OPTİMUM KESME KOŞULLARININ BELİRLENMESİNDE GA YAKLAŞIMI……... 84
7.1. Çok Amaçlı GA' ların Arka Planı…..…… 84
7.2. Metodoloji……...……..... 87
7.3. Elde Edilen Sonuçlar…… 91

8. SONUÇ……..... 99
8. KAYNAKÇA……..... 101
EKLER

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Frezeleme Biçimleri…… 7
Şekil 3.2. Freze Takım Dinamikleri…… 9
Şekil 3.3. Aşağı ve Yukarı Frezeleme……. 13
Şekil 3.4. Frezenin İş parçasına Giriş ve Çıkışı…….. 16
Şekil 3.5. Alın Frezeleme Çakısı……. 23
Şekil 3.6. Parmak Frezeleme Çakısı…… 24
Şekil 4.1. Genetik Algoritmaların Genel İşleyişi…… 29
Şekil 4.2. Rulet Çemberi……. 36
Şekil 4.3. Tek Nokta Çaprazlama…… 39
Şekil 4.4. Pozisyona Dayalı Çaprazlama……. 40
Şekil 4.5. Sıraya Dayalı Çaprazlama……... 41
Şekil 4.6. Komşu İki Geni Değiştirme…… 44
Şekil 4.7. Keyfi İki Geni Değiştirme…….. 44
Şekil 4.8. Keyfi Üç Geni Değiştirme…….. 45
Şekil 4.9. Araya Yerleştirme……... 45
Şekil 5.1. Genetik Algoritma Çalışma Prensibi İş Akış Şeması……..... 58
Şekil 7.1. Bastırılmamış Çözüm Ve Bastırılmış Çözüm…..…… 85
Şekil 7.2. Schaffer'ın Yaklaşımı Ve Kursawe'nin Yaklaşımında Araştırma Yönleri 86
Şekil 7.3. Sabit Ağırlık Vektörü Tarafından Belirlenen Arama Yönü…… 88
Şekil 7.4. Çok Amaçlı Genetik Algoritmanın Çeşitli Arama Yönleri...…….. 89
Şekil 7.5 Tek takımlı işler için program ana arayüzü …… 91
Şekil 7.6 Yazılım programı değişkenler arayüzü……..... 92
Şekil 7.7 Tek takımlı işler için Pareto optimal sonuçlar…… 93
Şekil 7.8 Çok takımlı işler için program arayüzü…….. 94
Şekil 7.9 Çok takımlı işler için Pareto optimal sonuçlar…… 95
Şekil 7.10 Tek takımlı işler için program ana arayüzü (g_5 kısıtı değiştirilmiş) 96
Şekil 7.11 Tek takımlı işler için Pareto optimal sonuçlar (g_5 kısıtı değiştirilmiş) 96

Şekil 7.12 Çok takımlı işler için program ana arayüzü (g_5 kısıtı değiştirilmiş) 97

TABLO LİSTESİ

Tablo 5.1. Optimizasyon Tekniklerinin Karşılaştırılması

Tablo 7.1. Çok Amaçlı 0ptimizasyon Tekniğinin Aşamaları…….. 90

Tablo 7.2. Tek takımlı operasyonlar için GA parametreleri değerleri…...…….. 92

Tablo 7.3. Tek takımlı işler için parametre değerleri…….……..... 93

Tablo 7.4. Çok takımlı işler için Parametre değerleri…….…….... 94

Tablo 7.5 Çok takımlı işler için Pareto optimal sonuçlar (g_5 kısıtı değiştirilmiş)…. 98

KISALTMALAR

GA: Genetik Algoritma

GA: Genetik Algoritmalar

MOGA: Multi-Objective Genetic Algorithm- Çok Amaçlı Genetik Algoritma

1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren sanayi ve ticarette yeni bir dönem başladı. Bu dönemin en temel özellikleri 'küreselleştirme süreci' ve 'yok edici rekabet' olarak ifade edilebilir. Ülkeler arasındaki ticari sınırların büyük oranda ortadan kalkması, gümrük vergilerinin azaltılması, yabancı yatırımlara imkan sunulması ve bu yatırımların teşvik edilmesi, rekabetin çok boyutlu bir ortama neden olmuştur. Artık firmalar, sunulan hizmeti ve üretilen ürünü daha ucuz, daha kaliteli ve daha az bir zaman süreci içinde üretmek zorunda kalmışlardır. Bu süreç ile beraber rekabetin etkisi de değişmeye başlamış, rekabet yaralayıcı veya çok kısa süreli duraklatıcı olmaktan çok yok edici bir etki göstermeye başlamıştır. Hakim oldukları pazarı kaybetmeye başlayan işletmeler ortadan kalkmışlardır. Böylece tüm işletmeler rakiplerinin pazarlarından pay almaya başlamışlardır.

İşletmeler bu ortamda varlıklarını sürdürebilmeleri için daha kaliteli, daha ekonomik ve daha kısa sürede ürün üretmeye yönelmişlerdir. Değişen pazar yapısı ve rekabet koşulların büyük ölçüde müşterilerin ürün tercihi ve yaklaşımını da değiştirmiştir. Müşteriler ürünün kalitesi, ekonomikliği ve teslimat sürelerini göz önüne almaya başlamışlardır. Bu sebeple özellikle son yıllarda, tasarım süreci aşamalarında yeni düzenlemelere gidilmesinde amaç, hızla değişen ekonomik, sosyal ve çevre şartlarına uyumlu yeni tip ürün ve sistemlerin tasarlanmasıdır. Tasarımcı bu gereksinimlere en etkin şekilde cevap vermek zorunda kaldığı için, genel tasarım sürecinde çözüm yöntemlerinde yeni yaklaşımlara gereksinim duyulmuştur. Bu nedenle, makine tasarımı sürecinin önemli bir aşamasını oluşturan optimizasyon ve yeni çözüm yaklaşımları araştırma çalışmalarında ilgi odakları olmuştur. Klasik yöntemlerle çözümü, uzun zaman alan ve optimuma ulaşılması süresince ıraksama veya lokal optimuma yakalanma problemleri içeren makine tasarım problemlerinde yapay zeka tekniklerinin kullanım sıklığı artmıştır.

Yapay zeka, teknolojik gelişmelerin varmış olduğu noktanın bir sonucu olarak ortaya çıkan tekniklerden oluşmaktadır. Yapay zeka sistemlerinin temel mantığı doğal sistemlerden hareketle yapay sistemler oluşturmaktır. Yapay zeka felsefesinde temel

amaç, geliştirilen pek çok sistemi mümkün olduğunca doğal sistemlere yaklaştırmak ve onlara benzetmektir. Bu amaçla bugün kullanılan yapay sinir ağları, uzman sistemle, genetik algoritmalar vb. pek çok yapay zeka tekniği birçok endüstriyel problemin çözümünde kullanılmaktadır. Yapay zeka teknikleri, problemleri çözme yetenekleri ve problemi çözme zamanlarından dolayı işletmelere pek çok avantajlar sağlamaktadır. Yeni rekabet sistemi içerisinde yapay zeka tekniklerinin kullanılması çok önemli sonuçlar sağlayabilir. Özellikle bu tekniklerin, zaman ve maliyet olarak uygun olması bu teknikleri değerlendirmek için ilk etapta dikkate alınması gereken avantajlarıdır.

Genetik algoritmalar (GA), özellikle optimizasyon problemlerinin çözümünde çok etkili olarak kullanılmaktadır. GA' nın çok amaçlı modellerdeki eş zamanlı optimizasyon yeteneği, endüstriyel problemlerin çözümünde GA kullanımını diğer yapay zeka tekniklerine göre daha ön plana çıkarmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde freze tezgahları ve genel tanımları hakkında bilgi verilmiş, ikinci bölümde GA ile ilgili temel kavramlar verilmiş ve GA kısaca açıklanmıştır, üçüncü bölümde imalat sistemleri ve tasarım optimizasyon problemlerinde GA metodunun yaklaşımı verilmiş ve GA metodunun diğer yapay zeka teknikleri karşılaştırılması yapılmıştır. Dördüncü bölümde yaptığımız çalışmada frezeleme işleminde optimum kesme koşullarını belirleme probleminin çözümünde çok amaçlı bir model belirlenmiş ve bu modeli çözmek için GA yaklaşımı kullanımı incelenmiştir. Son bölümde ise çok amaçlı optimizasyon problemlerinde istenilen optimum kesme koşullarına ulaşmak için GA yardımıyla kullanımın sağladığı avantajlar belirtilmiş ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar önerilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İşleme parametrelerinin optimizasyon çalışmaları 1900'lü yıllarda başlamıştır. 1950'lerden sonra araştırma çalışmaları artmış ve CNC ile işlemeye uygulanmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmelerle işleme parametrelerin optimal çözümü günümüzde de geniş olarak kullanılmaya devam etmektedir. Ekonomik üretim için işleme parametrelerinin optimum seçimine üreticilerden büyük talep vardır.

Talaş kaldırma şartları için optimizasyon problemlerini çözmede literatürde rapor edilen bazı metotlar şunlardır; Performans zarfı (Crookall, 1969), Lagrange çarpanları (Bhattacharyya et al, 1970), Geometrik programlama (Ermer, 1971, Petro poulos, 1973), Lineer programlama (Ermer ve Patel, 1974), Dinamik programlama (Agapiou, 1992, Shin ve Joo, 1992), Grafik metotlar (Kiliç et al, 1993), Tamsayı programlama (Gupta et al, 1993) ve yapay zekadır. Yapılmış çalışmalardan bazıları aşağıdadır;

İşleme parametrelerinin optimizasyonu çalışmaları tek pasolu operasyonlarla başlamıştır. Taylor (1907) tek pasolu tornalama operasyonlarında talaş kaldırma hızını maksimum yapmak için optimum kesme hızını belirlemiştir.

Gilbert (1950) tek pasolu tornalama işlemlerinde işleme maliyetini minimum yapan kesme hızını belirleyen analitik metot kullanılmıştır.

Armarego ve Brown (1969) minimum üretim maliyeti için uygun kesme derinliğinde optimal işleme değişkenlerini belirlemiştir.

Walvekar ve Lambert (1970) pratik kısıtlara maruz işlemede ilerleme ve hızın optimal olarak belirlenme işlemini geometrik programlamayla çözüp simülasyon yapmışlardır.

Hitomi (1979) optimizasyonlu işleme parametreleri ile çeşitli amaç fonksiyonları önermiştir.

Ermer ve Kromodihardjo (1981) tek pasolu tornalama operasyonları için minimum toplam işleme maliyetinin optimizasyon modelini önermişlerdir. Burada minimum maliyetli kesme şartları için ilerleme mümkün olan en yüksek değerinde seçilmiştir.

Shin ve Joo (1992) gerçek işleme kısıtları ile çok pasolu tornalamada optimal bir matematik model önermişlerdir. Onlar kesme prosesini çok pasolu kaba işleme ve son paso işleme şeklinde ikiye bölmüşlerdir. Her bir paso için kesme derinliği seçiminde dinamik programlamayı kullanmışlardır. Son paso işlemlerde uygun izin verilen kesme derinliği uygulamışlar ve geriye kalan kısımda kesme derinliğini minimum maliyet elde etmek için eşit boyutta kaba paso sayısına bölmüşlerdir.

Agapiou (1992) optimum işleme şartlarının belirlenmesi için minimum üretim maliyeti ve minimum üretim zamanı kriterlerine göre amaç fonksiyonunu belirlemiştir. Her paso için optimum kesme hızı ve ilerleme bağımsız olarak Nelder-Mead Simplex Araştırma Metodu ile belirlenmiştir.

Gupta (1995) çok pasolu tornalama işlemlerinde maksimum kar kriterini belirlemek için optimizasyon modeli önermişlerdir. Problemin çözümünde geometrik programlama ve lineer programlamayı kullanmışlardır.

Tolouei-Rad ve Bidhendi (1997) hem tek pasolu hem de çok pasolu frezeleme operasyonlarında minimum üretim maliyeti, minimum üretim zamanı ve maksimum kar amaç fonksiyonları için matematiksel modeller önermişlerdir.

Çakır ve Gürarda (1998) mevcut optimizasyon modellerini minimum üretim maliyeti amaç fonksiyonu için hem çok pasolu tornalama, hem de frezeleme operasyonları için uygulamalı göstermişlerdir. Kesilecek hacim çeşitli alanlara bölünüp, her bölüm tek paso operasyonu olarak maksimum ve minimum ilerleme, kesme hızı, kesme gücü, takım ömrü, iş parçası sehimi, yüzey pürüzlülüğü kısıtları ile işlenmiştir. Optimum işleme parametrelerini çeşitli araştırma metotları ile bulmuşlardır

Arezoo (2000) prolog programlama dilini kullanarak tornalama operasyonlarında kesici takım seçimi için uzman sistem geliştirmişlerdir. Sistem ile takım tutucu, kesici uç, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğini seçebilmektedir. İşleme şartlarının optimizasyonunda dinamik programlamayı kullanmışlardır.

Al-Ahmari (2001) pratik işleme kısıtlarıyla minimum üretim maliyetini temel alan çok pasolu tornalama operasyonları için kesme derinliğini tekrar bölerek işleme parametrelerinin optimizasyonunu nonlineer program modeli olarak göstermiştir.

Wang (2002) çok pasolu tornalama operasyonlarında kesici takım ve kesme parametrelerinin optimal seçimi için genetik algoritmaları kullanmışlardır. Amaç fonksiyonu operasyondaki tüm pasoların işleme performans ölçümünü içerir. Ağırlık faktörü konfigürasyonu ile farklı işleme performansının ölçümünde optimizasyon prosedürünün kontrolünde bunu kullanmışlardır.

Yüksek hızlı tornalamada amaç fonksiyonu olarak maksimum üretim hızını alarak kesme parametrelerinin belirlenmesi çalışmalarını Bouzid (2005) yapmıştır. Kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü için modeller oluşturmuştur. Modelin katsayıları deneysel olarak bulunmuştur. Minimum üretim zamanını veren kesme hızı ve ilerleme değerlerini hesaplamıştır.

3. FREZELEME İŞLEMİ

3.1. Frezeleme İşleminin Tanımı

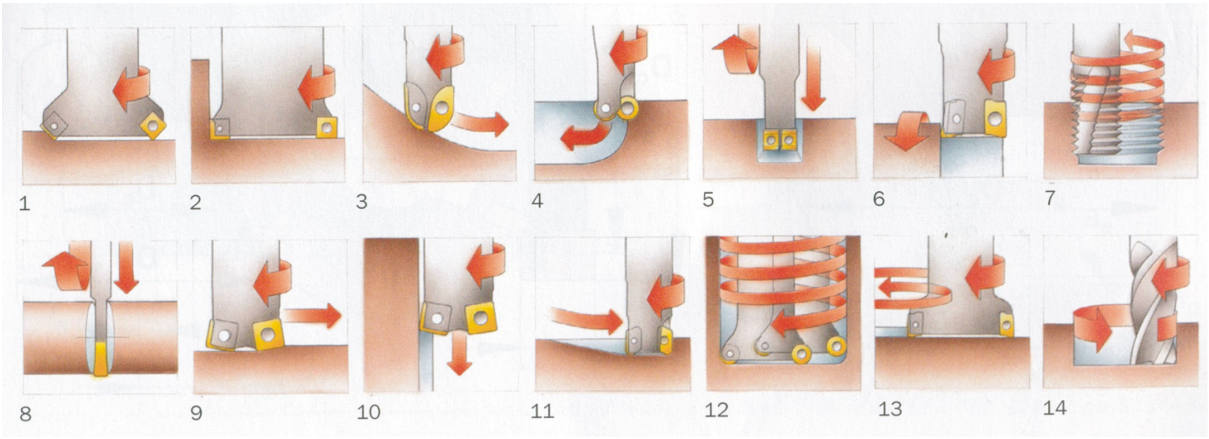
Modern frezeleme çok evrensel bir işleme metodudur. Son birkaç yıl boyunca takım tezgahlarının gelişimiyle birlikte frezeleme çok geniş aralıktaki şekilleri işleyen bir metoda dönüştü. Günümüzde çok eksenli tezgahlardaki işleme metot seçenekleri artık basit değildir. Tüm geleneksel uygulamalara ek olarak, frezeleme eskiden tornalamayla işlenen delikler, oyuklar, vida dişleri üretimi için ciddi bir alternatif haline gelmiştir. Takım alanındaki gelişmeler de, değiştirilebilir kesici uç ve yekpare karbür teknolojisinde gerçekleştirilmiş olan verimlilik, güvenilirlik ve kalite istikrarındaki artışlara katkıda bulunmuştur.

Frezeleme prensip olarak dönen, çok kesme kenarlı takımla yapılan metal kesme işlemidir. Bu takım, bir iş parçasına doğru hemen hemen her yönde programlanmış ilerleme hareketini yapabilir. Frezelemeyi verimli ve çok yönlü bir işleme metodu yapan da bu kesme işlemidir. Her bir kesme kenarı kısıtlı bir kesme işlemiyle, bir miktar talaş kaldırır ve bu şekilde talaş oluşumu ve tahliyesi ikincil bir sorun olur. Frezeleme hala en sık olarak düzgün yüzeyler üretmek amacıyla kullanılır. Yüzey frezeleme de en düzgün yüzeyler işlenir. Ancak diğer şekiller ve yüzeyler, beş eksenli işleme merkezleri ve çok amaçlı tezgahlı sayılarının da artmasıyla düzgün bir şekilde artmaktadır.

Parçaya etkisi veya takımın izlediği yol açısından bakıldığında frezeleme işlemlerinin temel biçimleri arasında aşağıdakiler sayılabilir;

1. Yüzey frezeleme
2. 90° Kenar frezeleme
3. Profil frezeleme
4. Havuz boşaltma
5. Kanal frezeleme
6. Torna frezeleme
7. Kesme

8. Diş çekme
9. Yüksek ilerlemeli frezeleme
10. Dalma frezeleme
11. Açılı frezeleme
12. Helisel interpolasyon
13. Dairesel interpolasyon
14. Trokoidal frezeleme



Şekil 3.1. Frezeleme Biçimleri

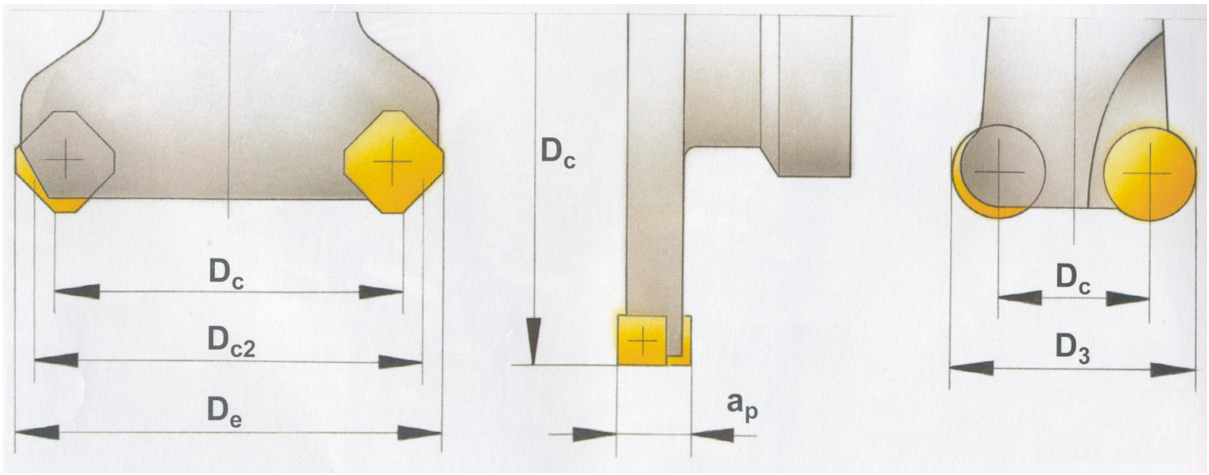
3.2. Temel Freze Tanımları

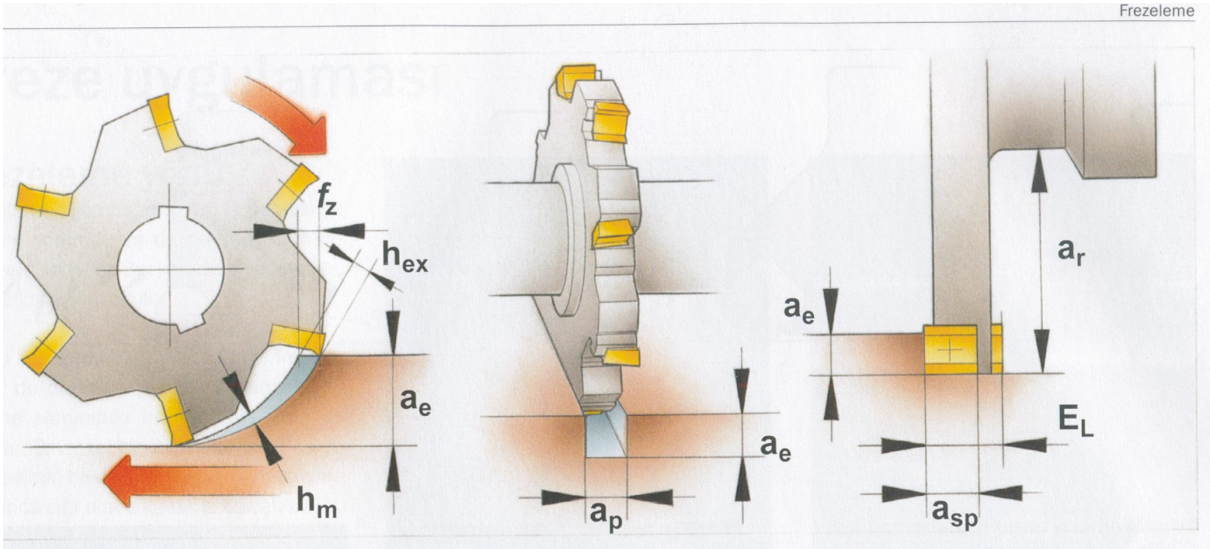
Bir freze temel olarak aşağıda görülen temel kesme işlemlerinden birini veya bunların bileşimini kullanır. (A) radyal, (B) çevresel, (C) eksenel frezelemeyi göstermektedir. Frezeleme metotlarındaki değişimlerde, kesme işlemi takım dönme ekseninin ilerleme yönleriyle ilişkisine göre saptanabilir. Örneğin; yüzey frezeleme kesme kenarlarının bileşik kesme hareketidir. Temel olarak takımın çevresindeki ve bir yere kadar da takımın alnındaki kesme kenarlarının etkisinden oluşur. Freze iş parçasına karşı radyal ilerleme yönüne dik bir açıyla döner.

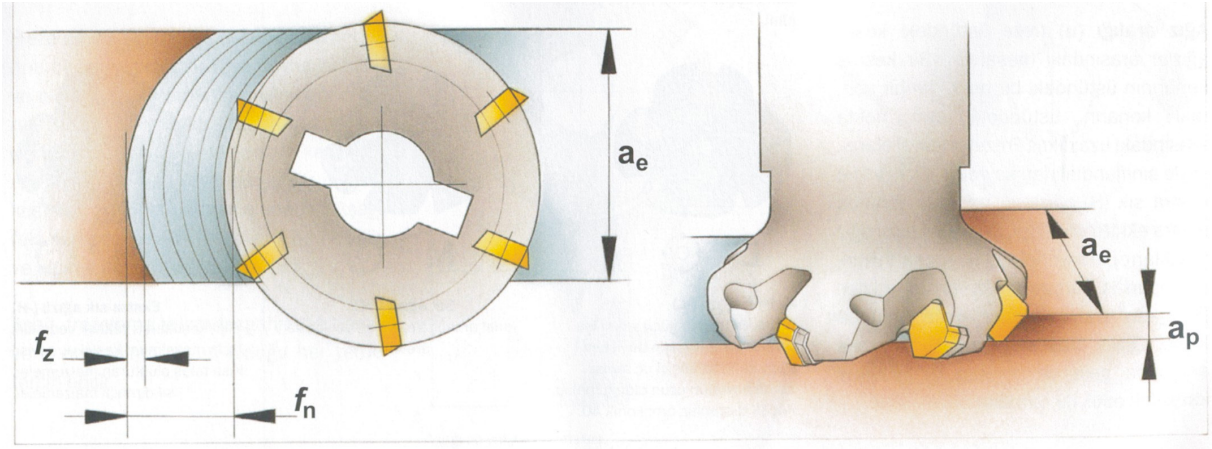
Kenar ve yüzey frezeleme işlemi esasen takımın çevresindeki kesme kenarlarını kullanır. Freze teğetsel ilerlemeye paralel bir eksen etrafında döner.

Dalma frezeleme takımın alnındaki veya ucundaki kesme kenarlarını kullanır ve eksenel olarak ilerledikçe kısmi bir delik delme işlemi yapar.

Frezeleme işleminde ayar yaparken bazı tanımlar saptanmalıdır. Bunlar iş parçasına doğru hareket eden, en büyük çapa sahip olarak (Dc_2 veya D_3), belirli bir çapla (D_e) döner freze takımının dinamiklerini tanımlar.







Şekil 3.2. Freze Takım Dinamikleri

Kesme hızı (V_c), m / dk., kesme kenarının işlediği iş parçasındaki yüzey hızını gösterir. Bu, takıma göre saptanan bir değerdir ve işlemin verimli bir şekilde devam ettiğini ve tavsiye edilen takım malzeme alanı içinde yapıldığını garanti eden kesme değerlerinin bir kısmıdır.

Fener mili hızı (n), dev / dk., fener milindeki freze takımının dakikada yaptığı devir sayısıdır. Bu işlem için tavsiye edilen kesme hızı değerlerinden hesaplanan, tezgaha bağlı bir değerdir.

Tabla ilerlemesi, tezgah ilerlemesi veya ilerleme hızı (V_1) olarak da bilinen mm / dk. cinsinden ifade edilen bir dakikadaki ilerleme değeri, takımın iş parçasına göre birim zamanda aldığı yol, ağız başına ve frezedeki ağız sayısına göre ilerlemesidir.

Maksimum talaş kalınlığı (h_{ex}), mm, cinsinden bir takım için söz konusu bir işlemde en önemli sınırların göstergesidir. Bir frezedeki kesme kenarı tavsiye edilen başlangıç

değerlerine ve bir minimum, bir maksimum değere sahip olacak şekilde tasarlanmış ve test edilmiştir.

Ağız başına ilerleme (f_z), mm / ağız cinsinden, freze işleminde tabla ilerlemesini hesaplamaya yarayan bir değerdir. Freze çok kenarlı bir takım olduğu için her kenarın uygun koşullarda işleme yaptığını garantileyecek bir değere ihtiyaç duyulur. Bu değer, belirli bir ağız kesme başladığında, takım tarafından gidilen doğrusal uzunluktur. Diş başına ilerleme değeri tavsiye edilen maksimum talaş kalınlığı değerinden bulunur.

Takımdaki kullanılabilir freze diş sayısı (z_n) belirgin bir şekilde değişir ve etkin diş sayısı olduğunda tabla ilerlemesini bulmak için kullanılır. Malzeme, parça genişliği, rijitlik, güç, yüzey kalitesi uygun diş kalitesini etkiler.

Devir başına ilerleme (f_n), mm / dev cinsinden, özellikle ilerleme hesaplamaları ve genellikle frezenin ince işlem kapasitesini bulmak için kullanılır. Bu, takımın dönüş boyunca ne kadar yol kat ettiğini gösteren yardımcı bir değerdir.

Kesme derinliği (a_p), mm cinsinden (eksenel), takımın iş parçasının yüzeyinden ne kadar talaş kaldırdığını ifade eder. Bu, takımın işlenmemiş yüzeyin altına ayarlandığı mesafedir.

Kesme genişliği (a_e), mm (radyal) cinsinden, frezenin çapı tarafından kesme işlemine giren parçanın genişliğidir. Bu, işlenen yüzey boyunca ölçülen mesafedir veya takım çapı iş parçasından daha küçükse takımın kapladığı mesafedir.

Ortalama talaş kalınlığı (h_m) spesifik kesme kuvvetinin bulunması ve sonraki güç hesaplamaları için kullanışlı bir değerdir. Frezenin iş parçasına giriş (temas) tipine bağlı olarak hesaplanır.

Talaş kaldırma oranı (Q) birim zamanda kaldırılan metalin mm küp cinsinden hacmidir ve kesme derinliği, genişliği ve ilerleme değerleri kullanılarak saptanabilir.

İşleme zamanı (T_c) veya frezenin kesme işlemi süresi, işleme uzunluğu (l_m)' nin tabla ilerlemesindeki bölümüdür.

Spesifik kesme kuvveti (k_{ct}) söz konusu malzemeyi hesaba katan ve talaş kalınlığı değeri için güç hesaplama faktörüdür. İlerleme ve kesme hızına bağlı olduğu kadar işlenebilirliğe de bağlıdır.

Güç (P_c) ve verim, net gücün söz konusu tezgahın frezeye ve işleme uygun olduğunu garantilemek için hesaplanabildiği, takım tezgahlarına yönelik değerlerdir.

Frezelemedeki geometri konusunda; frezenin giriş açısı (K_r), veya asıl kesme kenarı açısı, kesme kuvvetinin yönünü ve talaş kalınlığını etkileyen esas faktördür. Kesici uç geometrisinin seçimi, değişen kesme kuvvet etkilerinin üç pratik alanına indirgenmiştir. Hafif (L), genel amaçlı (M) ve tok (H) geometrilerinden oluşmaktadır.

Ağız aralığı (u), freze üstündeki kesici ağızlar arasındaki mesafedir. Bir kesme kenarının üstündeki bir nokta ile bir sonraki kenarın üstündeki aynı nokta arasındaki uzaklıktır. Frezeler temel olarak şöyle sınıflandırılırlar; hafif (L), genel amaçlı (M) ve tok ağızlı şeklindedir. Değişik kesici ağız aralıkları operasyonel rijitliği, güç sarfiyatını ve uygun iş parçası malzemesini etkiler. Değişken ağızlı aralıklar, freze üstünde kesici ağızlar arası eşit olmayan bir aralık anlamına gelir ve titreşim eğilimlerine karşı bir çaredir.

3.3. FREZE UYGULAMASI

3.3.1. Frezeleme Yönü

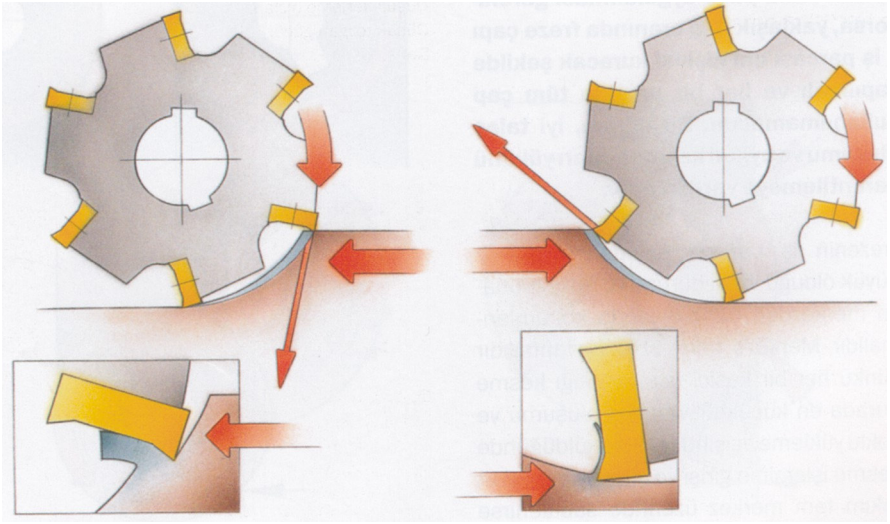
Frezeleme işlemi süresince, iş parçası ve ya dönme yönünde ya da dönme yönünün tersinde ilerletilir. Bu, kesmenin bitiş ve başlangıç tabiatını etkiler. Aşağı frezelemede (1) iş parçası ilerleme yönü kesme alanındaki freze dönüş yönü ile aynıdır. Çevresel frezelemede talaş kalınlığı kesimin başlangıcından itibaren kesim sonunda sıfır olana

kadar azalacaktır. Aşağı frezelemeye tırmanma frezelenmesi de denmektedir. Yukarı frezelemede (2) iş parçasının ilerleme yönü kesme alanındaki freze dönüş yönünün ters yönündedir. Talaş kalınlığı sıfırdan başlar ve kesme sonuna doğru artar. Yukarı frezelemeye konvansiyonel frezeleme de denir.

Kesici ucun kesmeye sıfır talaş kalınlığında başladığı yukarı frezeleme işleminde, freze ve iş parçasını birbirine itmeye yönlendirecek yüksek kesme kuvvetleri vardır. Kesici uç kesmeye zorlanır. Bu durum; sürtünme, yüksek sıcaklıklar ve önceki kesici uçtan kaynaklanan işleme sertleştirilmesi yapılmış yüzey ile sık temas sonucu, sürtme veya parlama etkisi meydana getirir. Kuvvetler iş parçasını tabladan kaldırmaya eğilimlidir. Aşağı frezelemede, kesici uç kesme işlemine büyük bir talaş kalınlığıyla başlar. Bu durum, daha az ısı ve minimum işleme sertleştirmesi eğilimleriyle parlama etkisini önler. Büyük talaş kalınlığı avantajlıdır ve kesme kuvvetleri, kesici ucu kesme işleminde tutarak iş parçasını frezeye çekme eğilimi gösterirler.

Frezeleme süresince talaşlar kesme kenarına bazen yapışacak veya kaynayacaktır ve bir sonraki kesmenin başlangıcı civarına kadar taşınacaktır. Yukarı frezelemede talaş kolaylıkla iş parçası ve kesici uç arasında kalabilir veya sıkışabilir. Aşağı frezelemede ise aynı talaş yarısında kesilir ve kesme kenarına zarar vermez. Aşağı frezeleme takım tezgahı, sabitleme ve iş parçasının uygun olduğu her yerde tercih edilir.

Bununla birlikte; aşağı frezeleme işlemi, kesimde oluşan kuvvetler iş parçasını tutarken frezeyi çekme eğilimi gösterdiğinden bazı zorluklar meydana getirir. Bu durum boşluğun ortadan kaldırılarak tezgahın tabla ilerlemesine uyum sağlamasını gerektirir. Takım iş parçasına doğru çekerse, ilerleme kontrolsüzce artar, bu da talaşın aşırı talaş kalınlığına ve kenar kırılmasına neden olabilir. Bu gibi durumlarda yukarı frezeleme tercih edilmelidir. Çalışma toleransında büyük değişimler olduğu zaman da yukarı frezeleme avantajlı olabilir. İş için doğru freze büyüklüğüne sahip olunması gerektiği gibi fikstür de iş parçasını doğru bir şekilde tutmak için ayarlanmalıdır. Kesme kuvvetlerinin yönü ise titreşim eğilimi söz konusu olduğunda daha avantajlıdır.



Şekil 3.3. Aşağı Ve Yukarı Frezeleme

3.3.2. Freze Çapı ve Konumu

Freze çapı seçimi; tezgahın güç kapasitesini de hesaba katarak, iş parçası genişliği baz alınarak yapılır. Frezenin iş parçasına göre konumu ve kesme işleminde freze kesici ağızlarının yaptığı temas başarılı işleme için hayati öneme sahip faktörlerdir.

Üç temel tipte freze / iş parçası ilişkisi mevcuttur;

Birinci tipte; iş parçasının eni freze çapına eşit veya daha büyüktür. Bu durum girişte / çıkışta ince toleranslara sebebiyet verir ya da birden fazla pasoya ihtiyaç duyulur. Bu durum iş parçası yüzeylerinin çok büyük olduğu veya freze çapının uygulama için çok küçük olduğu tipik bir durumdur.

İkinci tipte ise freze çapının iş parçasının eninden biraz büyük olduğu durum, ki yüzey frezelemede sık karşılaşılan bir durumdur. Özellikle yüzey frezelemedeki ideal durunu %20'den %50'ye genel olarak gösterir

Üçüncü tipte; çapın kesme eninden oldukça büyük olması ve freze ekseninin iş parçası eninin oldukça dışında olduğu durumdur. Bu durum da kenar ve yüzey frezelemede, uzun kenar frezelemede ve parmak frezeleme de karşılaşılabilir.

Özellikle yüzey frezelemede iş parçası eni freze çapını etkilemelidir. Freze çapı iş parçası çapıyla aynı olmamalıdır. Normal olarak tavsiye edilen; çapın iş parçası eninden %20 ‘ den %50 ‘ ye kadar büyük olmasıdır. Birden fazla paso uygulaması gerekiyorsa yaklaşık ¾ oranında freze çapı / iş parçası eni ilişki kuracak şekilde yapılmalı ve her bir pasoda tüm çap kullanılmamalıdır. Bu durum, iyi talaş oluşumunu ve uygun kesme kenarı yükünü garantilemeye yardım eder.

Frezenin iş parçası eninden yeterince büyük olduğu ideal durumda, freze mutlaka merkezden biraz dışarıda konumlandırılmalıdır. Merkeze yakın olmak avantajlıdır çünkü her bir kesici ucun yaptığı kesme burada en küçüktür ve talaş oluşumunu şoklu yükleme açısından düşünüldüğünde kesme işleminin giriş ve çıkışı iyidir. Fakat takım tam merkez üzerinde sabitlenirse dezavantajlı bir durum meydana çıkar. Büyüklüğü eşit düzeyde olan radyal kuvvetler kesme kenarını kesmeye girdiği ve çıktığı yönde dalgalanma gösterir. Tezgah fener mili titreşim yapabilir ve zarar görür, kesici uç çentiklenebilir ve yüzey kalitesi düşük olabilir.

Frezeyi merkezin biraz daha dışına hareket ettirmek daha sabit bir kuvvet yönü anlamına gelecektir ve iş parçasına doğru freze tarafından bir çeşit ön yükleme sağlanır.

3.3.3. Frezenin İş Parçasına Giriş ve Çıkışının Önemi

Frezenin kesici uçlarından birinin her kesime girişinde kesme kenarı, talaş kesiti, iş parçasının malzemesi ve kesme tipine bağlı olan bir şoklu yüklemeye maruz kalır. Kenar ve malzeme arasında ilk ve son temasın doğru olması, frezeleme işleminin önemli bir yönüdür. Frezenin, kesme kenarlarının giriş ve çıkışına doğru olarak konumlandırılması önemlidir.

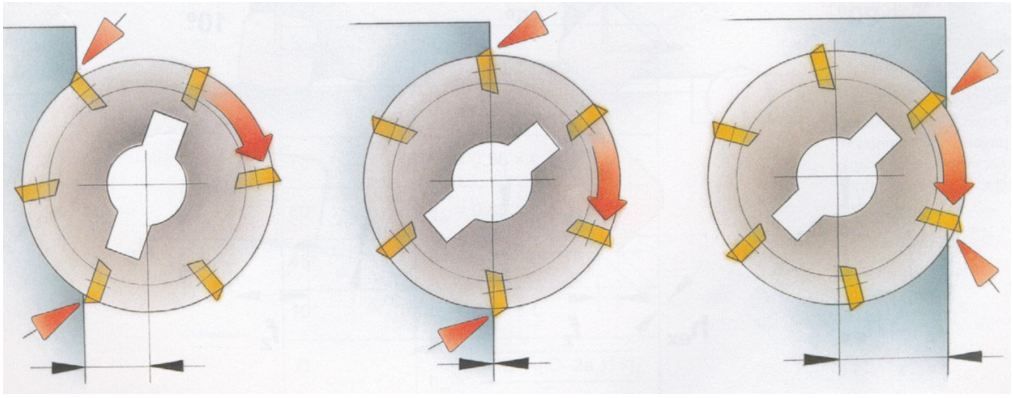
İlk durumda frezenin merkez doğrusu iş parçası eninin oldukça dışındadır ve girişteki darbe kesici ucun en dıştaki ucundan başlar. Bu, ilk şoklu yüklemenin takımın en hassa parçasından başladığı anlamına gelir. Freze, kesmeyi de bu son uçla bırakır. Bu, kesici uç parçasından aniden çıkana kadar kesme kuvvetlerinin en dış uca etkidiği anlamına gelir. Bu kuvvetlerin şoklu yük boşaltmasıdır.

İkinci durumda frezenin merkez doğrusu iş parçası kenarıyla aynı çizgidedir. Kesici uç, giriş ve çıkışta çok yüksek olan şoklu yüklemelerle, talaş kalınlığı en yüksek olduğunda kesmeyi bırakır.

Üçüncü durumda frezenin merkez doğrusu iş parçası eninin oldukça içindedir. Kesme girişindeki ilk darbe, hassas uçtan uzakta, kesme kenarı boyunca daha da uzakta oluşur. Çıkışta da kesici uç kesimden kademe kademe ayrılır.

Kesme kenarının iş parçasından ayrılma yolu önemlidir. Kesme işleminin sonu yaklaştıkça geriye kalan malzeme bir miktar çöker, bu da kesici uç boşluğunu azaltır. Talaş çekilip ayrılırken, kesici ucun yüzü boyunca gelen anlık bir çekme kuvveti de iş parçası üzerinde genellikle çapak oluşumuna sebep verir. Bu çekme kuvveti kesme kenarının emniyetini tehdit eder.

Bu durum frezenin merkez doğrusu iş parçasının kesme kenarına denk geldiği veya yakın olduğunda şiddetlidir. Freze iş parçasının kesme kenarlarına pozitif açılarda, negatif değil, ayrılmalıdır. İş parçasında boşluklar olması sorun yaratır. Bu durumda daha güçlü bir kesme kenarı genellikle çözüm olur, bazen de kesici ağız sayısının veya freze geometrisinin tekrar ele alınması gerekebilir. Frezeleme işlemi, en uygun frezeye ve kesici uç tipine ulaşmak için bütün farklı yönler düşünülerek, bir bütün olarak incelenmelidir.



Şekil 3.4. Frezenin İş Parçasına Giriş Ve Çıkışı

3.3.4. Frezeleme İşleminde Ortaya çıkan Sorunlar ve Çözümleri

a. Aşırı Titreşim

1.Zayıf Bağlama

Olası çözümler;

Kesme kuvvetinin yönünü değerlendirin ve yeterli şekilde destek sağlayın veya bağlamayı iyileştirin.

Talaş derinliklerini azaltarak kesme kuvvetlerini azaltın.

Daha pozitif etkiye sahip seyrek seyrek ve değişken ağızlı freze seçin.

Küçük köşe radyüsü ve küçük paralel yüzeye sahip L geometrisi seçin.

İnce taneli, kaplanmamış veya ince kaplamaya sahip bir kesici uç seçin.

2.Zayıf İş Parçası

Pozitif geometriye sahip 90 derece kenar frezesi kullanma seçeneğini düşünün.

L geometrisine sahip bir kesici uç seçin.

Eksenel kesme kuvvetini azaltın.
Değişken aralıklı seyrek ağızlı bir freze seçin.

3.Uzun Kullanma Mesafesi

Kullanma mesafesini en aza indirin.
Değişken ve seyrek ağızlı frezeler kullanın.
Radyal ve eksenel kesme kuvvetlerini dengeleyin.
Ağız başına ilerlemeyi arttırın.
Hafif kesme kesici uç geometrisi kullanın

4.Düzensiz Tabla İlerlemesi

Yukarı frezelemeyi deneyin.
Tezgah ilerleme mekanizmasının sıkılaştırın.

b. Yetersiz Yüzey Kalitesi

1.Devir Başına İlerleme

Frezeyi eksenel olarak ayarlayın veya kesici uçları sınıflandırın.
Fener mili salgısını ve freze montaj yüzeylerini kontrol edin.
Devir başına ilerlemeyi paralel genişliğin maksimum %70 'ine düşürün.

2.Kesici Uç Üzerinde Talaş Yığılması Oluşumu

İşleme sıcaklığını arttırmak için kesme hızını arttırın.
Kesme sıvısını Kapatın.
Düzgün kenara sahip keskin kenarlı kesici uçlar kullanın.
Pozitif kesici uç geometrisi kullanın.
Daha yüksek kesme değerlerine sahip bir Sermet kalitesi deneyin.

3.Sırttan Kesme

Fener mili eğimini kontrol edin.
İnce işlemler sırasında fener milinin eksenel salgısı 7 mikronu aşmamalıdır.
Radyal kesme kuvvetlerini azaltın.
Daha küçük bir freze çapı seçin.
Frezenin kademeli olmadığından emin olun ve montaj yüzeylerini ayarlayın.

4.İş Parçasında Dökülme

Diş başına ilerlemeyi azaltın.
Sık veya ekstra ağızlı bir freze seçin.
Freze çıkışında daha ince talaş verecek şekilde frezeyi yeniden konumlandırın.
Daha uygun bir giriş açısı ve daha hafif bir kesme geometrisi seçin.
Keskin bir kesici uç seçin.
Aşırı aşınmaya engel olmak için serbest yüzey aşınmasını gözlemleyin.

c. Genel Frezeleme İşlemlerinde Kesici Uç Kırılması

1.Freze Çıkışında Aşırı Talaş Kalınlığı

Frezenin iş parçasına göre konumunu değiştirerek çıkıştaki talaş kalınlığını en aza indirin.
Aşağı frezeleme yapın.
Diş başına ilerlemeyi azaltın.
Daha küçük bir freze çapı seçin.
Daha güçlü bir kesici uç geometrisi kullanın.

d. 90 Derece Kenar Frezeleme İşlemlerinde Kesici Uç Kırılması

1.Yukarı Frezelemede Talaş Yığını Frezeyi Takip Eder ve Fatura ile Kenar Arasına Sıkışırsa;

Aşağı frezelemeyi deneyin.

Basınçlı hava kullanın.

Talaşların yeniden kesilmesini kolaylaştırmak için daha keskin bir kesici uç kullanın.

Aşırı aşınmaya engel olmak için serbest yüzey aşınmasını gözlemleyin.

2.Birkaç Pasoyla Aşağı Frezeleme

İşlemi tek pasoda yapmayı deneyin.

3. Fatura ve Kenar Arasına Talaş Sıkışması

Yukarı frezelemeyi deneyin.

Daha tok bir kesici uç kalitesi seçin.

Yatay bir freze tezgahı seçin.

3.4. Freze Tezgahları

Freze tezgahları kullanım amaçlarına göre çok çeşitlidir. Seri imalatta, küçük sanayi iş kollarında ve okullarda kullanılan ve öğretime uygun freze tezgâhlarını birbirinden ayırmak zorunludur. Bu tezgahlarda, endüstri ihtiyacına uygun imalat işlerinden, küçük atölyelerdeki her türlü işi yapmak mümkündür. Dolayısıyla freze tezgahını anlayarak çalıştırmak, konu ile ilgili bilgi edinmek gereklidir. Bu ön bilgiler aşağıdaki gibi açıklanabilir;

1. Tezgahın özelliklerini, yapısını, parçalarının adını ve görevini bilerek, yeterince yararlanmak
2. Devir sayılarını ve ilerleme miktarlarının ayarlanmasını tespit etmek
3. Frezelerin (kesicilerin) özelliklerini, kullanma yerlerini ve tezgaha bağlanmaları ile bilenmeleri hakkında bilgili olmak
4. Kesme hızı ile ilgili bütün faktörleri bilmek
5. İşlenecek parçaların, en uygun şekilde tezgâh tablasına tespitini yapabilmek
6. Tezgâhın aralıklı olarak her türlü bakımını yapabilmek
7. İş güvenliğini sağlayabilecek yetenekte olmak freze tezgahında çalışmayı başarılı sonuca götürür.

Freze Tezgâhlarının Sınıflandırılması

1. Konsollu Freze Tezgahları

- Yatay freze tezgahları
- Düşey freze tezgahları
- Üniversal freze tezgahları

2. İmalat Freze Tezgahları

- Tek sütunlu freze tezgahları
- Çift sütunlu freze tezgahları
- Kopya freze tezgahları

3. Yatay Delik Freze Tezgahları

4. Dişleme Freze Tezgahları

- Azdırma dişli tezgahları

- Vargelleme usulüyle dişli çark açma tezgahı
- Kramayer biçimli bıçakla diş açma tezgahı

5. Modern Freze Tezgahları

6. ‘NC’ Nümerik Kontrollü Freze Tezgahları

3.5. Frezeleme İşleminde Kullanılan Kesici Uçlar

Freze tezgahlarında kullanılan kesici alete ‘freze’ denir. Çevresinde birden fazla kesen, özel bilenmiş uçlar bulunur. Özel malzemelerden, çeşitli frezeleme işlemlerini yapabilmek için birçok şekil ve profilde yapabilirler. Freze çakıları, iş parçalarına değdirilerek üzerinden belirli bir miktar talaş kaldırır. Talaşı kaldırabilmek için kendi ekseni etrafında döndürülür. Yani iş parçası ile freze birbirine göre hareket halinde olmalıdır. Dolayısıyla freze çakısı ile iş parçasının arasındaki yakın ilişki iyi bilinmelidir.

Freze çakıları; günlük çalışma içinde tezgahın adı ile birlikte pratik olarak söylenir. Freze tezgahında çalışan elemanlar, freze çeşitlerini iyi tanımalı; bunların adları ve hangi cins malzemeden yapıldıklarını, endüstride hangi ölçülerde bulunabileceği ile kullanım yerlerini bütün özellikleriyle beraber iyi bilmelidirler. Zira aynı freze birçok farklı işlemlerde kullanılabilir.

Endüstride frezeleme işlemlerinde en çok ‘HSS’ rumuzu ile gösterilen ‘hız çeliği’ ve ‘sert metal’ uçlu kesiciler kullanılır. ‘Seramik uçlar’ da bulunmakla beraber, freze tezgahlarında henüz kullanılmamaktadırlar.

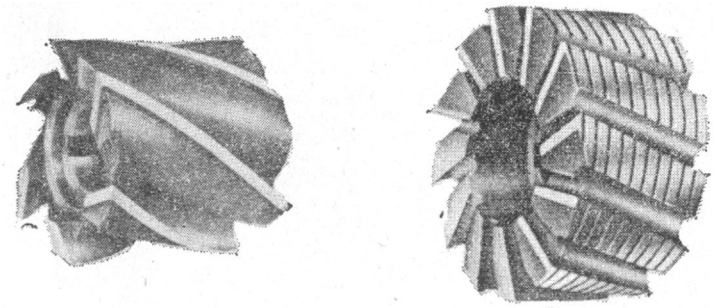
Freze çakıları çeşitli profillerde yapılır ve kullanılırlar. Belirli profillerini bozmadan, yeniden bilenmeleri mümkündür. Malafa millerine, frezeleme amacıyla birden fazla çakı bağlanabilir. Dolayısıyla imalat atölyelerinde önemli bir yeri vardır.

Torna tezgahlarında kullanılan kesicilerle, yani torna kalemleriyle frezeleri karşılaştırdığımızda; frezenin her bir kesici ucunun bir torna kalemi özelliğinde olduğu düşünülür ve ekonomik yönden değeri daha iyi anlaşılır. Eksik ve yanlış bilgilerle yapılan çalışmada frezenin çevresinde bulunan bütün 'kesici dişler' bir anda bozulabilir. Dolayısıyla kullanma ömrü oldukça azalır. Zira frezenin 'ömrü', eğer zaman olarak düşünülürse; aynı ortamda en uzun körlenmeden çalışabildiği zamandır. Milimetre boy olara düşünülürse ' aynı ortamda körleninceye kadar en uzun kesebildiği miktar milimetre boyudur'. Eğer sayı söz konusu ise 'Frezenin körleninceye kadar kesebildiği parça sayısı ile ömür ifade edilir'. Bunu iyi değerlendirmek, iş ve ekonomik yararlı olup teknolojik bilgiler gerektirir.

3.6. Alın Frezeleme

Alın frezeleme; çevresi ve alın bir yüzü dişlenmiş frezelerdir. Genel olarak çevresindeki dişlerle kesme işlemini yaparlar. Alın yüzündeki dişler ise kesen çevreye destek olarak yüzeyin daha temiz çıkmasını sağlarlar. Çalışırken çakının alın yüzeyi, iş parçasına paraleldir. Dolayısıyla çevredeki dişlerle kesme yapılarak ilerleme sağlanır. Talaş kalınlığı kesme boyunca değişmediğinden, silindirik frezelere nazaran daha çok talaş kaldırmak mümkündür. Talaş kalınlığını her diş müstakil olarak keseceğinden, talaş kalınlığı yüzey frezeleninceye kadar değişmez. Düzgün kesme olacağından ömrü de uzar. Şekilde alın frezenin normal ve talaş kırıcılı olanları görülmektedir. Burada alın yüzeylerde bulunan dişlerin çevreye uzantısı, silindirik helis freze kanallarının aynısıdır.

Alın freze çakıları; yatay freze tezgahlarına göre düşeylerde daha çok verimlidir. Düşey ve üniversal frezelerde; dik başlıklara, kısa saplı malafa millerine çakı ekseni işlenerek yüzeye dik gelecek konumda bağlanırlar. Mil üzerinde ' boyuna veya enine kamalı olara ' takılırlar. Tespit eden vida başı, çakı alın yüzeyinin içinde kalarak iş parçasına sürtünmemelidir.



Şekil 3.5. Alın Frezeleme Çakısı

3.7. Parmak Frezeleme

Parmak frezeleri şekilde sap ve ağız biçimleri görülen çizimde olduğu gibi birçok tiplerde yapılırlar. Bunlara ’saplı silindirik frezeler’ veya ‘şaftlı silindirik frezeleri’ de denir Küçük çaplı frezelerin freze malafalarına bağlanmaları mümkün olmadığından, küçük çaplı olanları genellikle sapları ile birlikte imal edilirler. Sap biçimleri düz, konik veya çektirme vidası delikli yapılırlar. Diş şekilleri ise şekilde görüldüğü gibi çevresine ve alın yüzeylerine açılmış olup, çapı 6mm.den sonra büyük çaplı olanlarda ise, çevredeki dişler helisel kanallı olarak dişlenirler.(Küçük çaplı helisel silindirik frezeye benzetebiliriz.)

Çevresinde, kesici ağızları, dişleri iki ve üç ağızlı olanlar, kama oluklarının açılmasında, delme ve delik büyütme işlerinde kullanılır. Kesici ağızları düşey olarak, dikine ilerleme yapabilecek şekilde belirlenirler.

Şekilde bu freze tipleri görülmektedir. Sap kısımları, freze çapına uygun olarak silindirik ve mors koniği biçiminde yapılır. Pens mandrenleri ve mors kovanları aracılığı ile tezgaha bağlanırlar. İmalatları, hız çeliğinden, TS 303’deki ölçülere göre yapılır.

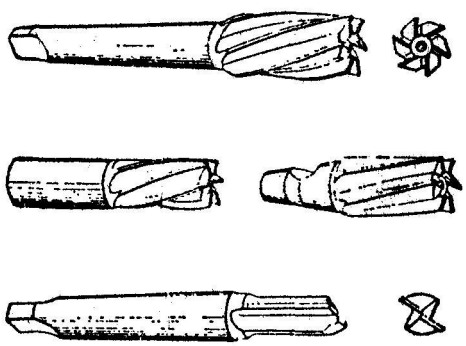
Parmak Frezelerin, kesme işlemini yapan dişli kısımlarına şekilleri ise “düz ve helis” kanalı olarak yapılırlar. Helis kanalları, kesme yönüne uygun, sağ ve sol yönlü 10° ila 15°derecelik helis açılarında olurlar. Bu tür çok ağızlı helis kanallı parmak

frezelerinden üç tip, şekilde gösterilmektedir.(A)da sol helisli, mors konikli, (B)de sağ helisli mors konikli vida çektirme yuvalı, (C)de ise silindirik saplı frezeler görülmektedir.

Çok amaçlı, çeşitli tipteki frezeler, kama kanalları ve derin kanal dik yüzeylerinin frezelenmesi ile kalıp parçaları işlerinde kullanılır. Bu frezelerin yan yüzeyleriyle, geniş olarak kesme işlemlerinde, çakının kırılabileceği düşünülerek fazla talaş verilmemelidir zira dayanamazlar. Kesme şekilleri silindirik helisel frezeleri gibi düşünülebilirse de güçsüzdür.

Parmak frezelerin çevresindeki düz ve helis kanalın alındaki diş yüzeyiyle birleştiği kısımda dişlenirler. Düşey ilerlemelerde, kesebilirlerse de bu ilerleme 0,5__1mm. den fazla olmamalıdır. Zira, alın dişleri arasındaki talaş boşluğu dolduğunda ilerleme durur, zorlanırsa kırılır. Bunlarda daima yan yüzeyden ilerleme yapılırsa, daha iyi sonuç alınır.

Körlendiklerinde büyük çaplılar çevreden ve alından bilenirler.(Diş derinliği bitince kadar.) Küçük çaplılar ise alından pek bilinemezler. Fakat yüzeyi çukurlaştırılarak yandan kesme işlemlerinde biraz daha kullanılması sağlanır.



Şekil 3.6. Parmak Frezeleme Çakısı

4. GENETİK ALGORİTMA

GA, doğadaki evrim mekanizmasını örnek alan bir arama metodudur. GA'lar doğada geçerli olan en iyinin yaşaması kuralına dayanarak sürekli iyileşen çözümler üretir (Lawrence,1990).

GA'lar, araştırma ve optimizasyon algoritmaları olup, canlılardaki doğal gelişim prensibine dayanmaktadırlar. Probobilistik karakterleri ve çoklu mümkün çözümleri araştırma gibi önemli özelliklere sahip olmaları ve amaç fonksiyonunun gradyentinin bilinmesine ihtiyaç duymamaları en önemli avantajlarındandır (Holland, 1975; Pham ve Karaboğa, 2000).

4.1. Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar

a) Gen

Yapay sistemlerde gen, kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birimdir (Engin, 2001).

b) Kromozom

Birden fazla genin bir araya gelerek oluşturduğu diziye denir. Kromozomlar, alternatif uygun çözümleri gösterirler (Engin, 2001).

c) Popülasyon

Kromozomlardan oluşan topluluğa popülasyon denir. Popülasyon, geçerli alternatif çözüm kümesidir. Popülasyondaki birey sayısı (kromozom) genelde sabit

tutulur. GA'da populasyondaki birey sayısı ile ilgili genel bir kural yoktur. Popülasyondaki kromozom sayısı arttıkça çözüme ulaşma süresi (iterasyon sayısı) azalır (Ghedjati, 1999).

GA'yı diğer arama yöntemlerinden farklı kılan özellikler (Goldberg, 1989):

✓ GA, parametre setlerinin kodları ile ilgilenir, parametrelerin kendileri ile doğrudan ilgilenmez,

✓ GA'nın arama alanı, yığının veya popülasyonun tamamıdır; tek nokta veya noktalarda (çözüm kümesinin daraltılmış bölgelerinde) arama yapmaz,

✓ GA'da, amaç fonksiyonu kullanılır, sapma değerleri veya diğer hata faktörler kullanılmaz,

✓ GA'lann uygulanmasında kullanılan operatörler, stokastik yöntemlere dayanır, deterministik yöntemler kullanılmaz.

4.2 Genetik Algoritmanın Tarihçesi

Michigan Üniversitesinde psikoloji ve bilgisayar bilimi uzmanı olan John Holland, GA konusunda ilk çalışmaları yapan kişidir. Makine öğrenmesi (Machine Learning) konusunda çalışmalar yapan Holland, evrim kuramından etkilenerek canlılarda yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi düşünmüştür. GA, ilk ismini biyoloji, ikinci ismini ise bilgisayar biliminden almaktadır (Holland, 1975).

Sadece bir tane mekanik yapının öğrenme yeteneğinin geliştirilmesi yerine, böyle yapılardan oluşan bir topluluğun çoğalma, çiftleşme, değişim vb. genetik süreçlerden geçirilerek, başarılı (öğrenebilen) yeni bireylerin oluştuğu görülmüştür. Holland'ın çalışmalarının sonuçlarını açıkladığı kitabının 1975'de yayınlanmasından sonra geliştirdiği yöntemin adı Genetik Algoritmalar olarak yerleşmiştir. Ancak 1985 yılında Holland'ın öğrencisi olarak doktorasını veren David E. Goldberg adlı inşaat mühendisi

1989'da konusunda bir klasik sayılan kitabını yayınlayıncaya kadar, GA'ların pek pratik yararı olmayan araştırma konusu olduğu düşünülmekteydi. Oysa Goldberg'in gaz borusu hatlarının denetimi üzerine yaptığı çalışma ona sadece 1985 National Science Fundation Genç Araştırmacı ödülünü kazandırmakla kalmamış, GA'ların pratik kullanımının da olabilirliğini kanıtlamıştır (Goldberg, 1989).

4.3. Genetik Algoritmaların Temel Teoremi

GA'nın temel teoremine göre: Popülasyon ortalamasının üstünde uyum gücü gösteren kısa uzunluğa ve düşük dereceye sahip olan diziler zamanın ilerlemesiyle üstsel olarak çoğalırlar. Bu çoğalma, genetik işlemler aracılığı ile gerçekleşmektedir ve sonucunda ana-babadan daha üstün özellikler taşıyan bireyler ortaya çıkmaktadır. Bu çözüm kalitesinin kuşaktan kuşağa artması iki nedene bağlanmaktadır (Yeniay, 2001):

- ✓ Başarısız olan bireylerin üreme şansları azaltıldığı için kötüye gidiş zorlaşmaktadır,
- ✓ GA'ların yapısı kötüye gidişi engellemekle kalmamakta, GA'ların temel teoremi uyarınca zaman içinde hızlı bir iyiye gidiş de sağlayabilmektedir.

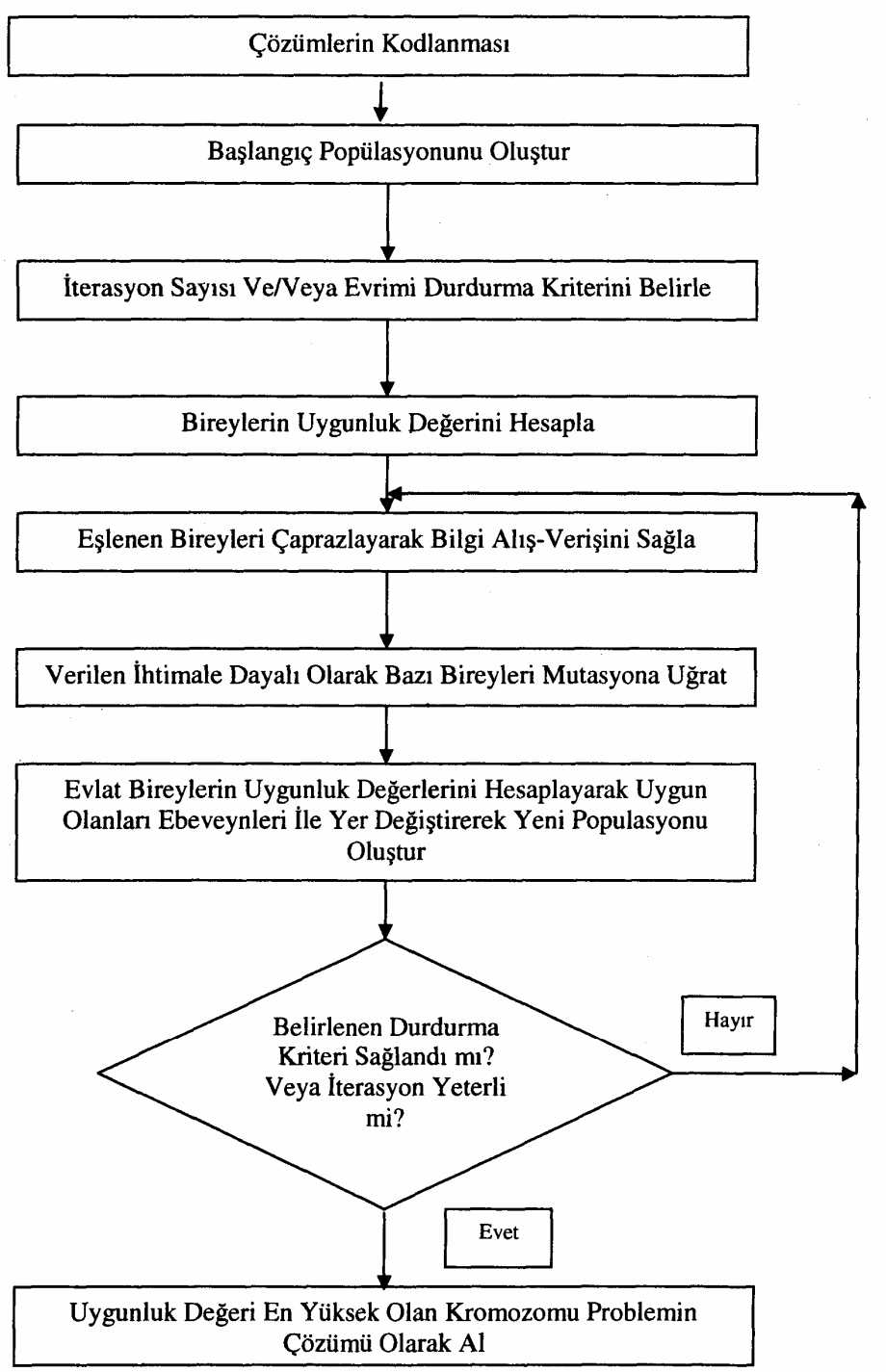
GA'lar, her zaman, optimum çözüm olmasa da, optimuma yakın çözümleri garanti ederler. Bir problemin GA ile çözümünde takip edilecek işlem adımları şöyledir (Croce, 1995):

- ✓ Arama uzayındaki bütün muhtemel çözümler, dizi olarak kodlanır. Bu diziyi (kromozomu) oluşturan her bir elemana gen denir. Her bir dizi, arama uzayında belirli bir bölgeye tekabül eder,
- ✓ Genellikle rastsal bir çözüm seti seçilir ve başlangıç popülasyonu olarak kabul edilir,
- ✓ Her bir dizi için uygunluk değeri hesaplanır, bulunan uygunluk değerleri dizilerin çözüm kalitesini gösterir,
- ✓ Bir grup dizi (kromozom) belirli bir olasılık değerine göre rastsal olarak seçilip üreme işlemi gerçekleştirilir,

- ✓ Üreme işleminde, çeşitli genetik operatörler kullanılır,
- ✓ Yeni bireylerin uygunluk değerleri hesaplanarak, çaprazlama ve mutasyon işlemine tabi tutulur,
- ✓ Önceden belirlenen nesil sayısı boyunca yukarıdaki işlemler devam eder,
- ✓ İterasyon, nesil sayısına ulaşınca işlem bitirilir. Uygunluk değeri en yüksek olan dizi seçilir.

GA'lar bir çözüm uzayındaki her noktayı, kromozom adı verilen ikili bit dizisi ile kodlar. Her noktanın bir uygunluk değeri vardır. Tek bir nokta yerine, GAlar bir popülasyon olarak noktalar kümesini muhafaza eder. Her kuşakta, GA, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörleri kullanarak yeni bir popülasyon oluşturur. Birkaç kuşak sonunda, popülasyon daha iyi uygunluk değerine sahip üyeleri içerir. Bu, Darvin'in rastsal mutasyona ve doğal seçime dayanan evrim modellerine benzemektedir. GA'lar, çözümlerin kodlanmasını, uygunlukların hesaplanmasını, çoğalma, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içerir (Jang, 1997).

GA'ların genel işleyişi Şekil 4.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Genetik Algoritmanın Genel İşleyişi

Algoritmanın adımları, kısaca aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

1. Çözümlerin Kodlanması: Bir problemin çözümü için GA geliştirmenin ilk adımı, tüm çözümlerin aynı boyutlara sahip bitler dizisi biçiminde gösterilmesidir. Dizilerden her biri, problemin olası çözümler uzayındaki rastsal bir noktayı simgeler (Yeniay, 2001). Parametrelerin kodlanması, probleme özgü bilgilerin GA'nın kullanacağı şekle çevrilmesine olanak tanır (Jang, 1997).

2. Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması: Olası çözümlerin kodlandığı bir çözüm grubu oluşturulur. Bu gruba popülasyon, çözümlerin kodlarına da kromozom adı verilir. İkili kodlamanın kullanıldığı kromozomların gösteriminde, ilk popülasyonun oluşturulması için rastsal sayı üreticileri kullanılabilir. Rastsal sayı üreticisi çağrılır ve değer 0.5'ten küçükse konum 0'a, değilse 1 değerine ayarlanır (Yeo ve Agyel, 1998). GAlarda ikili kodlama yöntemi dışında, çözümü aranan probleme bağlı olarak farklı kodlama yöntemleri de kullanılmaktadır (Goldberg, 1989).

3. Uygunluk Değerinin Hesaplanması: Bir kuşak oluşturulduktan sonraki ilk adım, popülasyondaki her üyenin uygunluk değerini hesaplama adımıdır. Örneğin bir maksimizasyon problemi için i. üyenin uygunluk değeri f(i), genellikle o noktadaki amaç fonksiyonunun değeridir (Jang, 1997). Çözümü aranan her problem için bir uygunluk fonksiyonu mevcuttur. Verilen belirli bir kromozom için uygunluk fonksiyonu, o kromozomun temsil ettiği çözümün kullanımıyla veya yeteneğiyle orantılı olarak sayısal bir uygunluk değeri verir. Bir çözümün uygunluk değeri ne kadar yüksekse, yaşama ve çoğalma şansı o kadar fazladır ve bir sonraki kuşakta temsil edilme oranı da o kadar yüksektir (Yeniay, 2001).

4. Çoğalma İşleminin Uygulanması: Çoğalma işleminde diziler, amaç fonksiyonuna göre kopyalanır ve iyi kalıtsal özellikleri gelecek kuşağa daha iyi aktaracak bireyler seçilir. Üreme operatörü yapay bir seçimdir. Dizileri uygunluk değerlerine göre kopyalama, daha yüksek uygunluk değerine sahip dizilerin, bir sonraki kuşaktaki bir veya daha fazla yavruya daha yüksek bir olasılıkla katkıda bulunması anlamına gelmektedir. Çoğalma, bireyleri seçme işleminden, seçilmiş bireyleri bir eşleme havuzuna kopyalama işleminden ve havuzda bireyleri çiftler halinde gruplara ayırma işleminden oluşur (Fığlalı ve Engin, 2002).

Uygunluk değerinin hesaplanması adımından sonra mevcut kuşaktan yeni bir popülasyon oluşturulur. Seçim işlemi, bir sonraki kuşak için yeni nesil üretmek amacı ile hangi ailelerin yer alması gerektiğine karar vermektedir. Bu doğal seçimdeki en uygunun yaşaması durumuna benzerdir (Jang, 1997).

5. Çaprazlama İşleminin Uygulanması: Mevcut gen havuzunun potansiyelini araştırmak üzere, bir önceki kuşaktan daha iyi nitelikler içeren yeni kromozomlar yaratmak amacıyla çaprazlama operatörü kullanılmaktadır (Jang, 1997). GA'nın performansını etkileyen önemli parametrelerden biri olan çaprazlama operatörü doğal popülasyonlardaki çaprazlamaya karşılık gelmektedir. Çoğalma işlemi sonucunda elde edilen yeni populasyondan rastsal olarak iki kromozom seçilmekte ve karşılıklı çaprazlama işlemine tabi tutulmaktadır (Engin, 2001).

6. Mutasyon İşleminin Uygulanması: Çaprazlama, mevcut gen potansiyellerini araştırmak üzere kullanılır. Fakat popülasyon gerekli tüm kodlanmış bilgiyi içermez ise çaprazlama tatmin edici bir çözüm üretemez. Bundan dolayı, mevcut kromozomlardan yeni kromozomlar üretme yeteneğine sahip bir operatör gerekmektedir. Bu görevi mutasyon gerçekleştirir (Goldberg,1989). İkili kodlama sisteminin kullanıldığı problemlerde mutasyon, düşük bir olasılık değeri altında bir bit değerini (O veya l olabilir) diğer bit değerine dönüştürür, îkili kodlama sisteminin kullanılmadığı problemlerde ise daha farklı mutasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, mutasyonun genel amacı, genetik çeşitliliği sağlamak veya korumaktır (Braysy, 2001).

7. Yeni Popülasyonun Oluşması ve İterasyonun Durdurulması: Yeni kuşak çoğalma, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinden sonra tanımlanmakta ve bir sonraki kuşağın ebeveynleri olmaktadırlar. Süreç yeni kuşakla çoğalma için belirlenen uygunluk ile devam eder. Bu süreç önceden belirlenen kuşak sayısı kadar veya bir hedefe ulaşılıncaya kadar ya da başka bir durdurma kriteri sağlanana kadar devam eder (Yeo ve Agyel, 1998). İstenen hassasiyet derecesine göre de maksimum iterasyon sayısı belirlenebilmekte ve iterasyon bu sayıya ulaştığında döngü durdurulabilmektedir. Durdurma kriteri iterasyon sayısı olabileceği gibi hedeflenen uygunluk değeri de olabilmektedir (Fung, vd. 2001).

4.4 Genetik Algoritmanın Elementleri

GA'da genellikle kromozomlar, uygunluk fonksiyonuna göre seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemine tabi tutulurlar (Mitchell, 1996). GA'da kromozomlar bit uzunluğundadır. Kromozomlardaki her bir gen, iki muhtemel değeri alabilir. Bu değerler "0" ya da "l" olabilir. Her bir kromozom çözüm uzayında bir nokta olarak düşünülebilir. GA çözüm popülasyonundaki her bir kromozoma değer atayacak bir uygunluk fonksiyonuna ihtiyaç vardır (Mitchell, 1996).

GA'ların en yaygın kullanımı, kompleks bir fonksiyonu maksimize edecek değerler setini bulan optimizasyon fonksiyonudur. Örnek olarak; aşağıdaki fonksiyonu maksimize edilmek istenebilir (Riolo, 1992):

$$f(y) = y + 1 \sin(32y) |, 0 \leq y < \pi \qquad (4.1)$$

Burada aday çözümler y değerleridir. Uygunluk değeri hesaplanırken, x uzunluğundaki bitler, y gerçek rakama dönüştürülür ve bu değerle fonksiyon çözülür. Çözümün uygunluğu bu noktadaki fonksiyon değeridir.

4.5 Genetik Algoritmanın Parametreleri

Parametreler, GA performansı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Optimal kontrol parametreleri bulmak için birçok çalışma yapılmıştır fakat tüm problemler için genel olarak kullanılabilecek parametreler bulunamamıştır (Altıparmak, vd, 2000). Bunlar, kontrol parametreleri olarak adlandırılmaktadır. Kontrol parametreleri, populasyon büyüklüğü, çaprazlama olasılığı, mutasyon olasılığı, kuşak aralığı, seçim stratejisi ve fonksiyon ölçeklemesi olarak sayılabilir. Bu parametreler kısaca izah edilecektir:

a) Populasyon Büyüklüğü

GA kullanıcısı tarafından verilen en önemli kararlardan biri populasyon büyüklüğüdür. Bu değer çok küçük olduğunda, GA yerel bir optimuma takılabilmektedir. Populasyonun çok büyük olması ise çözüme ulaşma zamanını arttırmaktadır. Bu konuda Goldberg 1985'te yalnızca kromozom uzunluğuna bağlı bir populasyon büyüklüğü hesaplama yöntemi önermiştir. Akış tipi çizelgeleme probleminde ise başlangıç populasyonu büyüklüğü problem büyüklüğüne bağlı olarak 10-30 aralığında seçilmektedir (Engin ve Fığlalı, 2002). Çok aşamalı kalite kontrol problemlerinin çözümünde ise popülasyon büyüklüğü 20-50 arasında değişmektedir (Langner, vd., 2002).

b) Çaprazlama Oranı

Çaprazlamanın amacı, mevcut iyi kromozomların özelliklerini birleştirerek daha uygun kromozomlar oluşturmaktır. Çaprazlamanın artması, yapı bloklarının artmasına neden olmakta fakat aynı zamanda bazı iyi kromozomlarında bozulma olasılığımda artırmaktadır (Emel ve Taşkın, 2002).

c) Mutasyon Oranı

Mutasyonun amacı populasyondaki genetik çeşitliliği korumaktır. Mutasyon belirli bir olasılıkla *(P(m))* bir kromozomdaki bitte meydana gelebilir. Eğer mutasyon olasılığı artarsa, genetik arama rastsal bir aramaya dönüşür (Yeniay, 2001).

d) Kuşak Aralığı

Her kuşaktaki yeni kromozom oranına kuşak aralığı denmektedir. Genetik operatörler için kaç tane kromozomun seçildiğini gösterir. Yüksek bir değer birçok kromozomun yer değiştirdiği anlamına gelmektedir (Sinreich ve diğ., 1999).

e) Seçim Stratejisi

Eski kuşağı yenilemenin çeşitli yöntemleri mevcuttur. Kuşaksal stratejide, mevcut populasyondaki kromozomlar tamamen yavrular ile yer değiştirir. Populasyonun en iyi kromozomu da yenilendiğinden dolayı bir sonraki kuşağa aktarılamaz ve bu yüzden bu strateji en uygun stratejisiyle beraber kullanılmaktadır. En uygun stratejisinde, populasyondaki en iyi kromozomlar hiçbir zaman yenilenmemektedir (Emel ve Taşkın, 2002).

4.6 Genetik Algoritmanın Kodlanması

GA'da en önemli faaliyetlerinden biri de problem çözümünün kromozomların nasıl kodlanacağıdır. Endüstri mühendisliğindeki birçok problem için, ikili kodlama sistemiyle çözümleri göstermek hemen hemen imkansızdır. Son on yıl içerisinde, GA'nın etkin kullanımını sağlamak amacıyla özel problemler için farklı kodlama metotları geliştirilmiştir (Gen & Cheng, 2000). GA'da kullanılan başlıca kodlama sistemleri aşağıda verilmiştir:

4.6.1 İkili Kodlama

İkili kodlamalar, en yaygın olarak kullanılan kodlamalardır. Bir çok GA teorisi en uygun uzunluk ve ikili kodlama varsayımına dayanmaktadır. Bu teori ikili olmayan kodlama uygulamasına kadar uzatılabilir ancak, orijinal teori kadar iyi geliştirilmiş olamaz. Holland (1975) ikili kodlamaların uygulamasında bir yargı ortaya atmıştır. Holland, aynı bilgileri kullanarak iki farklı kodlama sistemini karşılaştırmıştır. İlkinde, az sayıda gen ve uzun diziler, diğerinde ise çok sayıda gen ve kısa diziler kullanmıştır.

Bu avantajlara rağmen, ikili kodlama doğal ve çok yaygın olmayan problemlerde kullanılmakta ve daha çok keyfi sıralanmalara eğilimlidir (Mitchell, 1996).

4.6.2 Çok Karakterli ve Gerçek Değerli Kodlama

Bir çok uygulamada, alfabetik karakterler ya da gerçek rakamlar kullanılması çok daha doğaldır. İkili ve çok karakterli ampirik karşılaştırmalar çok karakterli kodlamanın performansının daha iyi olduğunu göstermiştir. Fakat performans daha çok probleme ve GA'da kullanılan ayrıntılara bağlıdır. Henüz hangi kodlamanın en iyi olduğuna dair kesin bir sonuç yoktur (Mitchell, 1996).

4.6.3 Ağaç Kodlama

Üçlü kodlama şekillerinin açık uçlu olmak için arama uzaylarını da içeren çeşitli avantajları vardır. Bu açık uçluluk aynı zamanda bazı potansiyel tehlikelere yol açar. Ağaçlar kontrolsüz bir şekilde büyüyebilir ve hiyerarşik aday çözümlerin oluşmasını önleyebilir. Aynı zamanda sonuçta oluşan ağaçlar büyük olduğundan anlaşılması ve basitleştirilmesi oldukça zordur (Mitchell, 1996).

4.7 Genetik Algoritmalarda Seçim Metotları

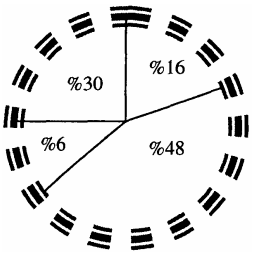
GA'nın temel prensibi Darvin'in doğal seleksiyonudur. Seleksiyon, GA'da yönlendirme gücü sağlar. Yani, çok büyük bir güç varsa genetik araştırma erkenden gerçekleşirken, küçük bir güçle ise evrimsel gelişme gerekenden daha yavaş olacaktır (Gen & Cheng, 2000). GA'da, kodlama türüne karar verildikten sonra ikinci olarak GA'nın popülasyon seçimini nasıl yapacağına ve ne kadar gen oluşturulacağına karar vermek gerekir. Seçimin amacı en uygun bireyleri oluşturmaktır. Seçim çaprazlama ve mutasyon arasındaki varyasyon ile ayarlanmalıdır. Aşağıda en yaygın seçim metotları üzerinde durulmuştur (Mitchell, 1996).

4.7.1 Rulet Çemberi ve Stokastik Örnekleme ile Uygun Oransal Seçim Metodu

Holland'ın orijinal GA'sında bu yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde, bireyin beklenen değeri, bireyin uygunluk değerinin popülasyon ortalamasına bölümüdür. Buradaki en uygun örnekleme rulet çemberidir. Rulet çemberinde, her birey, uygunluk

değerine göre çemberde bir pay alıyor. Çember, popülasyondaki birey sayısı (N) kadar döndürülür (Mitchell, 1996).

Şekil 4.2'de gösterilen rulet çemberi yöntemi, uygunluk değerleri toplamı içindeki payları üzerinden bireylerin, bir sonraki nesle aktarılma olasılıklarını değerlendiren bir yöntemdir. Yüksek olasılığa sahip bireyler bir sonraki nesle bir veya daha fazla sayıda yeni birey aktarabilmektedir. Böylece, Darwin'in "güçlü olanın hayatta kalması (survival of the fıttest)" kuralının yapay bir versiyonu uygulanmaktadır (Goldberg, 1989).



Şekil 4.2. Rulet Çemberi (Goldberg, 1989)

4.7.2 Turnuva Metodu

Bu yöntemde, popülasyondan rastsal olarak iki birey seçilir. Daha sonra 0-1 arasında bir rastsal sayı (r) atanır. Eğer r < k (k, bir parametre) ise iki bireyden en uygun olanı ebeveyn olarak seçilir; aksi takdirde en az uygunluğa sahip birey seçilir. Seçilen iki birey tekrar popülasyona geri döner. Böylece yeniden seçilme olasılığı vardır (Mitchell, 1996).

4.7.3. Sabit Durum Metodu

Sabit durum metodunda, her nesilde yalnızca birkaç birey yer değiştirir. Çoğunlukla çok düşük uygunluk değerine sahip bireyler, çaprazlama ve mutasyon yöntemleriyle

yeniden üretilerek yeni nesilde yer alırlar. Sabit durumlu GA'lar daha çok kural tabanlı sistemlerde kullanılır (Mitchell, 1996).

4.7.4 Elitizm

Üreme, çaprazlama ve mutasyon işlemleri sonrasında kuşakta bulunan en iyi uyumluluğa sahip birey sonraki kuşağa aktarılamayabilir. Bunu önlemek için bu işlemlerden sonra oluşan yeni kuşağa bir önceki kuşağın en iyi (elit) bireyi, yeni kuşaktaki herhangi bir birey ile değiştirilir. Buna elitizm adı verilir (Yeniay, 2001; Monsfîeld, 1990).

4.8 Genetik Algoritmalarda Kullanılan Operatörler

4.8.1 Yeniden Üretim

Yeniden üretim, ilk defasında başlangıç popülasyonunu, sonraki her çevrimde ise mevcut populasyonu baz alan yeni bir neslin ortaya çıkarılması işlemidir. Bu süreçte, güçlü olan (yüksek uygunluk değerine sahip) ebeveynlerin bir sonraki popülasyona yeni bireyler aktarması ve böylece nesillerinin devamını sağlaması olasılığının yüksek olması esastır. Literatürde yaygın olarak kullanılan yeniden üretim mekanizmaları aşağıda özetlenmiştir (Dengiz & Altıparmak, 1998).

a) Orantılı (Proportionate) Yeniden Üretim Mekanizması

Popülasyondaki her bireyin seçilme olasılıkları belirlenir ve bu olasılıklar kullanılarak bir sonraki popülasyon oluşturulur. Bu grupta bulunan üretim mekanizmaları; rulet çemberi, stokastik artan ve stokastik üniversal yöntemleridir.

b) Sıralı (Ranking) Yeniden Üretim Mekanizması

Popülasyondaki bireyler, uygunluk değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanır. En iyiden başlayarak bir azalan fonksiyon yardımı ile dizilere kopya sayısı atanır ve orantılı seçim mekanizmalarından birisi kullanılarak yeni popülasyon elde edilir.

c) Turnuva (Tournament) Yeniden Üretim Mekanizması

Popülasyondan rassal olarak bir grup dizi (yerine koyarak/yerine koymadan) seçilir ve grup içindeki en iyi uygunluk değerine sahip dizi yeni popülasyona kopyalanır. Bu işlem, popülasyon genişliğine ulaşıncaya kadar devam eder. Grup genişliği en az ikidir.

d) Denge Durum (Steady-State) Yeniden Üretim Mekanizması

Doğrusal sıralı seçim mekanizması kullanılarak seçilen bir yada iki bireye genetik operatörler uygulanır. Elde edilen yeni diziler mevcut popülasyondaki uygunluk değeri en küçük diziler ile yer değiştirerek yeni popülasyon oluşturulur.

4.8.2 Çaprazlama Operatörü

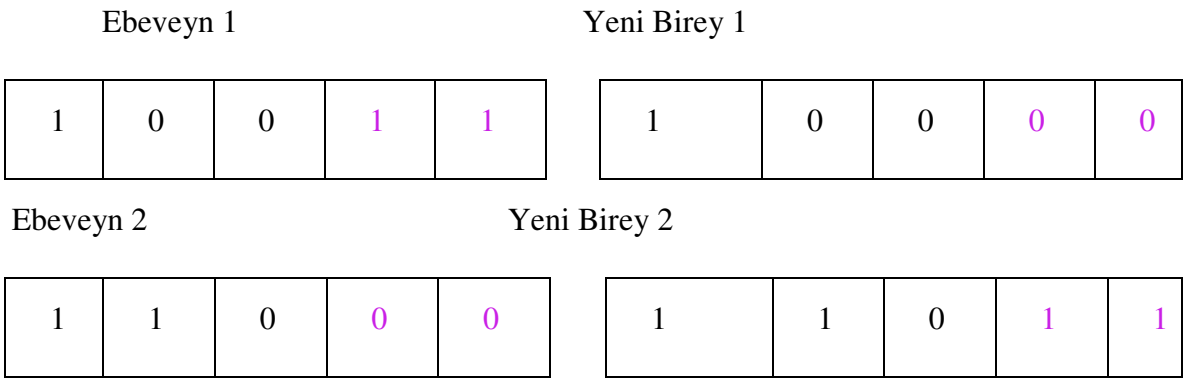
Çaprazlama, ebeveynlerden bazı genleri alarak yeni bireyler oluşturma işlemidir. Çaprazlama yapılacak konum rasgele seçilir. Oluşan yeni birey ebeveynlerinin bazı özelliklerini almış ve bir bakıma ikisinin kopyası olmuştur. Çaprazlama işlemi başka şekillerde de yapılabilir. Birden fazla çaprazlama noktası gibi daha iyi performans almak amacıyla değişik çaprazlamalar kullanılabilir (Kurt & Semetay, 2001).

Kromozomlar arası bilgi alışverişine dayanan çaprazlama, GA'nın temel unsurlarından biridir. Popülasyonda ne oranda bir çaprazlamaya izin verildiği çaprazlama oranı (p_c) ile gösterilir. Literatürde çeşitli çaprazlama operatörleri önerilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanları tek noktalı çaprazlama *(one-cut-point crossover)* ve çok noktalı çaprazlama *(multiple-point crossover)*dır (Goldberg, 1989; Gen ve Cheng, 1999). Nitel kontrol diyagramlarında örnek hacmi probleminin çözümü için geliştirilen çok amaçlı

modelin, GA'lar yardımı ile çözümünde aşağıda açıklanan çaprazlama operatörleri incelenecektir.

4.8.2.1 Tek Nokta Çaprazlama

Tek nokta çaprazlamada, rassal olarak seçilen iki genin yerleri karşılıklı olarak değiştirilir. Bu yöntemde, $1 < k < L-1$ aralığında olmak üzere rassal olarak bir k kesme noktası *(cut-point)* seçilir. Örnek için k =3 alınmıştır. Seçilen noktanın sağında kalan ve eşleme bölümü *(mapping sectiori)* adı verilen bölümlerin yerleri değiştirilerek iki yeni birey oluşturulur. Şekil 4.3 'de tek nokta çaprazlama şematik olarak verilmiştir. Çok noktalı çaprazlama da ise, kesme noktası sayısı birden fazladır (Goldberg, 1989).

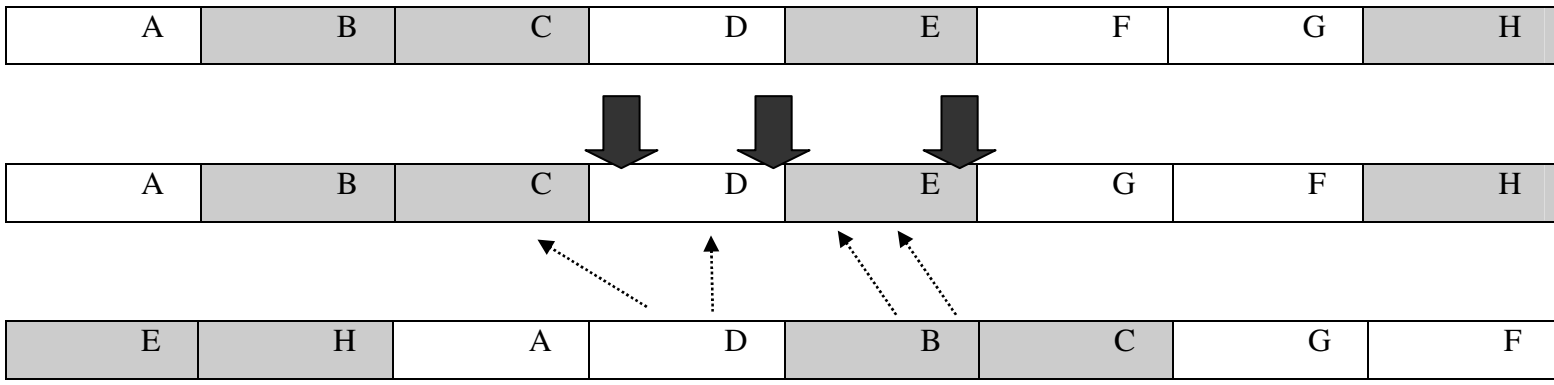


Şekil 4.3. Tek Nokta Çaprazlama

4.8.2.2 Pozisyona Dayalı Çaprazlama

Bu çaprazlamada Şekil 4.4'de görüldüğü gibi, rassal olarak seçilmiş pozisyondaki genler, bir ebeveynden çocuğa kalıtsallaştırılır. Diğer ebeveyndeki genler sıradaki genlerin görünümünde, sırada diğer genlerin pozisyonuna yerleştirilir. Pozisyondaki

sayılar, [l,n] rassal tamsayılar olarak ilk olarak düzenlenir, daha sonra bu pozisyonlar rassal olarak seçilir, her pozisyonunun çaprazlama olasılığı %50 dir (Murata ve diğ., 1996a).



Şekil 4.4. Pozisyona Dayalı Çaprazlama (Engin, 2001)

4.8.2.3 Sıraya Dayalı Çaprazlama

İlk olarak Davis tarafından önerilmiştir (Cheng ve diğ., 1999). Bu yöntemde 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 karakterlerin önüne getirilir. Geriye kalan boş pozisyonlara, ikinci kromozomdan aktarılan yeni karakterler de göz önünde bulundurularak ilk kromozomun kullanılmayan karakterleri tarafından sıra ile (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 şekil 4.5'de verilmiştir (Engin, 2001).

Çaprazlamadan		
Önce		Sonra
A B C D E F		A G C D E F
G = = = =	B	
G F E D C B		G A E D C B
A = = = =	F	

Şekil 4.5. Sıraya Dayalı Çaprazlama (Engin, 2001)

4.8.2.4 Kısmi Planlı Çaprazlama (PMX)

Goldberg tarafından geliştirilen bu çaprazlama ilk olarak Gezgin Satıcı Probleminde (GSP) kullanılmıştır (Goldberg, 1989). Bu yöntem örnekle gösterilmiştir. Kısmi planlı çaprazlama operatörünün prosedürünü göstermek için 8 iş problemi oluşturulmuştur. Çaprazlama için seçilen ebeveyn yapılar, A ve B olarak adlandırılmıştır. Yapıdaki elementler;

A = 2 8 6 4 5 7 1 3

B = 8 7 2 1 3 4 5 6

A ve B'ye PMX operatörü uygulanır ise, A ve B'den ortak bir aralık ilk olarak rassal bir şekilde seçilir, daha sonra, seçilmiş iki aralıktaki elementlerin planları belirlenir. Bu örnekte, seçilmiş aralıklar arasındaki plan 6'ya 2; 4'e 1 ve 5'e 3'tür. İkinci olarak, A ve B'deki iki aralıkları değiştirilir. Aşağıda verilen yapılar geçici sonuçları göstermektedir. Bir dizide aynı işten birden fazla olduğundan her iki yapının da uygun olmadığı belirlenir.

A = 2 8 2 1 3 7 1 3

B = 8 7 6 4 5 4 6 5

Bundan dolayı, yeni yapılar uygun olmayan A ve B'de, seçilmiş aralıkların da, yetiştirilemeyen daha önceki adımda belirlenen elementlerin planın değiştirilmesi gerekir. Bu örnekte, A yapısının 1,7 ve 8 pozisyonlarında; 2,1 ve 3 sırasıyla 6,4 ve 5 ile değiştirilir. Yeni yapı aşağıda gösterildiği gibi oluşturulur (Engin, 2001).

A = 6 8 2 | 1 3 | 7 4 5

B = 8 7 6 | 4 5 | 1 2 3

4.8.2.5 Doğrusal Sıralı Çaprazlama (LOX)

Falkenaur ve Bouffouix tarafından geliştirilmiştir. İşlem adımları (Cheng ve diğ., 1999):

- ✓ Mevcut popülasyon içerisinden rassal olarak iki ebeveyn seç,
- ✓ Seçilen bu iki dizi (kromozom) üzerinde rassal olarak iki alt dizi seç,
- ✓ P_1 dizisinden seçilen alt diziyi kromozomdan kopar, boş kalan yerlere H yaz, benzer şekilde P_2 dizisinde de aynı işlemleri gerçekleştir,
- ✓ Birinci alt diziyi P_1'e ve ikinci alt diziyi P_2'ye yerleştir.

4.8.3 Mutasyon Operatörü

Çaprazlamadan sonra mutasyon gerçekleştirilir. Mutasyon, oluşan yeni çözümlerin önceki çözümü kopyalamasını önlemek ve sonuca daha hızlı ulaşmak amacıyla yapılır. Mutasyon oluşan yeni bireyin bir bitini (eğer ikili düzende ifade edilmiş ise) rasgele değiştirir (Kurt & Semetay, 2001).

Herhangi bir teknikle gen oluşturulduğunda, ebeveyndeki genetik bilgiler kopya edilmelidir. Doğada, DNA kopyalaması hatayla sonuçlanabilir. DNA, aynı zamanda hata

oluşturabilecek hasara uğrayabilir. Bu hatalar ve mutasyonlar bazen iyi özelliklerle sonuçlanabilir ve bu özellikler yeniden türemeyle bir araya geldiğinde yeni nesiller oluşabilir. Bu yüzden, DNA'daki hatalar doğal evrimde önemli bir rol oynar (Chambers, 2000). Canlılarda gen rekombinasyonlarının dışındaki diğer nedenlerle ve ani olarak meydana gelen kalıtsal değişimlere mutasyon denir. Doğal popülasyonlarda mutasyon işlemi (Fığlalı ve Engin, 2002);

- Kromozom yapısı değişmeleri,
- Kromozom sayısı değişmeleri,
- Gen yapısındaki fiziksel ve kimyasal değişimler, şeklinde gerçekleşir.

Yapay sistemlerde mutasyon işlemi esnasında kromozomdaki gen sayısı değişmez sabit kalır. Doğal popülasyondaki mutasyon oranı oldukça düşüktür. Mutasyon frekansının büyüklüğü GA'nın performansını etkilemektedir. Mutasyon işlemi bir tek kromozom üzerinde yapılır (Engin ve Fığlalı,2002).

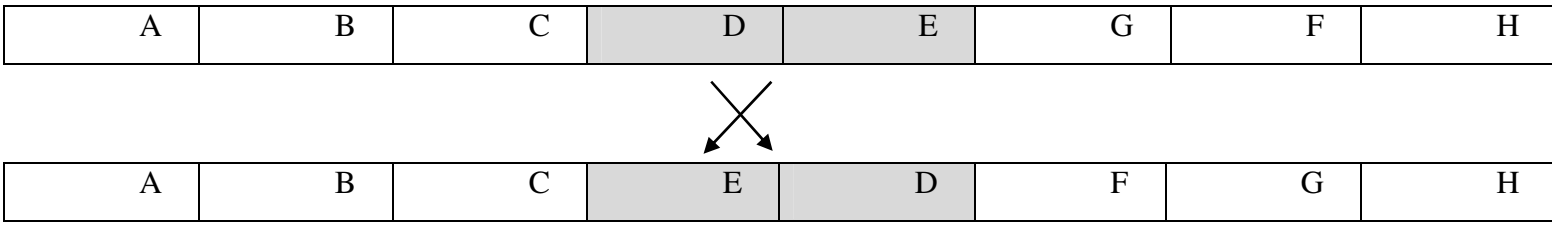
Nitel kontrol diyagramlarında örnek hacmi probleminin çözümü için geliştirilen çok amaçlı modelin, GA'lar yardımı ile çözümünde kullanılan mutasyon operatörleri aşağıda verilmiştir:

4.8.3.1 Ters Mutasyon

Bir kromozomda rassal olarak iki pozisyon seçilir, bu iki pozisyondaki alt diziler ters çevrilir (Murata ve diğ., 1996b).

4.8.3.2 Komşu İki Geni Değiştirme

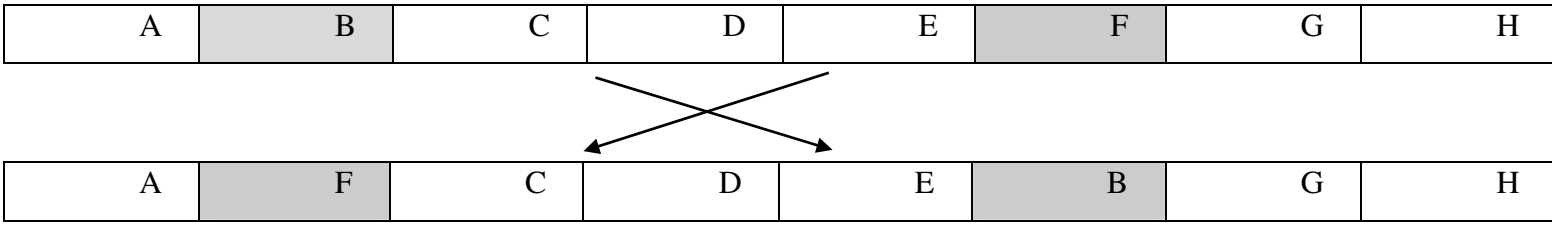
Rassal olarak seçilen iki komşu gen değiştirilebilir (Murata ve diğ., 1996b). Şekil 4.6'da komşu iki gen değiştirme mutasyon işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Komşu İki Geni Değiştirme (Engin, 2001)

4.8.3.3 Keyfi İki Geni Değiştirme

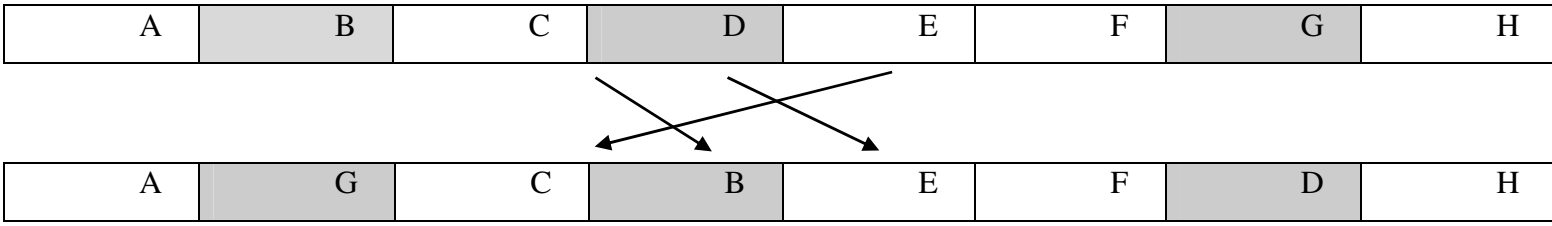
Rassal seçilen iki gen değiştirilebilir. Özel bir durum olarak, değiştirilebilen iki komşu gen bu mutasyon içerir (Murata ve diğ., 1996b). Şekil 2.7'de keyfi iki geni değiştirme mutasyon işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Keyfi İki Geni Değiştirme (Engin, 2001)

4.8.3.4 Keyfi Üç Geni Değiştirme

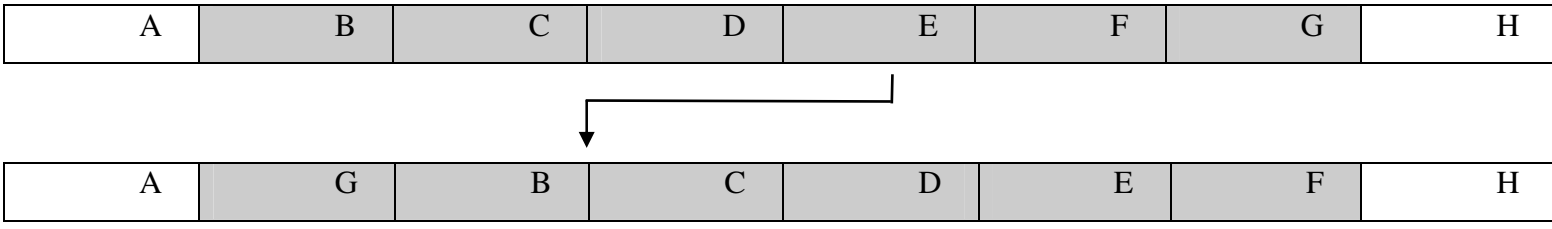
Rassal olarak seçilen üç gen keyfî olarak değiştirilir (Murata ve diğ., 1996b). Şekil 4.8'de keyfi üç işi değiştirme mutasyon işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Keyfi Üç Geni Değiştirme (Engin, 2001)

4.8.3.5. Araya Yerleştirme

Bu mutasyon işleminde, şekil 4.9'da gösterildiği gibi bir operasyondaki bir gen kaydırılır ve diğer bir pozisyona konulur. Kaydırma noktası rassal olarak seçilir. Bu mutasyon, komşu iki gen değiştirmenin özel bir durumudur. Keyfi üç geni değiştirmeyle bir kesişime de sahiptir (Murata ve diğ., 1996b).



Şekil 4.9. Araya Yerleştirme (Engin,2001)

5. İMALAT SİSTEMLERİNDE OPTİMİZASYON METOTLARI VE GENETİK ALGORİTMALAR

Zeka düzeyi ölçülen bir farenin labirentte kaybolmadan çıkış noktasına ulaşması, bir satıcının oturduğu şehirden çıkıp belli sayıdaki şehri dolaşarak geri dönebileceği en kısa güzergahı belirlemesi, bir tezgahta işlenecek parçaların en kısa sürede atölyeden çıkmasını sağlayacak şekilde sıralanması, bir palet üzerine yerleştirilebilecek koli sayısının belirlenmesi, kesilecek parçaların bir levha üzerine en az fire verecek şekilde konumlandırılmaları hep aynı yapıda problemlerdir. Kombinatorik problemler olarak tanınan bu problemlerde, sonlu ama çok büyük sayıda çözüm vardır. Her çözümün bir sıralama ile gösterilebildiği bu tür problemlerde, çözüm uzayının tamamının taranarak en iyi çözümünün belirlenmesi, çok sayıda işlem ve uzun bir süre gerektirmektedir.

Kombinatorik problemleri makul bir süre içerisinde çözülebilecek bir eşdeğer probleme çevirecek genel bir yol henüz bulunmamıştır. Mümkün olan bütün çözümlerin tek tek araştırılmasında ise eldeki bilgisayar teknolojisi yetersiz kalmakta, gerçek hayatta karşılaşılabilecek büyüklükte bir problemin bu yolla –süper bilgisayarlarda bile- çözümü yıllar hatta yüzyıllar gerektirmektedir. En iyi çözümün pratik anlamda sonsuz sayıdaki çözüm arasından Monte Carlo benzetimi gibi rassal yöntemle bulunması ihtimali çok zayıftır. Bu aramayı belli stratejilere dayanarak yapan sezgisel algoritmaların ise bütünsel en iyiyi ararken yerel en iyiyi saplanması tehlikesi büyüktür. Yapay zeka tekniklerinin üstünlüğü de bu noktada ortaya çıkmaktadır. Bu teknikler, deneyerek öğrenme ve öğrendiklerini daha sonraki arama adımlarında kullanabilme yetenekleri sayesinde en iyi çözüme büyük bir hızla yaklaşabilmektedirler.

Ürün süreç, üretim ve tesis planlaması problemlerinin önemli bir bölümünün çözümü, bir çeşit sıralamaya dayanmakta; her sıralama da uygun veya uygun olmayan bir çözüme karşı gelmektedir. Bu sıralamalardan biri veya bazıları da belli bir amacı eniyilemektir. Ancak zamanın kısıtlı olması, eldeki araçlarla bu sıralamayı bulmayı

engellemektedir. Diğer yandan işletme problemlerinin, tek amaçlı modellerle çözülmeye çalışılması, iş yeri gerçeklerinden tamamen uzaklaşmaya neden olmaktadır.

Son zamanlarda geliştirilen genetik algoritmalar, her iki sakıncaya da çözüm getirebilecek özellikler taşımaktadır. Bu algoritmada problemin çözümünü oluşturacak bilgi parçaları, kromozom dizilerinde tutulmakta, bu bilgiyi kullanma işlemi de yine bu diziler üzerinde yapılmakta; böylelikle işlem hızı arttırılmaktadır. Diğer yandan, daha iyi çözümler, eldeki çözümlerin iyi yönlerinin birleştirilmesiyle türetilmeye çalışıldığından; farklı amaçları en iyileyen dizilerin çaprazlanmasıyla her iki amacı da aynı anda eniyileyecek çözümler bulunabilir. Bilinen Çok Nitelikli Karar Verme tekniklerinin Genetik Algoritmaların Uyum Fonksiyonu olarak kullanılmasıyla gerçek hayattaki amaçlar arası uzlaşma noktalarına hızla ulaşılabilir.

Kromozomların kodlanması ve elbette kısıtlı problemin eşdeğer kısıtsız bir probleme çevrilmesi, genetik algoritmaların da kullanılmasında karşılaşılan en önemli iki büyük güçlüktür. Kodlama için daha kullanışlı araçlar ve yollar bulunması ve problem kısıtları göz önünde bulundurmadan çözmenin denemesi, bu güçlüklerin de aşılmasını sağlayabilir. Gerçekte kısıtlı olan problemin bir şekilde çözülmesiyle canlıların üremesindeki hilaket garibelerine benzeyen uygun olmayan çözümler ortaya çıkacaktır. Her çaprazlama ve mutasyondan sonra bunların yok edilmesiyle veya bir ceza fonksiyonu uygulamasıyla problemi başlangıçta kısıtsız bir modele dönüştürme zorunluluğundan kaçınılabilir.

Genetik algoritmalarda bugün için kullanılan kromozom yapıları doğadaki kromozomlardakine göre son derece basittir. Canlılardakine daha çok benzeyen yapıların kullanılması halinde çok daha karmaşık ve büyük problemler de çözülebilir. Diğer yandan Sinir Ağları ve Genetik Algoritmaları arasındaki gizli benzerlikle bu iki tekniğin kullandığı modeller arasında dönüşüm imkanları sağlanmaktadır. Bu nedenle bilgisayar mimarisini Sinir Ağlarının gereklerine göre geliştirme eğilimleri; Genetik Algoritmalarını da ileride daha etkin ve verimli kullanılması sağlanacaktır.

5.1.Yapay Zeka Teknikleri

Bilgisayar biliminin bir dalı olan Yapay Zeka Teknikleri, bilgisayarlara problem çözmede insanlar gibi öğrenme ve düşünme yeteneği kazandırmaya çalışır. Problem çözmede sayılar ve algoritmalara dayanan sistemlere karşılılık Yapay Zeka Teknikleri; nesneler, şahıslar, olaylar ve bunların özellikleri arasındaki ilişkileri gösteren kurallar ve serimler gibi sembolleri kullanırlar.

Bu sistemler, insandaki tümevarımcı düşünce şeklini taklit ederek, eksik verileri tamamlayacak ideal modeller kurup varsayımlarda bulunabilirler. Bu tümevarımcı süreçlerin geleneksel yordamlar içerisinde kullanılmasıyla da bugüne kadar insanların çözmek zorunda kaldığı birçok problemin bilgisayar ortamında hızlı, verimli ve ucuz çözümler bulması sağlanabilmektedir.

Genetik Algoritmalar, Sinir Ağları, Tavlama Benzetimi, Tabu Arama gibi yapay zeka teknikleri, kendi bünyelerindeki bilgi tabanını doğrudan kullanabilecek bir çerçeveye dönüştürmektedir. Bu teknikler olmaksızın eldeki bilgi birikimi etkin bir şekilde kullanılmamaktadır.

Bu tekniklerden Genetik Algoritmalar ve Sinir Ağları biyolojiden, Tavlama Benzetimi metalürjiden ve termodinamikten, Tabu Arama da problem çözümünde izlenen genel yöntemlerden ilham almışlardır.

Birbirlerinden tamamen bağımsız olmayan bu teknikler; bir arada ve birbirini destekleyecek şekilde kullanılabilmektedir. Hepsinde ortak olan önemli bir özellik, yerel eniyilere saplanmadan, bütünsel en iyiyi arama yetenekleri olarak görülmektedir. Bu tekniklerin asında Genetik Algoritmaların çok hızlı bir bilgi birikimi sağlayıp, kısa zamanda çok iyi çözümler bulmaları, bunlara gösterilen ilgiyi arttırmaktadır.

5.2. Genetik Algoritmalar

Genetik Algoritmalar, eldeki çözümlerden hareketle daha iyi çözümler üretmeye çalışır.

İlk defa 1975 de J.Holland'ın 'Doğal ve Yapay Sistemlerin Uygulanması' kitabıyla ortaya atılan bu algoritmalarda türler, bir kombinatorik problemin çok sayıdaki(pratik olarak sonsuz) çözümlerine, bir anki topluluk (population) da bu çözümlerin 'sonlu bir alt kümesine' karşılık gelmektedir. Bireylerin genlerinde yer alan ve 'çevreye uyum gücünü gösteren' bilgi birikimi sıfır ve birlerden oluşan dizilerle temsil edilirler. Çevrede uyum amaç fonksiyonu olarak adlandırılan bir 'başarı ölçütü' ile temsil edilir. Bu fonksiyonun alacağı yüksek değerler, bireylerin çevreye daha iyi uyum sağlayacağı anlamına gelmektedir. Uyum gücü yüksek olan bireyler hayatta kalır, eş bulur ve çoğalma şansı diğerlerinden daha fazla olur. Başarısızın hayatta kalma ve çocuk sahibi olma şansı düşüktür ve zaman içinde bütün soyları tükenir.

Optimazyondaki temel amaç optimal bir noktaya ulaşabilmek yada mümkün olduğu kadar yaklaşabilmektir. Bunu gerçekleştirebilmek için klasik yöntemler vardır. Bu yöntemlerin başarısı optimal noktaya ulaşıp ulaşamadıkları veya ne kadar yaklaşabildikleri ile ölçülür.

Üreme, çaprazlama ve mutasyon bir genetik algoritmayı oluşturan 3 temel süreç bileşenidir. Uyum gücü yüksek olan bireylerin eşleşme ve yeni kuşaklar yetiştirme şansı yüksektir. Genetik algoritmalarda da, eldeki çözümlere, uyum güçleri ile orantılı bir seçilme şansı tanınır. Bu şansa göre seçilen bireyler birbirleriyle çaprazlanırlar. Böylece iyi çözümler, uyum fonksiyonunun aldığı değerle orantılı olarak kendilerinin benzeri başka çözümler türetme şansını kazanırlar. Toplulukta rassal olarak seçilen bireylere ait kromozomlar, yine rassal olarak seçile kırılma noktalarından çaprazlanarak yeni kuşağın iki bireyini oluştururlar.

Dış ortamdan gelen ve kontrol edilemeyen rassal etkilerin genlerde oluşturduğu değişikliklerin de modele eklenmesi, çözüm uzayının tamamını tarama şansı verir. Bu beklenmeyen değişiklikler, doğada olduğu gibi çok küçük olasılıklara sahiptirler. Mutasyon sonucunda, kromozomun rasgele bir yerinde değişiklik olur.

Genetik algoritmaların hazırlık evresinde öncelikle bireylerin çevreye uyum derecesini temsil eden bir başarı ölçütü tanımlanmalıdır. Problemin özelliğine göre toplam işlem süresi geciken iş sayısı, fire tezgahın çizelgelenmesinde ortaya çıkan boş zaman eşdeğer olup, ekonomik bir kayıptır. Firenin en küçüklenmesinden başka, benzer kesme planlarının çok tekrarlanması, benzer parçaların elden geldiğince aynı zaman aralığında kesilmesi gibi birbiriyle çelişen birçok amacın aynı anda gerçekleştirilmesi istenebilir. Çözümlere karşı gelecek sıralamaların kromozom dizileri olarak modellenebilmesi, bu problemlerin çözümünde de genetik algoritmaların kullanılabileceğini göstermektedir. Burada da çok büyük sayıdaki olası sıralama arasında, örneğin fireyi en küçükleyecek olanı türetilebilir. Üretilen topluluktaki bireylerin başarısı, tek boyutlu bir uyum fonksiyonu ile değil de; SAW, IAH veya TOPSİS gibi çok ölçütlü karar verme tekniği ile sınanırsa; hem genetik algoritmaların yeni kuşaklarda iyi özellikleri birleştirme yeteneğinden yararlanılmış, hem de imalat ortamında uygulanabilirliği daha yüksek çözümler elde edilmiştir.

İki boyutlu kesme ve istifleme problemlerinin kromozom yapısı içerisinde modellenmeleri, çok tezgah çizelgeleme problemlerinde olduğu gibi zordur. Ancak genetik algoritmaların bu problemlerin çözümünde bir başka kullanılma olanağı daha bulunmaktadır. Kesme planını üretmek için önerilen sezgisel algoritmaların hemen hepsi problemi ‘parçala ve hükmet’ ilkesine dayanarak şu iki evrede çözmektedir.

1. Sipariş listesindeki parçaların ele alınış sırasının belirlemesi,
2. Sırası gelen parçanın ana malzeme üzerine yerleştirilmesi.

İlk evrede sıralama ya rassal olarak yada en büyük alan , en büyük uzun kenar, en yüksek talep sıralaması gibi belli stratejilere dayanarak yapılmakta; milyonlarca sıralama olanağından ancak birkaç tanesi kullanılmaktadır. Oysa genetik algoritmalar, birkaç

çözümle yetinmeyip bu milyonlarca seçenek içinden en iyilerini bulup çıkarma gücüne sahiptir. Üstelik başarı değerlendirilmesi çok ölçütlü karar verme tekniklerinin kullanılmasıyla da, istenen özelliklerin en iyi bileşimini taşıyan çözümler bulunabilecektir. Ambalaj, ambarlama ve taşıma araçlarının verimli bir şekilde yüklenmesi olan istifleme problemleri de benzer düşüncelerle ele alınabilir. Bu problemlerde bazen 3. boyutun da düşünülmesi gereği, modellemeyi daha da karmaşıklaştırmaktadır.

5.2.1. Tesis planlamasında Genetik Algoritma

Geleneksel Tesis Planlamasında iki temel problem vardır:

- ✓ Yeni bir tesis için en iyi yerin belirlenmesi,
- ✓ Birden fazla tesisin birbirlerine ve dış ortama göre en verimli olacak şekilde konumlandırılması.

İkinci problem, Malzeme Kesme Problemine benzeyen yapısıyla, genetik algoritmaların kullanılmasına uygun görülmektedir. Bu problemin çözümünde de genellikle izlenen yol, problemi iki alt probleme bölmektir. Çözümünde genetik algoritmaların başarıyla kullanılabileceği ilk alt problem, tesislerin hangi sırayla ele alınacağının belirlenmesidir. İkinci alt problem, malzeme kesme problemindeki gibi, sırası gelen parçanın nereye yerleştirileceği konusunda arada iki önemli fark vardır. İlk fark Tesis Planlamasında amacın firelerin en küçüklenmesi değil, genelde taşıma maliyetlerinin en küçüklenmesi olmasıdır. İkinci fark ise tesislerin yerleştirileceği yerlerin şeklindeki esnekliktir. Malzeme kesme probleminde, sipariş listesindeki parçaların ölçü ve şekillerine sadık kalmak şarttır. Ancak Tesis Planlamasında tesislerin konacağı yerler, aynı alanı sağlamak koşuluyla, farklı basıklıklarda dikdörtgenlere dönüştürülebilir. Hatta I,T,U vb. gibi dikdörtgen dışı şekillere sokulabilir.

Bu gösterim, iki boyutlu bir kromozom olarak düşünülebilir. Ancak böyle bir kromozomda çaprazlama ve mutasyon işlemleri daha karmaşık olacaktır. Bu gösterimden yaralanmanın bir başka yolu da her bir hücrenin bir düğüm olarak oranı, toplam taşıma

maliyeti gibi eldeki bilgilere dayanarak hesaplanabilecek çokluklar, en iyilenecek amaçlar olarak seçilirler. Bunların nasıl hesaplanacağını gösteren formül uyum fonksiyonudur. Sıra, konu vb. gibi bilgilerin kromozomlarda uygun şekilde kodlanması önemli derecede yaratıcılık gerektirmektedir. İşlemlerin hızlı yapılmasını sağladığı için, kodlamada ikili sayı sisteminin kullanılması tercih edilmektedir. Hazırlık evresinin son işlemi, Topluluğun Büyüklüğü ile Çaprazlama Mutasyon Parametreleri gibi değerlerin belirlenmesi olmaktadır.

Hazırlık adımı da dahil olmak üzere, bir genetik algoritmanın adımları şöyle gösterilebilir;

0. Uyum fonksiyonunu kur, kromozomdaki bilgiyi kodla, parametreleri belirle.
1. İlk topluluğu belirle.
2. Yeni bireylerin başarı fonksiyonunu hesapla.
3. Başarı ile orantılı olarak seçilme şansı ver.
4. Bu şansa bağlı olarak bir çift birey seç. (ÜREME)
5. Bunları, rassal kırılma noktasına göre ÇAPRAZLA.
6. Mutasyonun sırası gelmediyse 8'e atla.
7. Rassal bir noktadan MUTASYON uygula.
8. Yeterli sayıda kuşak yetiştiyse DUR. Aksi halde 2'ye DÖN.

Çizelgeleme, Malzeme Kesme ve Tesis Planlaması sıralamaya dayanan yapılarıyla, Üretim Yönetiminde çok karşılaşılan kombinatorik problemlerdir. Bu problemlerin çözülmesinde genetik algoritmaların iki nedenle kullanılması elverişi görünmektedir.

- Eldeki temel bilgi olan sıralamayı kendi bünyelerinde biriktirirler. Bu bilginin doğrudan kullanılması ile en iyi çözüme hızlı yaklaşılabilir.
- Melezlenme yoluyla en iyi özellikler yeni kuşaklarda toplanır. Bu şekilde birden fazla amaç en iyilenebilir.

5.2.2. Çizelgeleme problemlerinde Genetik Algoritma

Çizelgeleme, belli faaliyetlerin kaynakları ne zaman kullanacağını gösteren bir tablonun hazırlanmasıdır. Çizelgelemede en küçük işlem süresi, en erken teslim süresi vb. gibi öncelik kurallarını kullanarak; akış süresinin, tezgahlardaki boş sürelerin en küçüklenmesi gibi amaçların gerçekleştirilmesine çalışılmaktadır. Her kural gezgin-satıcı probleminin çözümündeki benzer bir sıralama yapmakta, her sıralamada beli bir ölçütü en iyilemektedir. Oysa aranan sonuç bu tek amacı en iyileyen çözüm değil; çelişen amaçlar arasında bir uzlaşma sağlayıp bütün amaçları aynı anda karşılayan bir melez çözüm olmalıdır. Genetik algoritmalar, bu tek amaçlı çözümlerden hareketle çok amaçlı çözümleri türetmek imkanı vermektedir. Tek boyutlu malzeme kesme probleminin modellenmesindeki gösterim il kromozom yapısındaki gösterimi arasındaki paralellik Genetik Algoritmaların Üretim Yönetimi problemlerine uygulanabilirliğinin temelini oluşturmaktadır. 5 iş için 5!=120 farklı sıralama yapılabilir. İmalat ortamında çok büyük iş sayılmayan 10-15 iş için milyarları sıralama olanağı ortaya çıkmaktadır. Birinci öncelik oranlarına dayanarak yapılan sıralamalarda rassal sıralamalardır. İlk kuşak olarak ele alınabilir ve melezlenmesiyle de ana kütle içinde de daha iyi çözümlere ulaşılmaya çalışılır. Birden fazla tezgah için yapılacak olan çizelgelemede kromozomların tek boyutta modellenmesi yeterli olmayacağından, daha karmaşık kodlama ve çaprazlama işlemlerinin tasarlanması gerekecektir.

5.2.3. Malzeme kesme ve istifleme problemlerinde Genetik Algoritma

Aynı yapıda olan Malzeme Kesme Ve İstifleme Problemleri , küçük varlıkları büyük varlıklar üzerinde ne şekilde yerleştirileceğinin belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Kutuların paletlere, kolilere, konteynerlere, sipariş listesinde ölçüleri verilen parçaların kesilmek üzere ara levhaya yerleştirilmeleri bu problemlere örnek olarak verilebilir. Yerleştirmede amaç malzemeyi veya yeri ekonomik olarak kullanmak olmaktadır. Problem tek , iki , üç ve hatta kavramsal olarak daha fazla boyutta olabilir.

Tek boyutlu kesme problemi ile tek tezgah çizelgeleme problemine benzer problemlerdir. Burada çok zaman standart boyda olan çubuklar kesilerek sipariş listesi karşılanmaya çalışılır. Parçalar ve ana malzemenin ölçülerine bağlı olarak az bir fire kalmaktadır. Bu fire kromozom yapısına dönüştürülebilir.Bu dönüşümler sayesinde sadece sıralama evresinde değil, konumlandırma evresinde de genetik algoritmalardan yararlanılabilir.

5.2.4. Diğer bazı problemlerde GA

Genetik algoritmalar, Elektrik mühendisliğinde devrelerin, İnşaat mühendisliğinde kafes yapıların analizinde kullanılmaktadır. Genel olarak bir ağaç yapısı veya serim modeli ile gösterilen bütün problemlerin genetik algoritmalarla çözülmesi düşünülebilir.

Proje Yönetiminde CPM veya PERT yöntemlerinin kullanıldığı çok büyük olmayan serimlerin çözümünde pek güçlük çekilmemektedir. Ancak çok büyük sayıda düğüm içeren serimlerin çözümünde GLTR gibi daha gelişmiş tekniklerin kullanımında, bu serimlerin kurulmasında ve özellikle Proje Yönetiminin asıl hedefi olan Kaynak Tahsisi problemlerinin çözümünde GA' lardan faydalanılır.

Personel Planlamasında personelin zaman içinde akışı bir şebekeden akışla modellenebildiğinden benzer düşüncelerle burada da GA'lardan faydalanılabilir.

Karmaşık şekilli maline ve yapı elemanlarının mukavemet yönünden analizi, bunların kafes yapılarında modellemeye dayanan Sonlu Elemanlar Analizi (FEM) ile yapılmaktadır. Bu kafes yapısının kurulması, çözümlenmesi ve daha iyi tasarımların bu analize dayandırılmasında da GA'lardan faydalanılabilir.

Bu ağaç yapısıyla modellenebilen Ürün Ağaçları, Montaj ve Öncelik Diyagramları, Malzeme ve Parça Sınıflandırma Sistemleri de bu algoritmalardan yararlanmaya aday konular arasında sıralanabilirler.

Yine parça sınıflandırma sistemlerine dayalı olan ve Öbekleme probleminin çözümüne bağlı bulunan Grup Teknolojisi hücre tipi üretim , hatta Esnek Üretim Sistemleri gibi yeni teknolojiler de biyolojik modellerden büyük ölçüde faydalanılacaktır.

5.3. Tasarım Optimizasyon Problemlerinde Genetik Algoritma Yaklaşımı

Mühendislik tasarım çalışmalarının önemli bir aşamasını oluşturan optimizasyon işleminde, en iyiye ulaşmak amaçlanmaktadır. Optimizasyon uygulamalarında, genellikle eşitlik ve/veya eşitsizlik kısıtlamaları içeren ve birkaç değişkenden oluşan fonksiyonların minimize veya maksimize edilmesi problemleri ile ilgilenilir. Mühendislik tasarım optimizasyonunda ilk adım problemin matematiksel denklemini oluşturmaktır. Genel olarak, x=(x_1, x_2,……., x_n) tasarım değişkenleri kullanılarak yazılan amaç f(x) ve kısıtlayıcı h(x), g(x) fonksiyonlarından oluşan tasarım optimizasyon matematiksel modeli

$$f(x) = f(x_1, x_2, ..., x_n)$$
$$h_{,}(x) \equiv h_j(x_1, x_2, ..., x_n) = 0 \quad j = 1..p$$
$$g_i(x) \equiv g_i(x_1, x_2, ..., x_n) \le 0 \quad i = 1..m$$

şeklinde ifade edilir

Burada f(x) amaç fonksiyonu, h_i (x) eşitlik ve g_i(x) eşitsizlik şeklinde verilen kısıt fonksiyonlarıdır. P eşitlik kısıtlayıcılarının toplam sayısı, m eşitsizlik kısıtlayıcılarının toplam sayısıdır. Tasarım optimizasyon matematiksel modeli problemin içeriğine göre amaç fonksiyonunun minimizasyonu veya maksimizasyonu şeklinde olabilir.

Mühendislik tasarım optimizasyon problemlerinin çözümünde klasik optimizasyon yöntemlerinin kullanılmasında karşılaşılan başlıca sorunlar;

* Tasarım optimizasyon modeli değişkenlerinin ve kısıtlayıcı sayısının fazla olması,

* Tasarım optimizasyon modellerini oluşturan fonksiyonların (amaç ve kısıtlayıcı fonksiyonlar) genelde karmaşık ve nonlineer yapıda olmaları,

* Bir çok tasarım optimizasyon modelinde amaç ve kısıtlayıcı fonksiyonların, tasarım değişkenleri terimlerinde kapalı olarak ifade edilmeleri şeklinde sıralanabilir.

Yukarıda verilen olumsuzluklar nedeniyle, yeni optimizasyon yaklaşımları geliştirmek için çalışmalar yapılmaktadır. Genetik Algoritmalar son yıllarda makine tasarım problemlerinin optimizasyonu için kullanılan yaklaşımlardan birisidir.

Genetik algoritmalar, doğadaki evrim prensiplerini ve kromozom yapılarını kullanarak çalışan bir optimizasyon metodudur. Genetik algoritmalar üzerindeki ilk çalışmayı psikoloji ve bilgisayar bilimi uzmanı John Holland yapmıştır. Holland, Darwin'in evrim kuramından esinlenerek canlılarda oluşan genetik işlemleri bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi düşünmüştür. Yaptığı çalışmaların sonucunda 1975 yılında yayınladığı kitabının ardından kullandığı yöntemin adı Genetik algoritmalar olarak adlandırılmıştır. Holland'ın öğrencisi olan David E. Goldberg'in 1989 yılında bu konuda çıkardığı kitapla birlikte genetik algoritmaların çeşitli konularda pratik kullanımlarının olduğu gösterilmiştir.

Literatürde klasik optimizasyon yöntemleri ile yapılmış çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Her yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bir problemi çözmek için seçilen yöntem başka bir problemde iyi sonuç vermeyebilmektedir. Problemin yapısına bağlı olarak, ıraksama ve/veya lokal minimuma yakalanma problemleri sıkça görülmektedir. Genetik algoritmaların en büyük avantajı bu noktada ortaya çıkmaktadır. Genetik algoritmalar problemlerden bağımsız çalışırlar. Kullandıkları

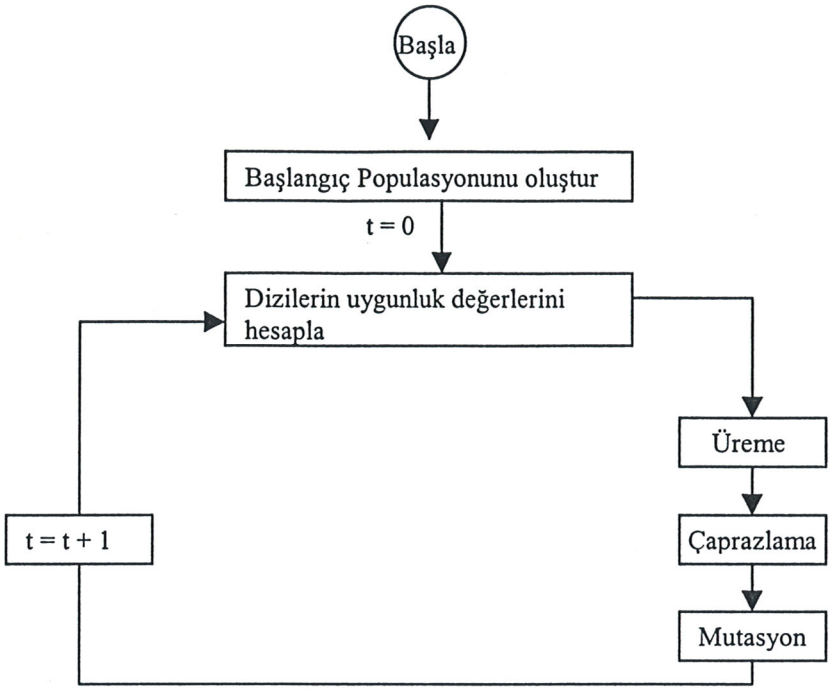
sadece problemin uygunluk fonksiyonudur. Bu nedenle, genetik algoritmalar optimizasyon problemlerinde klasik yöntemlerin karşılaştıkları olumsuzlukları gidermek için kullanılmaktadır. Günümüzde birçok optimizasyon problemi genetik algoritmalar ile çözülmüş ve başarı sonuçlara ulaşılmıştır.

5.3.1. GA' nın Çalışma Prensibi

Genetik Algoritmalar, genetik bilimindeki evrim prensiplerini ve kromozomal prosesleri bilgisayar ortamında taklit ederek çalışan, bir çeşit arama ve optimizasyon metodudur. Genetik Algoritmalar ele alınan problem için global optimumu bulmayı garanti etmezler. Ancak, bilinen klasik metotlarla çözüm zamanı problemin büyüklüğü ile üstel artan problemlerde, GA yaklaşımı kısa sürede global optimuma çok yakın sonuçlar vermektedir.

Genetik Algoritmalar, optimize edilecek problem için geçerli olan mümkün çözümlerin kodlandığı dizilerin bir seti ile biyolojik özellikleri taklit eden bir takım operatörlerden oluşur. Algoritma içerisinde kullanılan dizilerin oluşturduğu gruba literatürde popülasyon veya nüfus adı verilmektedir. İlk aşamada tüm mümkün çözümlerin yer aldığı popülasyon rasgele oluşturulur. Popülasyonu oluşturan dizilerin sayısı popülasyon boyutu olarak tanımlanır ve "N" ifadesi ile gösterilir. Popülasyon boyutu işlem boyunca sabit kalır. Popülasyon içerisinde yer alan her dizi biyolojik olarak bir kromozoma eşdeğerdir. Her bir dizinin kendine ait bir uygunluk değeri vardır. Bu değer algoritma içerisinde uygunluk fonksiyonu ile belirlenir. Genetik Algoritmanın ihtiyaç duyduğu tek değer dizinin sahip olduğu uygunluk değeridir. İyi bir dizi, problemin yapısına göre maksimizasyon problemi ise yüksek, minimizasyon problemi ise düşük uygunluk değerine sahiptir. Algoritmada, amaç fonksiyonun ile optimize edilecek problem tanımlanır. Bir çok durumda uygunluk fonksiyonu amaç fonksiyonudur, minimize veya maksimize edilir.

Genetik algoritma iteratif optimizasyon yöntemidir. Her bir iterasyonda tek bir çözüm ile çalışmak yerine, çeşitli çözümleri içeren bir çözüm kümesi (popülasyon) ile çalışır. Çalışma prensibi Şekil 5.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Genetik Algoritma Çalışma Prensibi İş Akış Şeması

Algoritma ilk olarak içinde problem için geçerli tüm çözümlerin bulunduğu bir başlangıç popülasyonu oluşturur. Bu popülasyon içerisindeki her bir dizinin uygunluk değeri hesaplanır. Hesaplanan bu uygunluk değerlerine göre diziler, üreme işlemi ile yeni nesile kopyaları aktarılır. Bu aşamada dizilerin bir kısmı birbirleri ile rasgele eşleşirler. Bu işleme çaprazlama adı verilir. Çaprazlamadan sonra, belli bir oranda dizi biti mutasyona uğrar. Bu işlem algoritmanın son işlemidir. Uygun sonuç yakalanıncaya kadar aynı döngü devam eder.

5.3.2. Genetik İşlemciler

Genetik algoritmalar genelde 3 işlemden oluşmaktadır:

1. Üreme (reproduction)

2. Çaprazlama (crossover)

3. Mutasyon (mutation)

5.3.2.1. Üreme İşlemi

Üreme genelde, popülasyona uygulanan ilk işlemdir. Üreme işlemi, popülasyon içindeki iyi uygunluk değerine sahip dizilerin daha yüksek olasılık ile yeni nesilde daha fazla kopyalarını oluşturmayı sağlamaktadır. Yüksek uygunluk değerine sahip diziler, yeni dizilerin elde edilmesinde yüksek olasılığa sahiptir. Bu operatör, gerçekte olan doğal seçimi yapay olarak gerçekleştirmektedir. Bu işlemde kullanılan çeşitli seçim mekanizmaları bulunmaktadır. En basit seçim metodu Holland tarafından bulunan rulet çemberi tekniğidir.. Bu metotta çember popülasyonu oluşturan dizi sayısı kadar dilime bölünür, yani her dizi çember üzerinde belli bir yüzdeye sahiptir. Dizilerin çember üzerinde sahip oldukları yüzde, dizilerin uygunluk değerlerine bağlı olarak belirlenir. Bu durumda çemberdeki aralık genişliklerinin toplamı 1'e eşittir. Seçim aşamasında çember, popülasyonu oluşturan dizi sayısı kadar çevrilir. Diziler uygunluk değerlerine göre hesaplanan olasılıklarla kopyalanır. Kopyalanan diziler eşleştirme havuzunda diğer işleme sokulmak üzere bekletilirler.

Eski yapıları değiştirmeksizin üreme işlemi ile kopyalamaya devam edilirse, belli bir değerden sonra yeni sonuçlar elde edilemez. Bu durum, diğer genetik işlemi kullanma ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

Goldberg ve Deb, literatürde mevcut ve çok sık kullanılan seçim mekanizmalarını 4 ana sınıfta toplamıştır. Bunlar;

1. Orantılı Seçim Mekanizmaları

a) Stokastik artan Seçim Mekanizması

b) Stokastik üniversal Seçim Mekanizması

2. Sıralı Seçim Mekanizması

3. Turnuva Seçim Mekanizması

4. Denge Durumu Seçim Mekanizması

5.3.2.2. Çaprazlama İşlemi

Üreme işleminden çıkarak eşleştirme havuzunda bekletilen diziler çaprazlama işlemine tabi tutulur. Çaprazlama işlemi, popülasyon içerisindeki farklı çözümler arasında bilgi değişimini sağlayarak arama uzayının benzer ancak araştırılmamış bölgelerine ulaşmayı sağlayan bir arama operatörüdür. Bu işlemde iki yeni üretilmiş dizi eşleştirme havuzundan seçilere, rasgele seçilmiş çaprazlama pozisyonuna göre bilgi değişimi gerçekleştirilmektedir.

Popülasyona çaprazlama işlemi p_c olasılığı ile uygulanır. Çaprazlama oranı, çaprazlama işleminin kullanım sıklığını kontrol eder. Her yeni popülasyonda, p_c* N adet diziye çaprazlama işlemi uygulanır.

Çaprazlama işleminin uygulanacağı dizinin L uzunluğunda olduğu kabul edilirse, çaprazlama pozisyonu, dizi boyunca 1 ile (L-1) arasında rasgele seçilir ve seçilen bu pozisyon k_c ile ifade edilirse iki yeni dizi, (k_c+1) ve L pozisyonları arasındaki bütün bitlerin karşılıklı değişmesi ile oluşturulmaktadır.

İkili düzen kodlama için literatürde bilinen ve çok sık kullanılan 3 adet çaprazlama işlemi bulunmaktadır. Bunlar, 1 noktalı, 2 noktalı ve üniform çaprazlama operatörleridir.

1) Tek Noktalı Çaprazlama İşlemi

2) 2 Noktalı Çaprazlama İşlemi

3) Uniform Çaprazlama İşlemi

5.3.2.3. Mutasyon İşlemi

Mutasyon, Genetik Algoritmalarda ikinci derece rol oynayan, bir bakıma üreme ve çaprazlama işlemlerinin tamamlayıcı işlemidir. Bu işlemde, dizi içindeki bir veya birkaç biti rassal olarak değiştirerek popülasyonda yeni dizilerin elde edilmesi sağlanır [4]. İkili düzende kodlamanın yapıldığı bir dizide mutasyon işlemi, rassal olarak seçilen bitin değeri 1 ise 0, 0 ise 1 yaparak yeni diziyi oluşturur. Şekilde mutasyon işlemine bir örnek verilmiştir. 10 bit uzunluğundaki A_1 dizisinin rassal olarak belirlenen üçüncü biti değişime uğrayıp A_2 dizisi elde edilmiştir.

A_1: 0100110010

A_2: 0110110010

Mutasyon işlemi

Genetik Algoritmalarda son iterasyonlarda yığın iyi çözümlere yakınsamaya başlar. Bunun sonucunda popülasyonu oluşturan diziler birbirlerine çok benzerler. Bu durum, çaprazlama sonucunda elde edilen dizilerin birbirine benzemesi doğurarak çaprazlama işleminin aramasını kısıtlar. Mutasyon işleminin önemi bu noktada ortaya çıkar. Mutasyon, popülasyondaki değişkenliği gerçekleştirerek arama uzayında yeni çözüm noktalarının elde edilmesini sağlamaktadır. Genetik Algoritmalarda mutasyon işlemi p_m olasılığı ile uygulanır. Dizideki bit değişimi tamamen rassal olarak yapıldığı için, oluşturulmuş nesinin elverişli durumunu birden bozabilir. Bu yüzden p_m olasılığı küçük tanımlanır.

5.4. Talaş Kaldırma İşlemlerinde Uygulanan Optimizasyon Metotları

Kullanılan optimizasyon tekniklerinin çoğu metal kesme optimizasyonu problemlerine uygulanır. Ancak daha etkin olanlar uygulamada kullanılır. Özetle seçilen her bir metodun nitelikleri dikkate alınır. Aşağıda bazı metotlar verilmiştir.

a. Blaw (GOMTRY) Algoritması

Bu algoritma Zener'in Geometrik Programlama tekniğinden doğmuştur. Geometrik programlama son zamanlarda geliştirilen optimizasyon tekniklerinin en iyilerinden biridir. Amaç fonksiyonu ve kısıtları içeren belirli nonlineer problemleri çözebilir. Bu program; çok değişkenli, nonlineer aşağıdaki geometrik formdaki amaç fonksiyonunu minimize eder.

$$U=\sum_{t=1}^{T_o} \sigma_{ot} C_{ot} \prod_{n=1}^{N} X_n^{a_{otn}} \qquad (6.15)$$

Burada $\sigma_{ot} = \pm 1$, $C_{ot} > 0$, $X_n =$ optimizasyon değişkenleridir. a_{otn} = amaç fonksiyonun t. teriminin n. değişkeninin üssü, N= değişken sayısıdır. T_0 = Aşağıdaki geometrik formun M eşit olmayan kısıtına maruz amaç fonksiyonundaki terim sayısı:

$$\sum_{t=1}^{T_m} \sigma_{mt} C_{mt} \prod_{n=1}^{N} X_n^{a_{min}} \le \sigma_m$$

m = l, 2...M burada $r_{mt} = \pm 1$, $C_{mt} > 0$, a_{mtn}= m. kısılın t. teriminin n. değişkeninin üssü, M = kısıt sayısı, T_1, T_2.... T_m= her bir kısıtdaki terim sayısıdır.

Geometrik programlama ile optimizasyon değişkenlerinin optimum değerlerinin araştırılması yerine, ilk olarak amaç fonksiyonunun çeşitli terimleri arasındaki toplam maliyeti dağıtmak için optimum yolu bulur. Optimal tahsisler bulunduktan sonra optimum

maliyet basit hesaplarla bulunur. Sonra optimizasyon değişkenlerinin değerleri optimal maliyet için tayin edilir.

Bu teknik Philips, Ermer ve Zohdi tarafından işleme operasyonları optimizasyonu için kullanılmıştır.

b. Sürekli Dinamik Programlama Algoritması (DYNAM)

Dinamik.programlama bir dizi birbiri ile ilişkili kararlar vermek için kullanılan bir optimizasyon metodudur. Bu metot problemin küçük bir kısmı ile başlar ve onun optimal çözümünü bulur. Problemin tamamı çözülünceye kadar önceki çözümden bir sonraki optimal çözümü bulma şeklinde problem giderek genişletilir. Sürekli dinamik programlamada optimizasyon değişkeni herhangi bir gerçek değer alabilir. DYNAM Algoritması bu tekniğe dayanır. Sürekli çok değişkenli nonlineer bir fonksiyonun optimumunu bulur.

$U (r_1 r_2, ...,r_N)$

Kısıtlar

$G_{j,k} \leq X_{j,k} \leq H_{j,k}$

j = l, 2, 3...N ve k = l, 2, 3,... M'dir.

Burada N= kademe sayısı , M= her kademedeki karar değişkeni üzerindeki kısıt sayısı, $Xj_{,k}$ = kademe kararları r_1; r_2, ... r_N kademe karar fonksiyonları, $H_{j,k}$ ve $G_{j,k} = X_{j,k}$ için daha yüksek ve daha düşük kısıtlar Sj= fonksiyon kısıtları durumu depolanır. Metot çok değişkenli büyük problemlere etkili çözüm sağlar. Sadece birkaç değişken varsa diğer metotlar daha verimlidir. Çok pasolu operasyonlar için kesme şartlarının optimizasyonunda bu metodu Iwata kullanmıştır. Burada verilen toplam kesme derinliği iş parçasından kaldırılır. Iwata metal kesmedeki paso sayısını dinamik programlamadaki

karar durum sayısına ve her paso için kesme kısıtlarını karar durumlarına benzediğini varsaymıştır. Kademe durumu, her kademedeki iş parçası çapı olarak alınır.

c. Box (COMPLEX) Algoritması

Bu algoritma amaç fonksiyonu için bir fizibilite kontrolü içeren Box'ın Kompleks metoduna dayanan sıralı araştırma tekniğidir. Program nonlineer çok değişkenli fonksiyonun maksimumunun bulur.

$U (X_1,X_2, ...,X_N)$

Maruz kalınan Kısıtlar

$G_k \leq X_k \leq H_k$

$k = 1,2,3...M$

X_{N+1} ...X_M kapalı değişkenleri, X_1_ X_2 .... X_N açık optimizasyon değişkenlerine bağlı fonksiyon değerleridir. Üst ve alt kısıtlar, H_k ve G_k ,optimizasyon değişkenlerinin fonksiyonu yada sabitidir. Bu teknik nonlineer kısıtlara maruz nonlineer amaç fonksiyonunun etkili çözümünü sağlar. Eğer lineer kısıtlar olursa eşit kısıtlar içerir. O zaman diğer metotların daha etkili olduğu ispat edilmelidir. Abuelnaga, tornalamada optimizasyon için bu metodu kullanmıştır.

d Kısıtlanmış Rosenbrock (HILL) Algoritması

Bu metot bir sıralı araştırma tekniğidir.Bu algoritma nonlineer fonksiyonun değişkenlerinin optimumunu bulur.

$U (X_1,X_2, ...,X_N)$

Maruz kalınan Kısıtlar

$G_k \leq X_k \leq H_k$

k= 1,2,3. ..M

Burada X_1 X_2, ..., X_N optimizasyon değişkenleri Xn+l ...Xm optimizasyon değişkenlerine bağlı fonksiyon değerleridir. Üst ve alt kısıtlar H_k ve G_k optimizasyon değişkenlerinin fonksiyonu yada sabitidir. Bu teknik kısıtlı değişkenlerle bazı problemlere etkili çözüm sağlamıştır.

e. Rosen (PROJG) Algoritması

Bu algoritma Rosen tarafından önerilen gradient metodunu temel alır. Program nonlineer çok değişkenli fonksiyonun maksimumunu bulur.

U (X_1, X_2, ...,X_N)

Maruz kalınan Kısıtlar

$G_k \leq O$; k = 1,2,3...M

Burada X_1, X_2, ..., X_N optimizasyon değişkenleri G_k = optimizasyon değişkenlerine bağlı lineer fonksiyondur. Bu metot lineer kısıtlı problemlerle sınırlıdır.

f. Fiacco ve McCormick(SUMT) Algoritması

Sıralı kısıtlanmamış minimizasyon tekniği, Fiacco ve McCormick tarafından geliştirilmiştir. Teknik kısıtlara sahip orijinal amaç fonksiyonunu kısıtsız bir amaç fonksiyonuna dönüştürür ve bu kısıtsız amaç fonksiyonunu uygun kısıtsız çok değişkenli bir teknik kullanarak minimize eder. Her ne zaman bir kısıt kısıtsız optimizasyon tekniğini bozarsa fizible bölgedeki minimumu bulmak için bu metotta amaç fonksiyonu ilave kısıtlarla düzenlenir. Bu metot nonlineer fonksiyonun çok değişkenli minimumunu bulur.

$U (X_1, X_2, ..., X_N)$

Maruz kalınan Kısıtlar

$G_k (X_1, X_2, ..., X_N) > O, \quad k = 1, 2, 3...M$

$H_k (X_1, X_2, ..., X_N) = O \quad k = M+l, M+2, M+3...M+P$

Burada $X_1, X_2, ..., X_N$ optimizasyon değişkenleri M = Kısıt sayısı P = eşit kısıt sayısıdır. Hati ve Rao farklı optimizasyonlar için optimum işleme şartlarını belirlemede bu metodu kullanmıştır.

g. Kısıtlı Fletcher -Powell (CONMİN) Algoritması

Bu teknik Haahoff ve Buys tarafından tanımlanmış-tır[39]. Teknik, Fletcher ve Powel'ın kısıtlanmamış minimizasyon tekniği ile optimize edilen bir modifiye kısıtlanmamış amaç fonksiyonuna dahil edilen kısıtları içerir. Bu kodlar, çok değişkenli aşağıdaki nonlineer fonksiyonun minimumunu bulur.

$U (X_1, X_2, ..., X_N)$

Bu fonksiyon aşağıdaki nonlineer kısıtlara maruzdur.

$G_k (X_1, X_2, ..., X_N) = O, \quad k = 1,2,3...M$

$H_k (X_1, X_2, ..., X_N) = O \quad k = M+l, M+2, M+3...M+P$

Burada $X_1, X_2, ..., X_N$ optimizasyon değişkenleri M = eşit kısıt sayısı ve eşitsizlik kısıtları dikkate alınmaz.

h. Dairesel Yön Araştırma Metodu

Optimizasyon problemi aynı iş parçası üzerindeki farklı takımlarla yapılan frezeleme operasyonlarının toplam üretim maliyetinin minimum değerini tayin etmektir. Çakır ve Gürarda yapmış oldukları çalışmada çoklu takım frezeleme işlemlerine dairesel yön araştırma yöntemini uygulamışlardır. Amaç fonksiyonu sadece iki değişkenlidir, (ilerleme ve kesme hızı) Fakat değişkenlerden birinin diğeri yerine açıkça ifade edilmesi mümkün değildir. Bu yöntemde son paso ve kaba pasoları içeren kaldırılacak malzemenin toplam derinliği aynı takımla kesilir. Bu hacim bölümlere ayrılır ve her bölüm tek paso operasyonu olarak maksimum ve minimum ilerleme oranlarının kısıtları ve uygun hızları kesme gücü, takım ömrü, iş parçasının sehimi eksenel ön yük ve yüzey pürüzlülüğü göz önüne alınarak tek bir pasoda işlenir. İşleme parametreleri optimum değerleri minimum maliyet değeri ve buna karşılık gelen optimum ilerleme ve kesme hızı değerini hesaplayan fizible bölgede araştırma metotları kullanılarak bulunur.

$$F(v,f) = \sum_{i=1}^{m} C_{2i} V_i^{-1} f_i^{-1} + \sum_{i=1}^{m} C_{3i} V_i^{[(1/n)-1]} f_i^{[88w+g)/n)+1]} \qquad (6.16)$$

Bu metot da dinamik programlama tekniği amaç fonksiyonlarını minimize etmek için uygulanır. Optimum paso sayısı ve her paso için optimum kesme derinliği ve son pasoyu içeren kesme derinliğine ve dinamik programlama için depolanan veri kullanılarak son ve kaba pasoları içeren toplam kesme derinliği ve kısıtlara göre seçilir.

Problemin metodolojisi yukarda değinilen kısıtlara konu olan karar değişkenlerinin, F (v,*f*) optimum değerlerini bularak üretim maliyetine bağlı amaç fonksiyonunu minimize etmektir. Burada üç kısıt takım ömrü, kesme gücü ve yüzey pürüzlülüğü değişkenleridir. Aktif kısıtlarla sınırlanmış bölgeye fizible bölge denir. Eldeki verilere göre minimize edilmiş üretim maliyetini düşüren kesme şartları Dairesel Yön Araştırma Metodu ile optimize edilir. Kısıtlardaki herhangi bir değişine optimum noktayı, amaç fonksiyon değerini otomatik değiştirecektir. Takım ömür kısıtı gevşetildiğinde ki bu belirli bir zaman aralığında tek bir takımla işlenen parça sayısı (n_m) azalmasıyla başarılabilir. Yalnız yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü kısıtları aktif olacak ve bu iki kısılın arakesit noktası optimum nokta olacaktır. Diğer taraftan yüzey pürüzlülük kısıtı, R_a değerinin artırılmasıyla gevşetilebilir ve bu durumda diğer kısıtlar aktif

olacaktır. Geliştirilmiş yazılımda amaç fonksiyonu ve kısıtların grafik gösterimi toplam üretim maliyeti veya zamanı üzerindeki kısıtların etkisini analiz etmek için kullanılır. Fizible bölge takım ömür kısıtı, yüzey pürüzlülük kısıtı ve minimum kesme hız kısıtı ile sınırlıdır. Minimum maliyet değeri fizible bölgedeki noktalar arasında belirlenir.

Optimizasyon prosedüründe kesme hızı-ilerleme başlangıç değeri fizible bölgede seçilir. Uygun maliyet değerleri bu başlangıç noktasının dairesi etrafında test edilir. Merkezdeki noktanın maliyetinden daha düşük olan dairedeki nokta yeni başlangıç noktası olur. Prosedür fizible bölgedeki üretim maliyet değerinin minimuma ulaşmasına kadar devam eder.

Fizible bölgedeki daireler test edilen noktaları ve amaç fonksiyonun minimum değere nasıl yaklaştığını gösterir. Bu metot sürekli artan ve azalan fonksiyonlar için geçerlidir. Bu sebepten sürekli fonksiyonlar için uygulanabilirdir. Dairesel Yön Araştırına Metodu bu sebepten optimizasyon prosedürü için uygulanabilirdir.

Bu metotta optimum noktaya ulaşmak için türevlerin bulunmasına ihtiyaç yoktur. Fizible yönlerin ve Gradiant Metotlarında amaç fonksiyonunun gradyantı optimizasyon yönünün tespiti için kullanılır. Azalan doğrultuda hareket edilmesi gereken miktar bu metotla belirlenmelidir.

ı. Fizibil Doğrultular Yöntemi

İlk olarak başlangıçta X° fizible vektördür, bu işlem iteratif şekil üreten amaç fonksiyonuna ve probleme çözüm getiren gelişmiş bir ara vektördür. Dizayn modifikasyonu her bir iterasyon boyunca araştırılır ve araştırma yönleri;

$$X^q = X^{q-1} + a.S^q \qquad (6.17)$$

olarak gösterilir. Burada q iterasyon sayısı ve S tasarım uzayında araştırma yön vektörüdür. Scaler a* değeri araştırma yönündeki hareket mesafesini belirler.Görev bazı sınırlı hareketler için herhangi bir kısıtın bozucu etkisi olmaksızın amaç fonksiyonunu azaltacak araştırma yönünün bulunmasıdır.

Adım l:

Eğer X^{q-1} fizible bölge içinde ise amaç fonksiyonu gradienti aşağıdaki gibi seçilir.

$$S^q = - \Delta F(X^{q-1}) \qquad (6.18)$$

Adım 2:

Eğer X^{q-1} bir ya da daha çok kısıtın sınırındaysa amaç geçerli tasarımın X^{q-1} mümkün olduğu kadar çok fizible bölge içinde yeni X^q'nin iyileştirilmesidir. Bu görevi yapmak için yön S^q lineer bir programlama problemi tarafından hesaplanır.

Maksimum : β

Maruz kalınan kısıtlar

$\Delta F (X) . S + p \leq 0$

$\Delta_{gi} (X) . S + Q_j\beta \leq 0$

S sınırlandı.

Maksimum β değerine karşılık $\Delta F(X)S$ minimumdur. İtme faktörü Q negatif olmayan bir kısıttır. Fizible bölge içinde araştırma vektörünün korunmasına yardım eder ve denklem (71) içinde yer alır. Bununla beraber kısıtlar nonlineer ve konveks oldukları için bu yöndeki bir hareket kısıtları bozabilir. Bu istenmez, sonuçta sınır kısıtlarından uzaklaşmak için bir itmeye ihtiyaç vardır. Denklem (50) deki Q faktörü tarafından başarılır. Görüldüğü gibi X^q noktasının yerleşeceği iki uygun yer vardır. O nokta ya alan içinde ya da yeni bir kısıt olabilir. Eğer X^q alan içine yerleşirse yukarda açıklanan adım l'e göre metot başarılıdır. Eğer X^q sınırdaysa o zaman adım 2 yerine getirilir.

M.Toloueri-Rad ve I.M. Bidhendi frezeleme operasyonları için işleme parametrelerinin optimizasyonuna Fizibil doğrultular yöntemini uygulamışlardır. Minimum üretim zamanı veya minimum üretim maliyeti amaç fonksiyonunun optimize edilmesi teşebbüsleridir. Düşük üretim zamanı düşük üretim maliyeti olmasına rağmen minimum üretim maliyeti olarak tanımlanamaz. Genellikle bu iki şart altında işleme parametreleri seçilir. Maksimum kar oranı bu iki kriter arasında olmalıdır. Bunlar

minimum üretim maliyeti ve minimum üretim zamanıdır. Kar çok yüksek olmadıkça maksimum kar için işletme koşulları minimum üretim maliyetine yakındır.

Optimizasyon teknikleriyle ilgili kapsamlı bir sınıflandırma Tablo 6.2'de görülmektedir. Metal kesme operasyonlarında optimizasyon için bu tekniklerin ana özellikleri ve kıyaslama değerleri görülmektedir.

Tablo 5.1. Optimizasyon Tekniklerinin Karşılaştırılması

Teknik Adı	Eşitlik kısıtları	Eşitsizlik kısıtları	Lineer kısıtlar	Geometrik Prog. Kısıtları	Genel Nonlineer kısıtlar	Geometrik Program Amaç.	Genel Nonlineer Amaç	Uygunluk kontrolü	Program Listeleme	Karşılaştırmalı Değerlendirme
Blaw (GOMTRY)		X		X		X			7	1
Sürekli Dinamik Programlama		X			X		X		10	3
Box (COMPLEX)		X			X		X	X	5	1
Kısıtlanmış Rosenbrock (HILL)		X			X		X		5	1
Rosen (PROJG)		X					X	X	4	2
Fiacco ve McCormick (SUMT)	X	X	X		X		X		32	2
Kısıtlı Fletcher-Powell (CONMİN)	X	X			X		X		17	2

İşleme takımlarının verimli kullanımı uzun zamandır üreticiler ve araştırmacılar için bir araştırma konusu olmuştur. Yüksek maliyetinden dolayı NC Tezgahlarla işlemede bu problem daha da önemlidir, optimum işleme şartları kullanılarak işleme operasyonlarının verimliliğini artırmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmaktadır.

Global pazarda rekabet edebilmek için üretimin istenen kısıtlar doğrultusunda minimum maliyet ve zamanda gerçekleştirilmesi gerekir. Bu da optimizasyon işlemi ile gerçekleştirilebilir. Optimizasyon işlemin zeki kontrol yöntemleri ile desteklenerek adaptif hale getirilmesi karlı üretim için zorunludur. Optimizasyon yöntemi probleme uygun seçilmelidir. En iyi metodun seçimi bireysel uzmanlığa ve tecrübeye bağlıdır.

6. AMAÇ FONKSİYONLARIMIZ VE MATEMATİKSEL MODELİN KURULMASI

İşleme operasyonlarının başarılı ve verimli olmasında işleme parametrelerinin seçiminin önemli bir rolü vardır. Bundan dolayı en iyi (optimum) işleme şartlarının belirlenmesi hala çoğu araştırmanın konusudur. Yüksek maliyetleri dolayısıyla NC makinelerle işleme optimum şartlar daha da önemlidir. NC makinelerde yönetim zamanı düşük olmasına rağmen, işleme zamanı konvansiyonel klasik tezgahlarla aynıdır. Talaş kaldırma operasyonlarının ekonomisini belirleyen değişkenler çeşitlidir. Bunlar; tezgâh kapasitesi, istenen iş parçası geometrisi, ilerleme, kesme hızı, kesme derinliği v.b. dir. İşleme şartlarının optimum seçimi; teknik ve maliyet verilerinin kısıtlı veya kısıtsız bölgelerde amaç fonksiyonu olarak matematiksel modellenmesidir. Optimum işleme parametrelerinin seçimi, geleneksel yaklaşımlarla operatörler tarafından kolaylıkla başarılamaz. Yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetleri sebebiyle geri ödeme zamanının kısalması içim NC modelleme konusunda çalışmalar yapılmaktadır. İşleme yöntemlerine uygun optimizasyon metot önerisi ve metodun ekonomik analizleri hala yapılmaya devam edilmektedir.

6.1. Optimizasyon

Bir problemi çözme durumunda kalan her insan, kendisini bir optimizasyon problemi ile karşı karşıya bulur. Çünkü istisnasız, her problemin birden fazla çözümü vardır ve kişi değerlendirme sürecinde bunlardan birini seçmek zorundadır. Doğal olan, mümkün çözümlerden en iyisinin seçilmesidir. Bu ise optimizasyon kavramının tanımıdır.

Optimizasyon, bir problemin mümkün çözümleri arasından en iyisinin belirlenmesi işlemidir.

İmalat sanayindeki temel üretim işlemlerinin şüphesiz en önemlisi talaş kaldırarak üretimdir. Üretim prosesinde talaş kaldırma, istenmeyen materyalin uzaklaştırılmasıyla metal parçaların şekillendirilmesi olayıdır. Üretimi gerçekleştirecek tezgahların, en düşük maliyet be en kıs sürede istenen boyutta ve yüzey kalitesinde parçayı üretmesi gerekir. Kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği gibi teknolojik değerler çok geniş aralıkta olması sebebiyle geçmiş tecrübelerden ve tablolardan alındığı için üretim her zaman optimum verim ve maliyetle gerçekleştirilmemektedir. İşleme sırasında büyüklüğü ve kaynağı belli olmayan bir takım bozucu faktörler oluşur. Gerek optimum değerde çalışmak gerekse bozucu etkilerini telafi etmek için talaş kaldırma işlemlerine optimizasyon yöntemleri uygulanmaktadır.

İşleme operasyonlarının başarılı ve verimli olmasında işleme parametrelerin önemli rolü olduğundan dolayı en iyi ya da optimum işleme şartlarının bulunması hala çoğu araştırmanın konusudur. Yüksek maliyetleri dolayısıyla NC makinelerle optimum şartlar daha önemlidir. Optimum işleme parametrelerine en büyük ilgi pazardaki rekabette anahtar rolü oynayan üretim çevrelerinden olmaktadır NC makinelerde yönetim zamanı düşük olmasına rağmen, işleme zamanı aynıdır. Yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetleri sebebiyle geri ödeme zamanının kısalması için NC makinelerin daha verimli kullanılması gerekmektedir.

Talaş kaldırma operasyonlarının optimum işleme şartlarını etkileyen değişkenler çok çeşitlidir; tezgah kapasitesi istenen iş parçası geometrisi, ilerleme, kesme hızı, kesme derinliği v.b. kesme şartlarıdır. Kesme şartlarının ekonomik seçimi operatörler tarafından kolaylıkla ulaşılamayan teknik ve maliyet verilerini içerir. Optimum seçim geleneksel yaklaşımlar tarafından nadiren başarılabilir. Taylor bu konu üzerinde uzun zaman önce durdu ve eğer ilgili tüm bilgilere ulaşabilen mühendis tarafından seçim yapılırsa optimuma yaklaşabileceğini önermiştir.

İşleme operasyonlarının birinci amacı düşük maliyet ve yüksek kaliteli ürünleri üretmektir. Bu amacın başarılmasında işleme parametrelerin optimum seçilmesi önemli bir rol oynar.

6.2. Optimizasyon Bileşenleri

Optimizasyon “en iyi” en kastedilen manaları hedef olarak alıp, matematik modelini oluşturup, belirtilen sınırlar içinde bu fonksiyonun minimum veya maksimum değerlerinin bulunmasıdır. Böyle bir problemin üç önemli bileşeni vardır.

a) Tasarım Değişkenleri: Özellikle uzunluk , kalınlık , çap v.b. gibi modeli tanımlayan geometrik büyüklüklerdir. Dikkat edilmesi gereken nokta, bunlar birbirinden bağımsız değişkenlerdir. Diğer bir deyişle bağımsız değişkenlere farklı değerler atayarak, farklı tasarımlar yapılabilir. Örneğin bir iç boruda iç ve dış çapın verilmesi yeterlidir. Et kalınlığı iç ve dış çapa göre belirlenebildiğinden bağımsız değişken olarak verilmesi problemi karmaşık hale getirir.

b) Tasarım Kısıtlamaları: Tasarım değişkenlerine bağlı olarak tanımlanan ve sisteme ait gerilme, frekans, boyut, deformasyon, sıcaklık gibi büyüklük sınırlarını belirten ifadelerdir. Pratikte kesme hızı ve ilerleme değerleri aşağıdaki gibi kısıtlarla sınırlanır;

- Maksimum tezgah gücü
- İşlenen bitmiş yüzey
- Takım dijitliği tarafından izin verilen maksimum kesme kuvveti
- Kesme işleminde üretilen maksimum ısı
- Takım tezgahının ulaşabileceği dönme hızı ve ilerleme

Aşırı ısı üretiminin verimli soğutucularla üstesinden gelinebilir. Ayrıca modern NC ve CNC makineler son kısıtlara maruz değildir. Onlar uygun ilerleme ve kesme hızını sağlarlar. Böylece şu kısıtlar hesaba katılır; Güç, yüzey düzgünlüğü, yüzey düzgünlüğü kısıtlarıdır.

c) Amaç (Hedef) Fonksiyonu: Tasarım değişkenlerine bağlı olarak tanımlanan ve tasarım sınırlamaları dahilinde minimum veya maksimum yapılmaya çalışılan fonksiyondur. Literatürlerde kullanılan amaç fonksiyonlar; minimum maliyet, maksimum

ağırlık, minimum enerji giderleri, maksimum dayanıklılık, maksimum performans, maksimum kar ve örneğin bir araç için maksimum sürüş kalitesi gibidir.

6.3. Amaç Fonksiyonları

İşleme parametrelerinin optimizasyonu genellikle iki adımdan oluşur. Birinci adım matematiksel bir optimizasyon modeli oluşturmaktır. Model çeşitli kısıtlar ve işleme şartlarını temel alarak gerçekleştirilir. İkinci adım ise optimal yada optimale yakın uygun çözüm prosedürleri araştırmaktır. İşleme parametrelerinin optimizasyonu tek ve çok pasolu talaş kaldırma işlemlerine ayrı ayrı uygulanabilir. Tek pasolu operasyonlarda toplam arzulanan kesme derinliği tam bir pasoda gerçekleştirilir. Pratikte bu nadiren başarılabilir. Bu yüzden işleme parametrelerinin belirlenmesi için çok pasolu işleme yaklaşımı dikkate alınır.

Optimizasyon modeller geliştirilirken amaç fonksiyonları optimizasyon kriteri olarak belirlenir. İşlene parametrelerinin optimizasyonunda beş şekilde amaç fonksiyonu belirlenebilir.

a. Minimum üretim maliyeti
b. Minimum üretim zamanı veya maksimum üretim hızı
c. Maksimum kar oranı
d. Maksimum yüzey kalitesi
e. Çeşitli amaç fonksiyonlarının ağırlıklı kombinasyonu

a. Minimum Üretim Maliyeti: Üretilen bir parçanın maliyetinin minimum olması ve aynı zamanda karın maksimum olması ile gelir sabitlenmiş olur. Her ürün bileşeninin minimum maliyetle üretimi işleme ekonomikliği olarak ilk kez Gilbert tarafından önerilmiştir. Burada düşük üretim hızı mevcuttur. Bu yaklaşım tek ve çok pasolu işlemede araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmıştır.

b. Minimum Üretim Zamanı veya Maksimum Üretim Hızı: Her bir komponendin işleme periyodunun minimum tutulmasıyla ürün miktarının maksimum yapılması amaçlanır. Genellikle parça maliyeti yüksektir. Üretim maliyetinden ve kardan başka fiziksel verimlilik ve üretim artışı benimsenmektedir.

c. Maksimum Kar Oranı: Bu kriter operasyonu verilen zaman aralığında maksimizasyonunu içeriri. İlk defa Okushima ve Hitomi (1964) tarafından önerilmiştir. Kapasitenin tam kullanılamadığı zaman aralıklarında tavsiye edilmektedir.

d. Maksimum Yüzey Kalitesi: Bu kriterde takım tezgahı, kesme takımı, iş parçası spesifikasyonları bu kısıtlara kaynaktır.

e. Çeşitli Amaç Fonksiyonlarının Ağırlıklı Kombinasyonu: Üretim maliyeti ve üretim zaman kriterlerini birleştirerek işleme parametrelerinin optimizasyon çalışmalarını Agapiou (1992) yapmıştır. Sabit bir çarpan üretim maliyeti ve zamanını normalize ermek için kullanmışlardır.

Takım tezgahlarındaki, talaş kaldırma işlemlerinde başlangıçta kesme parametreleri uygun seçilse bile zamanla çevresel ve işlemeden kaynaklanan bozucuların oluşturduğu değişiklikler oluşur. Bu esnada meydana gelen bozucu faktörler;

- Talaş kalınlığının değişmesine neden olan işleme paylarının değişmesi,
- Malzemenin işleme kabiliyetini etkileyen sertliğin ve malzeme yapısının değişmesi,
- Takımların talaş kaldırma özelliklerinin değişmesi,
- Talaş kaldırmada oluşan titreşimler,
- Parça-takım ikilisinde meydana gelen şekil değişimleri,
- Sıkma kuvvetlerinin değişmesinin v.s.

giderilmesi veya azaltılması amaçlanmaktadır. İşlemenin gerçek zamanlı izlenmesi ve kontrolü ile optimizasyonlu adaptif kontrol yapılan çalışmalara ilgi büyüktür.

Günümüzde optimizasyon problemlerinin çözümünde analitik ve sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Analitik çözümlerde belirli bir aşamadan daha ileriye gidilememesi, birçok sayısal yöntemin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Sayısal yöntemlerde tekrarlı(iteratif) işlemler bilgisayar kullanımı ile kısa sürede çözülmüştür. CAD, CAM. CAE programları üreten bazı büyük yazılım şirketleri geliştirdikleri bu programlara tasarım optimizasyonu yapan modüller de eklemişlerdir. Örneğin ANSYS, I-DEAS, MATLAB v.b. paket programları bu modüllerden birkaçıdır.

6.4. Matematiksel Model

Kesme derinliği, ilerleme ve kesme hızı işleme operasyonlarının başarısında en büyük etkiye sahiptir. Pratikte sadece bu parametreler dikkate alınır. Kesme derinliği iş parçası geometrisi tarafından önceden belirlenir. Frezeleme operasyonlarında çok kesme kenarı vardır ve bir kesme kenarı işleme zamanının yalnızca bir kısmı için iş parçası ile temastadır. Frezeleme tipi işleme operasyonlarında aktif kesme kenar sayısına göre sınıflandırılır. Her bir kesici ucun işleme ömrü tek ağızlı takım operasyonları ile mukayese edildiği zaman Q ile artırılır. Bu düzlem frezeleme, alın frezeleme, kanal frezeleme, cep frezeleme gibi frezeleme tipi ve kesme işlemindeki aktif açıya göre gerçekleştirilir.

6.4.1. Uygunluk Fonksiyonları

Frezeleme optimizasyonu iki amaç fonksiyonuna göre tek takımlı ve çok takımlı operasyonları için gerçekleştirilir. En düşük birim üretim zamanı, en düşük birim üretim maliyeti, bunlar aynı karaktere sahiptir ve aynı formda yazılabilirler.

6.4.1.1. Tek takımlı işler için uygunluk fonksiyonu

Tek takımlı Frezeleme operasyonları için birim üretim maliyeti; malzeme maliyeti, hazırlık veya ayar maliyeti, işleme maliyeti ve takım değiştirme maliyeti toplamıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$C_u = c_{mat} + (c_1 + c_o)t_s + (c_1 + c_o)K_2 V^{-1} f^{-1} + (c_1 t_c + c_t + c_o t_{tc})K_3 V^{\frac{1}{n}-1} f^{\frac{w+g}{n}-1} \quad (6.1)$$

Tek takımlı Frezeleme operasyonları için birim üretim zamanı;

$$T_u = t_s + t_m + t_{tc}\left(\frac{t_m}{T}\right) \quad (6.2)$$

şeklinde ifade edilir ve yeniden düzenlenirse;

$$T_u = t_s + K_2 V^{-1} f^{-1} + t_{tc} K_3 V^{\frac{1}{n}-1} f^{\frac{w+g}{n}-1} \quad (6.3)$$

olarak tanımlanır. Burada;

$$K_2 = \frac{\pi d K}{1000 z} \quad (6.4)$$

$$K_e = 60 Q^{-1} c^{1/n} 5^{-9/n} a^{(g-w)/n} \quad (6.5)$$

$$K_3 = \frac{K_2}{K_e} \quad (6.6)$$

Aşağıdaki parametrelerin yukarıdaki (6.4), (6.5) ve (6.6) yerine konularak değerler hesaplanır.

d=50mm	c_a=5^o
K=450mm	g=0.14
z=6	n=0.3
c_t=49.5	c=100.05
Helis açısı 15^o	a=10mm
ℓ_a=45^o	w=0.28

Buna göre;

K_2=11.78 ve K_3=3.055x10^{-8} bulunur.

Denklem (6.1) ve (6.3) aşağıdaki parametreler yerine konularak yeniden düzenlenirse;

c_{mat}=0,50\$ t_s=2dk^o

c_0=1.45\$/dk t_{tc}=0.5dk

c_1=0.45\$dk

c_t=49.5\$

Amaç fonksiyonları ve Hız ve İlerlemeye bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$C_u = 4.3 + 22.382\, V^{-1} f^{-1} + 154{,}25\times10^{-8}\, V^{2{,}334} f^{0{,}4} \quad (6.7)$$

$$T_u = 2 + 11.78 V^{-1} f^{-1} + 1{,}5275\times10^{-8} V^{0{,}234} f^{0{,}4} \quad (6.8)$$

Tek takımlı işler için çok kriterli optimizasyon uygunluk fonksiyonu, w1 ve w2 ağırlık değerleri olmak üzere;

$$F(x) = w_1 C_u + w_2 T_u \quad (6.9)$$

olarak tanımlanır.

6.4.1.2. Çok takımlı işler için uygunluk fonksiyonu

Çok takımlı Frezeleme operasyonları için birim maliyet;

$$c_m = \sum_{i=1}^{3} c_{2i} V_i^{-1} f_i^{-1} + \sum_{i=1}^{3} c_{3i} V_i^{\frac{1}{n}-1} f_i^{\frac{w+g}{n}-1} \quad (6.10)$$

şeklindedir. Burada; katsayılar aşağıdaki gibi bulunur.

Birinci operasyon için(alın frezeleme);

$$c_{21} = (c_1 + c_0) K_{21} \quad (6.11)$$

$$K_{21} = \frac{\pi d K}{1000 z} = 11.78 \quad (6.12)$$

c_1=0.45 ve c_0=1.45 alınırsa;

c_{21}=22.382 bulunur.

$$c_{31} = c_{t1} K_{31} \quad (6.13)$$

$$K_{31} = \frac{5^{9/n}\pi dKa^{\frac{w-9}{n}}}{60000\,zc^{1/n}} \tag{6.14}$$

Değerler yerine konulduğunda K_{31}=3,055x10^{-8} bulunur.

C_{31}=49,5x3,055x10^{-8}=1,51x10^{-6} elde edilir.

İkinci operasyon için(cep frezeleme);

$$c_{22} = (c_1 + c_0)K_{22} \tag{6.15}$$

$$K_{22} = \frac{\pi dK}{1000z} = \frac{\pi.10.450}{1000.4} = 3.53$$

c_{22}=6.715 elde edilir.

$$c_{32} = c_{t2}K_{32}$$

$$K_{32} = \frac{5^{0,14/0,15}\pi 10.450.10^{\frac{0,14-0,28}{0,15}}}{60000.4.33,98^{1/0,15}} = 1,9145\times10^{-12} \tag{6.16}$$

c_{32}=7,55xK_{32}=1,445x10^{-11} olarak elde edilir.

Üçüncü operasyon için(kanal frezeleme);

$$c_{23} = (c_1 + c_0)K_{23} \tag{6.17}$$

$$K_{23} = \frac{\pi dK}{1000z} = \frac{\pi.12.32}{1000.4} = 0.30 \tag{6.18}$$

c_{23}=0.573 elde edilir.

$$c_{33} = c_{t3}K_{33}$$

$$K_{33} = \frac{5^{0,14/0,15}\pi 12.32.10^{\frac{0,14-0,28}{0,15}}}{60000.4.33,98^{1/0,15}} = 1,63\times10^{-13} \tag{6.19}$$

c_{32}=7,55xK_{32}=1,23x10^{-12} olarak elde edilir.

Burada maliyet denklemi (6.10) yeniden düzenlenirse;

$$c_m = 22,382V_1^{-1}f_1^{-1} + 1,51\times10^{-6}V_1^{2,33}f_1^{0,4} + 6,715V_2^{-1}f_2^{-1} + 1,445\times10^{-11}V_1^{6,67}f_1^{1,8} + 0,573V_3^{-1}f_3^{-1} + 1,23\times10^{-12}V_3^{6,67}f_3^{1,8} \tag{6.20}$$

elde edilir.

Birim üretim zamanı hazırlık zamanı, işleme ve takım değiştirme zamanları toplamıdır. Tek takımlı frezeleme operasyonlarında sadece eskimiş takımın değiştirilmesi ihtiyacı vardır. Her parça için takım değiştirme zamanı işleme zamanının takım ömrüne bölümüne bağlı hesaplanır.

Çok takımlı frezelemede üretim zamanı;

$$t_m = K_{21}V_1^{-1}f_1^{-1} + K_{22}V_2^{-1}f_2^{-1} + K_{23}V_3^{-1}f_3^{-1} \quad (6.21)$$

$$t_m = 11{,}78V_1^{-1}f_1^{-1} + 3{,}53V_2^{-1}f_2^{-1} + 0{,}30V_3^{-1}f_3^{-1} \quad (6.22)$$

Bu eşitlik gerçek işleme zamanını gösterir.

Çok takımlı işler için tek takımlıda olduğu gibi çok kriterli optimizasyon uygunluk fonksiyonu, w1 ve w2 ağırlık değerleri olmak üzere;

$$F(x) = w_1c_m + w_2t_m \quad (6.23)$$

olarak tanımlanır.

6.4.2. Kısıtlar

Değişken parametrelerimiz; v, f, olmak üzere v kesme hızını, f ilerleme hızını temsil etmektedir. Bu parametreler ayrıca kısıt olarak kullanılacaktır. Kısıtlarımızın yanında kullandığımız sabit parametrelerde matematiksel modelimizde yer alacaktır. Aşağıda tek takımlı ve çok takımlı işler için kısıtlar verilmektedir.

Tek takımlı operasyonlar için kısıtlar;

$$g_1 = V - 150 \le 0$$

$$g_2 = 50 - V \le 0$$

$$g_3 = f - 0{,}3 \le 0$$

$$g_4 = 0{,}08 - f \le 0$$

$$g_5 = 0{,}07576Vf^{0{,}8} - 1 \le 0$$

$$g_6 = 3{,}198 f - 1 \le 0$$

Çok takımlı operasyonlar için kısıtlar;

Birinci operasyon için kısıtlar aşağıdaki gibi verilir.

$$g_1 = V - 150 \le 0$$

$$g_2 = 50 - V \le 0$$

$$g_3 = f - 0{,}3 \le 0$$

$$g_4 = 0{,}05 - f \le 0$$

$$g_5 = 0{,}07576 V f^{0{,}8} - 1 \le 0$$

$$g_6 = 3{,}198 f - 1 \le 0$$

İkinci operasyon için kısıtlar aşağıdaki gibi verilir.

$$g_1 = V - 80 \le 0$$

$$g_2 = 20 - V \le 0$$

$$g_3 = f - 0{,}3 \le 0$$

$$g_4 = 0{,}05 - f \le 0$$

$$g_5 = 0{,}05369 V f^{0{,}8} - 1 \le 0$$

$$g_6 = 0{,}993 f^2 - 1 \le 0$$

Üçüncü operasyon için kısıtlar aşağıdaki gibi verilir.

$$g_1 = V - 60 \le 0$$

$$g_2 = 20 - V \le 0$$

$$g_3 = f - 0{,}3 \le 0$$

$$g_4 = 0{,}05 - f \le 0$$

$$g_5 = 0{,}0505 V f^{0{,}8} - 1 \le 0$$

$$g_6 = 0{,}828 f^2 - 1 \le 0$$

6.5. Notasyonlar

a_a	(mm)	Eksenel kesme derinliği
a_r	(mm)	Radyal kesme derinliği
a, b,c,d	(mm)	Yüzey pürüzlülüğü denklemindeki üstel sabitler
C		Yüzey pürüzlülüğü denklemindeki sabit
C_o	(YTL)	İşçilik ve üst yönetim maliyetleri
C_1	(YTL)	Ayar maliyeti
C_{mat}	(YTL)	Hazırlık maliyeti
C_u	(YTL)	Birim üretim maliyeti
D	(mm)	Freze çapı
f	(mm/diş)	İlerleme hızı
F	(Newton)	Tezgah kuvveti
K		İşleme zamanı eşitliği katsayısı
K_e		Takım ömrü eşitliği katsayısı
K_1		Birim üretim zamanı eşitliği katsayısı
K_2		İşleme zamanı eşitliği katsayısı
K_3		Birim üretim zamanı eşitliği katsayısı
n, g. w		birim üretim zamanı formülünde kullanılan üstel sabitler
N	(dev/dak)	Devir sayısı
P	(KW)	Tezgah gücü
R_a	(Ц)	Yüzey pürüzlülüğü değeri
R_i	(YTL)	Kar oranı
r	(mm)	Takım burun açısı
T	(dakika)	Takım ömrü
t_m	(dakika)	İşleme zamanı
t_{tc}	(dakika)	Takım değiştirme zamanı
t_s	(dakika)	Hazırlık zamanı
t_u	(dakika)	Birim üretim zamanı
V	(mm/dak)	Kesme hızı
x_0		Yüzey pürüzlülük denkleminde kullanılan sahte değişken
x_1	(mm/dak)	Kesme hızını ifade eden temsili değer
x_2	(mm/diş)	İlerleme hızını ifade eden temsili değer
x_3	(radyan)	Talaş açısını ifade eden temsili değer
x_4	(mm)	Burun yarıçapını ifade eden temsili değer
z	(adet)	Freze bıçağı üzerindeki diş sayısı
€		Üstel hata sembolü
&		Takım ömrü eşitliği üstel sabiti

7. FREZE İŞLEMİNDE OPTİMUM KOŞULLARIN BELİRLENMESİNDE GA YAKLAŞIMI

Optimum koşulların belirlemek için yapılan optimizasyon işleminde öncelikle genetik algoritma yaklaşımı tek amaçlı optimizasyon problemleri için uygulanmış olup, daha sonra çok amaçlı optimizasyon problemleri için genişletilmiştir. Çok amaçlı optimizasyon problemleri için GA'ların temel amacı tek amaçlı optimizasyon problemi için olanla aynıdır. Yani, tek amaçlı optimizasyon problemleri için kodlama yöntemi ile çok amaçlı optimizasyon yöntemi için kullandığımız kodlama yöntemi aynı şekildedir. Üreme, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörlerin yaklaşım mantığı da tek amaçlı optimizasyon ile çok amaçlı optimizasyon problemlerinde yaklaşım mantığı farklılıklar içerir. Mesela değerlendirme, seçim gibi genetik operatörlerde ve seçkinci stratejide çok amaçlı optimizasyon problemleri için değişiklik yapılması gerekir. Yaptığımız çalışmada ilk olarak çok amaçlı optimizasyon problemlerimizin arka planını açıklayıp, çok amaçlı genetik algoritma kurulacaktır.

7.1. Çok Amaçlı GA' ların Arka Planı

Çok amaçlı genetik algoritmalar genellikle çok amaçlı optimizasyon probleminin egemen olunmamış (bastırılmamış) çözümünü bulmaya çalışır. Aşağıdaki *n* amaçlı bir optimizasyon problemini göz önüne alalım.

$f_1(x), f_2(x),....., f_n(x)$'i maksimize et

Burada, x belirlenecek bir nokta ve $f_1(x), f_2(x),....., f_n(.)$ maksimize edilecek n sayıdaki amaç fonksiyonudur. Eğer uygulanabilir çözüm çok amaçlı optimizasyon probleminin uygulanabilir diğer tüm çözümleri tarafından bastırılmazsa, o çözümün bastırılmamış bir çözüm olduğu söylenir. Aşağıdaki eşitsizlikler, iki x çözümü ve y arasında tutulduğu zaman, çözümün y çözümü tarafından bastırıldığı söylenir.

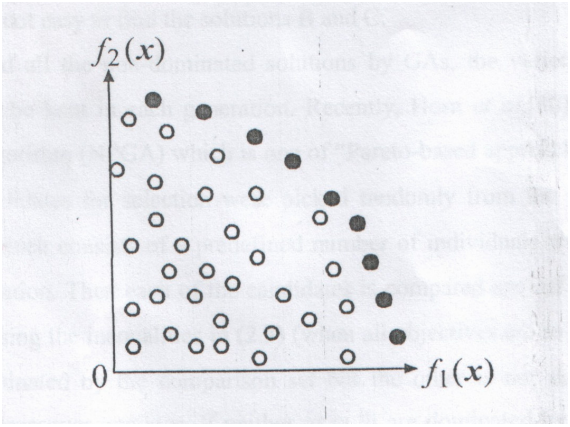
$$\forall_i \, . \, f_i(x) \leq f_i(y) \quad \text{ve} \; \exists_j : f_j(x) < f_j(y) \qquad (7.1)$$

Bastırılmamış çözümlerle ilgili örnekler, bastırılmış çözümlerin ve bastırılmamış çözümlerin, iki boyutlu uzayda sırasıyla içi boş çemberler ve içi dolu çemberler ile göz önünde canlandırıldığı Şekil 7.1'de gösterilmektedir. Şekil 5.1'deki iki boyutlu uzay aşağıdaki çok amaçlı optimizasyon problemine karşılık gelmektedir.

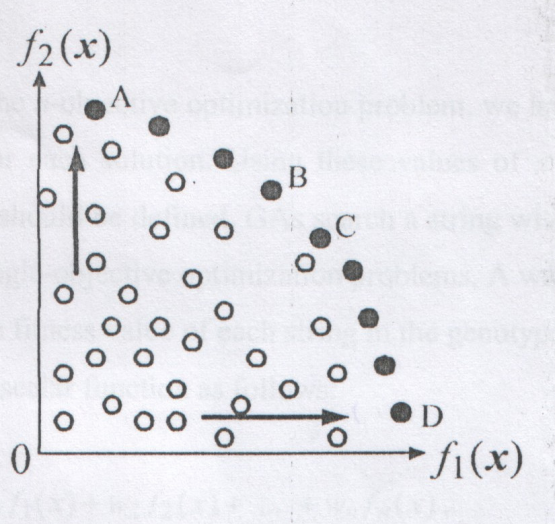
$f_1(x)$, $f_2(x)$ ve $f_3(x)$ maksimize et

Şekil 7.1'de görüldüğü gibi, çok amaçlı optimizasyon problemlerinin genellikle bastırılmammış birkaç çözümü vardır.

Çok amaçlı algoritmamızın amacı, genellikle tek bir nihai çözümü belirlemek olmamakla birlikte çok amaçlı optimizasyon probleminin bastırılmamış tüm çözümlerini bulmaktır. Karar verici ile yineleyici bir etkileşim olmaksızın, tek amaçlı bir optimizasyon problemi için tek bir çözümü seçmek zor olduğundan, tek genel yaklaşım, karar vericiye bastırılmamış çözümler dizisini göstermektir. Daha sonra, karar vericinin tercihine bağlı olarak, bastırılmamış çözümlerden biri seçilebilir. Schaffer'in çalışmasından bu yana, çeşitli durumlarda, GA'ların çok amaçlı optimizasyon problemlerine doğru genişletilmesi önerilmiştir. Önceden önerilmiş olan hemen hemen tüm yaklaşımlar şu iki sınıftan birisi içine sokulabilir; "popülasyon temelli non-Pareto yaklaşım" veya onların seçim şemaları tarafından "Pareto –temelli yaklaşım".



Şekil 7.1. Bastırılmamış Çözüm (Dolu Çemberler) Ve Bastırılmış Çözüm (Boş Çemberler)



Şekil 7.2. Schaffer'in Yaklaşımı Ve Kursawe'nin Yaklaşımında Araştırma (Arama) Yönleri

Bu alanda öncü bir çalışma olan Schaffer tarafından önerilen vektör değerlendirmeli genetik algoritma [VEGA], onun alt popülasyon oluşturacak seçimi n sayıdaki amaçtan birine göre ayrı ayrı yorumlandığı için, "popülasyon temelli yaklaşım"lardan biridir. Kursawe *n* sayıdaki amaçtan birini, her bir amaca atanan "kullanıcı tanımlanabilirlik" ihtimaline göre seçme fikrini ortaya attığı "popülasyon temelli bir yaklaşım" önermiştir. GA'ların Schaffer'de ve Kursawe'de bir araştırma yönleri vardır. Şekil 7.2.de çok amaçlı optimizasyon problemi ile ilgili durum için, bu yaklaşımların araştırma yönünü göstermekteyiz. Şekil 7.2'den bekleyebileceğimiz gibi, bu yaklaşımlar kolaylıkla A ve D çözümleri bulabilseler de, B ve C çözümleri bulmak kolay değildir.

GA'lar tarafından bastırılmamış tüm çözümleri bulmak amacıyla, her bir nesilde bireylerin farklılığının (yani çözümlerin) korunması gerekir. Algoritmanın

kurulması ve problemin çözümünde "Pareto temelli yaklaşımlar" dan biri olan uygun yer bulmuş Pareto genetik algoritmasını (NPGA) kullanılmıştır. Seçim şemalarında, seçim için iki aday geçerli (güncel/şimdiki) popülasyondan rasgele alınmıştır Geçerli popülasyondan, önceden belirlenmiş çok sayıdaki bireyden oluşan karşılaştırma seti de seçilmiştir. Daha sonra, adaylardan her biri eşitsizlikleri kullanan bir karşılaştırma seti içinde birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Eğer, bir aday karşılaştırma setiyle bastırılıp, diğer aday bastırılmazsa, çaprazlama operatörü için son zikredilen seçilir. Eğer hiç biri veya her ikisi de karşılaştırma seti tarafından bastırılmazsa, paylaşma tekniği sırasındaki uygunluk benimsenir.

7.2. Metodoloji

GA'ları *n* amaçlı optimizasyon problemine uyguladığımız zaman, amaç fonksiyonlarının değerlerini her bir çözüm için değerlendirmemiz gerekir. Bu amaç fonksiyonu değerlerini kullanmak suretiyle, her bir dizginin/ipliğin (string) uygunluk değerinin tanımlanması gerekir. GA'lar, tek amaçlı optimizasyon probleminde olduğu gibi, genotip dünyası içinde daha iyi uygunluk değeri olan bir dizgiyi ararlar. Amaç fonksiyonlarının değerlerini genotip dünyası içindeki her bir dizginin uygunluk değerine dönüştürme yolu, amaç fonksiyonunu skaler bir fonksiyonla aşağıdaki gibi birleştirmektir.

$$f(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + \ldots + w_n f_n(x) \qquad (7.2)$$

Burada, f(x) x'in uygunluk fonksiyonu $w_1,\ldots,w_n$ *n* sayıdaki amaç için negatif olmayan ağırlıklardır. Bu ağırlıklar aşağıdaki ilişkileri ortaya çıkarır:

$$w_i \geq 0 \quad (i = 1,2,\ldots,n) \qquad (7.3)$$

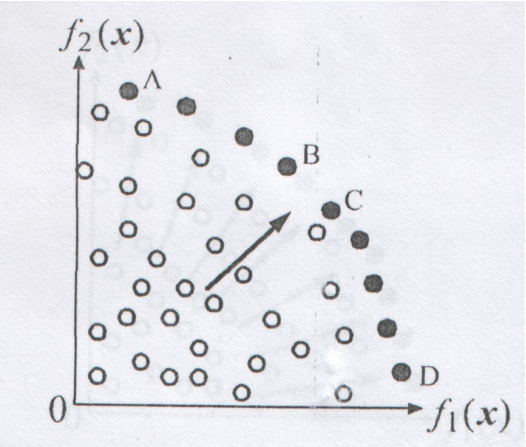
için:

$$w_1 + w_2 + \ldots + w_n = 1 \qquad (7.4)$$

Eğer iki amaçlı optimizasyon problemi için sabit ağırlık değerlerini kullanırsak, arama yönü GA tarafından Şekil 7.3'de gösterildiği gibi sabitlenir. Şekil 5.3'deki arama yönü, iki boyutlu amaç uzayı içindeki $w = (w_1, w_2) = (0,5, 0,5)$ Arama yönü sabitlendiği zaman, bastırılmamış çözümlerle ilgili bir farklılık elde etmek kolay değildir. 5.3'deki ele alındığında, $w = (w_1, w_2) = (0,5, 0,5)$ sabit ağırlık vektörü olan GA'lar, kolaylıkla B ve C çözümlerini bulmakla birlikte, A ve D çözümlerini bulmak zordur.

Yukarıdaki değerlendirmelerden, ne sabit ağırlık değeri yaklaşımının, ne de tek bir amacın seçiminin, çok amaçlı optimizasyon probleminin bastırılmamış tüm çözümleri bulmak için elverişli olduğunu söyleyebiliriz. Bunun nedeni, çok amaçlı arama problemlerinin bastırılmamış çözümlerle ilgili farklılığı bulmak için gerekli olmasıdır. Çeşitli arama yönlerini gerçekleştirmek amacıyla, "rasgele belirlenmiş ağırlık değerleri" fikrini ortaya atıyoruz. Ağırlık değerleri aşağıdaki gibi belirlenir.

$$w_i = \text{rasgele}_i / (\text{ragele}_1 + \ldots\ldots + \text{rasgele}_n), \quad i = 1, 2, \ldots, n \qquad (7.5)$$

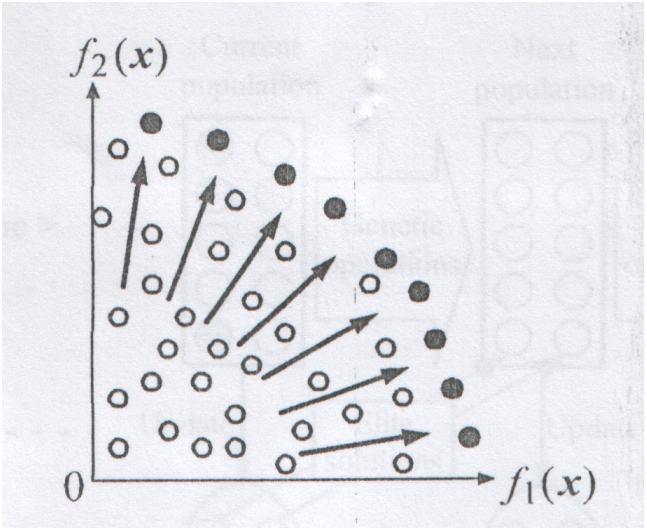


Şekil 7.3. Sabit Ağırlık Vektörü Tarafından Belirlenen Arama Yönü

Burada, ($rasgele_1$ + $rasgele_2$ + ...+ $rasgele_n$ negatif olmayan rasgele sayılardır (veya negatif olmayan tam sayılardır). Çeşitli ağırlıklarla uyumluluk fonksiyonundan operatör seçiminde yararlanılır.

Çaprazlama operatörü ile bir ürün oluşturmak için geçerli olan ψ popülasyonundan bir ana-baba dizgisi çiftinin seçilmesi gerektiği zaman, ilk olarak rasgele bir şekilde ağırlık (w_1, w_2, ...,w_n) değerleri belirlenir. Daha sonra, geçerli olan ψ popülasyonu içindeki her bir x çözümünün uygunluk değeri, n sayıdaki amacın ağırlıklı toplamı olarak hesaplanır.

Bir ürün (yani yeni bir dizgi), seçilmiş ana-baba dizgisi çifterinden çaprazlama operatörü tarafından yaratılır. Daha sonra, yeni dizgiye mutasyon operatörü uygulanır. Başka bir ana-baba çifti seçildiği zaman, tekrar rasgele bir şekilde *n* sayıdaki ağırlık değeri (w_1, w_2, ...,w_n) seçeriz. Yani her bir seçim için farklı bir ağırlık vektörü kullanırız. böylece çok amaçlı genetik algoritmamızdaki seçimin şekil 7.4'de görüldüğü gibi çeşitli arama yönleri vardır.



Şekil 7.4. Çok Amaçlı Genetik Algoritmanın Çeşitli Arama Yönleri

Çok amaçlı optimizasyon için GA'ların yönetilmesi sırasında, iki çözüm dizisi hafızaya alınır (depolanır, saklanır). n sayıdaki popülasyon ve tahmini (kesin olmayan) bastırılmamış çözümler dizisi. Geçerli topluluk içindeki tüm dizgiler değerlendirildikten sonra, bastırılmamış çözümlerin tahmini dizisi geçerli popülasyon tarafından güncelleştirilir. Yani geçerli topluluk içindeki bir dizgi, geçerli topluluk ve bastırılmamış tahmini çözümler içindeki herhangi bir popülasyon tarafından baskı altına alınmazsa (bastırılmazsa), bu dizgi tahmini diziye eklenir. Daha sonra eklenmiş olanlar tarafından bastırılmış tüm çözümler tahmini dizinden çıkarılır (elimine edilir). Bu durumda bastırılmamış çözümlerin tahmini dizisi, çok amaçlı optimizasyon problemleri için GA'lar içindeki her nesilde güncelleştirilir. Tahmini bastırılmamış çözümler dizisinden, çok az sayıdaki çözüm rasgele bir şekilde seçilip, geçerli topluluğa eklenir. Rasgele seçilen bastırılmamış çözümler, hiçbir genetik operasyon olmadan geçerli topluluğa eklendikleri için, bir tür elit çözüm olarak görülebilirler.

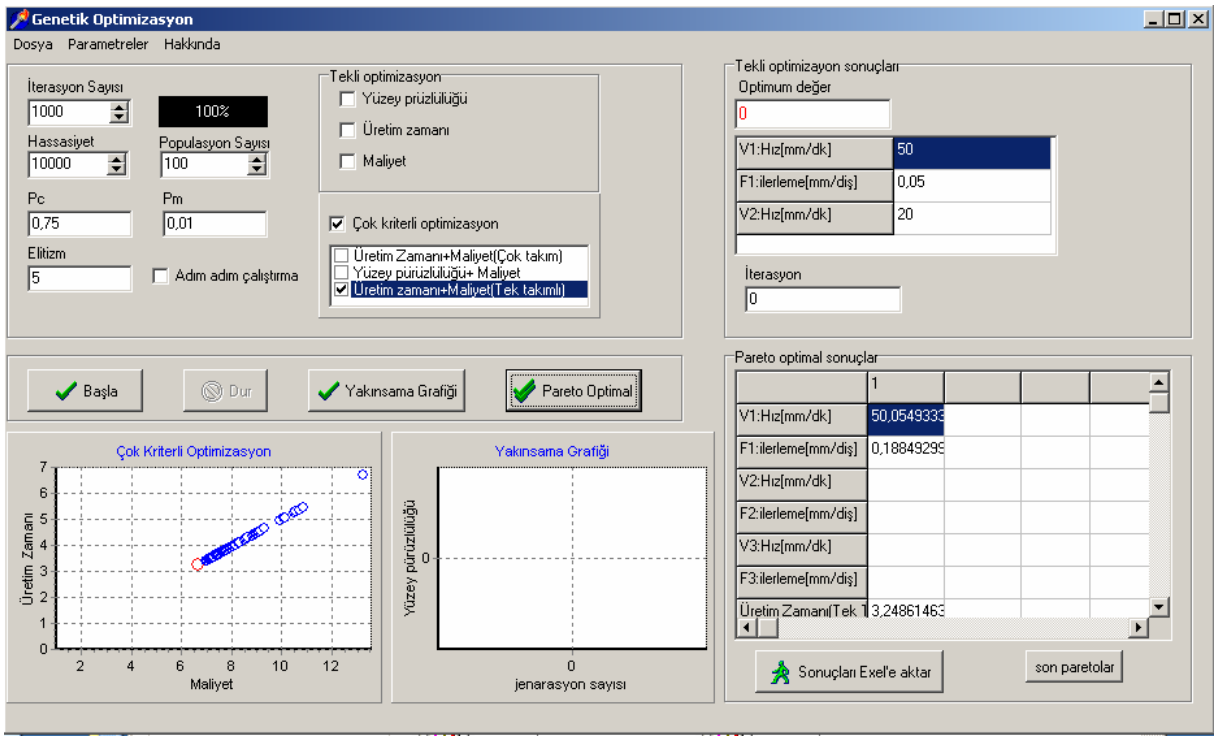
Tablo 7.1. Çok Amaçlı Optimizasyon Tekniğinin Aşamaları

Adım 0 (Başlatma)	Rasgele bir şekilde, N_{poo}'un popülasyon büyüklüğü olduğu N_{pop} dizgilerinden oluşan bir başlangıç popülasyonu oluşturunuz.
Adım 1 (değerlendirme)	Dizgilerin kodlarını fenotip dünyası içindeki çözümlere göre çözünüz. Ardından her bir çözüm için n sayıdaki amacın değerini hesaplayınız. Daha sonra tahmini bastırılmamış çözümler dizisini güncelleştiriniz.
Adım 2 (seçim)	N_{pop} dizgilerini yaratmak amacıyla, izleyen ana baba dizgilerini seçme prosedürünü tekrarlayınız. uygunluk fonksiyonu içindeki $(w_1, w_2, ...,w_n)$ ağırlık değerlerini rasgele bir şekilde belirleyiniz.. Seçim ihtimaline göre bir ana baba dizgisi seçiniz.
Adım 3 (Çaprazlama)	Çaprazlama operatörlerini ikinci adımda seçilen çiftlerin her birine uygulayınız.
Adım 4 (Mutasyon)	Oluşturulan dizgilerin her birine P_m mutasyon olasılığı ile mutasyon operatörü uygulayınız.
Adım 5 (seçkinci stratejisi)	N_{elite} çözümlerini oluşturulan N_{pop} çözümlerinden rasgele bir şekilde atınız (çıkarınız) ve tahmini bastırılmamış çözümler dizisinden rasgele bir şekilde seçilmiş olan N_{elite} çözümlerini ekleyiniz.
Adım 6 (Sonlandırma testi)	Eğer önceden belirlenmiş durdurma koşulundan memnun kalınmışsa, algoritmayı durdurunuz. Aksi halde, Adım 1'e dönünüz.

Çok amaçlı optimizasyon problemleri için genetik bir algoritma kurmak amacıyla, değerlendirme, seçim ve önceki bölümlerdeki seçkinci strateji gibi üzerlerinde değişiklik yapılmış bazı işlemleri göz önüne aldık. Çok amaçlı optimizasyon için, bu işlemleri kullanmak suretiyle bir çok amaçlı genetik algoritma kurabiliriz. Çok amaçlı genetik algoritmanın akış diyagramı Tablo 7.1 de verilmiştir..

7.3. Elde edilen sonuçlar

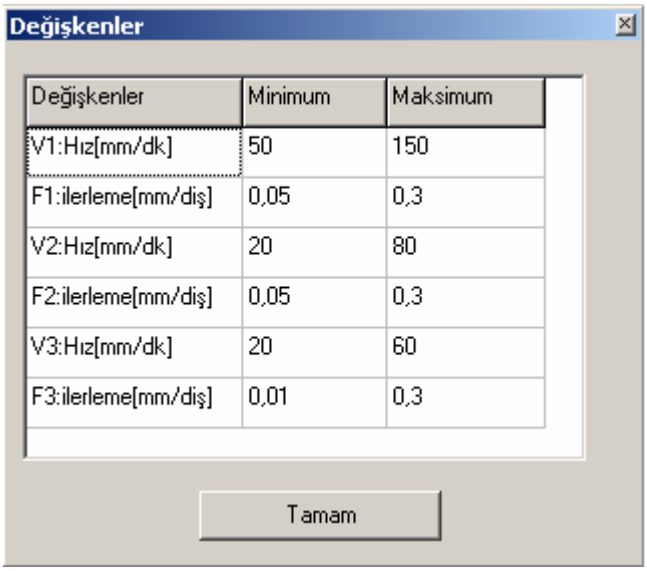
Bu aşamada bölüm 7.2'de anlatılan metodoloji ile geliştirdiğimiz model yardımıyla freze işleminde optimum kesme koşulların analizi yapılmıştır. Birim üretim maliyetini ve birim üretim zamanını minimize etmek üzere bölüm 6.4 de kurulan matematiksel modelimiz, Şekil 7.5'de verilen sınırlar ve bölüm 6.4.2 de verilen kısıtlar çerçevesinde optimize edilmiş ve optimum kesme hızı (V) ve optimum ilerleme hızı (f) değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Geliştirilen programın ana arayüzü Şekil 7.4'de görülmektedir.



Şekil 7.5 Tek takımlı işler için program ana arayüzü

Şekilde 7.4'de görüleceği üzere Genetik algoritmaya ait parametreler popülasyon sayısı, çaprazlama oranı, mutasyon oranı ve elitizm kullanıcı tarafından girilebilmektedir. Ayrıca çok takımlı ve tek takımlı optimizasyon seçeneklerini konularak her iki değerlendirmeyi de yapma imkanı sunulmuştur. Bulunan pareto optimal sonuçlar grafik olarak çizdirilmekte ve Exel'e aktarılmaktadır.

Tek takımlı operasyonlar için Genetik algoritma parametreleri için alınan değerler Tablo 7.2' de verilmiştir.



Şekil 7.6 Yazılım programı değişkenler arayüzü

Tablo 7.2. Tek takımlı operasyonlar için GA parametreleri değerleri

Popülasyon Sayısı	İterasyon Sayısı	Hassasiyet	P_c	P_m	Elitizm
100	1000	10000	0,75	0,01	5

Çaprazlama oranı ve Mutasyon oranı için literatürde kullanılan değer aralıklarından 0,75 ve 0,01 değerleri alınmış, üreme işlemleri için seçim yöntemi ''rulet tekerleği'' kullanılmıştır.

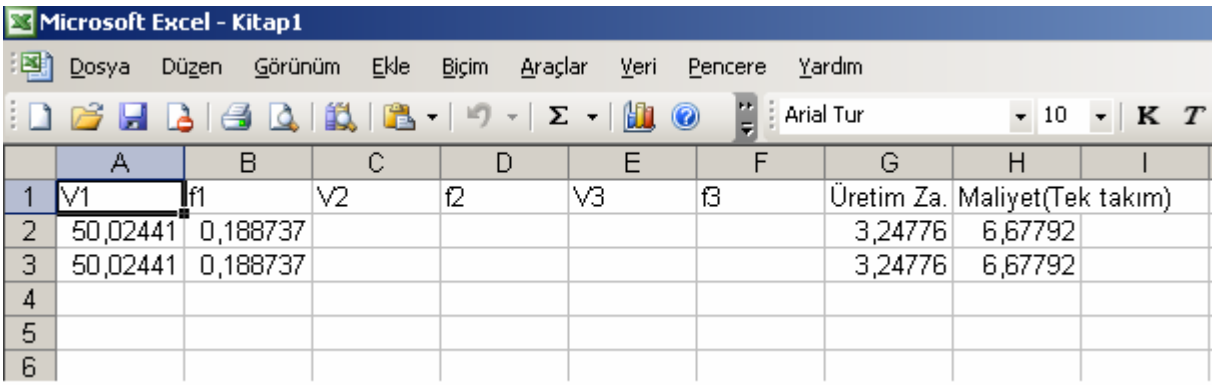
Tek takımlı işler için Tablo 7.2'de görüldüğü gibi Popülasyon sayısı 100, iterasyon sayısı 1000 alınarak optimum kesme koşulları elde edilmiştir. Hassasiyet

değerini 10000 olarak alarak P_c ve P_m değerlerini ifade eden değerler de sırasıyla çaprazlama ve mutasyon oranlarını belirtmektedir.

Elde ettiğimiz her optimum kesme koşulu değeri için Tablo 7.3. de belirtilen problem aşamasında kullandığımız minimum ve maksimum değer aralıkları verilen V ve f değerleri kullanılmıştır. Tablo 7.3. sınırlar ve Bolum 6.4.2 de verilen kısıtlar çerçevesinde program çalıştırıldığında Şekil 7.7 deki pareto optimal değerler elde edilmiştir.

Tablo 7.3. Tek takımlı işler için parametre değerleri

Değişkenler	Minimum	Maksimum
V : hız (mm/dk)	50	150
f : ilerleme(mm/diş)	0,05	0,30



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	V1	f1	V2	f2	V3	f3	Üretim Za.	Maliyet(Tek takım)	
2	50,02441	0,188737					3,24776	6,67792	
3	50,02441	0,188737					3,24776	6,67792	
4									
5									
6									

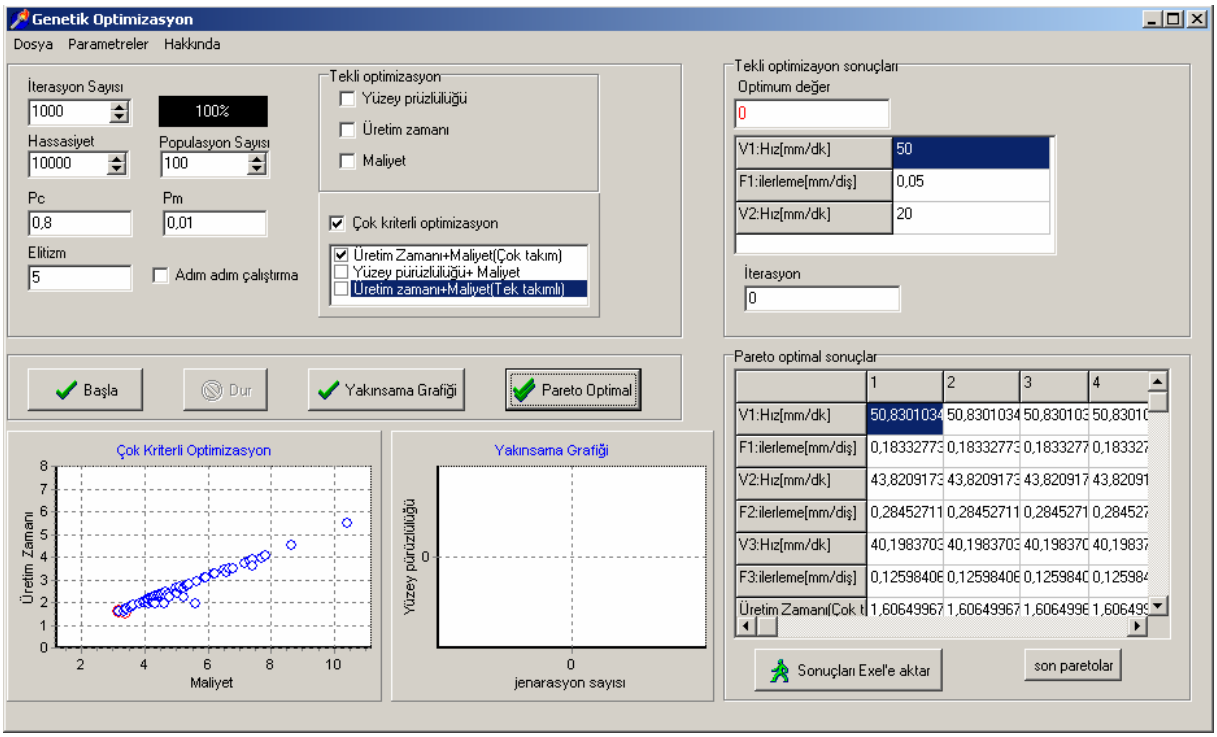
Şekil 7.7 Tek takımlı işler için Pareto optimal sonuçlar

Çok takımlı işler olarak da Alın frezeleme, Cep frezeleme ve Kanal frezeleme ele alınmış ve üretim zamanı ve maliyet optimize edilmiştir. Çok takımlı işler için parametrelerin değer aralıkları Tablo 7.4 de verilmiştir.

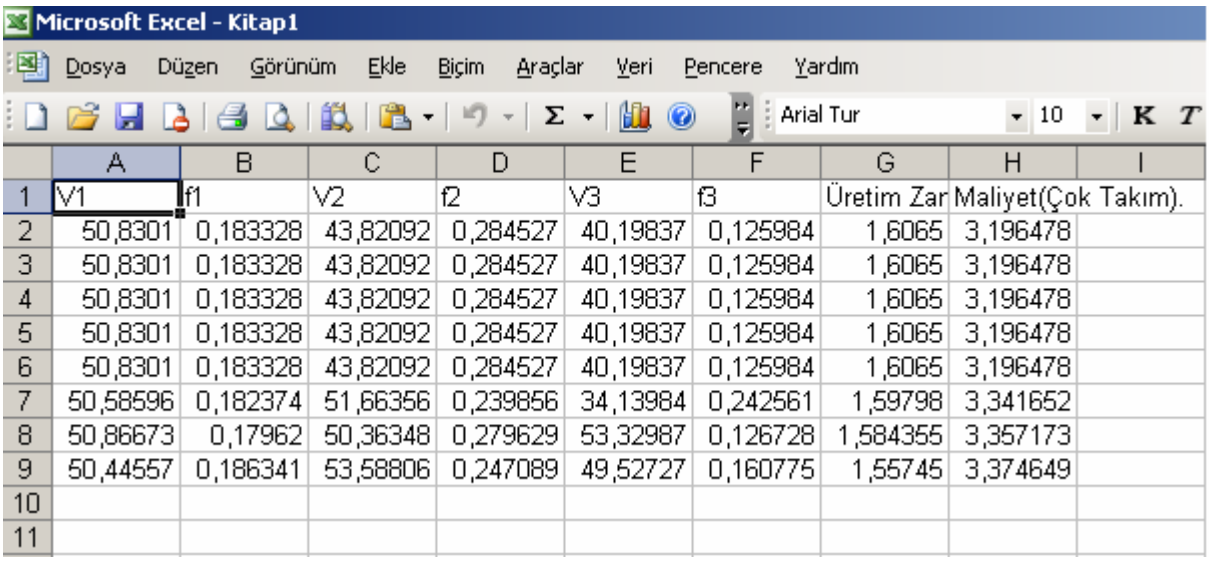
Tablo 7.4. Çok takımlı işler için Parametre değerleri

Değişkenler	Minimum	Maksimum
v_1 : hız (mm/dk)	50	150
f_1 : ilerleme(mm/diş)	0,05	0,30
v_2 : hız (mm/dk)	20	80
f_2 : ilerleme(mm/diş)	0,05	0,30
v_3 : hız (mm/dk)	20	60
f_3 : ilerleme(mm/diş)	0,01	0,30

Çok takımlı işler için programı arayüzü Şekil 7.8 de görülmektedir. Çok takımlı işler için Popülasyon sayısı 100, iterasyon sayısı 1000 çaprazlama oranı P_c=0.75 ve P_m=0.01 değerleri verilerek gerçekleştirilen optimizasyonun pareto optimal sonuçlar Şekil 7.9 da görülmektedir.



Şekil 7.8 Çok takımlı işler için program arayüzü


Microsoft Excel - Kitap1

Dosya Düzen Görünüm Ekle Biçim Araçlar Veri Pencere Yardım

Arial Tur 10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	V1	f1	V2	f2	V3	f3	Üretim Zar	Maliyet(Çok Takım).	
2	50,8301	0,183328	43,82092	0,284527	40,19837	0,125984	1,6065	3,196478	
3	50,8301	0,183328	43,82092	0,284527	40,19837	0,125984	1,6065	3,196478	
4	50,8301	0,183328	43,82092	0,284527	40,19837	0,125984	1,6065	3,196478	
5	50,8301	0,183328	43,82092	0,284527	40,19837	0,125984	1,6065	3,196478	
6	50,8301	0,183328	43,82092	0,284527	40,19837	0,125984	1,6065	3,196478	
7	50,58596	0,182374	51,66356	0,239856	34,13984	0,242561	1,59798	3,341652	
8	50,86673	0,17962	50,36348	0,279629	53,32987	0,126728	1,584355	3,357173	
9	50,44557	0,186341	53,58806	0,247089	49,52727	0,160775	1,55745	3,374649	
10									
11									

Şekil 7.9 Çok takımlı işler için Pareto optimal sonuçlar

Bolum 6.4.2'de verilen g_5 kısıtı a_{rad}=10 ve P_m=17 alınarak yeniden hesaplanır ve bu göre g_5 kısıtının alacağı yeni değerler aşağıda verilmiştir.

Tek takımlı operasyonlar için kısıtlar;

$$g_5 = 0{,}007576 Vf^{0{,}8} - 1 \le 0$$

Çok takımlı operasyonlar için kısıtlar;

Birinci operasyon için kısıtlar aşağıdaki gibi verilir.

$$g_5 = 0{,}007576 Vf^{0{,}8} - 1 \le 0$$

İkinci operasyon için kısıtlar aşağıdaki gibi verilir.

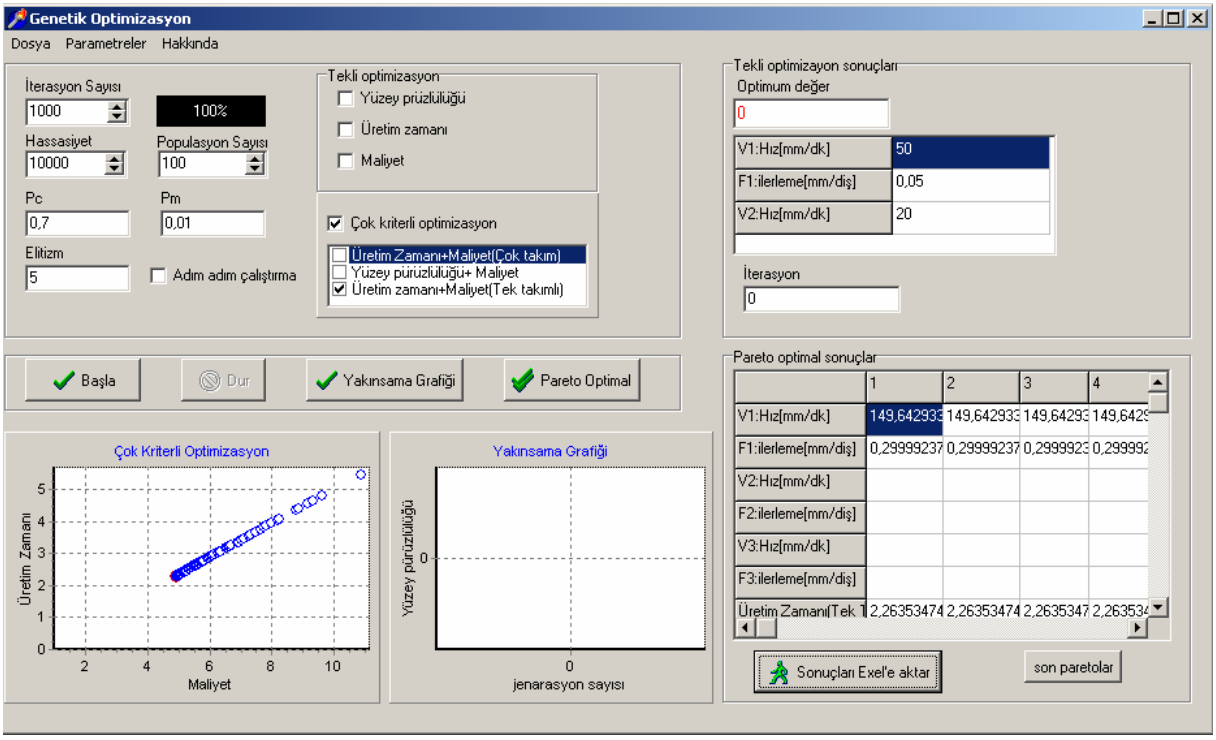
$$g_5 = 0{,}02684 Vf^{0{,}8} - 1 \le 0$$

Üçüncü operasyon için kısıtlar aşağıdaki gibi verilir.

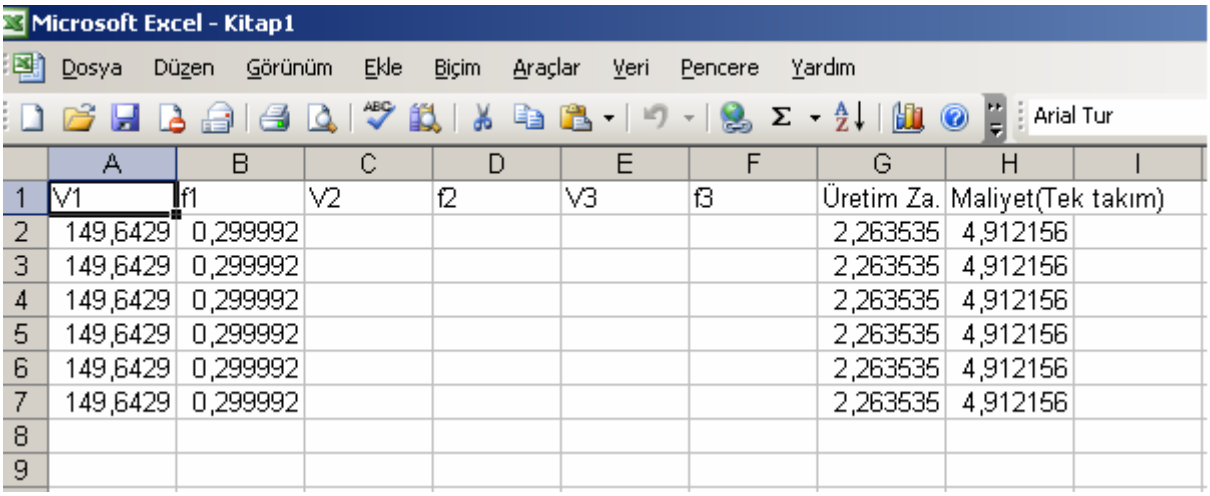
$$g_5 = 0{,}02525 Vf^{0{,}8} - 1 \le 0$$

Yukarıda verilen yeni g_5 kısıtına göre tek takımlı ve çok takımlı işler için yeniden optimizasyon yapılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tek takımlı işler için g_5 kısıtını değiştirip, Popülasyon sayısı 100, iterasyon sayısı 1000 çaprazlama oranı P_c=0.7 ve P_m=0.01 değerleri verilerek gerçekleştirilen optimizasyonun program arayüzü Şekil 7.10 ve pareto optimal sonuçalr ise Şekil 7.11'de görülmektedir.



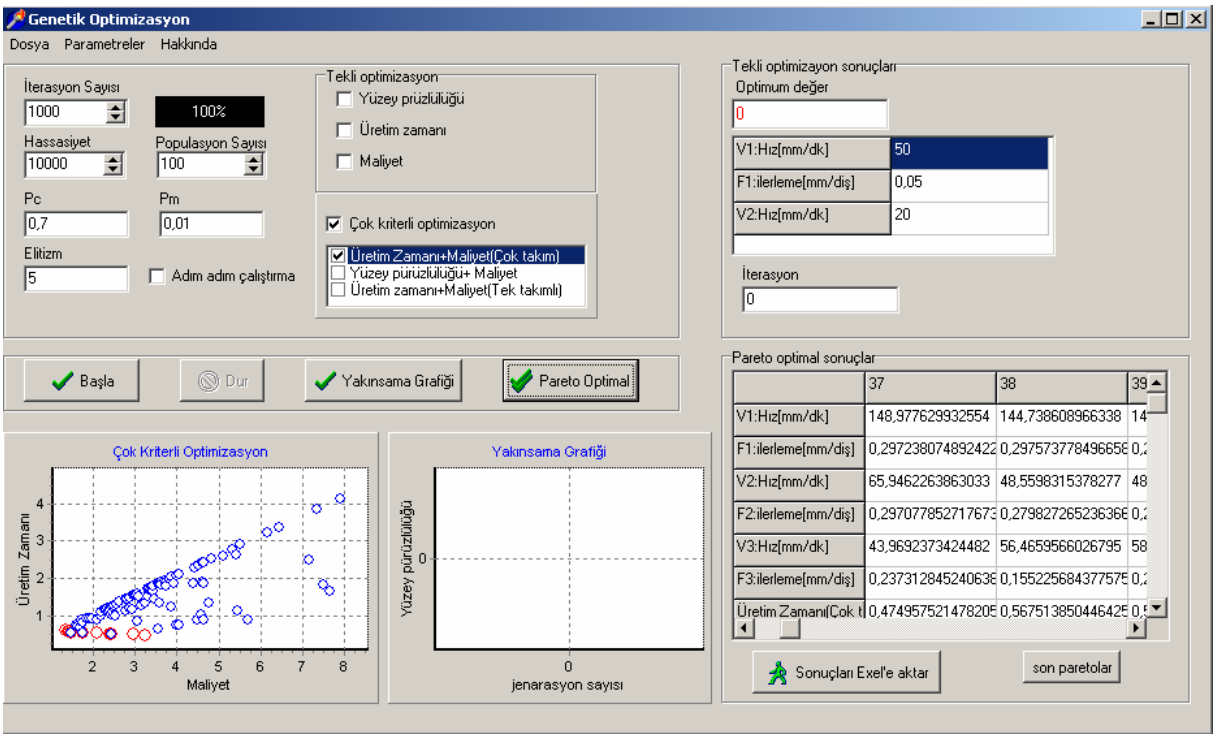
Şekil 7.10 Tek takımlı işler için program ana arayüzü (g_5 kısıtı değiştirilmiş)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	V1	f1	V2	f2	V3	f3	Üretim Za.	Maliyet(Tek takım)	
2	149,6429	0,299992					2,263535	4,912156	
3	149,6429	0,299992					2,263535	4,912156	
4	149,6429	0,299992					2,263535	4,912156	
5	149,6429	0,299992					2,263535	4,912156	
6	149,6429	0,299992					2,263535	4,912156	
7	149,6429	0,299992					2,263535	4,912156	
8									
9									

Şekil 7.11 Tek takımlı işler için Pareto optimal sonuçlar (g_5 kısıtı değiştirilmiş)

Çok takımlı işler için g_5 kısıtını değiştirip, Popülasyon sayısı 100, iterasyon sayısı 1000 çaprazlama oranı P_c=0.7 ve P_m=0.01 değerleri verilerek gerçekleştirilen optimizasyonun program arayüzü Şekil 7.12 ve pareto optimal sonuçlar ise Tablo 7.5'de görülmektedir.



Şekil 7.12 Çok takımlı işler için program ana arayüzü (g_5 kısıtı değiştirilmiş)

GA yardımı ile elde edilen sonuçların tahmin edilen sonuçlardan daha iyi değerler verdiği gözlenmiştir. Üreticiye çoklu seçenekler sunarak değerlendirme imkânı verilmişidir. Bir başka deyişle üretici o anki işletme koşullarını dikkate alarak optimum seçeneği tercih etmesi olanağı verilmiştir.

Tablo 7.5 Çok takımlı işler için Pareto optimal sonuçlar (g_5 kısıtı değiştirilmiş)

V_1	f_1	V_2	f_2	V_3	f_3	Üretim Zamanı (Çok Takım)	Maliyet (Çok Takım).
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
145,0407	0,292683	40,01953	0,29836	59,08811	0,172546	0,602561	1,362044
145,0407	0,292683	40,01953	0,29836	59,08811	0,172546	0,602561	1,362044
145,0407	0,292683	40,01953	0,29836	59,08811	0,172546	0,602561	1,362044
145,0407	0,292683	40,01953	0,29836	59,08811	0,172546	0,602561	1,362044
145,3459	0,299542	48,67153	0,285412	58,28242	0,271236	0,543664	1,479326
145,3459	0,299542	48,67153	0,285412	58,28242	0,271236	0,543664	1,479326
148,9776	0,297238	65,94623	0,297078	43,96924	0,237313	0,474958	3,234508
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
148,9776	0,297238	65,94623	0,297078	43,96924	0,237313	0,474958	3,234508
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
148,9776	0,297238	65,94623	0,297078	43,96924	0,237313	0,474958	3,234508
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
148,2147	0,292737	61,98737	0,284329	32,52113	0,26867	0,506126	2,424938
145,0407	0,292683	40,01953	0,29836	59,08811	0,172546	0,602561	1,362044
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
145,9502	0,282841	48,13868	0,285359	43,35154	0,199495	0,577026	1,45765
148,2147	0,292737	61,98737	0,284329	32,52113	0,26867	0,506126	2,424938
145,9502	0,282841	48,13868	0,285359	43,35154	0,199495	0,577026	1,45765
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
148,2147	0,292737	61,98737	0,284329	32,52113	0,26867	0,506126	2,424938
148,2147	0,292737	61,98737	0,284329	32,52113	0,26867	0,506126	2,424938
148,9776	0,297238	65,94623	0,297078	43,96924	0,237313	0,474958	3,234508
145,0407	0,292683	40,01953	0,29836	59,08811	0,172546	0,602561	1,362044
145,0407	0,292683	40,01953	0,29836	59,08811	0,172546	0,602561	1,362044
145,0407	0,292683	40,01953	0,294461	54,09772	0,190671	0,606135	1,355546
145,0346	0,292805	40,01953	0,294957	34,09711	0,226923	0,615215	1,351931
149,8901	0,290005	43,44554	0,299153	46,01642	0,163306	0,582524	1,362371
145,0346	0,292805	40,01953	0,294957	34,09711	0,226923	0,615215	1,351931
136,4986	0,298733	45,18326	0,286503	55,50401	0,270457	0,581564	1,412308
145,3459	0,299542	48,67153	0,285412	58,28242	0,271236	0,543664	1,479326
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
148,9776	0,297238	65,94623	0,297078	43,96924	0,237313	0,474958	3,234508
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
145,3459	0,299542	48,67153	0,285412	58,28242	0,271236	0,543664	1,479326
148,9776	0,297238	65,94623	0,297078	43,96924	0,237313	0,474958	3,234508
144,7386	0,297574	48,55983	0,279827	56,46596	0,155226	0,567514	1,460695
145,3459	0,299542	48,67153	0,285412	58,28242	0,271236	0,543664	1,479326
148,9776	0,297238	65,94623	0,297078	43,96924	0,237313	0,474958	3,234508
147,3388	0,295842	55,31846	0,294072	44,49171	0,236215	0,515793	1,769558
148,9776	0,297238	65,94623	0,297078	43,96924	0,237313	0,474958	3,234508
147,7752	0,285694	65,02884	0,28722	47,49229	0,230595	0,495414	2,958352
143,8475	0,296437	62,99448	0,264408	49,72869	0,273024	0,510284	2,418099
148,8311	0,291752	60,26063	0,260227	55,17319	0,290318	0,515128	2,098811
147,7752	0,285694	65,02884	0,28722	47,49229	0,230595	0,495414	2,958352

8. SONUÇ

Çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünde GA' ların kullanılması istenilen sonuçlara ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. Optimizasyon problemlerinin klasik çözümlerinde genellikle tek amaç hedeflenmektedir ve amaç sayısı arttığında klasik teknikler yetersiz kalmaktadır. Oysa GA, problem çözümünde tüm amaçları göz önünde tutabilmekte ve eş bu amaçları sağlayabilmektedir.

Optimizasyon problemlerinde tek amaçlı fonksiyonlardan çok amaçlı fonksiyonlara doğru çözüm aranmaya başlandığı noktada, çözümlerin bulunması güç olmaktadır. GA kullanılarak optimizasyonu yapılan problemlerde amaç fonksiyonlarımızı tek tek belirleyerek ve belirlediğimiz amaç fonksiyonlarının tekli optimizasyonu yapılabilmektedir. Ayrıca. amaç fonksiyonlarımız birleştirilerek çok kriterli optimizasyona dönüştürülerek GA tekniği ile optimize edilmekte ve çözüm aranmaktadır. Pareto modelini kullanarak yaptığımız çalışmada öncelikle amaç fonksiyonlarımızın tekli optimizasyonu yapılmıştır, daha sonra amaç fonksiyonlarımız birleştirilerek GA tekniği ile yeniden optimize edilmiştir.

Yapılan çalışmada binary (ikili) sayılı kodlama tekniği kullanılmıştır. Bu teknik gerçek sayı sistemli GA kodlamalarından daha iyi çözümler verdiği görülmüştür. Gerçek sayılı GA kodlama sistemleri daha hızlı çözüm bulmasına rağmen, binary (ikili) sayılı GA kodlama sistemleri evrimi daha iyi simile etmekte ve daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Bu nedenle Pareto metodu ile GA tekniği kullanılarak yapılan optimizasyon işlemlerinde binary (ikili) sayı sistemlerin kullanılması daha uygundur.

Yapılan çalışmada seçim aşamasında elitizm modelini kullanarak seçim yapılmıştır. Yani her iterasyon sonucunda paretooptimal sonuçlardan bir miktar birey (kromozom) rasgele olarak alınır ve bir sonraki popülasyona ilave edilir. Elitizm için alınacak paretooptimal çözüm miktarı 5-10 birey (kromozom) arasında değişir. Yapılan çalışmada elitizm için paretooptimal sonuçlardan rasgele seçilecek birey (kromozom) sayısı 5 olarak belirlenmiştir. Her iterasyon sonucu 5 birey (kromozom) bir sonraki popülasyona ilave edilmiştir.

GA kullanılarak optimize edilecek problemler için kullanılacak çaprazlama oranları 0,5 ile 0,9 arasında, mutasyon oranları ise 0,01 ile 0,05 arasında değişmektedir. Yapılan çalışmada literatürde belirtilen değerlere göre çaprazlama oranı ve mutasyon oranı literatürde bulunan değerlerden seçilmiştir. Seleksiyonda Rulet tekerleği yöntemi kullanılmıştır. Çaprazlama da tek noktalı çaprazlama esas alınmıştır. Mutasyonda ise bit mutasyon işlemi uygulanmıştır.

Bu anlatılan işlemler belirlediğimiz kısıt aralıkları içerisinde ve verdiğimiz değişken parametreleri aralıkları arasında, sabit değerleri de kullanarak alın ve parmak frezeleme işlemleri için uygulanmıştır. Alın frezeleme ve parmak frezeleme işlemleri belirlediğimiz amaç fonksiyonları aynı fonksiyonlar olup; minimum üretim zamanında, minimum maliyette en kaliteli yüzeye sahip parçaların frezeleme işleminde alın ve parmak frezeleme yöntemlerini kullanarak işlenmesinin analizi Pareto optimizasyon tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Pareto tarafından geliştirilen modelin GA yardımı ile çözümü irdelenmiştir. Modelimizde kullandığımız amaç fonksiyonlarını optimize edecek V ve f parametreleri ikilik bitlerle kodlanmıştır. V parametresi 15 bit ve f parametresi 15 bit olarak kodlanmıştır. Her iterasyonda kullanılan parametre değerleri kodladığımız bit sayısına göre ve verdiğimiz kısıt aralıklarına göre yeni değerler alarak işleme sokulmuştur.

Çoklu optimizasyon tekniğinde Pareto modelini kullanarak GA tekniği ile optimizasyon yapılan problemlerde birden fazla çözüm noktası elde edilir. Bu çözüm noktaları birbirleri ile kıyaslanacaktır ve uygun olmayan çözümler elimine edilecektir, uygun olan çözümler ise çözüm kümesine aktarılacaktır.

Bu çalışmada tek takımlı ve çok takımlı işler için frezeleme optimum koşulları belirlenmiştir. Bu çok kriterli bir problemin paretooptimal çözümleri GA metodu kullanılarak irdelenmiştir ve çıkan Paretooptimal çözümler her iki işlem için kıyaslanmıştır. Elde edilen paretooptimal sonuçlar üretici için alternatif çözümler sunmaktadır. Klasik yöntemlerle kıyaslandığında daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

.

9. KAYNAKÇA

A) Kitap ve Kitap Bölümleri için gösterim

Adewuya, A.A., 1996. New methods in Genetic Search with Real Valued Chromosomes, Master's Thesin, Cambridge Massachusetts Institute of Technology.

Akkurt, M., 2002, Talaş Kaldırma Teknikleri, Birsen Yayınevi, İstanbul

Bhattacharyya, A. , Gonzales, R. 1970. '' Regression Analysis For Predicting Surface Finish And Its Application In The Determination Of The Optimum Machining Condition'', Transactions of The ASME, Journal of Engineering For Industry, s.711-716

Chambers, L.D. , 2000 , Practical Handbook of Genetic Algorithms, CRC Pres LLC, ISBN 0-8493-2539-0

Davis, L., 1991, "Hybridization and numerical representation," in the Handbook of Genetic Algorithms, New York: Van Nostrand Reinhold, pp. 61-71

Ermer, D.S., 1971. '' Optimisation Of The Constrained Machining Economics Problems By Geometric Programming''. Computers Ind. Trans. ASME 93, 1067-1072

Frezecilik, 1982, Milli Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı Yayınları, 184. Ders Kitapları Dizisi, 116

Holland, J.H., 1992, "Genetic algorithms," Sci. Am. Pp. 66-72.

Murata, T., Ishibuchi, H., Tanaka, H., 1996a. " Genetic Algorithms For Flow Shop Scheduling Problems ''. Computers and Industrial Engineering Vol. 30, No.4, pp 1061-1071

Murata, T., Ishibuchi, H., Tanaka, H., 1996b. '' Multi-Objective Genetic Algorithms And Its Application To Flow Shop Scheduling''. Computers and Industrial Engineering, Vol 30, No 4, PP 957-968

Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., 2003. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1: Yapay Sinir Ağları, Ufuk Kitap Kırtasiye Yayıncılık Tic. Ltd. Şti., ISBN:975-95948-5-4, Kayseri

Wang, J., 1993. ‘’Multi-Objective Optimization Of Machining Operations Based On Neutral Networks’’, Int. J. Adv. Manuf. Techol., 8, 235-243

B) Tezler için gösterim

Eren, H., 2002, 'Akış tipi çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma (GA) ile çözüm performansının arttırılmasında deney tasarımı uygulanması’’ Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Kıyıcı, A., 2002, ‘’ Development of genetic coding approach and its application in the synthesis of planar mechanicsm’’ Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

C) Süreli Dergilerdeki Makaleler için gösterim

Al-Ahmari, A.M.A., 2001 ‘’Mathematical Model For Determining Machining Parameters In Multipass Turning Operations With Constraints’’ , International Journal Of Production Research, Volume 39, Number 15, 15 , s. 3367-3376.

Altınparmak, F. ve Dengiz, B., 1998, “Genetik Algoritmalar”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt: 11 No:3. s:523-541

Arezzo, B. , Ridgway, K. 2000 , ‘’Selection of Cutting Tools And Condiitions of Machining Operations Using An Expert System’’ Computers Industry, Number: 42, s.43-58

Chamber, A.R. and Stephens, S.E., 1991, “Machining of Al-5Mg reinforced with 5 vol. % saffil and 15 vol. % SiC", Materials Science and Engineering, A135, 287-290

Dengiz, B., Altınpark, F, 1998, ‘’Genetik Algoritmalara Genel Bir Bakış’’. Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

Emel, G., Taşkın, Ç. 2002, ‘’Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları’’, Uludağ Üniversitesi İ.İ.B. Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 1

Fığlalı, A., Engin, O. 2002, ‘’Genetik Algoritmalarla Akış Tipi Çizelgelemede Üreme Yöntemi Optimizasyonu’’. İTÜ Dergisi, s. 1-6

Goldberg, D.E., 1989, ‘Genetic Algorithms In Search Optimization Anda Machine Learning’’. Adddison Wesley Publishing Company, USA.

Gupta, R., Batra, L.J., Lal, G.K., 1995, ‘’ Determination Of Optimal Subdivision Of Debth Of Cut In Multipass Turning With Constraints’. Int. J. Prod. Resc. 33(9), 2555-2565 (1996)

Holland, J.H., 1975, ‘’Adaptation In Natural And Artificial Systems’’. University Of Michigan Press, Ann Arbor

Kurt, M., Semetay, C., 2001, Genetik Algoritma Ve Uygulama Alanları, Mühendis ve Makine, Sayı 501

Lawrence, D., 1990. Handbook Of Genetic Algorithms, Addison Wesley

Machining Data Handbook., 1980. Vol. 1, 3rd Edition. Machinability Data Center, OH

Monaghan, J. and O'Reİfly, P., 1992, "The Drilling of an Al/SiC Metal-Matrix Composite", Journal of Materials Processing Technology, 33, 469-480

Wang, J., 1993, “Constrained Optimization Of Rough Milling Operations’’, Ph. D. Thesii, The University Of Melbourne, Australia

Yeniay, Ö., 2001, An Overview Of Genetic Algorithms, Anadolu Üniversitesi, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, Cilt:2, Sayı:1, s. 37-49

D)Özel Sayılardaki Yayınlar için gösterim

Balic, J., Cus, F., 2002, "Optimization of cutting process by GA approach " ; Faculty of Mechanical Engineering, Production Engineering İnstitute of Maribor, Smetanova 17, P.O. Box 224, SI-2000 Maribor, Slovenia

Dixon , L., 1980, "Optimization in Action" , Academic Press, London

Scheafer, W.H., Christian, J.L., 1969, "Evaluation Of The Structural Behaviour Of Fıiament reinforced Metal Matrix Composites", Technical Report No. AFML-TR-69-36, Vol.3, Air Force Materials Laboratory

Taylor, F.W., 1907. ‘’On The Art Of Cutting Metals’’ , Trans. Amer. Soc. Mech. Engrs., 28

E) Akademik Konfernslarda Yayınlanmış Bildiriler için gösterim

Deshmukh, S., Suresh, P. and Venkaeswara, R., 2002, ‘ A genetic algorithmic approach for optimization of surface roughness prediction model ‘ ,;Mechanical Engineerig Departmaent , Indian of Technology, Delhi, New Delhi-110016, Inda Received 2 Nıvember 1999 , received in revised form 3 January 2002; accepted 9 January 2002

Öztürk, F. ve Solmaz, E., 2002, “Dairesel Hidrostatik Eksenel Kaymalı Yatakların Yatak Katsayısı Açısından İncelenmesi’’ The Tenth International Conference on Machine Design and Production, Cappadocia , Turkey., 4-6 September 2002.

Raddıff, N.J., 1991, "Forma analysis and random respectful recombination." İn Proc. of Fourth International Conference on Genetic Algoritlıms, San Mateo, CA