ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NİTEL ÖZELLİKLER İÇİN BULANIK KONTROL DİYAGRAMLARI VE KABUL ÖRNEKLEMESİ PLANLARININ GENETİK ALGORİTMALARLA ÇÖZÜMÜ

Ahmet ÇELİK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Orhan ENGİN
2006, 72 Sayfa

Jüri:
Prof. Dr. Ahmet PEKER
Yrd. Doç. Dr. M. Atilla ARICIOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Orhan ENGIN

Bu çalışmada, bulanık kalite kontrol problemleri için, "Genetik Algoritma"nın çok aşamalı proseslerde uygulanabilirliği incelenmiştir.

Birinci bölümde kalite hakkında bilgi verilmiş ve çok aşamalı prosesler açıklanmıştır. İkinci ve üçüncü bölümde, Genetik Algoritma (GA) ve Bulanık Sistem, dördüncü bölümde örnekleme kavramı ve örnekleme planları açıklanmıştır. Beşinci bölümde, nitel özellikler için kontrol diyagramlarında örnek hacmi belirleme probleminin çözümü için Kaya (2004) tarafından geliştirilen çok amaçlı model, bulanık hale getirilmiş ve bu modeli çözmek için GA yaklaşımı önerilmiştir. Altıncı bölümde ise, en uygun örnek hacmi ve kabul edilebilir kusur sayısı çiftinin belirlenmesi için Lagner (2001) tarafından geliştirilen model, GA yardımı ile çözülmüştür. Çözüm aşamasında Kaya'nın (2004) uyguladığı ikili kodlama yerine, gerçek sayılı (onlu) kodlama kullanılmış, bulunan sonuçlar Kaya(2004) tarafından bulunan değerler ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca GA programı, sübap üretimi yapan bir işletmede uygulanmış ve "Gerçek Kodlu Genetik Algoritma"nın uygulanabilir olduğu sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nitel Kontrol Diyagramları, Örnekleme Planları, Bulanık Sistem, Genetik Algoritma

ABSTRACT

Master Thesis

SOLVING WITH GENETIC ALGORITHMS IN ATTRIBUTES FUZZY CONTROL CHARTS AND SAMPLING PLANS

Ahmet ÇELİK

Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Orhan ENGİN
2006, 72 Pages

Jury:
Prof. Dr. Ahmet PEKER
Asst. Prof. Dr. M. Atilla ARICIOĞLU
Asst. Prof. Dr. Orhan ENGIN

In this study, implementation of "Genetic Algorithm" (GA) in multistage processes is investigated to solve the fuzzy quality control problems.

In the first section, there is information about quality and multistage processes are also explained. In the second and third section, Genetic Algorithms and Fuzzy Systems, in the fourth section, sampling plans and basic sampling concepts are explained. In the fifth section, a multi objective model developed by Kaya (2004) to solve the problem of defining sample size at control charts is turned into fuzzy and GA approach is proposed to solve this model. In the sixth section, the model by Langner (2001) to define best simple size and couple of acceptable defect is solved by the help of GA.

In the solution stage, real counted coding used instead of bilateral coding and the solutions are composed to the values found by Kaya (2004).

Key Words: Attributes Control Charts, Sampling Plans, Fuzzy System, Genetic Algorithm

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın oluşması sürecinde bilgilerinden sürekli yararlandığım, zamanını esirgemeden çalışmanın şekillenmesine yön veren, danışmanım Yrd. Doç. Dr. Orhan ENGİN'e, gerek bilgi gerekse literatür aşamasında maddi-manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Arş. Gör. End.Yük. Müh. İhsan KAYA'ya, motivasyona ihtiyacım olduğunda beni yalnız bırakmayan mesai arkadaşlarıma, yapıcı destekleriyle yanımda olan Ögr. Gör. Dr. Turan PAKSOY'a, tüm hayatım boyunca dualarıyla her zaman yanımda olan aileme ve çalışmam sırasında gösterdiği sabır, sevgi ve destek nedeniyle eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın, gelecekteki çalışmalara ışık tutması dileği ile....

End. Müh. Ahmet ÇELİK

2006

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİL LİSTESİ vii
TABLO LİSTESİ viii
KISALTMALAR ix
GİRİŞ 1
1.KALİTE KONTROL 3
1.1 Kalite Nedir? 3
1.2 Kalitenin Gelişimi 3
1.3 Kalite Kontrol 4
1.3.1 İstatistiksel Proses Kontrol 5
1.3.2 Kontrol Grafikleri 5
1.4 Çok Aşamalı Prosesler 8

2. GENETİK ALGORİTMA 9
2.1.Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar 9
2.2 Genetik Algoritma Tekniği 10
2.3 Genetik Algoritmanın Parametreleri 12
2.5 Genetik Algoritmanın Kodlanması 13
2.6 Genetik Algoritmalarda Seçim Metotları 13
2.6.1 Rulet Çemberi 13
2.6.2 Turnuva Seçimi 14
2.6.3 Sabit Durum Metodu 14
2.7 Genetik Algoritmalarda Kullanılan Operatörler 14
2.7.1 Üreme Operatörü 14
2.7.2 Çaprazlama Operatörü 15
2.7.3 Mutasyon Operatörü 15
2.8 Genetik Algoritmanın Kalite Kontrolde Kullanılması 16

3. BULANIK SİSTEM 18
3.1 Bulanıklık Nedir? 18
3.2 Bulanık Mantığın Gelişimi 19
3.3 Bulanık Sistemler 20
3.3.1 Bulanık Küme (Fuzzy Set) 20
3.3.2 Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) 21
3.3.3 Bulanık Kümeleme Yöntemi (Fuzzy Clustering) 24
3.4 Üyelik Fonksiyonları 25
3.4.1 Üyelik Fonksiyonu Özellikleri 25
3.4.2 Üyelik Fonksiyonu Çeşitleri 27
3.5 Bulanık Sistemlerin Uygulama Alanları 30
3.6 Bulanık Sistem Literatür Araştırması 31

4. KABUL ÖRNEKLEMESİ 33
4.1 Muayene Çeşitleri 34
4.2 Örnekleme Planları 35
4.2.1 Özelliklere Göre Örnekleme Planları 35
4.2.2 Değişkenlere Göre Örnekleme Planları 35
4.3 Kabul Örneklemesi Planlarında Kullanılan Temel Kavramlar 36
4.4 Kabul Örneklemesinde Kullanılan Dağılımlar 38
4.5 Kabul Örneklemesi Çeşitleri 39
4.5.1 ANSI/ASQC Z1.4 39
4.5.2 ANSI/ ASQC Standard Q3 39
4.5.3 Dodge-Romig Örnekleme Planları 40
4.5.4 MIL-STD-414/ ANSI/ASQC Z1.9 40
4.5.5 ANSI/ASQC S1-1996 40
4.5.6 MIL-STD-1235 B 40
4.5.7 Deming'in kp Kuralı 41

5. ÇOK AŞAMALI PROSES VE MODEL 42
5.1. Program Algoritması 47
5.2. GA Parametre Seçimi 49
5.3. Çok Aşamalı Proseslerde Kontrol İşlemi İçin Bir Örnek 50

6. ÇOK AŞAMALI SÜREÇLERDE GENETİK ALGORİTMA UYGULAMASI 55
6.1. Genetik Algoritma Parametrelerinin Belirlenmesi 57
6.2. n ve c Değerleri İçin Çok Aşamalı Süreç Uygulama Örneği 58
6.3. Bir Subap İşletmesinde Uygulama Örneği 61
6.4. Sonuçların Değerlendirilmesi 63
7. SONUÇ 64
KAYNAKÇA 66
EKLER 72

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Tek Aşamalı Proses 8
Şekil 1.2 Çok Aşamalı Proses 8
Şekil 1.3 Stoklu Çok Aşamalı Proses 8
Şekil 2.1 Genetik Algoritmaların Genel İşleyişi 11
Şekil 2.2 Rulet Çemberi 14
Şekil 3.1 Klasik Sistem 22
Şekil 3.2 Bulanık Mantığın Temel Elemanları 22
Şekil 3.3 Çeşitli Üyelik Fonksiyonları 27
Şekil 3.4 Üçgen Üyelik Fonksiyonu 28
Şekil 3.5 Yamuk Üyelik Fonksiyonu 28
Şekil 3.6 Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu 28
Şekil 5.1 Çok Aşamalı Proses 45
Şekil 5.2 Kromozom Temel Yapısı 45
Şekil 5.3 h ve t üyelik dereceleri 50
Şekil 6.1 Çok Aşamalı Kalite Kontrol İşlemi 55

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Eğer – İse Kuralı 22
Tablo 5.1 Başlangıç Parametreleri (Kaya, 2004) 49
Tablo 5.2 Örnek Problem Verileri 50
Tablo 5.3 Program Sürecinde $N_{i,}$ h ve t Değerleri 51
Tablo 5.4 Örnek Model Problem Sonuçları 51
Tablo 5.5 Problem Çözümündeki Aşama Sonuçları 52
Tablo 5.6 Kaya (2004) İle Karşılaştırmalı Aşama Sonuç Tablosu 53
Tablo 5.7 Kaya (2004) İle Karşılaştırmalı Sonuç Tablosu 54
Tablo 6.1 Langner Modeli İçin Başlangıç Parametreleri 57
Tablo 6.2 Langner Modeli İçin Başlangıç GA Değerleri 58
Tablo 6.3 Çok Aşamalı Problem İçin Başlangıç Değerleri 58
Tablo 6.4 Problem Aşamalarına İlişkin Parametreler 59
Tablo 6.5 Langner Modeline Göre Problem Sonuçları (Çelik) 59
Tablo 6.6 Langner Modeline Göre Problem Sonuçları (Kaya, 2004) 59
Tablo 6.7 Langner Modeline Göre Problem Sonuçları Karşılaştırması 60
Tablo 6.8 Subap Uygulama Başlangıç Parametreleri 61
Tablo 6.9 Subap Uygulama Başlangıç GA Değerleri 61
Tablo 6.10 N=1000 Hacimli İşlem Sonuçları 62
Tablo 6.11 N=500 Hacimli İşlem Sonuçları 62
Tablo 6.12 Subap Uygulaması Genel Sonuçları 63

KISALTMALAR

OÖS : Ortalama Örnek Sayısı – (Average Sampling Number)

KEKS : Kabul Edilebilir Kalite Seviyesi – (Acceptable Quality Level)

OTMS : Ortalama Toplam Muayene Sayısı – (Average Total Inspection)

ÇOK : Çıkan Ortalama Kalite – (Average Outgoing Quality)

BK : Bulanık Kümeleme **–** (Fuzzy Clustering)

BM : Bulanık Mantık – (Fuzzy Logic)

BG : Bulanık Genetik – (Fuzzy Genetic)

BS : Bulanık Sistem – (Fuzzy System)

BKY : Bulanık Kümeleme Yöntemi – (Fuzzy Clustering)

GA : Genetik Algoritma – (Genetic Algorithm)

ÇKE : Çalışma Karakteristiği Eğrisi – (Operating Characteristic Curve)

KEPKY: Kabul Edilebilir Parti Kusurlu Yüzdesi - (Lot Tolerance Percent Defective)

SK : Sınırlandırılmış Kalite – (Limiting Quality)

GİRİŞ

20. yüzyılın sonlarında yapay zeka tekniklerinin gelişimine paralel olarak, çizelgeleme (scheduling), akış kontrol (flow control), yönlendirme (routing) gibi gerçek hayat problemlerinin çözümüne yönelik uygulamalar ve akademik çalışmaların son yıllarda giderek yaygınlaştığı gözlenmektedir. Bu çerçevede, kalite kontrol problemlerinin çözümüne yönelik yapay zekâ tekniklerinin kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamdaki başlıca konu başlıkları; uzman sistem veya bulanık sistem, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar olarak sayılabilir.

Yapay zekanın amacı insan zekasını bilgisayar aracılığı ile taklit etmek, bu anlamda belirli bir ölçüde bilgisayarlara öğrenme yeteneği kazandırabilmektir. Bu şekilde yapay zekâ, çoğunlukla insanın düşünme yeteneğini, beynin çalışma modelini veya doğanın biyolojik evrimini modellemeye çalışan yöntemlerden oluşur. Yapay zeka yöntemleri olarak uzman sistemler, bulanık sistem, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar sayılabilir. Bulanık sistem, kural tabanının günlük hayatta kullanılan kesin olmayan kelimelerle oluşturulmasına imkan sağlar. Beynin öğrenme kapasitesi nöronlar ve bunların birbiri ile olan bağlantısına bağlıdır. Genetik algoritma ise, doğanın kullanmış olduğu biyolojik evrim modelini benzeterek çözüm arayan bir optimal arama algoritmasıdır.

Küreselleşen dünya sisteminde sürekli değişen pazar yapısı ve rekabet koşulları, müşterilerin ürün seçimlerinde ve ürüne karşı yaklaşımlarında ciddi değişiklikler meydana getirmiştir. Yeni nesil müşteri olarak ifade edilen alıcılar, özellikle son yıllarda yalın üretim, toplam kalite yönetimi, sıfır hatalı üretim, esnek üretim gibi kalite odaklı sistemleri kullanan satıcılara rağbet etmişlerdir. İşletmeler de kaliteli üretim yapabilmek amacıyla değişik kalite kontrol sistemleri kullanmaya başlamıştır

Kontrol diyagramları ve kabul örneklemesi planları, kalite kontrolde istenilen hedeflere ulaşılabilmesi için kullanılan en temel araçlardandır. Özellikle çok aşamalı proseslerde, süreçler arası ürün geçişinde istenilen kalite özelliklerinin sağlanmasında nitel kontrol diyagramları etkin bir kullanım alanına sahiptir. Örnekleme planları ise,

ürünün nihai kalite karakteristiklerini sağlayıp/sağlamadığını kontrol etmek için kullanılabilen etkili bir diğer araçtır. Rekabet koşullarının değişmesi ile beraber, işletmelerin bu teknikler için kullandığı metotlarda değişmeye başlamıştır. Özellikle son yıllarda, bu çalışmalar için yapay zeka tekniklerinin kullanım sıklığı artmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde kalite kontrol ve çok aşamalı prosesler, ikinci ve üçüncü bölümünde GA ve BS hakkında bilgi verilmiş, dördüncü bölümde örnekleme kavramı açıklanmış ve örnekleme planları kısaca izah edilmiştir. Beşinci bölümde, nitel özellikler için bulanık kontrol diyagramlarında örnek hacmi belirleme probleminin çözümü için çok amaçlı bir model geliştirilmiş ve bu modeli çözmek için "Gerçek Kodlu Genetik Algoritma" yaklaşımı önerilmiştir. Kaya (2004) tarafından incelenen problem, onlu kodlama ile çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Altıncı bölümde ise, çok aşamalı proseslerde istenilen kalite seviyesine ulaşmak için en uygun örnek hacmi ve kabul edilebilir kusur sayısı çiftinin belirlenmesi için Lagner (2001) tarafından geliştirilen model incelenmiştir. Ayrıca bir subap işletmesinde de uygulama yapılarak, GA sonuçları incelenmiştir.

Son olarak, çıkan sonuçlar neticesinde, yapılan çalışma değerlendirilmiş ve daha sonraki çalışmalar için öneri yapılmıştır.

1.KALİTE KONTROL

1.1 Kalite Nedir?

Kalite; “Bir mal veya hizmetin, müşteri gereksinim ve beklentilerini karşılayabilme yeteneğidir" diye tarif edilebilir (Zengin ve Erdal 2000).

ISO (Uluslararası Standartlar Birliği) tarafından yapılan kalite tanımı ise (Anonymous 2004); “Bir ürün veya hizmetin, belirlenen veya olabilecek ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamı” şeklindedir.

1.2 Kalitenin Gelişimi

Tarihte kalite kavramı ile ilgili ilk kayıtlar, M.Ö. 2150 yılına kadar uzanır. Hammurabi Kanunları’nın 229. maddesinde: “Eğer bir inşaat ustası bir ev yapar ve yapılan ev yeterince sağlam olmayıp ustanın hatasından dolayı yıkılır ve ev sahibinin ölümüne sebep olursa, o inşaat ustasının başı uçurulur” ifadesi geçmektedir (Kobu 1999).

“Kontrol Çizelgeleri”, 1924 yılında Shewhart tarafından geliştirmiştir. Amerika’daki firmalar örnekleme metodunu kullanmaya başlarken, İngiltere’de Duding, elektrik endüstrisinde istatistiksel teknikleri ortaya koymuştur. 1930’lu yıllarda Amerika ve İngiltere’de ilk kalite kontrol kitapları yayımlanmıştır (Engin 1999).

“Kalite Kontrol”ün istatistiksel alanında en ciddi uygulamarı, İkinci Dünya Savaşı sırasında Japonya’da görülmüştür. Japonya’da Deming’in gayretleri ile kalite kontrolü değişik bir boyut kazanmıştır. Deming ve Juran’ın Japonya’da verdikleri konferanslar ve seminerler, istatistiksel kalite kontrole ilgiyi arttırmış ve farklı bir bakış açısı oluşturmuştur (Oktay 1998).

Kaoru İshikawa, Japonya'da kalite kontrol (KK) çemberleri ve kalite kontrol faaliyetlerinin geliştirilmesinde önemli rol oynamıştır (Gencel 2001).

1980’li yıllarda “Kalite Üstünlüğü İle Rekabet” dönemi başlamıştır. Bu yıllarda, İngiltere’de kalite sistemlerinin belgelendirilmesi yaygın hale gelmiştir. Uluslararası

ticari ilişkilerin giderek artması, 1987'de Uluslar arası Standartlar Birliği tarafından ISO 9000 serisi Kalite Güvence Standardının yayınlanması sonucunu getirmiştir.

1990'lı yıllarda bitmiş ürünün muayeneye tabi tutulması yerine, muayeneye gerek kalmayacak şekilde üretim sisteminin güvence altına alınması "Kalite Güvence Sistemleri" ile sağlanmıştır. Kalite güvence sistemlerini, üst yönetim ile beraber herkesin katılımın sağlayan ve müşterinin %100 memnuniyetini amaçlayan "Toplam Kalite Yönetimi" çalışmaları izlemiştir (Efil 1998).

1.3 Kalite Kontrol

ISO, kalite kontrolü; "Kaliteyi korumak, geliştirmek ve üretimi alıcının tatmin olacağı en ekonomik seviyede sürdürmek için uygulanan bir işlemler dizisi" şeklinde tanımlamaktadır (Anonymous 2004).

20. yüzyılın üçüncü çeyreğine kadar, kalite kontrol, yalnızca imal edilen ürünlerin karakteristiklerine uygulanıyordu. Kalite kontrol tekniklerinin bankacılık, iletişim, sigorta, süpermarket, ulaşım, konaklama ve yönetim gibi hizmet işlemlerine uygulanabileceği kanıtlanmış olmakla birlikte henüz bu endüstri ve işlemlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmamıştır.

Dar anlamda ise; "Kalite kontrolü, bir malın spesifikasyonlara ve kullanıma uygunluğu denetlemek ve doğrulamak demektir."(Oktay 1998).

Shewhart 1931 yılında yayınladığı "İmalat Sanayinde Kalite Kontrol" adlı eser ile kaliteye ilk defa bilimsel olarak yaklaşmıştır. Shewhart, imalat kontrolünü kesin ve ölçülebilir şekilde tanımlamış, geliştirdiği güçlü tekniklerle, çeşitli yollarla yapılacak değerlendirme sonucu kalitenin sürekli olarak artırılabileceğini belirtmiştir (Buluç 1999).

Shewhart, istatistiksel kalite kontrol teknikleri kullanılarak organizasyonda başlıca aşağıdaki avantajların elde edilebileceğini belirtmiştir (Aktan 2000):

- Ürün ortaya çıktıktan sonraki kalite maliyetleri azalır,
- Ürünün alıcılar tarafından reddedilme oranı azalır,
- Üretim miktarından maksimum fayda elde edilir,
- Tüm ürünlerde yeknesak bir kaliteye ulaşılır.

1.3.1 İstatistiksel Proses Kontrol

İstatistik Proses Kontrolü (İPK), bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak, önceden belirlenmiş kalite özelliklerine uygunluğunu ve standartlara bağımlılığı hedef almak, kusurlu ürün üretimini minimuma indirmek amacıyla istatistik prensip ve tekniklerin üretimin bütün safhalarında kullanılmasıdır (Akın ve Öztürk 2005).

1.3.2 Kontrol Grafikleri

İlk olarak 1924 yılında Bell Telefon Laboratuarı elemanlarından W.A. Shewhart tarafından geliştirilen "Kontrol Grafiği" terimi, (Thempsen 2002), devam etmekte olan bir sürece ilişkin verilerdeki değişmeyi grafik olarak gösterir. Shewhart tarafından icat edilen bu grafikler, endüstride ve eğitimde toplam kalite yönetiminin önemli bir aracı olarak kullanılmaktadır. Kontrol grafiğinde yatay eksen zamanı, dikey eksen ise değişkene ait değişmeleri örneklem bazında verir. Eğer sürece ilişkin değişmeler alt ve üst kontrol limitlerini taşacak olursa, sürecin istatistikî kontrolün dışına çıktığı anlamına gelir. Süreci kontrol altına almak için gerekli tedbirler alınır (Buluç 1999).

Kontrol grafiği; "Gerçek ürün kalite özelliklerinin, tecrübelerden faydalanarak grafiklerle, gün gün, saat saat tarih sırasıyla karşılaştırılmasıdır ki, bu karşılaştırma genellikle üretilen her bir parçanın muayene edilmesinden ziyade örneklerin seçilmesi ve ölçülmesi şeklinde gerçekleşmektedir" şeklinde tanımlanmıştır (Feigenbaum 1983).

Shewhart kontrol grafiklerinde, örnek istatistikleri ile ilgili noktaların kontrol sınırları içinde bulunması ve merkez çizgi etrafında rastsal dağılması halinde proses kontrol altındadır. Örnek istatistiklerinden en az birisi kontrol sınırları dışında ise ya da sistematik bir dağılıma sahip ise kontrol dışındadır (Montgomery 2001).

Shewhart'ın kalite kontrol sistemi, döngüsel bir niteliğe sahiptir ve üç aşamadan oluşmaktadır (Buluç 1999):

- İşin tanımlanması,
- Üretim,
- Denetim aşamasıdır.

Kontrol grafiklerinin oluşturulması Shewhart tarafından iki temel amaca dayandırılmaktadır (Oruç 1998):

- Prosesteki değişimlerin temelinde şansa bağlı ya da özel nedenlerin yatmakta olduğu; bunlardan özel nedenlerin belirlenerek ortadan kaldırılması gereği,
- Proses bitiminde kusurlu/kusursuz muayenesi yerine, istatistiksel kontrol yoluyla proses değişkenlik sınırlarının izlenmesi ve prosesin devam yeteneğinin belirlenmesi.

Üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerin gösterildiği grafiklere "kontrol grafikleri" denir. Bir kontrol grafiği esas olarak üç çizgi ihtiva eder. Bunlar: "Orta Çizgi", "Üst Kontrol Sınırı" ve "Alt Kontrol Sınırı" dır (Bircan ve Gedik 2003).

Kontrol grafikleri, esas olarak prosesin zamana göre kaydını gösteren, üzerinde alt ve üst kontrol limitleri olan bir çizgi grafiktir. Proses çıktısındaki varyasyonu gösteren ve takip eden kontrol kartları, üretim ve süreç geliştirmede önemli bir araçtır. Kontrol grafiklerinin üzerinde işaretlenmiş noktalar, bir karakteristiğin gerçek ölçümleri veya zaman içinde üretildikçe alınan parça örneklerinden özet istatistiklerdir. Ölçüm karakteristiğine göre kontrol grafikleri; niceliksel (değişken) ve niteliksel kontrol grafikleri olarak 2 ana grupta ele alınırlar (Durman ve Pakdil 2005).

Boyut, sıcaklık, basınç gibi özelliklerle ölçümlerin yapılabildiği durumlarda niceliksel veriler için uygulanan kontrol grafikleri aşağıdaki gibi listelenebilir (Kaya, 2004):

- Ön kontrol Grafiği,
- Birimler Kontrol Grafiği,
- Değişim Katsayısı Kontrol Grafiği,
- Regresyon Kontrol Grafiği,
- Medyan Kontrol Grafiği,
- X- S Kontrol Grafiği,
- X- R Kontrol Grafiği,

- Resim Toleransı Kontrol Grafiği,
- Çoklu Değişkenlik Kontrol Grafiği,
- Kesikli Ortalama ve Değişim Aralığı Kontrol Grafiği,
- Hedeften Sapma Kontrol Grafiği,
- Nominalden Sapma Kontrol Grafiği,
- 2-R Kontrol Grafiği.

Niteliksel ölçüler için geliştirilen süreç kontrol grafikleri, çok sayıda kalite karakteristiğinin yanında, ölçülemez fakat sayılabilir olan kalite karakteristiklerinin (sağlam/bozuk, iyi/kötü, evet/hayır gibi) gözlenmesinde kullanılmaktadır. Grafikler, birçok kalite karakteristiğini içeren tüm üretim birimlerini kapsayacak biçimde tasarlanabilmektedir (Kaya, 2004).

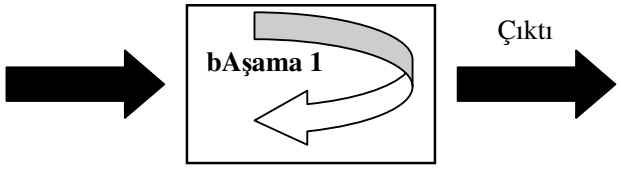
Niteliksel ölçüler için kontrol grafikleri (Oruç, 1998):

- Kusurlu Oranı (p) Kontrol Grafiği,
- Kusurlu Sayısı (np) Kontrol Grafiği,
- Standartlaştırılmış Kusurlu Oranı Kontrol Grafiği,
- Kusur Sayısı (c) Kontrol Grafiği,
- Birime Düşen Kusur Sayısı (u) Kontrol Grafiği.

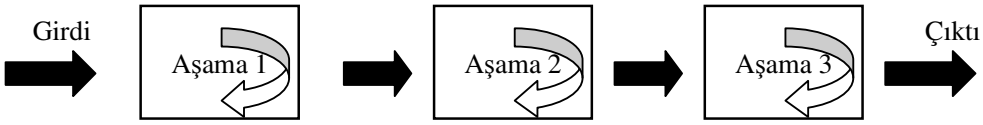
1.4 Çok Aşamalı Prosesler

Proses, girdileri çıktılara dönüştüren, diğer bir deyişle hammaddeyi ürüne dönüştüren faaliyetler olarak tanımlanır. Prosesler tek aşamalı ve çok aşamalı prosesler olmak üzere iki çeşittir.

Çok aşamalı proses; ardıl ve birbirine bağlı, birden fazla faaliyeti içeren süreçlerdir. Tek ve çok aşamalı prosesler şekil 1.1 ve 1.2'de sunulmuştur (Kaya 2004).

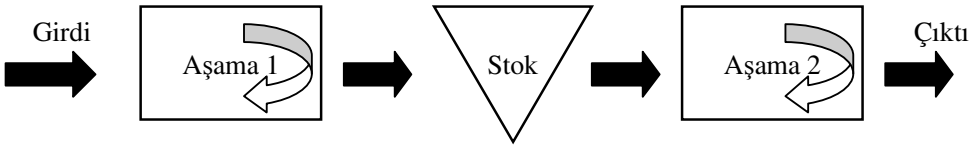


Şekil 1.1 Tek Aşamalı Proses



Şekil 1.2 Çok Aşamalı Proses

Eğer bir sonraki süreç bir önceki süreçten malzeme alır ve de bunu bir stok bölgesinden alırsa buna da stoklu çok aşamalı proses denir. Bu proses şekil 1.3'de gösterilmiştir (Kaya 2004).



Şekil 1.3 Stoklu Çok Aşamalı Proses

2. GENETİK ALGORİTMA

İnsanoğlu, birçok konuda doğadaki canlıları inceleyerek ilham almıştır. Örneğin uçağın yapılması, radarın icadı vb. gibi teknolojik gelişme, bu incelemeler sonucunda gerçekleşmiştir. Makine öğrenmesi konusunda çalışan Holland, canlılardaki genetik işlemleri sanal ortamda gerçekleştirmeye çalışarak bu işlemlerin etkinliğini açıklamıştır. (Şen 2004-a).

GA, güçlü arama algoritmaları olarak kendilerini ispatlamış ve çeşitli alanlardaki zor problemlerle başa çıkmak için kullanılmışlardır. GA ile kombinatoryal problemlerin çözümünün oldukça başarılı olduğu ispatlanmıştır (Drezner 2003).

2.1.Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar

GA sistemlerinde başlıca 3 temel kavram kullanılmaktadır. Bunlardan ilki olan "Gen", kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birimi temsil etmektedir. Diğer bir kavram ise "Kromozom" olup, birden fazla genin bir araya gelerek oluşturduğu diziye denir. Kromozomlar, alternatif uygun çözümleri gösterirler (Engin 2001).

Ghedjati (1999) popülasyonu; "kromozomlardan oluşan topluluk" şekline tanımlamaktadır. Genetik algoritma da popülasyon, geçerli alternatif çözüm kümesidir. Popülasyonda birey sayısı sabit tutulur. Popülasyonda kromozom sayısı arttıkça çözüme ulaşma süresi azalmaktadır.

Optimizasyondaki temel amaç; optimal bir noktaya ulaşabilmek, daha doğrusu mümkün oldukça yaklaşmaktır. Bunu gerçekleştirmek için bilinen pek çok klasik yöntem vardır. Bu yöntemlerin başarısı, optimal noktaya ulaşıp ulaşmadıkları veya ne kadar ulaşabildikleri ile ölçülür. Genetik algoritmalar, klasik optimizasyon algoritmalarından dört temel noktada ayrılır (İşçi ve Korukoğlu 2003):

- GA, parametrelerin kendileri ile değil, parametre takımının kodlanmış bir haliyle uğraşırlar.
- GA, aramaya tek bir noktada değil, bir nokta ailesinden başlarlar. Dolayısıyla yerel bir optimuma takılmadan çalışabilirler.

- GA, amaç fonksiyonunun türevlerini ve bir takım ek bilgileri değil, doğrudan amaç fonksiyonunun kendisini kullanırlar.
- GA da deterministik değil rastlantısal kurallar kullanılır.

2.2 Genetik Algoritma Tekniği

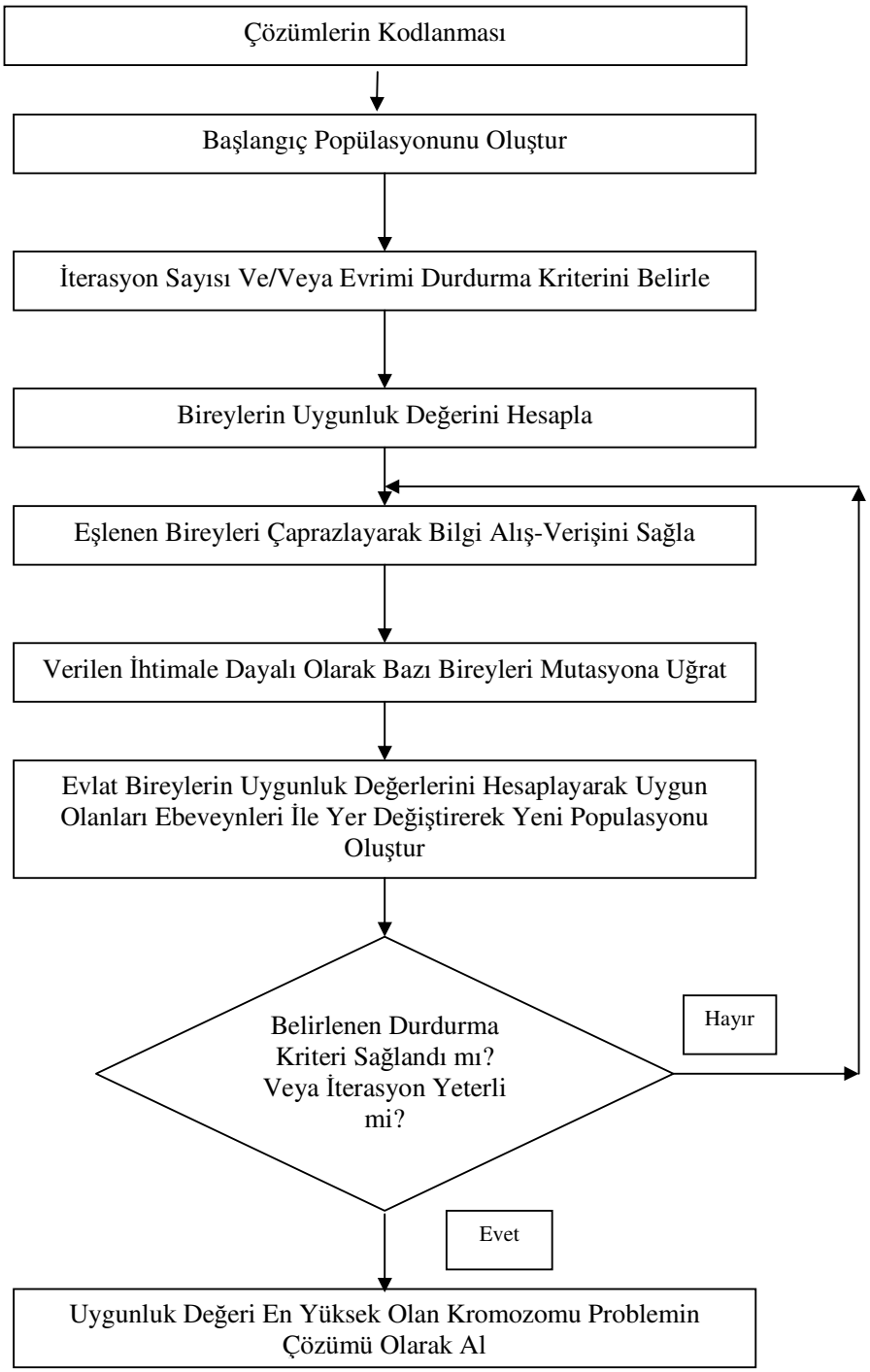
GA, ilk olarak popülasyon diye tabir edilen bir çözüm (kromozomlarla ifade edilir) seti ile başlatılır. Bir popülasyondan alınan sonuçlar, bir öncekinden daha iyi olacağı beklenen yeni bir popülasyon oluşturmak için kullanılır. Yeni popülasyon oluşturulması için seçilen çözümler uyumluluklarına göre seçilir. Çünkü uyumlu olanların daha iyi sonuçlar üretmesi olasıdır. Bu istenen çözüm sağlanıncaya kadar devam ettirilir (Kurt ve Semetay 2001).

Mesghouni ve arkadaşları (1998), standart bir Genetik Algoritmnın adımlarını aşağıdaki gibi tanımlamışlardır:

1. Başlangıç popülasyonu rassal olarak üretilir.
2. Popülasyon içindeki tüm kromozomların amaç fonksiyonu değerlerini hesaplanır.
3. Tekrar üreme, çaprazlama ve mutasyon operatörleri uygulanır.
4. Oluşturulan her yeni kromozomun amaç fonksiyonu değerleri hesaplanır.
5. Amaç fonksiyonu değerleri kötü olan kromozomlar popülasyondan çıkarılır.
6. 3–5 arasındaki adımlar tekrar edilir.

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, GA'lar 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. GA'lar, çözümlerin kodlanmasını, uygunlukların hesaplanmasını, çoğalma, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içerir (Emel ve Taşkın 2002).

GA'ların genel işleyişi Şekil 2.1'de gösterilmiştir (Kaya 2004).



Şekil 2.1 Genetik Algoritmaların Genel İşleyişi

2.3 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 ve ark. 2000). Bunlar, kontrol parametreleri olarak adlandırılmaktadır. Kontrol parametreleri, popülasyon büyüklüğü, çaprazlama olasılığı, mutasyon olasılığı, kuşak aralığı, seçim stratejisi ve fonksiyon ölçeklemesi olarak sayılabilir. Bu parametreler kısaca izah edilecektir:

a) Popülasyon Büyüklüğü

Popülasyon büyüklüğü çok küçük olduğunda, GA yerel bir optimuma takılabilmektedir. Popülasyonun çok büyük olması ise çözüme ulaşma zamanını arttırmaktadır. Bu konuda Goldberg 1985'te yalnızca kromozom uzunluğuna bağlı bir popülasyon büyüklüğü hesaplama yöntemi önermiştir (Fığlalı ve Engin 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 olasılığını da artırmaktadır (Emel ve Taşkın 2002).

c) Mutasyon Oranı

Mutasyonun amacı popülasyondaki genetik çeşitliliği korumaktır. Mutasyon belirli bir olasılıkla (*P(m)*) bir kromozomdaki bitte meydana gelebilir. Eğer mutasyon olasılığı artarsa, genetik arama rastsal bir aramaya dönüşür (Kaya 2004).

2.5 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 (Kaya 2004). GA'da kullanılan başlıca kodlama sistemleri aşağıda verilmiştir:

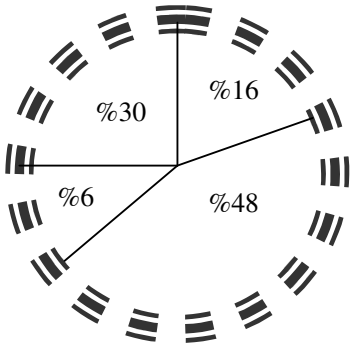
- İkili Kodlama
- Çok Karakterli ve Gerçek Değerli Kodlama
- Ağaç Kodlama

2.6 Genetik Algoritmalarda Seçim Metotları

Toplum içerisinden en uygun değerin bazı seçim operatörleri kullanılarak seçilmesidir. Bu operatör yardımıyla birey kromozomu gelecek jenerasyona katkı sağlaması için kopya edilir. Bu kopyalama işi kromozomun değerine bağlı olarak bulunan uygunluk fonksiyonu değerine göre yapılır. Her jenerasyonda, bu operatör iyi bireyleri seçerek eşleşme havuzuna atar ki, bu havuz gelecek jenerasyonu üretmek için kullanılır. Yeniden üretim işlemi seçim operatörleri yardımıyla yapılabilir. Teoriye göre iyi olan bireyler yaşamını sürdürmeli ve bu bireylerden yeni bireyler oluşmalıdır. Bu seçim çeşitli kriterlere göre yapılabilir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Kurt ve Semetay 2001, Ceylan ve Haldenbilen 2005):

2.6.1 Rulet Çemberi

Şekil 2.2'de gösterilen rulet çemberi yönteminde (Goldberg 1989) kromozomlar uyumluluk fonksiyonuna göre bir rulet etrafına gruplanır. Uygunluk fonksiyonu herhangi bir kritere uyan bireylerin seçilmesi için kullanılır. Bu rulet üzerinden rasgele bir birey seçilir. Daha büyük alana sahip bireyin seçilme şansı daha fazla olacaktır. Bu metot yardımıyla kromozomlar istatistiksel yöntemler kullanılarak uygunluk fonksiyonu değerlerinin toplam uygunluk fonksiyonuna oranları ölçüsünde seçilirler (Ceylan ve Haldenbilen, 2005).



Şekil 2.2 Rulet Çemberi

2.6.2 Turnuva Seçimi

Kural dahilinde iki kromozom toplum içerisinden seçilerek uygunluk fonksiyonu büyük olan kromozom eşleşme havuzuna gönderilir, diğeri ise havuzun içine tekrar bırakılır. Bu işleme yeni populasyon büyüklüğüne ulaşılıncaya kadar devam edilir. Bu yöntemin avantajı herhangi bir kromozomun süreç sırasında kaybedilme olasılığı rulet tekeri seçim tekniğine göre daha azdır (Ceylan ve Haldenbilen 2005).

2.6.3 Sabit Durum Metodu

Bu yöntemde, her nesilde yalnızca birkaç birey yer değiştirir. Genellikle 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).

2.7 Genetik Algoritmalarda Kullanılan Operatörler

2.7.1 Üreme Operatörü

Üreme, ilk defasında başlangıç popülasyonunu, sonraki her çevrimde ise mevcut popülasyonu temel 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 üreme operatörleri aşağıda başlıklar halinde verilmiştir (Kaya 2004):

a) Orantılı (Proportionate) Üreme metodu,

b) Sıralı (Ranking) Üreme metodu,

c) Turnuva (Tournament) Üreme metodu,

d) Denge Durum (Steady-State) Üreme metodudur.

2.7.2 Çaprazlama Operatörü

Eşleşmiş ebeveynler arasındaki kromozomların yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Eşleşmiş ebeveynler tarafından ortaya çıkarılan çocuklar ebeveynlerinin karmaşık kromozomlarını taşırlar (Ceylan ve Haldenbilen 2005).

Kromozomlar arası bilgi alışverişine dayanan çaprazlama, GA'nın temel unsurlarından biridir. Literatürde önerilen çeşitli çaprazlama operatörlerinden en yaygın kullanılanları aşağıda verilmiştir (Goldberg 1989, Kaya 2004):

- Tek Nokta Çaprazlama
- Pozisyona Dayalı Çaprazlama
- Sıraya Dayalı Çaprazlama
- Kısmi Planlı Çaprazlama
- Doğrusal Sıralı Çaprazlama

2.7.3 Mutasyon Operatörü

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 (Fığlalı ve Engin 2002).

Kullanılan farklı mutasyon operatörleri aşağıda verilmiştir (Kaya, 2004):

- ♦ Ters Mutasyon
- ♦ Komşu İki Geni Değiştirme
- ♦ Keyfi İki Geni Değiştirme
- ♦ Keyfi Üç Geni Değiştirme
- ♦ Araya Yerleştirme

2.8 Genetik Algoritmanın Kalite Kontrolde Kullanılması

Son yıllarda kalite kontrol problemlerinin çözümünde GA, değişik amaçlar için etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bölümde, GA kullanımı ile ilgili olarak, özellikle son yıllarda yapılmış olan bazı çalışmalar incelenmiştir.

Michalewicz (1994), ekonomik kontrol diyagramları tasarımı için GA yaklaşımını kullanmıştır.

Sanchez (1997), GINN (Genetic Inside Neural Networks) sistemini farklı kalite modelleme çalışmaları için kullanmıştır.

Melendez ve arkadaşları (1999), GINN sistemini şarap kalitesini sınıflandırmak için kullanmışlardır.

Viharos ve Monostori (1997), kontrol diyagramlarındaki tüm girdi-çıktı ve operasyon parametreleri arasındaki ilişkiyi belirlemek ve belirsiz olan parametreleri tahmin etmek için yapay sinir ağlarını; maliyetlerin minimum yapılabilmesi için en uygun kalite parametrelerinin ve kontrol diyagramlarının seçilmesi için GA'ları kullanmışlardır.

Benito ve arkadaşları (1998), GINN sistemini sirke kalitesini sınıflandırmak ve sirke prosesinde ortaya çıkan hataları belirlemek için kullanmışlardır.

Wehrens ve arkadaşları (1999), deney tasarımı parametrelerini seçimi, proses kalitesini arttırmak için en uygun tasarım parametreleri belirlemek amacı ile GA'ları kullanmıştır. GA'ların, deney tasarımı içerisinde kullanılması, onun performansını arttırmıştır.

Celano ve Fichera (1999), GA'lar yardımı ile kontrol diyagramı tasarımını, kontrol diyagramlarının sebep olacağı maliyetler ve aynı zamanda istatistiksel yeterliliklerini belirleyerek, gerçekleştirmiştir. Kontrol diyagramları çok etkili bir yöntem olmasına rağmen üretim maliyetlerinin yükselmesine yol açtığı için kullanımı çok zordur. Bu sebepten dolayı kontrol diyagramları kullanmadan önce uygun tasarım parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Çalışmada bu amaçla GA'lar kullanılmıştır. GA'lar, daha önce bu amaç ile kullanılan sezgisel yöntemlerden daha iyi sonuç vermiştirler.

Popülasyonlar, GA ile analiz edilmesi kolay diziler halinde elde edilmiştir. Ayrıca simülasyon yardımıyla mevcut çözüm değerlendirilmiş ve GA ile tekrar optimizasyon sağlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda GA'nın iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir .

Langner (2001), çok aşamalı kısmi kalite kontrol problemlerinin çözümü için GA'ları kullanmıştır. Langner, bu problem için bir modelleme çalışması yapmıştır. Çok aşamalı kalite kontrol problemlerinde iki tür hata ile karşılaşılabilir. Bunlar:

- Hata – 1: İyi kalitedeki bir partinin ret edilmesi,
- Hata – 2: Kötü kalitedeki bir partinin kabul edilmesi

3. BULANIK SİSTEM

3.1 Bulanıklık Nedir?

Mühendislikte ve diğer bilim dallarında olaylar ve sistemler, kesin matematiksel modeller kullanılarak tanımlanırlar. Oluşturulan bu modellerin kullanılması ile olayın veya sistemin gelecekte alacağı durum veya göstereceği davranış biçimi tahmin edilmeye çalışılır. Hâlbuki günlük yaşantıda karşılaşılan problemlerin büyük bir çoğunluğu ya çeşitli nedenlerden dolayı tam olarak modellenemeyebilir ya da kesin bir durumu ifade edemeyebilirler (Türkbey 2003-a).

Bir kavramı, bir amacı ve bir sistemi tanımlayan ifadelerdeki belirsizliğe veya kesin olmama haline *bulanıklık* denir. İnsanların düşünce biçimindeki algılama farklılıkları, onların sübjektif davranışları ve hedeflerindeki belirsizlikler bulanıklık olgusu ile açıklanabilir. Belirsizlik veya bilgi eksikliğini gidermek için olasılık teorisi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Olasılık teorisindeki belirsizlik, genellikle olayların gerçekleşip gerçekleşmemesi ile ilgilidir. Bu durum, olasılık teorisinde rassallık kavramıyla açıklanmaktadır. Bununla birlikte, belirsizlik kavramı farklı bir açıdan da ele alınabilir. Çünkü rassallık kavramı ile bir olayın meydana gelişindeki belirsizlik açıklanırken, bulanıklık kavramı ile bir olayın kendisindeki belirsizlik açıklanır (Özkan 2003).

İsminin insanlarda çağrıştırdığının aksine bulanıklık, belirsiz ifadelerle yapılan, belirsiz işlemler değildir. Gelişmiş bir olasılık hesaplama yöntemi de değildir. Aslında modelleme aşamasında değişkenler ve kuralların esnek bir şekilde belirlenmesidir. Bu esneklik asla rasgelelik ya da belirsizlik içermez. Nasıl bir lastik içinde bulunduğu duruma göre şeklini değiştirirken bütünlüğünü ve yapısını koruyabilirse, bir bulanık model de değişen koşullara değişen cevaplar verirken özündeki yapıyı muhafaza eder (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003).

Bulanık teriminin, farklı küme sınıflarını ve farklı muhakeme yaklaşımlarını göstermek için kullanıldığının farkına varılmalıdır (Ibrahim 2004).

3.2 Bulanık Mantığın Gelişimi

Her insan, günlük hayatında kesin olarak bilinmeyen, bazen de önceden sanki kesinmiş gibi düşünülen, ama sonuçta kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşabilir. Bu durumların sistematik bir şekilde önceden planlanarak sayısal öngörülerinin yapılması ancak bir takım kabul ve varsayımlardan sonra mümkün olabilmektedir (Terzi 2004).

1930'larda ünlü Amerikan filozofu Max Black tarafından belirsizliği açıklayıcı öncü kavramlar geliştirilmiş olsa da, Zadeh tarafından yayınlanan makale, modern anlamda belirsizlik kavramının değerlendirilmesinde önemli bir nokta olarak kabul edilir. Zadeh, bu makalede, kesin olmayan sınırlara sahip nesnelerin oluşturduğu bulanık küme teorisini ortaya koymuştur (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003).

Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat kazanması 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması ile olmuştur (Şen 2004-b).

Bulanık küme teorisinin ortaya atılmasından sonra, Zadeh 1973'de yayınladığı çalışmalarında, bulanık küme teorisinin, en büyük yaklaşıklıkla insanın karar verme sistemini modelleyebilecek yeterlilikte olduğu fikrini ortaya atmıştır. Zadeh'e göre 1965–1973 yılları, konunun ilk aşamada bulunduğu yıllardır. 1973 yılında kullandığı terim "Bulanık Mantık" (Fuzzy Logic) (BM) ile ikinci devre başlamakta ve 1999 yılına kadar devam etmektedir. Daha sonraki yıllar ise "Bulanık" (Fuzzy) kavramının İngilizcedeki "küçük düşürücülük" anlamında kullanılması nedeniyle, "Fuzzy Logic"e şüpheci bir yaklaşımla yaklaşıldığı gerçeği ortaya çıkmaktadır (Zadeh 2004).

Batı'da Bulanık (Fuzzy) kelimesi güvenilirsizliği ifade eder. Doğu'da ise bu güvenilirsizlikte bile güzelliklerin bulunabileceği düşüncesi vardır. Örneğin, insanlar arasındaki gerekli diyalogun bile sağlanması bu tür bulanık (kesin olmayan, oldukça kişisel) görüşlere bağlıdır (Şen 2004-b).

3.3 Bulanık Sistemler

3.3.1 Bulanık Küme (Fuzzy Set)

Zadeh'in "bulanık küme" kavramı, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemde, özellikle de işin içine insanları alan, kısmen karmaşık sistemlerde yetersiz kalmasından ortaya çıkmıştır. Zadeh, 'uzun, kırmızı, durağan' gibi yüklemlerin ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edilen klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonuyla ifade edilen bulanık kümelerle tanımlamasını önermiştir (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003).

Küme üyeliğinin belirlendiği sınır koşulu, BK'lerde esnek bir yapıda ifade edilir. Diğer bir deyişle, bulanık kümelerde, küme üyeliğinin kısmi üyeliğe geçişi sağlanarak, geleneksel küme teorisi geliştirilir. Böylece, BK teorisinde kümeye tam olarak üye olan nesnelerden, kümeye tamamen üye olmayan nesnelere doğru esnek ve dereceli bir geçişe izin verilir (Özkan 2003).

"Bulanık Küme (Fuzzy Set)" (BK), esneklik ya da hassasiyetin arttırılması açısından klasik kümelere göre daha uygun olan bir yöntem olarak görülebilir. Getirdiği yaklaşım, klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını bir kenara bırakıp yerine tamamen yenisini koymak değil, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak genellemesini yapmaktır (Yen ve Langari 1999)

Geleneksel kümeler ile bulanık kümeler arasındaki en temel fark; üyelik fonksiyonlarıdır. Geleneksel bir küme sadece bir üyelik fonksiyonuyla nitelenebilirken, bulanık bir küme teorik olarak sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilir. Üyelik fonksiyonlarının uygulama ile örtüşen ve doğru bir şekilde belirlenmesi, bulanık küme teorisinin esasını oluşturmaktadır. Bu nedenle, üyelik fonksiyonları bir kez belirlendikten sonra, bulanık küme teorisinde bulanık olan herhangi bir şey kalmadığı söylenir. Bulanık bir kümeye ilişkin üyelik fonksiyonunun belirlenmesi, rassal bir değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesine benzetilebilir. Bir sistemin işleyişi veya bir nesne için, ne kadar veya hangi noktadan sonra gibi soruların yanıtları ile bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları oluşturulmaya çalışılır. Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunu belirleme süreci, kavramların uygulamadaki anlamına dayanarak sezgisel olarak da yapılır (Özkan 2003).

Başlangıçta sadece teorik bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmış olan Bulanık Küme yaklaşımı, izleyen yıllarda pek çok farklı alanda uygulama imkanı bulmuştur. Bu uygulama alanları arasında en belirgin olanları; bilgisayar bilimleri, kontrol, meteoroloji, tıp, sosyal bilimler, psikoloji, yönetim bilimleri, yapay zeka ve uzman sistemler sayılabilir. Özellikle 80'li yıllarda endüstriyel kuruluşların ilgisi bu alana yönelmiştir. Böylece teorik ve uygulamalı araştırma yapan kuruluşların ortak çalışmaları neticesinde, bulanık kümelerin uygulanma alanlarında önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu çalışmaların sonucunda bulanık kontrol işlevine yönelik pek çok yazılım ve donanımlar ortaya çıkmıştır (Türkbey 2003-b).

3.3.2 Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

"Bulanık Mantık" (BM) kavramını ilk kullanıldığı makalesinde Zadeh, iki anahtar kavram üzerinde durmuştur. Bunlar (Zadeh 2004);

a) "Dilsel Değişken" (Linguistic Variable) Kavramı

b) "Bulanık eğer-ise Kuralı" (Fuzzy if-then Rule)

Zadeh'e göre, bir sistemdeki karmaşıklık arttıkça, sistemi betimleyen ifadelerin anlamı azalmakta ve anlamlı ifadeler de belirsizliğe doğru gitmektedir. (Özkan 2003).

BM sisteminin en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer vermesi, diğeri ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir (Terzi 2004).

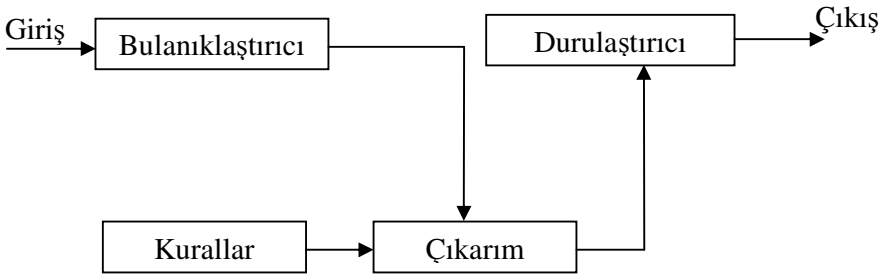
BM düşünüşüne uygun düşen modelleme problemleriyle karşılaşıldığında, genellikle bir uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanma yoluna gidilir. Uzman operatör; dilsel değişkenler/niteleyiciler olarak tanımlanabilen "uygun, çok uygun değil, yüksek, biraz yüksek, fazla, çok fazla" gibi günlük yaşantıda sıkça kullanılan kelimeler doğrultusunda esnek bir denetim mekanizması geliştirir. Bulanık denetim, bu tür mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur (Türkbey 2003-b).

Genellikle bilinen matematik, stokastik veya kavramsal sistemlerin hemen hepsi Şekil 3.1.'de görülen üç ayrı birimden ibarettir. Bunlar giriş, bu girişi çıkışa dönüştüren ve sistem davranışı olarak isimlendirilen bir kutu ve buradan çıkış kısımlarıdır. Bu birimlerin hepsinde sayısal veri çıkış veya işlemler yapılmaktadır (Şen 2004-b).



Şekil 3.1 Klasik Sistem

Bulanık sistemlerin bu klasik tasarımdan farkı; sistem davranışı kısmının dörde ayrılarak Şekil 3.2.'de gösterildiği gibi kendi aralarında bağlantılı dört birimin olmasıdır (Terzi 2004).



Şekil 3.2 Bulanık Mantığın Temel Elemanları

Girdi değerleri çoğunlukla kesin değerlerdir. *Bulanıklaştırıcının* görevi, bulanık kümeler (burada girdiler bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan bulanık değişkenlerdir) içine kesin sayıları haritalamaktır. *Kurallar* "Eğer-İse" kurallarının oluşturduğu bulanık mantığı esas alır. Bir tipik "Eğer-İse" kuralı (Terzi 2004):

Tablo 3.1 Eğer – İse Kuralı

Eğer	Yolun kapasitesi	AZ
İse	Akan Taşıt Hızı	ÇOK tur.

Kurallar, klasik uzman sistemlerde insan deneyimlerinden çıkarılır. Bulanık kural tabanlı sistemlerde ise, kural tabanı insan deneyimlerinin yardımıyla şekillendirilir. Bu deneyimlerden elde edilen sözel bilgi ve ölçümlerden elde edilen sayısal bilgi birleştirildiğinde ilginç bir durum ortaya çıkar. Bu durumda, kurallar ilk adımda sayısal verilerden çıkarılır. Diğer adımda ise, bulanık kural tabanı insan deneyimlerinden elde edilen kurallar ile birleştirilebilir (Terzi, 2004).

Bulanık mantığın *Çıkarım* makinesi, bulanık kümeler içine haritalanır. *Durulaştırma* esnasında, çıktı değişkeni için bir değer seçilir. Literatürde farklı durulaştırma yöntemleri mevcuttur. Seçilen sonuç değeri genellikle ya en yüksek üyelik derecesine sahip değer ya da ağırlık merkezi değeridir (Terzi, 2004).

Genel bulanık sistem elemanlarının her birinin farklı, fakat birbiri ile ilişkili olabilen aşağıdaki görevleri vardır (Şen 2004-b):

1. **Genel Bilgi Tabanı Birimi:** İncelenen olayın etki altında kaldığı girdi değişkenleri ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna veri tabanı veya kısaca **giriş** adı da verilir.
2. **Bulanık Kural Tabanı Birimi: G**irişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal **EĞER-İSE** türünde yazılabilen kuralların tümünü içerir.
3. **Bulanık Çıkarım Motoru Birimi:** Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasındaki ilişkilerin tamamını toplayarak sistemin nasıl çıktı vereceğini belirleyen işlemler topluluğunu içeren bir birimdir.
4. **Çıktı Birimi:** Bilgi ve bulanık kural tabanlarının, bulanık çıkarım motoru aracılığıyla etkileşimi sonunda elde edilen çıktı değeri topluluğunu belirtir.

Bulanık mantığın temelde sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003):

- İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır,
- Uygulamasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz,
- Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir,
- Bulanık Mantık kavramını anlamak kolaydır,

- Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esnektir,
- Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir,
- Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir,
- Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir,
- İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkta kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır.

3.3.3 Bulanık Kümeleme Yöntemi (Fuzzy Clustering)

Bulanık Kümeleme Yöntemi (BKY), kümeler birbirinden belirgin bir şekilde ayrılamıyorsa ya da küme üyeliklerinde bazı birimler üyelikte kararsızsa uygun bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bulanık kümeler, kümedeki birimin üyeliği olarak tanımlanan 0 ile 1 arasındaki her bir birimi belirleyen fonksiyonlardır (Şen 2004-b).

Birbirine çok benzeyen birimler aynı kümede yüksek üyelik ilişkisine göre yer alırlar. Bundan dolayı BKY, birimlerin kümeye ya da kümelere ait olabilme katsayılarını hesaplar. Üyelik katsayılarının toplamı daima 1'e eşittir. Böylelikle birim, en yüksek üyelik katsayısına sahip olduğu kümeye atanır. Üyelik fonksiyonları, kümedeki elemanlar sürekli veya süreksiz olsun bir bulanık kümedeki bulanıklığı karakterize eden fonksiyonlardır. Klasik kümeleme yöntemlerinde ise her bir birim sıfır olmayan sadece bir üyelik katsayısına sahiptir ve bu değer daima 1'dir. Dolayısıyla klasik kesin kümeleme yöntemleri, bulanık çözümlemenin sınırlı bir durumudur (Şahin ve Hamarat, 2002).

Bulanık kümelemenin iki temel yöntemi vardır. Bunlar (Şen 2004-b):

1) Klasik K-Ortalamalı Kümelere Ayırma Yöntemi,

2) Bulanık C-Ortalamalı Kümelere Ayırma Yöntemidir.

3.4 Üyelik Fonksiyonları

3.4.1 Üyelik Fonksiyonu Özellikleri

Bulanık sistemlerde, dilsel ifadelerle anılan bölgelerin sınırlarını belirtmede ve giriş bilgilerine ait üyelik ağırlıklarının tespit edilmesinde kullanılmak üzere uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir (Şenol 2000).

Bulanık bir küme, çalışma yapılan alana ait her bir bireye veya elemana matematiksel olarak kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak tanımlanır. Bu değer o üyenin bulanık küme tarafından ifade edilen kavrama uygunluk derecesini ifade eder. Bundan dolayı bireylerin kümeye ait olması farklı farklıdır. Bu üyelik dereceleri 0 ile 1 arasındaki gerçek sayılarla temsil edilirler (Civalek ve Ülker 2004).

0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öğe için değerine **üyelik derecesi**, bunun bir alt küme içindeki değişimine de **üyelik fonksiyonu** adı verilir. Böylece, üyelik fonksiyonu şemsiyesi altında toplanan öğelerin her biri, önem derecelerine göre birer üyelik derecelerine sahiptir (Şen 2004-b).

Üyelik fonksiyonları birçok farklı şekillerde olabilir. Özel bir şeklin uygun olup olmayacağını tespit etmek, çalışılan uygulama alanı tarafından elde edilen verilerle belirlenir. Bununla beraber, pek çok uygulama bu tip şekil değişikliklerine karşı fazla duyarlılık göstermezler. Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak istenilen şekilde üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmasında öne çıkan bir durumdur (Civalek ve Ülker 2004).

Üyelik fonksiyonunun tespiti çok önemli bir basamaktır ve sistemin hassasiyetini belirler. Üyelik fonksiyonlarını oluşturmada özel bir kural yoktur. Fakat öncelikle, dilsel olarak ifade edilecek olan bölgelerin, sayıları tespit edilmelidir. Çünkü bu, sistemin en kaba haliyle hassasiyetini belirler. Örneğin bir koşul kümesindeki dilsel niteleyiciler *{küçük, büyük, orta }* bazı alanlarda yeterli olmayabilirler. O zaman *{çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük}* beş koşul ünitesi kullanılması gerekebilir. Daha sonraki hassasiyet ise, üyelik fonksiyonlarının şekilleriyle arttırılır. En kullanışlı üyelik fonksiyonu elde edilinceye kadar birçok denemeler yapılır (Şenol 2000).

Bir üyelik fonksiyonunun, sahip olması gereken özellikler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Gökçeoğlu ve ark. 2001):

1) Bütün üyelik fonksiyonları sürekli olmalı,

2) Bütün üyelik fonksiyonları belirli bir aralıkta [a,b] tanımlanmalı,

3) Üyelik, fonksiyonları tekdüze bir şekilde sürekli artan ya da sürekli azalan, olabileceği gibi artan ve azalan bölümleri de olabilir,

4) Tekdüze üyelik fonksiyonları, tanımlanan tüm aralıkta iç bükey ya da dış bükey şekilli olabileceği gibi, tanımlanan aralık [a,b] içerisinde kalan bir noktaya, c, kadar içbükey [a,c], c noktasından sonra da dışbükey [c,b] olabilir,

Bulanık sistemler için üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler (Şen 2004-b):

a) Sezgi,

b) Çıkarım,

c) Mertebeleme,

d) Açılı Bulanık kümeler,

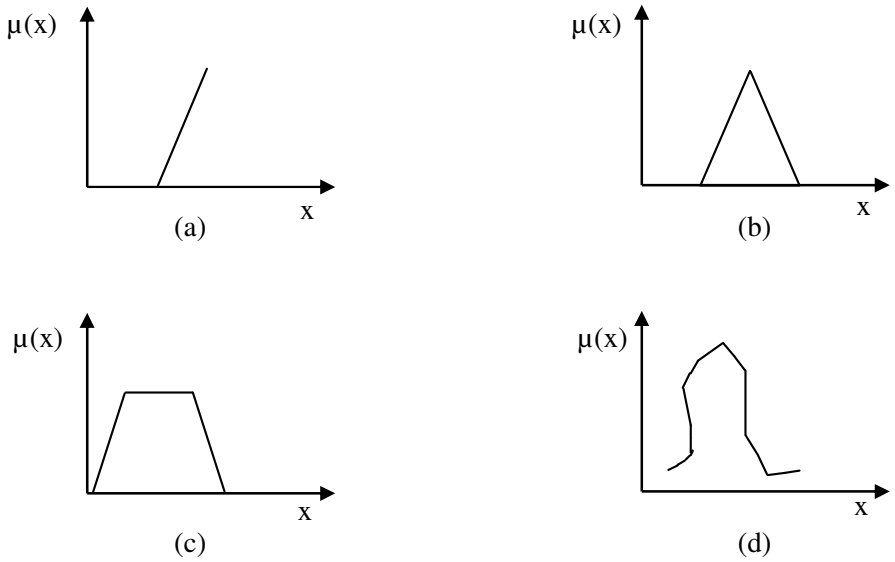
e) Yapay sinir ağları,

f) Genetik algoritmalar,

g) Çıkarımcı muhakeme gibi yaklaşımlardır.

3.4.2 Üyelik Fonksiyonu Çeşitleri

Üyelik fonksiyonunun belirlenmesi, uzman kişinin deney ve tecrübesi sonucu çok farklı şekillerde olabilir. Üyelik fonksiyonları, sistem parametrelerini tanımlar. Üyelik fonksiyonlarının sayısına ve şekline ait hiçbir kısıtlama yoktur. Tamamen tasarımcının istek ve tecrübesine bağlıdır. Literatürde en çok üçgen, yamuk, çan eğrisi şeklinde üyelik fonksiyonları kullanıldığı görülmektedir. Yine de bu fonksiyon1ar, kontrolü yapılan sisteme göre çok değişiklik gösterebilir Şekil 3.3'de çeşitli üyelik fonksiyonları gösterilmiştir (Şenol 2000).

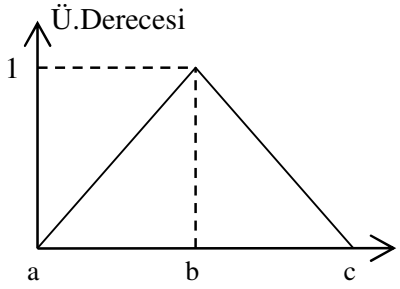


Şekil 3.3 Çeşitli Üyelik Fonksiyonları

a) Monotonik b) Üçgen c)Yamuk d) Çan eğrisi

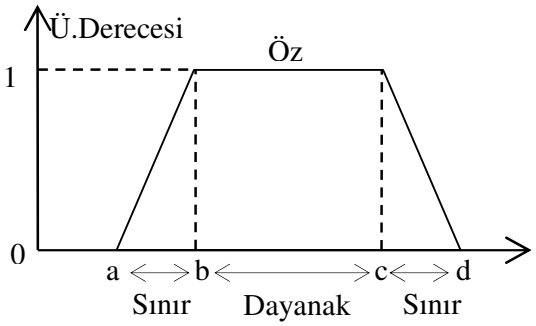
Bulanık kümelerin kullanışlılığı, farklı kavramlara üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır.

"A" bulanık kümesine ait elemanların, üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu ve çan eğrisi (Gauss) üyelik fonksiyonu ile gösterimi, sırasıyla Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmektedir. Ayrıca her şeklin altında, belirtilen üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi gösterilmektedir (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003):



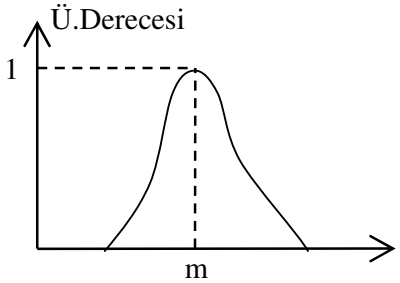
Şekil 3.4 Üçgen Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x)= \mu_A(x,a,b,c)= \begin{cases} (x-a)/(x-b) & \text{eğer } a\le x<b \\ (c-x)/(c-b) & \text{eğer } b\le x<c \\ 0 & \text{eğer } x>c \text{ veya } x<a \end{cases}$$



Şekil 3.5 Yamuk Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x)= \mu_A(x,a,b,c,d) = \begin{cases} (x-a)/(x-b) & \text{eğer } a\le x<b \\ 1 & \text{eğer } b\le x<c \\ (d-x)/(d-c) & \text{eğer } c\le x<d \\ 0 & \text{eğer } x>d \text{ veya } x<a \end{cases}$$



Şekil 3.6 Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu

$\mu_A(x) = e^{-a(x-m)2}$ $\quad a>0,\ m \in R$

Aristo mantığına göre çalışan ve şimdiye kadar alışılagelen klasik küme kavramında, bir kümeye giren öğelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit var sayılmıştır. İkisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Hâlbuki bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen, değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Üçgen, yamuk ve çan eğrisi şeklinde çizilen fonksiyonlara bakıldığında, bir bulanık ifadenin üç özelliği anlaşılabilir. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için aşağıdaki üç temel özelliği sağlaması gerekir (Şen 2004-b):

1) Bulanık küme normaldir, yani kümede bulunan elemanlardan en az bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip bulunması gerekir.

2) Bulanık küme monotondur, yani üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik dereceleri de 1'e yakın olmalıdır.

3) Üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa ve sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki, buna da bulanık kümenin *simetrik* özelliği adı verilir.

Genel durumda ise, her bir alt aralığın ayrık üyelik fonksiyonunun simetrik olması gerekmemektedir. A ve B gibi alt ve üst sınırlara sahip olan X değişkeninin bu aralıktaki her değerine ayrı bir üyelik derecesi, ü(x) atanmış olur. Bu aralıktaki tüm X değerleri o X değişkeninin bir alt kümesini teşkil eder (Şen 2004-b).

İki değerli mantıkla, iki mutlak sonuç "0" ve "1" olarak gösterilirken, sonsuz değerli mantıkta ise sonuçlar [0.0, 1.0] aralığında tanımlanır. Bu değerlere "üyelik derecesi" denir. "0" mutlak "yanlışlığı", "1" ise mutlak "doğruluğu" gösterir. Bu üyelik derecesi, belirsizliği gidermeye çalışıp, tanımlamaya çalışan bir fonksiyonla ölçülebilir. Bu fonksiyon, bir bulanık kümedeki elamanları [0,1] aralığındaki reel bir değere dönüştürür (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003).

3.5 Bulanık Sistemlerin Uygulama Alanları

1980'den sonra bulanık sistemin; elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler, metro ve şirket işletimi gibi konularda kullanılmasında patlama olmuştur. Son yıllarda birçok mühendislik dallarında, veri tabanlarının sözelleştirilmesinde, tele-sekreterlerin cevaplamasında ve birçok konuda bulanık mantık bütün dünyada kullanılır hale gelmiştir (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003).

Bulanık mantık kullanan sistemlerle artık metroların işleyişi kontrol edilmekte, televizyon alıcıları ayarlanmakta, kameralar görüntüye odaklanmakta, buzdolaplarının buzlanması engellenmekte, trafik lambaları programlanmakta ve hatta çiçek düzenlemeleri bile yapılmaktadır (Başlıgil 2005).

Yöneylem araştırmasının karar almada sıkça kullanılan doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, tamsayılı programlama, hedef programlama, çok amaçlı karar verme, dinamik programlama, bekleme hattı modelleri, ulaştırma modelleri, oyun teorisi ve şebeke analizi gibi birçok alanına, bulanık küme teorisi uygulanabilmektedir (Özkan 2003).

Bulanık sistemlerinin uygulama alanları genel olarak aşağıdaki gibi sayılabilir (Kaya 2003):

- *Otomatik Kontrol Sistemleri:* Robotik, otomasyon, akıllı denetim, izleme sistemleri, ticari elektronik ürünler, vb.
- *Bilgi Sistemleri:* Bilgi depolama ve yeniden çağırma, Uzman sistemler, bilgi tabanlı sistemler, vb.
- *Görüntü Tanımlama:* Görüntü işleme, makina görüntülemesi.
- *Optimizasyon:* Fonksiyon optimizasyonu, süzgeçleme, eğri uydurma, vb.

3.6 Bulanık Sistem Literatür Araştırması

Du ve Wolfe (1997), "Kalite Kontrol"ü, bulanık sistemin fayda sağlayabileceği alanlardan birisi olarak göstermiştir. Jakopovic "Bulanıklık" sistemini, tamamlanmamış, belirsiz ve kesin olmayan bilgiler için kullanmıştır. Diğer bir uygulamada ise, kontrol sisteminde üst ve alt kontrol özellikleri için kullanılmıştır. Kesin sistem limitleri (standart sapmalı üst ve alt limitler) belirtilerek, geleneksel yöntemin sistem esnekliği sınırlandırılabilir. Bulanık sistem uygulanarak, değişen sistem parametrelerine kontroller tatbik edilebilir.

Sakawa ve arkadaşları (2001), genetik algoritmalarla tasarlanan bulanık parametreler için 0-1 çoklu seviyeli programlamayı uygulamışlardır. Üç seviyeli 0-1 programlayan problem için tanımlanan sayısal örnek, önerilen metodun yapılabilirliğini ispat etmek için kullanılmıştır.

Sakawa ve Kato (2002), pozitif ve negatif katsayılar içeren çok amaçlı 0-1 programlama problemlerinde, çok boyutlu 0-1 sırt çantası problemleri için, çift dizili genetik algoritma yapısını genişleten etkileşimli bir bulanık model önermişlerdir.

Lou ve Huang (2003), yapay zeka ve mühendislik temellerinden yararlanarak bir kalite kontrol yaklaşımı öne sürmüşlerdir. Bu yaklaşımın odak noktası, son süreçten çok ilk süreç üzerindedir. Bu süreçte bilgi ya sembolik olarak ya da sayısal olarak ifade edilir ve mantıklı düşünme yoluyla bir hiyerarşi oluşturulur. Karar verme sürecinde ise temel bilgi optimizasyonunu sağlamak ve sezgisel bilgiyi kullanmak için "Bulanık Min-Max algoritması" kullanmışlardır. Ve yaklaşımın yararını göstermek için, bir otomobil yüzeyinde hata azaltma işleminde akıllı karar destek sistem uygulaması gerçekleştirmişlerdir.

Cheng (2005), bir grup uzman yoluyla öznel kalite değerlendirmelerinde tedarik edilen bulanık kontrol grafiklerinin yapısını anlatmıştır. Önerilen "Bulanık Proses Kontrol" yöntemi, çevrimiçi ve çevrimdışı aşamalar içermektedir. Çevrimdışı aşamalarda, uzmanlar tarafından sayısal ölçekli kalite oranları atanmaktadır. Kişisel

sayısal değerlendirmeler, bulanık sayılar biçiminde, ortak görüşleri oluşturmak için toplanmışlardır. Çevrimiçi aşamalarda ürün ebatları ölçülür ve bulanık regresyon modeli, uzmanın yargılarını otomatikleştirmek amacıyla uygun bulanık kalite oranlarının belirlenmesi için ölçülen ebatları şekillendirir. Bulanık kalite oranları sayesinde, kontrol dışı koşullar değerlendirilerek olasılık teorisini kullanarak geliştirilen bulanık kontrol grafikleri çizilmiştir. Gelişmiş kontrol grafikleri, sadece işlemin merkezi eğilimini takip etmezler, bundan başka, bulanıklığın derecesini de belirtmektedirler.

BS uygulamaları, Perrot ve arkadaşlarına göre (2006) yiyecek ürünleri kalite kontrolünde de kullanılabilmektedir. Uzman bilgi sistemlerine ulaşmada, bulanık sistemleri matematiksel biçimlendirme temin etmenin bir yolu olarak göstermişlerdir. Yerfıstığı kızartılma işleminde, bir endüstriyel fırın tünelindeki bisküvi kalitesinin kontrolünde, olgunlaştırma sırasında sosis kalitesini kontrolde “Bulanık Kontrol” uygulamalarının yapılmasını, yaklaşımlarına örnek olarak göstermişlerdir.

4. KABUL ÖRNEKLEMESİ

Kabul örneklemesi, kalite kontrolün en önemli araçlarından birisidir. Örnekleme, bir ana kütlenin belirli özellikleri hakkında karar vermek amacı ile ana kütleyi en iyi temsil edecek biçimde ve belirli kıstaslara göre belirlenen nispeten küçük bir kısmının seçilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır (Gözlü 1990).

İstatistiksel kalite kontrolünün en önemli konularından bir tanesi de "Kabul Örneklemesidir (Acceptance Sampling). Ürün oluşum sürecinin kontrolünde kullanılan istatistiksel teknikler ne kadar etkin olursa olsun, yine de bir miktar hatalı üretim kaçınılmazdır. Bu sebeple, kuruluşlar (Özdemir 1999);

- Üretim sonrasında yapılan işi kontrol etmek,
- Hatalı üretimlerin ileri aşamalarda diğer kuruluşlara, tüketicilere ulaşmasına engel olmak,
- Bir kuruluşun başka bir kuruluştan belli şartnamelere göre aldığı ham, yan mamul, mamul'ün şartnameye uyguluğunu kontrol etmek durumundadırlar.

Bu nedenlerle ürünün kabul edilebilir olup olmadığını anlamak üzere çeşitli aşamalarda alınan numuneler muayeneye tabi tutulurlar. Bu işlemlere "*Kabul Örneklemesi"* denir. Buradaki muayene işlemleri hayati ve işlevsel özellik taşıyanlar ürünler hariç genellikle örnekleme yapılarak gerçekleştirilir. Amaç, örneklem (numune) yardımıyla ana kitleyi (partiyi) tanımlamak yani, mamul kalitesini belirlemektir. Burada Kabul örneklemesinin belirgin amacı ürünün parti kalitesini tahmin etmek olmayıp, partinin kabulü veya reddi kararı için yol göstermektir. Bu durum kalite düzeyi için emniyet sağlar (Özdemir 1999).

Parti muayenesinde genellikle üç yaklaşım vardır (Gözlü 1990):

(1) Muayene etmeksizin parti kabulü;

(2) %100 muayene. Burada partideki tüm parçalar muayene edilir, tüm kusurlu parçalar ayrılır (kusurlular satıcıya geri gönderilebilir, yeniden işlenebilir, sağlamlarla değiştirilebilir veya atılabilir);

(3) Kabul örneklemesi. Muayene etmeksizin parti kabulü satıcının prosesinin çok iyi olduğu ve kusurlu parçaların hemen hemen hiç olmadığı ya da kusurlu partileri aramanın ekonomik olmadığı durumlarda kullanılır. %100 muayene, parçanın çok önemli olduğu ve kusurlu parçanın geçmesi halinde kabul edilemez yüksek maliyetlere sebep olduğu durumda veya satıcının kalitesinin yetersiz olduğu durumda kullanılır.

Kabul örneklemesi ise aşağıdaki durumlarda daha çok yararlıdır (Kaya 2004):

* Tahribatlı muayenelerde,
* %100 muayene maliyetinin çok yüksek olduğunda,
* %100 muayenenin teknolojik olarak uygun olmadığı veya çok fazla zaman aldığı (üretimi ciddi şekilde etkileyecek) durumda,
* Çok fazla muayene edilecek parça olduğu durumda ve muayene hata oranının %100 muayenede örneklemeye göre daha yüksek olduğu durumda,
* Satıcının geçmiş kalitesinin çok iyi olduğu ve %100 muayenede azaltma istendiği ancak proses kalitesinin muayene yapılmayacak kadar iyi olmadığı durumda,
* Potansiyel ürün risklerinin olduğu ve satıcının prosesinin tatmin edici olduğu durumda, ürünü devamlı izleyecek bir program gereklidir.

4.1 Muayene Çeşitleri

Satın alımlarda vurgulanabilecek muayene türleri iki kümede toplanabilir. Bunlar (Özdemir 1999);

1. Değişkenlerin (Niceliklerin) muayenesi,
2. Özelliklerin (Niteliklerin) muayenesidir.

Değişkenlerin muayenesi, ölçülen değer spesifikasyon (kalite özelliği) değeri arasındaki farkı ilgilendirir. Özelliklerin muayenesi ise ürünlerin sağlam/bozuk, iyi/kötü, kusurlu/kusursuz gibi niteliklerini belirlemeye çalışmaktadır.

Muayene türleri, kullanılma amacına göre de ikiye ayrılır (Gözlü 1990):

- %100 Muayene
- Örnekleme Muayenesidir.

4.2 Örnekleme Planları

Kalite kontrolünde kullanılan örnekleme planları, değerleme kriterleri açısından "özellikler" ve "değişkenler" olmak üzere başlıca iki grupta toplanır. Özelliklere göre değerleme yapan örnekleme planlarında genellikle *p* ile gösterilen ve kusurlu parça oranı adı verilen değer, parti hakkında verilecek kararda temel kriter olarak göz önüne alınır. Değişkenlere göre değerleme yapan örnekleme planlarında ise karar kriterini oluşturan değişken, bir kalite özelliğine ait boyut, ağırlık, hız vb. ölçülebilen bir değerdir (Gözlü 1990).

4.2.1 Özelliklere Göre Örnekleme Planları

Özelliklere göre örnekleme planları 4 maddede toplanabilir (Özdemir 1999):

a) Tekli Örnek Alma Planı

b) İkili Örnek Alma Planı

c) Çoklu Örnek Alma Planı

d) Ardışık Örnek Alma Planı

4.2.2 Değişkenlere Göre Örnekleme Planları

Belirli bir kalite özelliği, sürekli olarak ölçülebiliyor ve normal dağılıma sahip olduğu biliniyorsa ölçümlere dayalı örnekleme planının hazırlanması mümkündür. (Gözlü 1990).

Değişkenlere göre örnekleme planlarının üstünlüğü, kabul veya ret kararı için belirli sınırlar içinde güven vermesidir. Bu tip örnekleme planlarında daha küçük örnek hacmi ile kalite korunması sağlanmakta ve süreç kontrolünü etkinleştirecek ek bilgiler elde edilmektedir. Sakıncaları ise daha yüksek muayene maliyeti ile daha fazla zaman gerektirmesi ve daha karmaşık hesaplamaların yapılmasıdır. Eğer muayene tahripkâr ise değişkenlere göre hazırlanan planların, özelliklere göre hazırlanan planlardan daha iktisadi olduğu bilinmektedir (Gözlü 1990, Kaya 2004).

4.3 Kabul Örneklemesi Planlarında Kullanılan Temel Kavramlar

a) Çalışma Karakteristiği Eğrisi

Çalışma karakteristiği eğrisi (Operating Characteristic Curve- ÇKE); parti kusurlu oranına karşılık, partinin kabul edilmesi olasılığını gösterir. ÇKE; örnekleme planının potansiyel performansını verir ve teslim alınan bir partinin kusurlu oranı için planın nasıl davranacağını belirtir. Ne örnekleme ne de %100 muayene partideki tüm kusurlu parçaların bulunacağını garanti etmez. Örnekleme; partideki tüm durumları yansıtmayacağından risk taşır. Örnekleme riskleri iki çeşittir (Kaya 2004, Öner ve Karaman 2004):

- İyi partiler reddedilebilir (üretici riski- α)
- Kötü partiler kabul edilebilir (tüketici riski- β)

b) Üretici Riski

Amaca uygun tasarlanan bir örnekleme planı ile "iyi" kalitede gelen yığınlar, "çoğunlukla" kabul edilmelidir. Burada belirtilen "çoğunlukla", 1-α olasılığının karşılığıdır. α olasılığı, iyi kalitede gelen bir partiyi reddetmenin riskini gösteren olasılık olup, üretici riski olarak adlandırılır (Öner ve Karaman 2004).

c) Tüketici Riski

Amaca uygun tasarlanan bir örnekleme planı ile "kötü" kalitede gelen yığınlar, "nadiren" kabul edilmelidir. Burada belirtilen "nadiren" kavramı, β olasılığının karşılığıdır. β olasılığı, kötü kalitede gelen bir partiyi kabul etme olasılığı olup, tüketici riski olarak adlandırılır.

Bu risk genelde 0.10'dur. Tüketici riskine bağlı olarak kusurlu partinin nümerik tanımına sınırlayıcı kalite denir. Sınırlayıcı kalite; tüketicinin kabul olasılığının düşük olmasını istediği kusurlu yüzdesidir (Besterfield 1999).

d) Kabul Edilebilir Kalite Seviyesi

İyi ve kötü kalitedeki yığın kavramları, yönetimin görüşüne veya kabul muayenesinin doğasına göre oluşurlar. Bu kavramlardan birisi kabul edilebilir kalite seviyesidir (Öner ve Karaman 2004).

Kabul edilebilir kalite seviyesi (Acceptable Quality Level - KEKS); tüketici tarafından kabul edilebileceği düşünülen en zayıf süreç kalite seviyesidir. KEKS, imalat sürecinin karakterini gösterir. Örnekleme prosedürü tüketici tarafından tasarlanır, bu yüzden OC eğrisi KEKS'de yüksek bir kabul olasılığı verir. KEKS, üründe bir özellik olarak planlanmamıştır ve üretim sürecinde hedef bir değer değildir. KEKS, sadece partiler hakkında kıyaslama sağlayan bir standarttır. Sürecin KEKS'den çok daha iyi olan bir seviyede tamamlanması istenir (Kaya 2004).

e) Kabul Edilebilir Parti Kusurlu Yüzdesi

β kabul olasılığına sahip bir partideki kusurlu oranı, kabul edilebilir parti kusurlu yüzdesi olarak tanımlanır (Öner ve Karaman 2004). Kabul edilebilir parti kusurlu yüzdesi (Lot Tolerance Percent Defective - KEPKY); tüketici tarafından kabul edilebilecek en zayıf kalite seviyesidir. KEPKY, örnekleme planının bir karakteristiği değildir fakat tüketici tarafından belirlenen parti kalite seviyesidir. (Kaya 2004)

KEKS, üretici açısından numune planında her zaman kabul edilmesi gereken "iyi" bir kalite seviyesidir. KEPKY ise müşteri açısından numune planında her zaman ret edilmesi gereken "kötü" bir kalite seviyesidir (Akkurt 2002).

f) Çıkan Ortalama Kalite

Düzeltme muayenesi sonucunda ortaya çıkan partinin kalitesi; çıkan ortalama kalite (Average Outgoing Quality - ÇOK) olarak tanımlanmaktadır. Parti büyüklüğünün *N* olduğu ve tüm kusurlu parçaların sağlamlarla değiştirildiği kabul edilirse, *N* hacimli parti için aşağıdaki ifadeler geçerli olmaktadır (Kaya 2004):

- Muayene sonunda örnekte *n* kadar sağlam parça elde edilir, çünkü bulunan tüm kusurlular değiştirilmiştir,
- Parti reddedilirse *(N-n)* adet sağlam parça vardır. *(N-n)* hacimli parti kusurlu içermez,
- Parti kabul edilirse *(N-n)* büyüğündeki parti *p(N-n)* kusurlu içerir.

g) Ortalama Toplam Muayene Sayısı

Her parti için muayene edilen ortalama parça sayısı "Ortalama toplam muayene sayısı (Average Total Inspection- OTMS)" olarak isimlendirilmektedir. Bir partide

kusurlu parça bulunmuyorsa, bu parti seçilen örnekleme planı tarafından kabul edilir ve *n* örnek hacmi kadar parça muayene edilir. Eğer partide bulunan tüm parçalar kusurlu ise %100 muayene yapılır (Kaya, 2004).

h) Ortalama Örnek Sayısı

Gelen partilerin kalite seviyesine göre muayene edilecek ortalama örnek sayısı, "Ortalama örnek sayısı (OÖS)"; dır (Mitra 1998).

ı) Kabul Sayısı (Acceptance Number, Ac) c:

Kabul örnekleme planında verilen partinin yada kitlenin kabul edilmesine izin veren ve örneklem de bulunabilecek en büyük sayıdaki kusurlu birim sayısıdır (Mitra 1998) .

4.4 Kabul Örneklemesinde Kullanılan Dağılımlar

Kabul örneklemesinde kullanılan bazı istatistiksel dağılımlar aşağıda verilmiştir (Schilling 1982, Montgomery 2001, Kaya 2004):

a) Hipergeometrik Dağılım

Sonlu bir kitleden, yerine koymadan örnekleme yapıldığında en uygun dağılım hipergeometrik dağılımdır.

b) Binomial Dağılım

Dağılım tercihleri örnek hacmi ile yığın hacmi arasındaki ilişkiden yararlanılarak tespit edilmektedir. Eğer $n< (N/10)$ ise binomial dağılım kullanılmalı, eğer bu şart tam olarak sağlanamıyor veya örnek hacmi yığın hacmine göre çok küçük ise $(n<<N)$ hipergeometrik dağılım kullanılmalıdır.

c) Poisson Dağılımı

Poisson dağılımı belirli kusurlu sayısı verilen örnekleme planlarının özelliklerini hesaplamada kullanılır.

d) Negatif Binom Dağılımı

Bu dağılım verilen kusurlu sayısına göre gerekli rastsal kararların sayısını belirlemek için kullanılır.

e) Eksponansiyel ve Sürekli Dağılım

Sürekli dağılım daha karmaşık ve daha sınırlayıcı olmasına rağmen kabul örneklemesinde oldukça yararlıdır. Eksponansiyel dağılım, kabul planlarının güvenilirliğini ve yaşam testini değerlendirmede kullanılır. Bu dağılım sabit hata oranıyla ayrılır.

f) Normal Dağılım

N, yığın hacmi; n, örnek hacmi ve p, kusur oranı olmak üzere; eğer $(n/N) > 0.1$ ve $(np) > 10$ ve $(p) < 0.5$ ise normal dağılımın kullanılması daha yararlı olacaktır.

4.5 Kabul Örneklemesi Çeşitleri

Çoğu işletmeler; klasik istatistik hesaplar yardımı ile kendi örnekleme planlarını hesaplamak yerine, önceden oluşturulmuş planları tercih etmektedirler. İşletmeler, bu örnekleme planlarını kullanabilmek için bazı ölçütler belirlemekte ve bunlara göre kendileri için en uygun durumu belirlemektedirler. Bu örnekleme planları, bazı temel kriterler üzerine geliştirilmiş ve bu kriterlere ait tüm hesaplamalar yapılmıştır (Mitra 1998).

İşletmelerde kullanılan başlıca örnekleme planları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Besterfield 1999, Kaya 2004):

4.5.1 ANSI/ASQC Z1.4

1942'de Bell Telefon Laboratuarında tasarlanan bir örnekleme planıdır. İlk tasarımda JAN-STD-105 adıyla tasarlanmıştır. Son halini alıncaya kadar beş kez revize edilmiştir. Son tasarımı ise MIL-STD-105E'dir. ISO (International Organization for Standardization) tarafından 1973 yılında adapte edilmiş ve ISO/DIS-2859 olarak tasarlanmıştır. Örnekleme planları içerisinde en çok kullanılan plandır.

4.5.2 ANSI/ ASQC Standard Q3

Bu standart izole edilen partilerin muayenesi için kullanılmaktadır ve sürekli akış halindeki partiler için uygun olan ANSI/ASQC Z1.4 standardını tamamlamaktadır. Bu standartta sınırlayıcı kalite değerleri tabloları oluşturulmuştur.

4.5.3 Dodge-Romig Örnekleme Planları

Dodge-Romig örnekleme planları, %100 muayeneye maruz kalan reddedilen partilerin düzeltme muayenelerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. İstenilen ÇOK seviyeleri için Dodge-Romig tabloları geliştirilmiştir. Bu tablolar belirli bir ÇOK değeri için, *n* örnek hacmini ve *c* kabul edilebilir kusur sayısını gösterir.

4.5.4 MIL-STD-414/ ANSI/ASQC Z1.9

Bu standart 0.10'dan, %10 ÇOK değerine göre hazırlanmıştır. Normal, sıkıştırılmış ve azaltılmış muayene seviyeleri mevcuttur. Örnek hacimleri; parti hacmine ve muayene seviyelerine bağlı olarak hazırlanmaktadır.

MIL-STD-414/ ANSI/ASQC Z1.9 standardında beş adet muayene seviyesi vardır: özel seviyeler S3 ve S4, genel seviyeler I,II ve III'tür. Özel seviyeler, küçük örnek hacimleri gerektiğinde ve büyük risklerin göz ardı edilebileceği hallerde kullanılmaktadır. Farklı bir durum olmadıkça II seviyesi kullanılır. III muayene seviyesi ÇKE'yi daha dik yapmakta ve böylece tüketici riski azalmaktadır. Büyük tüketici riskleri tolere edilecek ise I seviyesi kullanılabilir (Besterfield, 1999).

4.5.5 ANSI/ASQC S1-1996

Tedarikçi kalitesi çok iyi olan durumlarda muayene çalışmalarını azaltmak amacıyla ANSI/ASQC S1-1996 standardı kullanılır.

4.5.6 MIL-STD-1235 B

Bu plan beş farklı sürekli örnekleme planı içermektedir. Kusurlu partiler için üç ayrı muayene seviyesi kullanılmaktadır: kritik, çok önemli ve daha az önemlidir. Sürekli örnekleme planları ÇOK'a göre oluşturulmuştur. ANSI/ASQC Z1.4-1996 ve diğer standartlarla karşılaştırılabilmesi için KEKS değerini de içermektedir. Kritik düzeyde kusurlular için standart CSP–1 ve CSP-F olmak üzere iki plana sahiptir, Bu planı oluşturan alt planlar aşağıdaki gibi listelenebilir (Mitra 1998, Kaya 2004):

1) CSP–1 Planları

2) CSP–2 Planları

3) CSP-F Planları

4) CSP-T Planları

5) CSP-V Planları

4.5.7 Deming'in kp Kuralı

Bu kuralın amacı ortalama toplam muayene sayısını azaltmaktır. Bu kural en geniş anlamı ile %0 ya da %100 muayeneyi ifade etmektedir. Eğer proses durağansa, kusurlu parçaların dağılımı geri kalan partilerdeki kusurlu dağılımından bağımsızdır. kp kuralını kullanmak için aşağıdaki varsayımların olması gerekir (Kaya 2004):

- Muayene prosesi tamamıyla güvenilirdir,
- Tüm parçalar bir sonraki sürece gitmeden önce muayene edilir,
- Satıcı tüm bulunan kusurlu parçaların değiştirilmesini sağlar.

5. ÇOK AŞAMALI PROSES VE MODEL

Çok aşamalı prosesler, üretim sistemlerinin genelini oluşturan süreçlerdir. Bu süreçlerin her birinde, sistem öncesi ortaya konulan kalite şartlarının yerine getirilmesi gerekir. Bu şartları yerine getiren bir mamul diğer aşamaya geçebilirken, istenen kalite düzeyine erişemeyen ürün ise sistemden ayrılmakta ve hatalı olarak nitelendirilmektedir.

Ürünlerin, kalite düzeylerinin belirlenmesinde ve aşamaları geçip geçmeme sürecinde genellikle "Nitel Kontrol Diyagramları" kullanılmaktadır. Ancak bu diyagramlar için örnek hacmini belirlemek zordur. Nitel kontrol diyagramlarında örnek hacminin, nicel kontrol diyagramlarına göre daha fazla olması gerektiğini belirten Kolarik (1995), kıyaslamanın da maliyete ve kalite beklentilerine göre yapılabileceğini ileri sürmektedir. Örneğin, X kontrol diyagramları için alt grup hacmi 5 iken, nitel kontrol diyagramları için alınması gereken örnek hacmi 50 olmalıdır şeklinde bir yaklaşım önerilmektedir. Bu tip problemin çözümünde, çoğu kalite kontrol uzmanı, maliyetler arasında bir kıyaslama yaparak karar vermektedir. Ancak, gereken örnek hacminin de kalite karakteristikleri açısından ihtiyaçlara cevap vermesi gerekir.

Nitel kontrol diyagramlarında örnek hacminin belirlenebilmesi için, Kaya (2004) tarafından geliştirilen ve GA yardımı ile çözülen çok amaçlı bir model, gerçek (onlu) kodlama ile çözülmüştür.

Bu model için kullanılan notasyonlar, Kaya (2004) ile eşdeğer olarak aşağıda verilmiştir:

a) Notasyonlar

m: Tezgah (Aşama) Sayısı,

t_i: Tezgahların (Aşamaların) Kusurlu İşleme Oranı,

h: Hammadde Kusurlu Oranı,

p_i: i. Aşamada Oluşan Kusurlu Parça Oranı,

N_i: i. Aşamadaki Yığın Hacmi,

n_i: i. Aşamadaki Örnek Hacmi,

c_i: *i.* Aşamadaki Kabul Edilebilir Kusur Sayısı,

k_i: *i.* Aşamadaki Bulunan Kusurlu Sayısı,

D_i: *i.* Aşamadaki Mevcut Kusurlu Sayısı,

u_i: *i.* Aşamadaki İşlenme Maliyeti,

r_i: *i.* Aşamadaki Ret Etme Maliyeti,

Ck_i: *i.* Aşamadaki Kusurlu Maliyeti,

m_i: *i.* Aşamadaki Muayene Maliyeti,

P_{ai}: *i.* Aşamadaki Kabul Olasılığı,

P_{aT}: Genel Kabul Olasılığı Sınırı,

GKS_i: *i.* Aşamada Gelen Kusurlu Sayısı,

$TBPS_i$: *i.* Aşamada Tezgahta İşlenirken Bozulan Parça Sayısı,

$TBKPS_i$: *i.* Aşamada, Bir Önceki Aşamadan Kusurlu Gelen ve Tekrar Bozulan Parça Sayısı,

k_i: i. Aşamada Bulunan Kusurlu Sayısı

İlk aşama için gelen kusurlu sayısı; $GKS_1 = N_1 * h$

Diğer aşamalar için gelen kusurlu sayısı; $GKS_i = N_i * p_{i-1}$ *i=2, 3…m*

Tezgahta işlenirken bozulan parça sayısı; $TBPS_i = N_i * t_i$ *i=1, 2, 3…m*

Kusurlu olduğu halde tezgahta işleme sonucu bozulan parça sayısı, ilk aşama için; $TBKPS_1 = h * t_1 * N_1$

Kusurlu olduğu halde tezgahta işleme sonucu bozulan parça sayısı, diğer aşamalar için ; $TBKPS_i = D_{i-1} * t_i$ *i=2, 3…m*

i. Aşamadaki Toplam Kusurlu Sayısı; $D_i = GKS_i + TBPS_i - TBKPS_i$

Yığın Hacmi, ilk aşama için; $N_1 = N$

Yığın Hacmi, diğer aşamalar için; $N_i = N_{i-1} - k_{i-1}$ *i=2, 3…m*

i.aşamadaki kusurlu oranı; $p_i = \frac{D_i}{N_i}$

i.aşama için kabul olasılığı ve tüm aşamalar için kabul olasılığı;

$$P_{ai} = \sum_{x=0}^{c_i} \frac{\binom{D_i}{x}\binom{N_i - D_i}{n_i - x}}{\binom{N_i}{n_i}}$$

Tüm aşamalar için toplam kabul olasılığı ; $P_{aT} = \prod_{i=1}^{m} P_{ai}$

Kabul olasılıklarının hesaplanmasında hipergeometrik dağılım kullanılmıştır. Dağılım tercihleri örnek hacmi ile yığın hacmi arasındaki ilişkiden yararlanılarak tespit edilmektedir. Eğer n < (N/10) ise binomial dağılım kullanılmalı, eğer bu şart tam olarak sağlanamıyor veya örnek hacmi yığın hacmine göre çok küçük ise (n<<N) hipergeometrik dağılım kullanılmalıdır (Kaya 2004).

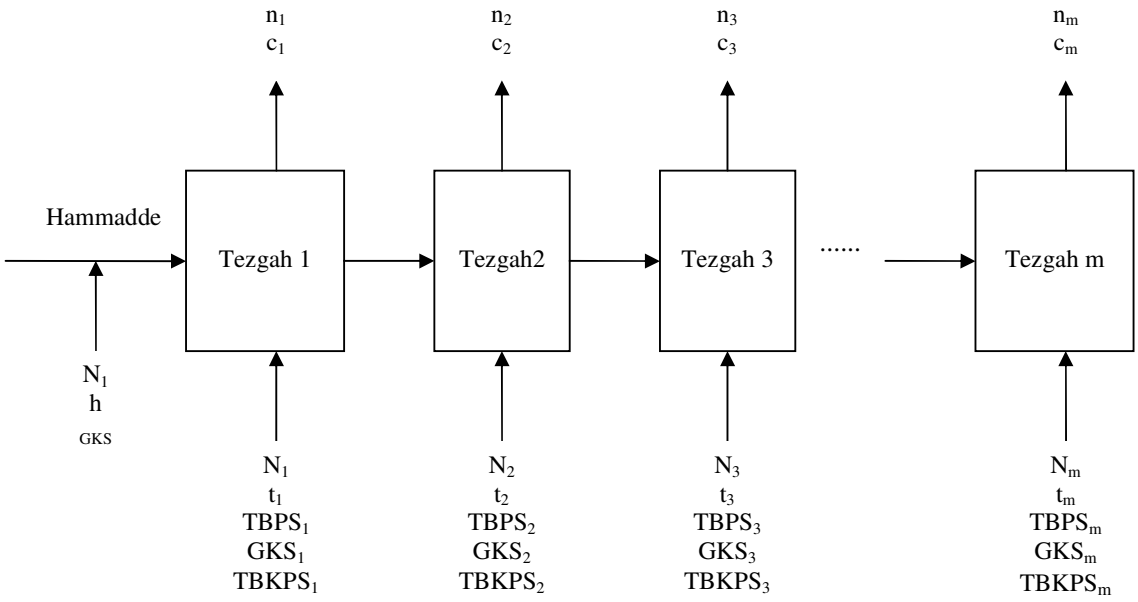
Amaç denklemi:

$$\min C = \sum_{i=1}^{m} n_i * m_i + \sum_{i=1}^{m} k_i \sum_{j=1}^{i} u_j + \sum_{i=1}^{m} \left(r_i * p_i + \left[(N_i - n_i) * p_i * C_{ki} - r_i \right] * P_{ai} \right)$$

Kısıtlar:

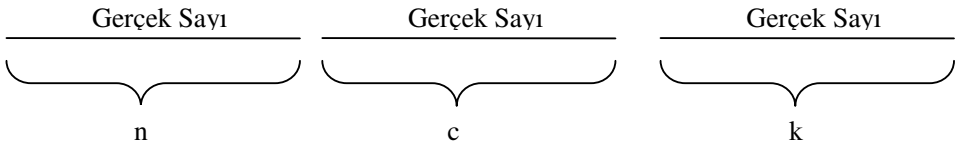
$P_{aT} \geq P^*_{aT}$
$n_i \geq c_i$
$n_i \geq k_i$
$c_i, k_i \leq D_i$
ni, ci, ki, integer
P^*_{at} hedeflenen kabul olasılığıdır.

Şekil 5.1'de çok aşamalı süreç verilmiştir. Her aşama için belirtilen değerler girdi olarak alınmış ve her aşamada *n,c* çiftlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 5.1 Çok Aşamalı Proses

n,c çiftlerinin belirlenmesi için geliştirilen bulanık çok amaçlı model GA yardımı ile çözülmüştür. GA için çözüm geliştirilirken kromozom üç parçalı olarak tasarlanmıştır. Şekil 5.2'de kromozomun temel yapısı verilmiştir.



n: Örnek Hacmi
c: Kabul Edilebilir Kusur Sayısı
k: Bulunan Kusurlu Sayısı

Şekil 5.2 Kromozom Temel Yapısı

Örnek hacmi *n*, kabul edilebilir kusur sayısı *c* ve kusurlu sayısı k değerleri, oluşturulan kromozom yardımı ile belirlenmeye çalışılmıştır. Kromozom üzerindeki tüm mutasyon ve çaprazlama işlemleri ayrı ayrı, her üç bölüm için eş zamanlı gerçekleştirilmiştir. Kaya (2004)'dan farklı olarak, kromozom temel yapısı ikili kodlama yerine gerçek sayılı kodlama ile oluşturulmuştur.

İkili kodlama yerine onlu kodlama yapılmasının nedenleri kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir (Şen, 2004-a):

- Değişkenler sürekli olunca ondalık sayı sistemi ve kesirli sayılar kullanılır,
- İki tabanlı sayılarla kullanılabilecek hassasiyet sınırlı olduğundan, ondalık sayı sistemiyle bilgisayarların müsaade ettiği derecede hassasiyet elde edilebilir.
- Ondalık sayıların gerektirdiği hafıza miktarı daha az olduğundan bilgisayar "En İyilemesi" de işi içine girer. Diğer taraftan ondalık sayıların iki tabanlı sayılara dönüştürülmesi ve bunun aksinin yapılması söz konusu olmadığından harcanan bilgisayar zamanı daha azdır.

Ayrıca Kaya (2004) tarafından yapılan çalışmada ikili kodlama sistemi kullanılmış, sonuçların değerlendirilmesi aşamasında ileriki uygulamalar için gerçek kodlu algoritma kullanılması önerilmiştir.

Langner'in (2001) çalışmaları paralelinde Kaya'nın (2004) sonuçları incelendiğinde, bulanık kontrol diyagramları ve örnekleme planlarının genetik algoritma ile çözümünde gerçek kodlu sistemin kullanılması gerektiğine karar verilmiştir.

5.1. Program Algoritması

Çok amaçlı modelin çözümünde, Kaya (2004) tarafından GA yardımıyla yapılan program, ikili kodlama sistemi ile kodlanmıştır. Bulanık problemin çözümünde kullanılacak GA Programı ise, onlu (gerçek sayılı) kodlama ile MS Visual Basic 6.0 yardımıyla Excel de kodlanmıştır. Algoritmanın temel adımları aşağıda özetlenmiştir:

Kusur Alt ve Üst Değerlerini Gir:
Üyelik Derecesini Gir:
Başlangıç Değerlerini Gir (Maliyetler ve Kusur Oranları):
GA değerlerini seç:
    Başlangıç Popülasyonu Sayısı ;
    Mutasyon ve Çaprazlama Oranlarını Seç;
    Nesil Sayısı;
Başla:
Her nesil için:
    Her kromozom için:
        Kromozomu kodla ;
        Eğer kromozom=Uygun;
            n, c , k değerlerini hesapla;
            Pa değerini hesapla;
            Maliyeti hesapla;
        Değilse
            Kromozomu kodla;
        Son
    Diğer Kromozom:
    Kromozom Oranını Hesapla (Kromozom Maliyeti ve Toplam Maliyete Göre):
    Çaprazlama Oranına Ulaşıncaya Kadar;
        Kromozom Oranlarına Göre Kromozomları Seç;
        Çaprazlama yap;
            Eğer kromozom=Uygun;
                Kromozomu başlangıç popülasyonuna ekle;
            Değilse
                Kromozomu Ele;
            Son

Son

Kromozomları maliyetlere göre artan olarak sırala:

Başlangıç Popülasyonu Sayısı Kadar Kromozomu Seç :

Diğerlerini Ele:

Kromozom Oranını Hesapla (Kromozom Maliyeti ve Toplam Maliyete Göre):

Mutasyon Oranına Ulaşıncaya Kadar;

Kromozom Oranlarına Göre Kromozomları Seç;

Mutasyon;

Eğer kromozom= Uygun;

Kromozomu başlangıç popülasyonuna ekle;

Değilse

Kromozomu Ele;

Son

Son

Kromozomları maliyetlere göre artan olarak sırala:

Başlangıç Popülasyonu Sayısı Kadar Kromozomu Seç :

Diğerlerini Ele:

Eğer Nesil Sayısına Ulaşıldı İse;

İlk Kromozomu Çözüm Olarak Al

Yoksa;

Başla İşlemine git

Son

5.2. GA Parametre Seçimi

Bulanık çok aşamalı modelin genetik algoritma yardımı ile çözümünden önce, Langner (2001) ve Kaya (2004) tarafından analiz edilmiş GA operatörleri ve bu operatörlerin performansları karşılaştırılmıştır.

Kaya (2004), ilk aşamada en iyi çaprazlama ve mutasyon operatörlerinden oluşan kombinasyon belirlemeye çalışmıştır. Tüm aşamalar boyunca Tablo 5.1'de belirtilen değerler alınmış ve bu değerler sabit tutulmuştur.

Tablo 5.1 Başlangıç Parametreleri (Kaya, 2004)

m	t_1	h	N_1	u_1	r_1	Ck_1	m_1	P_{ai}	Nesil Sayısı	B.Popülasyonu Sayısı	Çalıştırma Sayısı
5	0.01	0.01	750	25	200	75	75	0.85	150	25	25

Daha önce GA ile ilgili yapılan çalışmalar göz önüne alındığında, genelde mutasyon oranının düşük olduğu, çaprazlama oranının da yüksek olduğu fark edilmiştir (Langner, 2001; Langner ve diğ., 2002). Kaya (2004) tarafından yapılan performans analizinde de mutasyon oranı 0.20, çaprazlama oranı 0.80 olarak alınmış ve çözümler sonucunda "Doğrusal Sıralı Çaprazlama - Komşu İki Geni Değiştirme" kombinasyonunun en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir.

GA, optimizasyon problemlerinin çözümünde çok etkin bir şekilde kullanılabilmektedir. Uygun üreme operatörü ve oranı, GA performansı için çok önemlidir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, çok aşamalı proseslerde nitel kontrol diyagramları için örnek hacminin belirlenmesi için önerilen çok amaçlı modelin GA yardımı ile çözümünde farklı operatörler kullanıldığı belirlenmiştir. Kaya (2004), örnek hacminin belirlenmesi amacıyla çaprazlama ve mutasyon operatörleri için bir analiz yapmıştır. Langner (2001)'in uyguladığı operatörler ile Kaya (2004) tarafından yapılan analiz birlikte değerlendirilmiş ve "Doğrusal Sıralı Çaprazlama"nın en iyi çaprazlama operatörü, "Komşu İki Geni Değiştirme" yönteminin de en iyi mutasyon yöntemi olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada, bulanık modelin GA yardımı ile çözümünde "Doğrusal Sıralı Çaprazlama- Komşu İki Geni Değiştirme" kombinasyonu en iyi sonucu verebilecek operatörler olarak ele alınmış ve sonuçlara bu iki operatör eşliğinde ulaşılmaya çalışılmıştır.

5.3. Çok Aşamalı Proseslerde Kontrol İşlemi İçin Bir Örnek

Çok aşamalı proseslerde genetik algoritma kullanılarak, kalite kontrol için çeşitli veriler ve sonuçlar elde edilmesi için Kaya (2004) tarafından oluşturulan model, "Gerçek Kodlu GA" yardımı ile çözülmüştür.

Tablo 5.2'de her aşama için prosesin değerleri belirtilmiştir. Beş aşamadan oluşan bu proses için, GA yardımı ile her aşamadaki n,*c* değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Her aşama için kabul olasılığının minimum 0.85 olması istenmiştir.

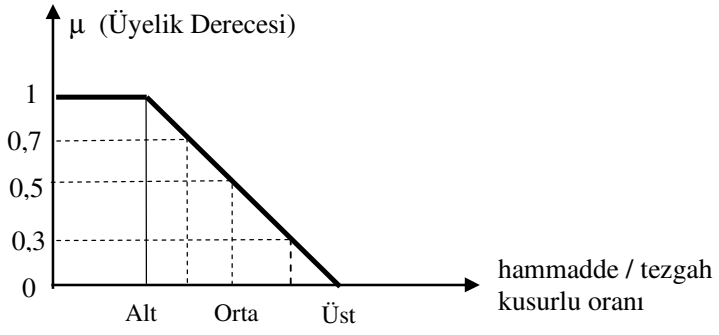
Tablo 5.2 Örnek Problem Verileri

	Aşama 1	**Aşama 2**	**Aşama 3**	**Aşama 4**	**Aşama 5**
$\mathbf{N_i}$	500	*	*	*	*
$\mathbf{m_i}$	75	20	30	50	50
$\mathbf{u_i}$	25	100	150	50	50
$\mathbf{r_i}$	200	400	300	100	100
$\mathbf{C_{ki}}$	100	200	150	50	50
$\mathbf{P_{at}}$	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

* : 2-6. aşamalar için N değerleri, programa göre belirlenmektedir.

Prosesin çözüm sürecinde, literatürdeki genel üyelik derece kabulleri de göz önünde bulundurularak üyelik derecesi 0,7 alınmış ve sonuçlar önceki çalışmalar ile karşılaştırılarak sunulmuştur.

h (hammadde kusurlu oranı) ve t (tezgah kusurlu oranı) değerleri, bulanık sistemler yardımıyla elde edilmiş ve her bir aşama onlu sayı sistemiyle kodlanan program yardımıyla çözülmüştür.



Şekil 5.3 h ve t üyelik dereceleri

h ve t değerleri belirlenirken, alt ve üst limitler programa girilmiş ve üyelik derecesine göre aldıkları değerler kullanılmıştır. Üyelik derecesi 1 olması istenen h ve t değerleri, alt limit sınırına kadar istenen seviyede olacaktır. Eğer hammadde ve tezgah kusurlu oranları, belirtilen üst değeri geçer ise üyelik derecesi 0 olacaktır. Program süreci içerisinde N_i, h ve t kusurlarının aldığı değerler Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.3 Program Sürecinde N_i, h ve t Değerleri

	Aşamalar				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
N_i	500	495	483	478	472
h (%)	0,8	0,4	1,224	2,123	5,649
t (%)	0,8	1,8	2,8	1,8	0,08

Çözüm sonunda elde edilen *GKSi*, *n,c,* P_{ai} *ve maliyet* (C_i) değerleri Tablo 5.4'de verilmiştir.

Tablo 5.4 Örnek Model Problem Sonuçları

	Aşamalar				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
GKS_i	0	7	12	18	36
n_i	5	12	5	6	14
c_i	3	9	3	4	10
P_{ai}	0,99999993	1	0,99999262	0,9999895	0,99999999
C_i	**498,8**	**1040**	**2532,78506**	**1986,17641**	**3489,87204**

Birinci aşamada *n=5* ve *c=3* olarak alındığında, model en iyi kabul olasılığı değerini almakta ve maliyet minimum olmaktadır. *n* değeri diğer aşamalarda sırasıyla 12, 5, 6 ve 14 değerlerini almakta ve *c* de sırasıyla 9, 3, 4 ve 10 değerlerini almaktadır.

Program sonucunda elde edilen *n* değerleri nitel kontrol diyagramları için kullanılabilir. Nitel kontrol diyagramlarında örnek hacminin belirlenmesi problemi, geliştirilen çok amaçlı ve onlu kodlamalı model ile çözülebilmektedir. Tablo 5.2'de sunulan örnekte, kullanılacak nitel kontrol diyagramları için örnek hacmi sırasıyla 5, 12, 5, 6 ve 14 olur ise kabul olasılığı maksimum ve maliyet minimum olmaktadır. Tüm aşamalar için elde edilen sonuçlar Tablo 5.5'de sunulmuştur.

Tablo 5.5 Problem Çözümündeki Aşama Sonuçları

AŞAMA -1											
Adım	Nesil	n	c	k	Ort. Pa	D	Min. Mal.	Kusurlu Oranı	0,004	hko	tko
1	2	6	1	6	0,997541945	7	499,4487552	Minumum Maliyet	**498,8000001**	0,8	0,8
2	1	2	0	0	0,972168337	7	636,162097	Maks.Ortalama Pa	1		
3	2	7	6	7	1	7	500	Mutasyon Oranı	0,2		
4	**2**	**5**	**3**	**5**	**0,999999932**	**7**	**498,8000001**	Çaprazlama Oranı	0,8	N	500
5	1	10	4	2	0,99999998	7	1091,999994	Kusurlu Sayısı	7		

AŞAMA -2											
Adım	Nesil	n	c	k	Ort. Pa	D	Min. Mal.	Kusurlu Oranı	0,012244898	hko	tko
1	**3**	**12**	**9**	**12**	**1**	**12**	**1040**	Minumum Maliyet	**1040**	0,004	1,8
2	1	12	11	12	1	12	1040	Maks.Ortalama Pa	1		
3	1	15	1	1	0,951614566	12	2057,797483	Mutasyon Oranı	0,2		
4	1	12	12	12	1	12	1040	Çaprazlama Oranı	0,8	N	495
5	1	11	6	11	1	12	1116,326531	Kusurlu Sayısı	12		

AŞAMA -3											
Adım	Nesil	n	c	k	Ort. Pa	D	Min. Mal.	Kusurlu Oranı	0,021231423	hko	tko
1	1	6	4	3	0,999999734	18	2560,89121	Minumum Maliyet	**2532,785057**	0,01224	2,8
2	1	11	1	0	0,938119917	18	2533,797436	Maks.Ortalama Pa	0,999999734		
3	1	6	4	4	0,999999734	18	2562,165134	Mutasyon Oranı	0,2		
4	**1**	**5**	**3**	**0**	**0,999992624**	**18**	**2532,785057**	Çaprazlama Oranı	0,8	N	483
5	1	6	2	0	0,999123249	18	2554,996017	Kusurlu Sayısı	18		

AŞAMA -4											
Adım	Nesil	n	c	k	Ort. Pa	D	Min. Mal.	Kusurlu Oranı	0,056485356	hko	tko
1	1	11	6	4	0,999997961	36	2219,871494	Minumum Maliyet	**1986,176409**	0,02123	1,8
2	1	18	5	6	0,998852478	36	2548,249082	Maks.Ortalama Pa	1		
3	**1**	**6**	**4**	**3**	**0,999989499**	**36**	**1986,176409**	Mutasyon Oranı	0,2		
4	1	10	8	0	1	36	2169,874477	Çaprazlama Oranı	0,8	N	478
5	1	15	2	4	0,904728288	36	2268,361304	Kusurlu Sayısı	36		

AŞAMA -5											
Adım	Nesil	n	c	k	Ort. Pa	D	Min. Mal.	Kusurlu Oranı	0,098081023	hko	tko
1	1	19	13	7	1	59	3705,756929	Minumum Maliyet	**3489,872038**	0,05649	0,08
2	1	20	14	17	1	59	3769,402985	Maks.Ortalama Pa	1		
3	2	23	6	23	0,983170443	59	3892,278332	Mutasyon Oranı	0,2		
4	1	22	9	13	0,999908036	59	3851,726578	Çaprazlama Oranı	0,8	N	472
5	**1**	**14**	**10**	**12**	**0,999999986**	**59**	**3489,872038**	Kusurlu Sayısı	59		

Tablo 5.6 Kaya (2004) İle Karşılaştırmalı Aşama Sonuç Tablosu

Aşama - 1			
	Çelik	**Kaya (2004)**	**Değişim (%)**
N_i	500	500	0
GKS_i	0	0	0
n_i	5	4	20
c_i	3	0	100
P_{ai}	0,99999993	0,92971529	**7,03**
C_i	498,8000001	677,1957249	**-35,76**

Aşama -2			
	Çelik	**Kaya (2004)**	**Değişim (%)**
N_i	495	496	-0,20
GKS_i	7	9	-28,57
n_i	12	21	-75
c_i	9	12	-33,33
P_{ai}	1	1	**0**
C_i	1040	2120	**-103,85**

Aşama - 3			
	Çelik	**Kaya (2004)**	**Değişim (%)**
N_i	483	475	1,66
GKS_i	12	21	-75
n_i	5	5	0
c_i	3	0	100
P_{ai}	0,99999262	0,86535398	**13,46**
C_i	2532,785057	1567,927515	**38,09**

Aşama -4			
	Çelik	**Kaya (2004)**	**Değişim (%)**
N_i	478	475	0,63
GKS_i	18	14	22,22
n_i	6	11	-83,33
c_i	4	3	25
P_{ai}	0,99998950	0,99451550	**0,55**
C_i	1986,176409	2159,497372	**-8,73**

Aşama - 5			
	Çelik	**Kaya (2004)**	**Değişim (%)**
N_i	472	472	0
GKS_i	36	35	2,78
n_i	14	12	14,29
c_i	10	4	60
P_{ai}	0,99999999	0,98195735	**1,80**
C_i	3489,872038	3776,506659	**-8,21**

Tablo 5.6'da ise Kaya (2004) tarafından bulunan sonuçların, Gerçek Kodlu Genetik Algoritma yardımıyla çözülen problem sonuçları ile karşılaştırılması verilmiştir. Yapılan çalışma, maliyetin minimize edilmesi istenen bir çalışma olduğu için, aşama aşama maliyetler değerlendirilirse, ilk aşamada % 35,76'lık bir maliyet düşüşü ortaya çıkmaktadır. İkinci aşamada ise % 103,85 gibi yüksek bir maliyet azalması dikkati çekmektedir. Üçüncü aşama, problem süreci içerisinde Kaya (2004) verilerine göre iyileştirilmenin sağlanamadığı tek aşama olup, % 38,09'luk bir maliyet

fazlalığı oluşmuştur. 4. ve 5. aşamalarda ise sırasıyla % 8,73 ve % 8,21 değerlerinde bir maliyet azalması ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmada, problem içerisindeki aşama kabul olasılıklarının da yüksek değerler alması istenmektedir. Bu değerlendirme dikkate alınırsa, maliyetin yüksek çıktığı 3. aşama en yüksek değer olmak üzere (%13,46), bütün aşamalarda kabul olasılık değerlerinin yüksek çıktığı gözlenmektedir.

Problem sonucu elde edilen ortalama Pa ve Toplam Ci değerleri ile karşılaştırma sonuçları Tablo 5.7'de sunulmuştur.

Tablo 5.7 Kaya (2004) İle Karşılaştırmalı Sonuç Tablosu

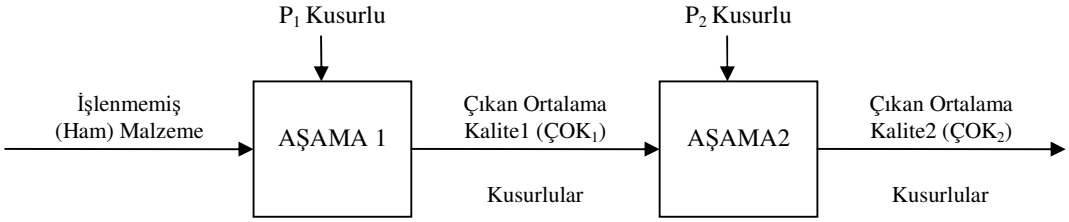
	Çelik	**Kaya (2004)**	**Değişim (%)**
Ortalama P_{ai}	0,99999641	0,95430842	**4,57**
Toplam C_i	9547,633504	10301,12727	**-7,89**

Ortalama P_{ai} değerleri incelendiğinde, ortaya çıkan pozitif değerin istenen değer olduğu ve % 4,57'lik bir artış ile 1 tam değerine çok yakın olarak 0,99999641 değeri elde edilmiştir. Toplam maliyette ise % 7,89'luk bir azalış ile daha düşük maliyet olan 9547,633504 sonucuna ulaşılmıştır.

6. ÇOK AŞAMALI SÜREÇLERDE GENETİK ALGORİTMA UYGULAMASI

Langner (2001), çok aşamalı süreçlerde örnek hacmi ve kabul edilebilir kusur sayısı değerlerinin belirlenebilmesi için çok amaçlı bir model geliştirmiştir. Şekil 6.1'de Langner'in modeli için kullandığı çok aşamalı kalite kontrol prosesi verilmiştir. Çok aşamalı kalite kontrol problemlerinde iki tür hata ile karşılaşılabilir:

- ✓ İyi kalitedeki bir partinin ret edilmesi (Hata-1),
- ✓ Kötü kalitedeki bir partinin kabul edilmesi (Hata-2).



Şekil 6.1 Çok Aşamalı Kalite Kontrol İşlemi

Langner, bu hata değerlerini göz önünde tutarak, en iyi kabul olasılığı ve ÇOK değerini belirleyen, bu kısıtları sağlarken maliyet kısıtını da göz önünde tutarak, her aşama için en iyi (n,c) çiftini belirleyen çok amaçlı bir model geliştirmiştir. Kaya (2004) ise bu modelin çözümünde parametre analizi yapmış ve ikili kodlama sistemi ile problemi çözmüştür. Model ile ilgili Langner (2001) ve Kaya (2004) tarafından kullanılan notasyonlar aşağıda belirtilmiştir:

N_i: i. aşamadaki yığın hacmi,

n_i: i. aşamadaki parti (örnek) hacmi,

c_i: i. aşamadaki müsaade edilebilir kusur sayısı,

a_i: i. aşamadaki üretim maliyeti,

x_i: i. aşamadaki onarma(düzeltme) maliyeti,

b_i: i. aşamadaki kontrol maliyeti,

α_i: i. aşamadaki Hata-1 oranı,

β_i: *i.* aşamadaki Hata-2 oranı,

p_i^o: *i.* aşamadaki doğal hata oranı,

p_i: *i.* aşamadaki hata oranı,

R_i: *i.* aşamadaki örneğin ret edilme olasılığı,

P_{ai}: *i.* aşamadaki örneğin kabul edilme olasılığı

Langner bu problemi şu şekilde formüle etmiştir (Langner 2001, Kaya 2004):

Her aşama için partinin ret edileme olasılığı: $R_i = p_i * (1-\beta_i) + (1-p_i) * \alpha_i$

Her aşama için kusurlu oranı: $p_i = p_i^o + AOQ_{i-1}$

İlk aşama için kabul olasılığı: $P_{a1} = \sum_{d=0}^{c1} \frac{n_1!}{d!*(n_1-d)!} * R_1^d * (1-R_1)^{n1-d}$

İlk aşama için çıkan ortalama kalite: $AOQ_1 = \frac{\left[\begin{array}{l} n_1 * (p_1^o) * \beta_i + (p_1^o) * (N_1 - n_1) * P_{a1} \\ + (p_1^o) * (N_1 - n_1) * (1-P_{a1}) * \beta_1 \end{array}\right]}{N_1 * (1-R_1)}$

Diğer aşamalar için kabul olasılığı: $P_{ai} = \sum_{d=0}^{c} \frac{n_i!}{d!*(n-d)!} * R_i^d * (1-R_i)^{n-d}$

Diğer aşamalar için çıkan ortalama kalite:

$$AOQ_i = \frac{\left[\begin{array}{l} n_i * (p_i^o + AOQ_{i-1}) * \beta_i + (p_i^o + AOQ_{i-1}) * (N_i - n_i) * P_{ai} \\ + (p_i^o + AOQ_{i-1}) * (N_i - n_i) * (1-P_{ai}) * \beta_i \end{array}\right]}{N_i * (1-R_i)}$$

Amaç denklemi:

$$\min C = \sum_{i=1}^{m} \frac{(a_i + b_i + x_i)}{[(1-p_i)*(1-\beta_i)] - [(1-p_i)*\alpha_i]} * [n_i + (1-P_{ai}) * (N_i - n_i)]$$

Kısıtlar:

$AOQ_i \geq AOQ_i^*$

$P_{ai} \geq P_{ai}^*$

$n_i \geq c_i$

$n_i, c_i \sqsubset tamsayı$

Ortalama muayene sayısı için Langner bir formül geliştirmiş ve partilerin kabul/ret edilme düzeylerine, hata-1 ve hata-2 nin alabileceği değerlere göre sistemin beklenen maliyetini de belirlemiştir (Langner 2001).

Langner, çok aşamalı kısmi kalite kontrol problemini bu formül çerçevesinde ele almış ve bu formül çözümü için de gerçek değerli sayılarla kodlanmış GA'ları kullanmıştır. Bu çalışmada GA'lar, çok boyutlu bir karar vektörü ve amaç vektörünü optimum kılacak bir arama metodu olarak kullanılmaktadır. Her aşama için *(n,c)* değerleri ve bunlara bağlı olarak oluşan maliyet ve çıkan ortalama kalite değeri *(ÇOK)* belirlenmiştir (Kaya 2004).

Çalışmanın bu kısmında, çok aşamalı proseslerde kontrol işlemi için Langner tarafından geliştirilen modelin çözümünde "Gerçek Sayılı Kodlama" sistemi ile oluşturulan program kullanılmıştır. 5.2.'de belirtilen nedenlerle bu programda "Doğrusal Sıralı Çaprazlama" çaprazlama operatörü ve "Komşu İki Geni Değiştirme" mutasyon operatörü kullanılarak teorik bir problem çözülmüştür.

6.1. Genetik Algoritma Parametrelerinin Belirlenmesi

Langner (2001) tarafından geliştirilen modelin çözümü için bir "Gerçek Kodlu Genetik Algoritma" yaklaşımı geliştirilmiştir. Her aşamada uygun çözümleri oluşturan kromozom iki parça olarak tasarlanmıştır.

Langner (2001) tarafından geliştirilen ve Kaya (2004) tarafından da değerlendirilen modelin çözümünde öncelikle en etkin genetik algoritma operatörlerinin belirlenebilmesine çalışılmıştır. Langner ve ark. (2002) tarafından belirtilen Tablo 6.1'de belirtilen değerler, bütün süreçlerde kullanılmış ve bu değerler sabit tutulmuştur. Tablo 6.2'da ise genetik algoritma yaklaşımı için sabit tutulan değerler belirtilmiştir.

Tablo 6.1 Langner Modeli İçin Başlangıç Parametreleri

p_i^o	N_i	b_i	a_i	x_i	ÇOK*	Üretici Riski	Tüketici Riski	P_{ai}
0.01	10000	0.25	1	1.3	0.009	0.01	0.01	0.85

Tablo 6.2 Langner Modeli İçin Başlangıç GA Değerleri

Nesil Sayısı	150
B.Popülasyonu Sayısı	30
Çalıştırma Sayısı	25
Çaprazlama Oranı	0,8
Mutasyon Oranı	0,2

Langner (2001), Langner ve arkadaşları (2002) ve Kaya (2004) tarafından yapılan çalışmaların ortak verileri alınarak, Langner tarafından geliştirilen modelin "Gerçek Kodlu Genetik Algoritma" yardımı ile çözümünde; "Doğrusal Sıralı Çaprazlama" en iyi çaprazlama operatörü; "Komşu İki Geni Değiştirme" yöntemi de en iyi mutasyon yöntemi olarak kabul edilmiştir.

GA operatörleri kabul edildikten sonra, en iyi çaprazlama oranı belirlenmiştir. Kaya (2004) tarafından çaprazlama ve mutasyon oran analizi ile Langner (2001) sonuçları karşılaştırılmış ve mutasyon oranı 0.20 değeri alınmış ve sabit tutulmuştur. Çaprazlama oranı ise 0.80 alınmıştır.

6.2. n ve c Değerleri İçin Çok Aşamalı Süreç Uygulama Örneği

Çalışmanın bu kısmında, Langner (2001) ve Kaya (2004) araştırmaları paralelinde bir problem oluşturulmuş, program yardımı ile çözülerek analiz edilmiştir.

Modelin başlangıç değerleri Tablo 6.3'de belirtilmiştir. Süreç altı aşamadan olup, Tablo 6.4'de verilen değerler göz önünde tutularak çok amaçlı model incelenmiş ve program yardımı ile her aşamadaki *n,c* değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Her aşama için kabul olasılığının minimum 0.80 olması istenmiştir.

Tablo 6.3 Çok Aşamalı Problem İçin Başlangıç Değerleri

Yığın Hacmi	Başlangıç Popülasyonu	Çaprazlama Oranı	Mutasyon Oranı	Nesil Sayısı	ÇOK	P_a	Çalıştırma Sayısı
5000	30	0.80	0.30	150	0.009	0.80	25

Mutasyon oranı ve çaprazlama oranı için, belirlenen 0.80 ve 0.20 değerleri alınmış, üreme işlemleri için ise yine parametre optimizasyonu ile belirlenmiş en iyi kombinasyon olan "doğrusal sıralı çaprazlama - komşu iki geni değiştirme" kombinasyonu kullanılmıştır.

Tablo 6.4 Problem Aşamalarına İlişkin Parametreler

Parametreler	Aşama 1	Aşama 2	Aşama 3	Aşama 4	Aşama 5	Aşama 6
Parti Hacmi (N)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Kusurlu Oranı (p)	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
Tüketici Riski	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Üretici Riski	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
Üretim Maliyeti	1	2	3	4	5	6
Muayene Maliyeti	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Değiştirme Maliyeti	1,3	3,5	7,0	13,0	17,0	21,0

Her aşama için Tablo 6.4'de belirtilen değerler göz önünde tutulmuş ve Tablo 6.5'de belirtilen değerler elde edilmiştir.

Birinci aşamada en düşük maliyeti oluşturan ve kısıtları sağlayan *n,c* çiftinin *(410,43)* ve bu aşamanın maliyeti 897,2 $ olarak sonuçlanmıştır. Diğer aşamalarda ise *n,c* değerleri sırasıyla *(1135,153), (1854,166), (3017,198)*, *(2076,113)* ve *(2304,176)* olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.6'da ise Kaya (2004) tarafından bulunan problem sonuçları verilmiştir.

Tablo 6.5 Langner Modeline Göre Problem Sonuçları (Çelik)

	1	2	3	4	5	6
n	410	1135	1854	3017	2076	2304
c	43	153	166	155	113	176
Toplam Maliyet	897,2	16209	26608	49221	50781,23	61332,87

Tablo 6.6 Langner Modeline Göre Problem Sonuçları (Kaya, 2004)

	1	2	3	4	5	6
n	428	3233	2564	3120	2564	2565
c	57	171	172	162	137	189
Toplam Maliyet	1113,67	20344	28069	61404,84	59742,67	73247,93

Tablo 6.7 Langner Modeline Göre Problem Sonuçları Karşılaştırması

	n			c			Toplam Maliyet		
Aşama	**Çelik**	**Kaya**	**% Artış**	**Çelik**	**Kaya**	**% Artış**	**Çelik**	**Kaya**	**% Artış**
1	410	428	-4,39	43	57	-32,56	897,2	1113,67	**-24,13**
2	1135	3233	-184,85	153	171	-11,76	16209	20344	**-25,51**
3	1854	2564	-38,30	166	172	-3,61	26607,6	28069	**-5,49**
4	3017	3120	-3,41	155	162	-4,52	49221	61404,84	**-24,75**
5	2076	2564	-23,51	113	137	-21,24	50781,23	59742,67	**-17,65**
6	2304	2565	-11,33	176	189	-7,39	61332,87	73247,93	**-19,43**
							205048,9	243922,11	**-18,96**

Tablo 6.7'de ise Kaya (2004) tarafından bulunan sonuçların, Gerçek kodlu GA yardımıyla çözülen problem sonuçları ile karşılaştırılması verilmiştir. Problemin bütün aşamalarında n, C ve Toplam Maliyet değerlerinde azalma olmuştur.

Sonuç değerleri, Kaya (2004) verilerine göre iyi olmakla beraber, standartlar ile karşılaştırıldığında, elde edilen n, c değerleri yüksek çıkmaktadır. Fakat standartların yığın hacimlerinin çok genel olduğu ve ÇOK değerlerine göre düzenlendiği de unutulmamalıdır. Standartlarda, en uygun n ve c değerleri sırasıyla 200 ve 5 gibi belirtilmekte olup, bu değerler bütün aşamalar için değişmemektedir.

Yapılan çalışmanın, daha düşük yığın hacmine sahip ve düşük hata oranlarına sahip bir üretim aşamasında uygulanması, "Gerçek Kodlu Genetik Algoritma" uygulamasının kullanılabilirliği açısından bilgi vermede yardımcı olacaktır.

6.3. Bir Subap İşletmesinde Uygulama Örneği

Bulanık kontrol diyagramları ve kabul örneklemesi planlarının genetik algoritma ile çözümünde kullanılan program, subap üretimi yapan bir işletmede uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

İlk uygulama, N=1000 yığın hacmi ile üretime başlanan bir parti için yapılmıştır. İkinci uygulama ise N=500 değeri için yapılmıştır. Veriler, fabrika değerleri olup, adımlara ait tezgah hata ve hammadde kusur oranları ile ilgili tablolar EK'de Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Subap üretimi yapan işletme, hassas ve teknolojik üretim yaptığı için kusur oranları, önceki örnek problemlere göre düşüktür. Teknolojik hassasiyetin temin edilmesi için programda % 95 kabul olasılığı sınırı konmuştur.

N değerinin yüksek olduğu problemlerde çözüm süresi daha uzun sürmektedir. Problem sürecinde kullanılan maliyet değerleri ortak olup Tablo 6.8'de YTL olarak belirtilmiştir. Programda tatbik edilen genetik algoritma değerleri ise Tablo 6.9'da verilmiştir.

Tablo 6.8 Subap Uygulama Başlangıç Parametreleri

mi	ui	ri	Cki
0,27	0,085	0,27	0,085

Tablo 6.9 Subap Uygulama Başlangıç GA Değerleri

Nesil Sayısı	10
B.Popülasyonu Sayısı	100
Çalıştırma Sayısı	5
Çaprazlama Oranı	0,8
Mutasyon Oranı	0,2

Uygulama sonucunda elde edilen değerler N=1000 ve N=500 için sırasıyla Tablo 6.10'da ve Tablo 6.11'de verilmiştir.

Tablo 6.10 N=1000 Hacimli İşlem Sonuçları

N_1=1000	Ni	h (%)	t (%)	GKSi	ni	ci	Pai	Ci	Pat
Aşama 1-5	1000	0	0	0	2	0	**1**	**0,27**	0,95
Aşama 6	1000	0	0,0018	0	2	0	**1**	**0,27**	0,95
Aşama 7	1000	0,003009027	0	0	3	1	**0,999981994**	**0,795004862**	0,95
Aşama 8	997	0,002	0	3	1	1	**1**	**0,085**	0,95
Aşama 9	996	0,001814516	0	1	1	0	**0,998994975**	**0,998533673**	0,95
Aşama 10-22	995	0	0	1	1	0	**0,998995984**	**0,085271084**	0,95
Aşama 23	994	0	0,00182002	1	2	0	**0,997985901**	**1,266791569**	0,95
Aşama 24-25	993	0	0	1	1	1	**1**	**0,999264854**	0,95
Aşama 26	992	0	0,001217039	1	2	1	**0,999997966**	**0,440000549**	0,95
Aşama 27-34	990	0,001008065	0	2	2	0	**1**	**0,27**	0,95
Aşama 35	990	0	0,00304878	0	3	3	**1**	**0,795**	0,95
Aşama 36	987	0	0,612870276	3	4	2	**0,999999496**	**6,787253221**	0,95

Tablo 6.11 N=500 Hacimli İşlem Sonuçları

N_1=500	Ni	h (%)	t (%)	GKSi	ni	ci	Pai	Ci	Pat
Aşama 1-2	500	0	0	0	1	0	**1**	**0**	0,95
Aşama 3	500	0	0,0024	0	1	1	**1**	**0,085**	0,95
Aşama 4-6	500	0	0	1	1	0	**1**	**0**	0,95
Aşama 7	499	0,004819277	0	0	2	1	**0,999991952**	**0,440002173**	0,95
Aşama 8-9	499	0,002004008	0	2	2	0	**1**	**0,27**	0,95
Aşama 10	497	0,003643725	0	0	1	0	**0,997987928**	**0,08554326**	0,95
Aşama 11-12	497	0,002012072	0	1	1	0	**1**	**0**	0,95
Aşama 13	496	0,003665988	0	0	1	0	**0,997983871**	**0,085544355**	0,95
Aşama 14-15	496	0	0	1	3	0	**1**	**0,54**	0,95
Aşama 16	495	0	0,002459016	0	1	1	**1**	**0,085**	0,95
Aşama 17-20	495	0	0	1	2	0	**1**	**0,27**	0,95
Aşama 21	494	0	0,00617284	0	3	3	**1**	**0,795**	0,95
Aşama 22-24	494	0,002024291	0	3	4	0	**1**	**0,81**	0,95

6.4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Gerçek Kodlu GA uygulamasının, yüksek yığın hacmine sahip üretim aşamalarında kullanılabilirliği, standartlardan elde edilen veriler ile karşılaştırıldığında düşük çıkabilmektedir. Fakat aynı kodlama ile, daha düşük yığın hacmine sahip ve teknolojik hassasiyet gerektiren üretim süreçlerinde ise "Gerçek Kodlu GA" uygulamasının başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 6.10 ve Tablo 6.11'de belirtilen sonuçlar dikkate alındığında, düşük hammadde kusur ve tezgah hata oranlarına sahip bir üretim sürecinde, her aşama için kabul olasılığı (P_{ai}) değerleri yüksek tutulmasına rağmen düşük n, c değerleri elde edilmiştir.

Tablo 6.12 Subap Uygulaması Genel Sonuçları

	N=1000	N=500
Toplam Ci	13,06211981	3,466089787
Ortalama Pai	0,999663026	0,999689519

1000 ve 500 partilik bir subap üretim prosesinde, % 95 gibi yüksek bir kabul olasılığı alt limiti konmuş olduğu halde Tablo 6.12'deki gibi bir Pa ortalaması ve düşük değerli bir Toplam Maliyet (C_i) değeri orta çıkmıştır.

7. SONUÇ

İşletmelerin üretim ve satın alma süreçleri içerisinde kalite kontrol problemlerinin klasik çözümleri genellikle tek amaç hedefi ile yapılmaktadır. Ancak amaç sayısı arttığında, problemlerin çözümünde klasik teknikler yetersiz kalmaktadır. Genetik algoritma gibi farklı yöntemler, amaç sayısını artırarak, daha iyi sonuçlar için yardımcı olmaya başlamışlardır.

Örnek hacminin belirlenmesi, nitel kontrol diyagramlarında oldukça güç olmaktadır. Oysa çok aşamalı süreçlerde, süreci kontrol altında tutabilmek için nitel kontrol diyagramlar kullanılmakta ve her aşamada yığın hacmi değişmektedir. Normalde kullanılan kalite kontrol uygulamalarında sadece ekonomik olması göz önünde bulundurulurken, kabul olasılığı, çıkan ortalama kalite gibi değişkenler de dikkate alınmalıdır.

Çalışmada nitel kontrol diyagramlarının kullanımı aşamasında örnek hacminin belirlenmesi amacı ile Kaya (2004) tarafından geliştirilen çok aşamalı model, bulanık sistemler yardımı ile geliştirilmiş ve bu model GA yardımı ile çözülmüştür. Geliştirilen modelde, bulanık parametre olarak *h (hammadde kusurlu oranı)* ile *t (tezgah kusurlu oranı)* seçilmiş ve bu parametrelerin bulanıklaştırma süreci içerisinde *monotonik üyelik fonksiyonu* kullanılmıştır.

Nitel kontrol diyagramlarının kullanımında örnek hacminin belirlenmesi amacı ile çok aşamalı geliştirilen model "Gerçek Sayılı" (onlu) kodlanan program ile çözülmüştür. Örnek bir problem çerçevesinde her aşama için en iyi n*, c* değerleri belirlenmiştir. *n, c değerleri* belirlenirken en iyi kabul olasılığını ve en düşük maliyeti veren değerler seçilmiştir ve bu iki kısıt eş zamanlı olarak sağlanmıştır. Problem çözümü sonucunda elde edilen değerler Kaya (2004) sonuçları ile karşılaştırılmış ve "Gerçek Kodlu GA" uygulamasının daha verimli sonuçlara ulaştığı görülmüştür.

GA, örnek hacmi problemlerinin kullanımında, nitel kontrol diyagramlarında etkin olarak kullanılabilirler. Yığın hacmi değiştiğinde örnek hacmini belirlemek daha güç olmaktadır ve kontrol diyagramlarının maliyetleri de artmaktadır. Fakat yığın hacmi değiştiği zaman örnek hacmini belirlerken GA bir problem yaşamamaktadır ve örnek hacminin belirlenmesine gereken değişikliği yapmaktadır.

Onlu (gerçek sayılı) kodlama kullanılarak, Lagner (2001) tarafından geliştirilen ve Kaya (2004) tarafından da değerlendirilen modelin çözümü yapılmış ve çözümden elde edilen sonuçların ikili (binary) kodlamaya göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ancak standartlar ile karşılaştırıldığında, gerçek kodlu GA uygulamasının da standart verilerine göre yüksek değerler verdiği gözlemlenmiştir. Buna neden olarak da, standartların yığın hacmini çok genel alması ve maliyet değerlerinin de tam olarak göz önüne alınmaması gösterilebilir.

"Gerçek Kodlu Genetik Algoritma" uygulaması, daha düşük yığın hacmine sahip bir subap üretim prosesinde de tatbik edilmiş ve uygulanabilir sonuçlara sahip değerler elde edilmiştir. Bu uygulamada; 1000 ve 500 partilik yığın hacmine sahip iki üretim süreci incelenmiş, maliyet değerleri hesaplanmış, hammadde ve tezgah kusurlu oranları bulanıklaştırılarak değerlendirmeye alınmıştır.

İleri teknoloji kullanan subap işletmesinde h ve t değerleri düşük olmakta, dolayısıyla aşamalarda elde edilen kusur sayıları da az çıkmaktadır. Çalışma sonunda elde edilen n, c değerleri ve Toplam Maliyet değerleri oldukça düşük çıkmış, % 95 olarak belirtilen kabul olasılığı sınırı 1 tam değerine çok yakın çıkmıştır. Dolayısıyla bu çalışma göstermektedir ki, fazla yüksek olmayan yığın hacmine sahip ve düşük hata oranlarını içeren üretim süreçlerinde n ve c değerlerinin belirlenmesinde GA, uygulanabilecek bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır.

Bir sonraki adım olarak, çok aşamalı süreçlerde farklı notasyonların bulanık sistemler ile incelenmesi ve gerçek verilerle değerlendirilmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKÇA

AKIN, B., ÖZTÜRK, E. 2005. "İstatistik Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması", VII. Ulusal Ekonometri Ve İstatistik Sempozyumu, İstanbul

AKKURT, M. 2002. Kalite Kontrol Excell Destekli, Birsen Yayınevi, İstanbul

AKTAN, C. C., 2000. Yönetimde Rönesans ve Kalite Devrimi, TOSYÖV Yayınları, Ankara

ALTIPARMAK, F., DENGİZ, B. , SMİTH, A.E. 2000). "An Evolutionary Approach For Reliability Optimization in Fixed Topology Computer Networks". Transactions On Operational Research, Volume: 12, Number: 1-2, s. 57-75.

ANONYMOUS 2004, DIN ISO 8402/04.1989 Standartı

BAŞLIGİL, H., 2005. "Bulanık AHP İle Yazılım Seçimi", Sigma Dergisi, Eylül, ISSN 1304-7205

BENITO, M.J., SARABIA, L., A., SANCHEZ, M., S., ARCOS, J. 1998. IV Colloquium Chimiometricum Mediterraneum Abstracts Book, Spain, 65

BESTERFIELD, Dale H. 1999. Quality Control, Prentice Hall, New Jersey, Columbus

BİRCAN, H., GEDİK, H., 2003. "Tekstil Sektöründe İstatiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme", C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, s. 69-79

BULUÇ, B., 1999. "Eğitimde Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Yönetiminin Araçları", Politeknik Dergisi, Cilt 2, Sayı 1, Ankara,

CELANO, G., FICHERA, S. 1999. "Multi objective economic design of an X- Control chart". Computers & Industrial Engineering, 37, 129-132

CEYLAN, H.,HALDENBİLEN, S., 2005. "Şehirler Arası Ulaşım Talebinin Genetik Algoritma ile Modellenmesi", İMO Teknik Dergi, 3599-3618, Yazı 238

CHENG, C., 2005. "Fuzzy Process Control: Construction of Control Charts With Fuzzy Numbers", Fuzzy Sets and Systems 154, 287–303

CİVALEK, Ö., ÜLKER, M., 2004,"Dikdörtgen Plakların Doğrusal Olmayan Analizinde Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı", IMO Teknik Dergi, 3171-3190, Yazı 213

DREZNER, Z., 2003. "A Hybrid Genetic Algorithm for The Quadratic Assignment Problem", Informs, Vol. 15

DU T.C-T., WOLFE, P.M., 1997. "Implementation of fuzzy logic systems and neural networks in industry", Computers in Industry, 32, 261-272

DURMAN, B., PAKDİL, F., 2005. "İstatistiki Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı", VII. Ulusal Ekonometri Ve İstatistik Sempozyumu, İstanbul

EFİL, İ. 1998. Toplam Kalite Yönetimi ve Toplam Kaliteye Ulaşmada Önemli Bir Araç ISO 9000 Kalite Güvencesi Sistemi. VİPAŞ A.Ş.; Bursa

EMEL, G., G., TAŞKIN, Ç. 2002. "Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları". Uludağ Üniversitesi İ.İ.B. Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 1, s. 129-152

ENGİN, A. B. 1999. "İplik Proses Kontrolünde Numune Alma Sıklığı Üzerine Bir Çalışma". Tekstil&Teknik

ENGİN, O., 2001. Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözüm Performansının Artırılmasında Parametre Optimizasyonu, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul

FEIGENBAUM, A.V., 1983. " Total Quality Control ", New York, Mc Graw Hill Book Co.

FIĞLALI, A., ENGİN, O. 2002. "Genetik Algoritmalarla Akış Tipi Çizelgelemede Üreme Yöntemi Optimizasyonu". İTÜ Dergisi, s. 1-6.

GENCEL, U., 2001. "Yükseköğretim Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi Ve Akreditasyon", Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 3, Sayı:3

GHEDJATI, F., 1999. "Genetic Algorithms for the Job-Shop Scheduling Problem with Unrelated Parallel Constriants: Heuristic Mixing Metod Machines and Precedence". Computers and Industrial Engineering 37, 39-42

GOLDBERG, D.E., 1989. Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning, Addison Wesley Publishing Company, USA

GÖKÇEOĞLU, C., SÖNMEZ, H., ERCANOĞLU, M., 2001, "Fuzzy Logic; Its Attributes, and Application to a Discontinuity Controlled Slope Failure", Jeoloji Mühendisliği 25 (1), Ankara

GÖZLÜ, S. 1990. Endüstriyel Kalite Kontrolü. Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul

IBRAHIM, A. M., 2004. Fuzzy Logic For Embedded Systems Applications, Bileşim Yayınevi, ISBN: 975 6410 71 X, Çev. Nilgün Çevlatoğlu

İŞÇİ, Ö., KORUKOĞLU, S., 2003. "Genetik Algoritma Yaklaşımı Ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama", C.B.Ü. İ.İ.B.F., Yönetim Ve Ekonomi, Cilt:10, Sayı:2

KAYA, A., 2003. "Fuzzy Logic ve Matbaacılık Uygulamalarındaki Yeri", 1.Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, Eylül, Ankara

KAYA, İ., 2004. "Nitel Özellikler İçin Kontrol Diyagramları ve Örnekleme Planlarında Genetik Algoritmaların Kullanımı", Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

KIYAK, E., KAHVECİOĞLU, A., 2003. "Bulanık Mantık Ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması", Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, S.63-72

KOBU, B. 1999. "Üretim Yönetimi", Önsöz Basımevi, İstanbul

KOLARIK, W.J., 1995. Creating Quality: Concepts, Systems, Strategies, and Tools, (New York: Mc Graw-Hill)

KURT, M., SEMETAY, C., 2001. Genetik Algoritma ve Uygulama Alanları, Mühendis ve Makine, sayı 501

LANGNER, A. H. 2001. Genetic Algorithms in Quality Control Problems, Ph.D. Thesis, Arizona State University, December 2001

LANGNER, H.A., MONTGOMERY, D.C., CARLYLE, W.M. 2002. "Solving a Multistage Partial Inspection Problem Using Genetic Algorithms". International Journal of Production Research, Vol. 40, No. 8, 1923-1940

LOU H, H., HUANG Y, L. 2003. “Hierarchical Decision Making For Proactive Quality Control: System Development For Defect Reduction In Automotive Coating Operations”, Engineering Applications of Artificial Intelligence 16, 237–250

MELENDEZ, E., ORTİZ, M. C., SANCHEZ, M. S., SARABIA L. A., INIGUEZ, M. 1999. Quim. Anal. (Quımıca Analıtıca), 18, 119-126

MESGHOUNI, K., HAMMADI, S., BORNE, P., 1998. “On Modeling Genetic Algorithms for Flexible Job-shop Scheduling Problems”, Studies In Informatics And Control, With Emphasis on Useful Applications of Advanced Technology, March , Volume 7, Number 1

MICHALEWICZ, Z. 1994. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Program. Springer-Verlag, New York

MITCHELL, M. 1996. An Introduction To Genetic Algorithms, The MIT Press, ISBN 0-262-13316-4 (HB), 0-262-63185-7 (PB)

MITRA, A., 1998. Fundamentals of Quality Control and Improvement, (New Jersey: Prentice-Hall)

MONTGOMERY, D.C., 2001. Introduction to Statistical Quality Control, (New York: John Wiley & Sons)

OKTAY, E. 1998. Kalite Kontrol Grafikleri Shewhart, Cusum, ve Ewma kontrol Grafiklerinin Şeker Sanayiine Uygulaması Üzerine Bir Deneme, Şafak Yayınevi, Erzurum

ORUÇ, K. 1998. ”Kontrol Grafiği Seçiminde Uzman Sistem Kullanımı”, O.G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

ÖNER, M., KARAMAN, R., 2004. “Nitel Özelliklere Göre Yapılan Kabul Muayenelerinde Tekli Örnekleme Planının Tasarımı”, Selçuk Ü., S.B.E. Dergisi, Sayı:11

ÖZDEMİR, T., 1999. “Nitel Ağırlıklı Satın Alımlarda Askeri (Mil Std-105 D) Hazır Kabul Örneklemesi Planı İle Kalite Kontrol Uygulaması, K.H.O., Bilim Dergisi, Sayı:1, Ankara

ÖZKAN, M. M., 2003. Bulanık Hedef Programlama, Ekin Kitabevi, ISBN 975 7338 958, Bursa

PERROT , N., IOANNOUB, I., ALLAISC, I., CURTC, C., HOSSENLOPPC, J., TRYSTRAMC, G., 2006. "Fuzzy Concepts Applied To Food Product Quality Control: A Review", Fuzzy Sets and Systems 157 , 1145 – 1154

SAKAWA, M., NİSHİZAKİ, I., HITAKA, M., 2001. "Interactive Fuzzy Programming For Multi-level 0-1 Programming Problems With Fuzzy Parameters Through Genetic Algorithms", Fuzzy Sets and Systems, 117, 95-111

SAKAWA, M., KATO, K., 2002. "An Interactive Fuzzy Satisficing Method For General Multiobjective 0–1 Programming Problems Through Genetic Algorithms With Double Strings Based On a Reference Solution", Fuzzy Sets and Systems, 125, 289–300

SANCHEZ, M. S. 1997. "GINN (Genetic Inside Neural Network): towards a non-parametric training". Analytic Chim. Acta, 348, 533-542

SCHILLING, E. G. 1982. Acceptance Sampling In Quality Control, ASQC Quality Press

ŞAHİN, M., HAMARAT, B., 2002, "G10 Avrupa Birliği ve OECD Ülkelerinin Sosyo-Ekonomik Benzerliklerinin Fuzzy Kümeleme Analizi İle Test Edilmesi", ODTÜ Uluslararası Ekonomi Kongresi VI., Ankara

ŞEN, Z. , 2004-a. Genetik Algoritmalar Ve En İyileme Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, ISBN: 975–6455–12–8, İstanbul

ŞEN, Z., 2004-b. Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık İle Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, 2. Baskı, ISBN: 975–6455–10-1, İstanbul

ŞENOL, F., 2000, "Bulanık Mantık Kontrolcüsü", Gazi Ü., Teknik Eğitim Fakültesi, Lisans Tezi

TERZİ, S., 2004. "Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım Yönetim Modeli Yönetimi Geliştirilmesi", S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi

THEMPSEN, J., KORANEKİ, J. .2002. "Statistical Process Control", Chapman&Hall

TÜRKBEY, O., 2003-a. "Çok Amaçlı Makine Sıralama Problemi İçin Bir Bulanık Güçlü Metod", D.E.Ü., Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:5, Sayı:3, S.81-98

TÜRKBEY, O., 2003-b. "Makine Sıralama Problemlerinde Çok Amaçlı Bulanık Küme Yaklaşımı", Gazi Üniv., Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 18, No 2, 63-77

VIHAROS, J. Z., MONOSTORI, L. (1997). Optimization of process chains by artificial neural networks and genetic algorithms using quality control charts. 8th DAAAM International Symposium, University of Zagreb

WEHRENS, R., PRETSCH, E., BUYDENS, L.M.C. 1999. The quality of optimization by genetic algorithms. Analytica Chimica Acta, 388, 265-271

YEN, J., LANGARI R., 1999. "Fuzzy Logic Intelligence, Control, and Information", Prentice Hall, New Jersey

ZADEH, L.A., 1991. "Fuzzy Logic Systems: Origin, Concepts and Trends", Applied Computer Science, University Of Konstanz

ZENGİN, E., ERDAL, A. 2000. "Hizmet Sektöründe Toplam Kalite Yönetimi", Journal of Qafqaz University, Volume: 3, Number: 1, s.43-56

EKLER

Tablo 1 N=1000 Partilik Subap h ve t Değerleri

Aşama	N	MAKİNE	hata	hko	tko	hko (0,7)	tko (0,7)
1	1000	ISIL İŞLEM FIRINI		0	0	0	0
2	1000	FRİKSİYON KAYNAK MAKİNASI		0	0	0	0
3	1000	ÜNİVERSAL TORNA		0	0	0	0
4	1000	PUNTASIZ TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0
5	1000	ISIL İŞLEM FIRINI		0	0	0	0
6	1000	NC KAFA TORNALAMA TEZGAHI	3	0	0,003	0	0,0018
7	997	ÜNİVERSAL TORNA	5	0,005015045	0	0,003009027	0
8	992	KUMLAMA MAKİNASI		0	0	0	0
9	992	DOĞRULTMA TEZGAHI	3	0,003024194	0	0,001814516	0
10	989	ÖZEL BOY KESME TEZGAHI		0	0	0	0
11	989	PUNTASIZ TAŞLAMA		0	0	0	0
12	989	AÇI TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0
13	989	CNC TORNA TEZGAHI		0	0	0	0
14	989	CNC TORNA TEZGAHI		0	0	0	0
15	989	ÖZEL TIRNAK AÇMA TEZGAHI		0	0	0	0
16	989	CNC TORNA TEZGAHI		0	0	0	0
17	989	ÖZEL TIRNAK AÇMA TEZGAHI		0	0	0	0
18	989	ISIL İŞLEM FIRINI		0	0	0	0
19	989	NC KAFA TORNALAMA TEZGAHI		0	0	0	0
20	989	ÜNİVERSAL TORNA		0	0	0	0
21	989	KUMLAMA MAKİNASI		0	0	0	0
22	989	DOĞRULTMA TEZGAHI		0	0	0	0
23	989	ÖZEL BOY KESME TEZGAHI	3	0	0,003033367	0	0,00182002
24	986	PUNTASIZ TAŞLAMA		0	0	0	0
25	986	AÇI TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0
26	986	CNC TORNA TEZGAHI	2	0	0,002028398	0	0,001217039
27	984	CNC TORNA TEZGAHI		0	0	0	0
28	984	ÖZEL TIRNAK AÇMA TEZGAHI		0	0	0	0
29	984	CNC TORNA TEZGAHI		0	0	0	0
30	984	ÖZEL TIRNAK AÇMA TEZGAHI		0	0	0	0
31	984	ALEVLE SERTLEŞTİRME		0	0	0	0
32	984	PUNTASIZ TAŞLAMA		0	0	0	0
33	984	UÇ TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0
34	984	AÇI TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0
35	984	PUNTASIZ TAŞLAMA TEZGAHI	5	0	0,005081301	0	0,00304878
36	979	KROM KAPLAMA ÜNİTESİ	10	0	0,010214505	0	0,006128703

Tablo 1 N=500 Partilik Subap h ve t Değerleri

Aşama	N	MAKİNE	hata	hko	tko	hko	tko
1	500	ÇUBUK KESME TEZGAHI		0	0	0	0
2	500	ÇUBUK KESME TEZGAHI		0	0	0	0
3	500	ÖZEL UÇ PAHI KIRMA TEZGAHI	2	0	0,004	0	0,0024
4	498	İNDÜKSİYON ŞİŞİRME		0	0	0	0
5	498	DÖVME PRESİ		0	0	0	0
6	498	FRİKSİYON KAYNAK MAKİNASI		0	0	0	0
7	498	ÜNİVERSAL TORNA	4	0,008032129	0	0,004819277	0
8	494	ISIL İŞLEM FIRINI		0	0	0	0
9	494	KAFA TORNALAMA TEZGAHI		0	0	0	0
10	494	ÜNİVERSAL TORNA	3	0,006072874	0	0,003643725	0
11	491	KUMLAMA MAKİNASI		0	0	0	0
12	491	DOĞRULTMA TEZGAHI		0	0	0	0
13	491	ÖZEL BOY KESME TEZGAHI	3	0,00610998	0	0,003665988	0
14	488	PUNTASIZ TAŞLAMA		0	0	0	0
15	488	AÇI TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0
16	488	CNC TORNA TEZGAHI	2	0	0,004098361	0	0,002459016
17	486	CNC TORNA TEZGAHI		0	0	0	0
18	486	ÖZEL TIRNAK AÇMA TEZGAHI		0	0	0	0
19	486	ÖZEL TIRNAK AÇMA TEZGAHI		0	0	0	0
20	486	ALEVLE SERTLEŞTİRME		0	0	0	0
21	486	PUNTASIZ TAŞLAMA	5	0	0,010288066	0	0,00617284
22	481	UÇ TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0
23	481	AÇI TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0
24	481	PUNTASIZ TAŞLAMA TEZGAHI		0	0	0	0