

**ASKERİ NÖBET ÇİZELGELERİNİN
GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK
ENİYİLENMESİ**

**Hakan TUNCEL
Yüksek Lisans Tezi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Mayıs – 2005**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hakan TUNCEL' in “Askeri Nöbet Çizelgelerinin Genetik Algoritma Kullanılarak Eniyilenmesi” başlıklı Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof.Dr. Ali GÜNEŞ
Üye	: Doç.Dr. Ahmet BABANLI
Üye	: Yard.Doç.Dr. Ayşe KAHVECİOĞLU

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ASKERİ NÖBET ÇİZELGELERİNİN GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK ENİYİLENMESİ

HAKAN TUNCEL

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali GÜNEŞ
2005, 87 sayfa

Askeri nöbet çizelgeleri; Türk Silahlı Kuvvetleri'nde nöbet hizmetlerinin düzenlenmesi amacı ile kullanılmaktadır. Askeri nöbet çizelgeleri; her nöbet yeri için; belirlenen nöbet grubunun en kıdemli personeli tarafından kanun ve yönergelere uygun şekilde hazırlanırlar. Bu tez çalışmasında; Genetik Algoritma kullanılarak geliştirilmiş bir yazılım ile çok zaman alan askeri nöbet çizelgesi hazırlama işlemlerinin; harcanan süre ve sağlanan doğruluk (ilgili kanun ve yönergelere uygunluk açısından) yönü ile eniyilenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, Personel Çizelgeleme,
Otomatik Nöbet Yazma, Zaman Çizelgeleme, Eniyileme

ABSTRACT

Master of Science Thesis

OPTIMIZATION OF MILITARY ROSTERS USING GENETIC ALGORITHM

HAKAN TUNCEL

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Computer Engineering Program**

**Supervisor: Prof. Dr. Ali GÜNEŞ
2005, 87 pages**

Military rosters are used to regulate guard duty services performed within Turkish Armed Forces. Military rosters are prepared according to regarding laws and directives by the person who is the most superior of the personnel dedicated for every guard duty points. In this thesis, it is aimed to optimize the process of roster preparation in time and accuracy perspective by the software developed using Genetic Algorithms.

**Keywords: Genetic Algorithms, Crew Scheduling,
Automatic Rostering, Timetabling, Optimization**

TEŞEKKÜR

Başta değerli hocalarım Prof. Dr. Ali GÜNEŞ ve Yard. Doç. Dr. Ayşe KAHVECİOĞLU olmak üzere; yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca benden desteklerini esirgemeyen tüm değerli hocalarıma, hayatımın her anında yanımda bulunarak bana kayıtsız şartsız destek veren sevgili anne, baba ve kardeşlerime, sevgili kızlarım Şevval Gülce ve Miray Cemre'ye, ama özellikle bana her zaman sonsuz destek veren eşim Nermin'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Hakan TUNCEL

Mayıs – 2005

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çizelgeleme Problemi Olarak Askeri Nöbet Çizelgeleri	1
1.2 Yazılım Geliştirme Ortamı	3
1.3 Tezin Organizasyonu	3
2. ASKERİ NÖBET ÇİZELGELERİ	4
2.1 Askeri Nöbet Çizelgesi	4
2.2 Askeri Nöbet Çizelgelerini Hazırlama Esasları	4
2.3 Askeri Nöbet Çizelgelerinin Hazırlanmasında Yaşanan Sıkıntılar	5
3. GENETİK ALGORİTMA TEORİSİ	7
3.1 Genetik Algoritma	7
3.2 GA ve Yapay Türlerin Kökeni	10
3.3 Kromozomların Kodlanması	10
3.4 Popülasyon Boyutu	12
3.5 Popülasyonun Başlangıç Halinin Oluşturulması	13
3.6 GA'da Kullanılan Evrim Operatörleri	14
3.6.1 Üreme	14
3.6.2 Çaprazlama	17
3.6.3 Mutasyon	19
3.6.4 Tersine çevirme	21

3.7	Kromozom Onarım Stratejileri	22
3.8	GA'nın Sonlandırılması	23
3.9	GA'nın Performansının Arttırılması	23
3.10	İncelenen Kaynaklardan Seçilen GA Tabanlı Örnek Çalışmalar.....	24
3.10.1	Fabrika yerleşiminin eniyilenmesi	24
3.10.2	Duvarı takip eden robot.....	25
3.10.3	Çok kollu robotların çarpışmasız hareketi	26
3.10.4	Robot eli	28
3.10.5	GA'nın kullanıldığı diğer alanlar	28
4.	GA'NIN ASKERİ NÖBET ÇİZELGELERİNDE UYGULANMASI.....	29
4.1	Geliştirilen GA'nın Açıklaması	29
4.1.1	Kromozomların kodlanması.....	29
4.1.2	Popülasyon boyutu	33
4.1.3	Kullanılan evrim operatörleri.....	33
4.1.4	Popülasyonun başlangıç halinin oluşturulması	33
4.1.5	Kromozomların karşılaması gereken kısıtlar	35
4.1.6	İmha edilecek/korunacak bireylerin seçimi	36
4.1.7	Çaprazlama ve onarım stratejisi	37
4.1.8	Mutasyon.....	38
4.1.9	GA'nın sonlandırılması.....	39
4.2	GATNOP Uygulaması Neden Geliştirildi?.....	40
4.3	GATNOP'nın Tasarımındaki Genel Yaklaşımlar.....	41
4.4	GATNOP'da Geliştirilen Arayüzlerin Tanıtımı	41
4.4.1	Giriş ekranı.....	41
4.4.2	Takvim belirleme ekranı	42
4.4.3	Mazeret giriş ve görüntüleme ekranları	43
4.4.4	Nöbetçi belirleme ekranı	45
4.4.5	GA değişkenlerini belirleme ekranı	47
4.5	Uygulanan Test Senaryoları ve Sonuçları.....	48
4.5.1	Test ortamı	48
4.5.2	Test senaryoları	51
4.5.3	Test sonuçları ve yorumlar.....	52

5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR	56
EKLER.....	59
EK-1 Elle hazırlanan örnek aylık nöbet çizelgesi.....	59
EK-2 Elle hazırlanan örnek nöbet kaydı.....	60
EK-3 Test-1,2,3,4,5 sonucunda üretilen Hkthp = 2 olan nöbet çizelgeleri (tek noktadan çaprazlama)	61
EK-4 Test-1,2,3,4 sonucunda üretilen Hkthp = 2 olan nöbet çizelgeleri (çift noktadan çaprazlama).....	62
EK-5 Test-5 sonucunda üretilen Hkthp = 3 olan nöbet çizelgesi (çift noktadan çaprazlama).....	63
EK-6 Test–1 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri.....	64
EK-7 Test–2 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri.....	66
EK-8 Test–3 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri.....	68
EK-9 Test–4 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri.....	70
EK-10 Test–5 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri.....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1	Nöbet çizelgelerinin hazırlanması süreci	6
3.1	Temel genetik algoritmanın üst seviyeli gösterimi	11
3.2	Her dizinin uygunluk değerine göre rulet çarkında kapladığı alan	15
3.3.	Ebeveyn kromozomlardan tek noktadan çaprazlama metodu ile yavru elde edilmesi süreci.....	18
3.4.	Ebeveyn kromozomlardan çift noktadan çaprazlama metodu ile yavru elde edilmesi süreci.....	19
3.5.	İkilik düzende kodlanmış kromozom üzerinde mutasyon operatörünün uygulanması süreci.....	20
3.6.	İkilik düzende kodlanmış kromozom üzerinde tersine çevirme operatörünün uygulanması süreci	21
3.7.	Yavru kromozomlarda çözüm uzayının dışına çıkılması.....	22
3.8.	Fabrika yerleşimi probleminde kullanılan gösterim şekilleri.....	25
3.9.	Duvar takibi yapılacak odalar ve ideal takip yolları	26
3.10.	GA kullanılarak elde edilen takip yolları	26
3.11.	Problemden çarpışmasız hareketi incelenen iki linkli düzlemsel iki robot.	27
4.1	Geliştirilen GA’da kullanılan genlere ait veri yapıları.....	29
4.2	Geliştirilen GA’da kullanılan kromozomlara ait veri yapıları	30
4.3	Tipik bir gen için veri yapısı içerisinde tutulan bilgiler.....	31
4.4	Geliştirilen GA’ya ait hayali kod	32
4.5	Başlangıç Kolonisini Üreten fonksiyonun kaynak kodu.....	34
4.6	GATNOP’ta uygulanan tek noktadan çaprazlama.....	38
4.7	GATNOP’ta uygulanan çift noktadan çaprazlama	38
4.8	GATNOP’ta uygulanan mutasyon	39
4.9	Giriş ekranı.....	42
4.10	Hata Grafikleri/Nöbet Tablosu Görüntüleme ekranı.....	42
4.11	Takvim belirleme ekranı	43
4.12	Mazeret giriş ekranı	44
4.13	Mazeret görüntüleme ekranı	44
4.14	Nöbetçi seçim ekranı.....	46

4.15	Seçilen nöbetçileri görüntüleme ekranı.....	46
4.16	GA değişkenlerini belirleme ekranı	47
4.17	Oluşturulan nöbet tablosunu görüntüleme ekranı	48
4.18	Testlerde kullanılmak üzere belirlenen takvim	49
4.19	Testlerde kullanılan nöbetçi personel için girilmiş olan mazeretler	50
4.20	Testlerde kullanılan aday nöbetçi listesi	50
5.1	Elle hazırlanan aylık nöbet çizelgesi örneği.....	59
5.2	Elle hazırlanmış nöbet kaydı örneği.....	60
5.3	Test-1,2,3,4,5 sonucunda üretilen Hkthp = 2 olan nöbet çizelgesi (tek noktadan çaprazlama)	61
5.4	Test-1,2,3,4 sonucunda üretilen Hkthp = 2 olan nöbet çizelgesi (çift noktadan çaprazlama).....	62
5.5	Test-5 sonucunda üretilen Hkthp = 3 olan nöbet çizelgesi (çift noktadan çaprazlama).....	63
5.6	Test-1 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	64
5.7	Test-1 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	64
5.8	Test-1 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	65
5.9	Test-1 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	65
5.10	Test-2 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	66
5.11	Test-2 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	66
5.12	Test-2 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	67
5.13	Test-2 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	67
5.14	Test-3 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	68

5.15	Test-3 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	68
5.16	Test-3 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	69
5.17	Test-3 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	69
5.18	Test-4 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	70
5.19	Test-4 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	70
5.20	Test-4 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	71
5.21	Test-4 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	71
5.22	Test-5 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	72
5.23	Test-5 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	72
5.24	Test-5 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)	73
5.25	Test-5 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama).....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

3.1. Ağırlıklı rulet çarkına ait örnek problemin dizileri ve uygunluk değerleri..	15
4.1. GATNOP GA'sının karşılaması gereken zorunlu kısıtlar ve hata puanları.	35
4.2. GATNOP GA'sının karşılaması gereken zorunlu olmayan kısıtlar ve hata puanları.....	35
4.3. Testlerde kullanılan nöbet yeri ve nöbet tarihi bilgileri	49
4.4. Nöbet yazılan ayda nöbet tiplerine göre nöbetlerin sayısal dağılımı	49
4.5. Testlerin çalıştırıldığı bilgisayara ait teknik özellikler.....	51
4.6. Testlerde değiştirilerek kullanılan GA parametrelerinin değerleri	51
4.7. Testlerde değiştirilmeden kullanılan GA parametrelerinin değerleri.....	51
4.8. Testlerde elde edilen sonuçlar	52
5.1. Testler sonucunda belirlenen en uygun GA parametreleri.....	54

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ACO	: Ant Colony Optimization
C_{ks}	: Çaprazlanacak kromozom sayısı
\mathcal{C}_{uzay1}	: Çözüm uzayı
ÇN	: Çaprazlama noktası
ÇU	: Çaprazlama uzunluğu
g	: Ayın gün sayısı
GA	: Genetik Algoritma
GATNOP	: Genetik Algoritmali Nöbet Otomasyon Programı
H_{aany}	: Ardı ardına nöbet yazılması hata puanı
HİBM	: Hava İkmal Bakım Merkezi
H_{kdsu}	: Kıdem sırasına uyulmadı hata puanı
H_{kthp}	: Kromozomun toplam hata puanı
H_{mgny}	: Mazeretli güne nöbet yazılması hata puanı
H_{orthp}	: Koloninin ortalama hata puanı
H_{ynta}	: Genin yanlış nöbet tipine atanması hata puanı
IP	: Integer Programming
J_{max}	: Maksimum jenerasyon sayısı
K_s	: Popülasyondaki toplam kromozom sayısı
K_u	: Kromozomun uzunluğu
M_{ks}	: Mutasyona uğrıtılacak kromozom sayısı
P_c	: Çaprazlama olasılığı
P_m	: Mutasyon olasılığı
SA	: Simulated Annealing
!	: Faktöryel

ALT ve ÜST İNDİSLER

ags	: Nöbet yazılan ayın toplam gün sayısı
g	: Gün sayısı indisi
p	: Kromozom sayısı indisi
pby	: Popülasyonun boyutu(kromozom sayısı)

1. GİRİŞ

1.1 Çizelgeleme Problemi Olarak Askeri Nöbet Çizelgeleri

Nöbet hizmetleri; Türk Silahlı Kuvvetleri bünyesinde bulunan tüm askeri kurum ve kuruluşlarda müşterek hizmetlerin yapılmasını ve devamını sağlamak amacı ile yürütülmektedir.

Nöbet tutacak personelin aylık planlanması ve tutulan nöbetlerin kayıt altına alınması işlemleri; her nöbet yeri için görevlendirilen ayrı birer personel tarafından hazırlanan, askeri nöbet çizelgeleri ile yapılmaktadır. Her nöbet döneminde;

- a. Değişen sayı ve tipteki nöbet için yeterli sayıda nöbetçinin seçilmesi,
- b. Çeşitli kısıtlar göz önünde bulundurularak yeni nöbet çizelgelerinin oluşturulması,
- c. Tutulan nöbetlerin kayıtlarının tutulması gerekmektedir.

Mevcut durumda tüm bu işlemler herhangi bir yazılım kullanılmadan elle yapılmaktadır. Bu amaçla kullanılan örnek çizelgeler EK-1 ve EK-2'de verilmiştir.

Çizelgelerin elle hazırlanması; dinamik değişen görev şartları, aylık takvimdeki tarihlerin; kıdem sıraları ve personelin bildirdiği mazeretler ile çakışmalarının düzenlemesi işlemleri nedeni ile hem zahmetli, hem de çoğu zaman hatalara neden olan bir yöntemdir.

Bu çalışmada; askeri nöbet çizelgelerinin otomatik olarak hazırlanması amacı bir yazılım geliştirilmesi ile nöbet yazma işlemlerinin daha hızlı, doğru ve bilgisayar destekli olarak hazırlanmasının sağlanması hedeflenmiştir.

Çizelgeleme problemleri; belirli zaman aralıklarının ya da belirli görevlerin kişilere ya da süreçlere mevcut kısıtları karşılayacak şekilde dağıtılması problemidir. Bu yönü ile askeri nöbet çizelgelerinin hazırlanması da bir çizelgeleme problemi olarak ele alınmıştır.

Askeri nöbet çizelgelerinin otomatik olarak hazırlanması amacı ile geliştirilecek olan bir yazılımdaki ana hedef; aylık dönemler için seçilen nöbetçi personelin belirlenen kısıtları tatmin edecek şekilde dönem içerisinde yerleştirilmesini sağlayacak bir eniyileme algoritmasının gerçekleştirilebilmesidir.

Zaman çizelgeleme problemi, zor bir problemdir[1]. Çizelgeleme problemlerinin çözümünde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları aşağıda verilmiştir.

- a. Genetik Algoritma(Genetic Algorithm)
- b. Tablosal Araştırma(Tabular Search)
- c. Karınca Kolonisi Eniyileme Algoritması(Ant Colony Optimization Algorithm)
- d. Tam sayı Programlama(Integer Programming)
- e. Benzetimli Tavlama(Simulated Annealing)

Bu yöntemler genelde birbirinden oldukça farklıdır. Bu nedenle kullanılan yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırılması genelde pek mümkün olmamaktadır.

Colorni[2] yaptığı deneylerin sonucunda Genetik Algoritmaların ve Tablosal Araştırma yöntemlerinin daha iyi çizelgeler ürettiğini rapor etmiştir.

Darwin'in evrim teorisini temel alan GA'ların yalnızca çizelgeleme problemlerinde değil, programlamada kullanılan klasik metotlar ile çözümü nerede ise imkansız olan pek çok problemin çözümünde kullanılmaktadır[3].

Geliştirilen modelle, askeri nöbet çizelgelerinin hızlı ve doğru bir şekilde oluşturulması sağlanmış olacaktır. Tez çalışması kapsamında geliştirilmiş olan modeli kullanarak hazırlanan Genetik Algoritma Tabanlı Nöbet Otomasyon Programı (GATNOP) ismi verilmiştir ve doküman boyunca bu isim ile anılacaktır.

GATNOP ile nöbet çizelgelerini otomatik oluşturacak bir algoritmanın gerçekleştirilmesinin yanı sıra, GA parametrelerinin en uygun şekilde belirlenerek çözümün zaman ve doğruluk açısından eniyilemesini sağlamak da hedeflenmiştir.

Bu nedenle GATNOP'a gerçek kullanımda bulunmasına ihtiyaç olmayan ilave arayüzler eklenmiştir. Geliştirilen ilave arayüzler kullanılarak uygulanan test senaryoları sayesinde GA değişkenlerinin genel kullanıma verilecek yazılımın performansının en iyi olmasını sağlayacak şekilde tespit edilmesine çalışılmıştır.

1.2 Yazılım Geliştirme Ortamı

Tez kapsamında yapılan çalışmalar için Microsoft Visual C# .NET[4, 5] programlama dili kullanılmış olup, yazılımın sorunsuz olarak çalıştırılabilmesi için en az Microsoft .NET Framework 1.1 Version 1.1.4322'ye ihtiyaç duyulmaktadır.

Yazılımda kullanılan veri tabanı Microsoft Office Access 2000'de oluşturulmuştur.

1.3 Tezin Organizasyonu

Bu tez 5 bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde; Askeri nöbet çizelgeleri hakkında detaylı bilgi verilmiş olup, tez kapsamında geliştirilen modele ve yazılıma neden ihtiyaç duyulduğu açıklanmıştır. Üçüncü bölümde GA'nın teorisi ve geçmişi hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde; tez kapsamında hazırlanan olan GATNOP yazılımı hakkında özet bilgiler, geliştirilen GA'nın tanıtımı, yapılan testler ve test sonuçları üzerinde durulmuştur. Beşinci bölümde ise tez çalışmasının sonuçları değerlendirilmiş ve tez çalışması sonrasında yapılması öngörülen çalışmalar özetlenmiştir.

2. ASKERİ NÖBET ÇİZELGELERİ

2.1 Askeri Nöbet Çizelgesi

Türk Silahlı Kuvvetleri'nde nöbet; askerlikteki müşterek hizmetlerin yapılmasını ve devamını sağlamak maksadı ile bu hizmetlerin belli bir sıra ve süre ile subay, askeri memur, astsubay, askeri öğrenci, erbaş ve erler ile Silahlı Kuvvetler Teşkilatı içinde vazifeli olan bilumum sivil şahıslar tarafından yapılmasıdır. Kıtalarda, karargahlarda ve askeri kurumlarda nöbet hizmetine tabi tutulacak personelin kimler olacağı, nöbet hizmetlerinin yapılış tarzı ile şekli ve nöbetçilere ait vazifeler talimatname ile tayin ve tespit olunur[6].

Türk Hava Kuvvetleri'ndeki nöbet hizmetleri de, genel ve özel yönergeler ile düzenlenir. Askeri nöbet çizelgeleri ve nöbet kayıtları da bu yönergelerde belirtilen usullere uygun şekilde hazırlanır.

2.2 Askeri Nöbet Çizelgelerini Hazırlama Esasları

Nöbet yerleri ve işlevleri farklı da olsa tüm nöbetlerin personele atanmasındaki esaslar aynıdır. Askeri nöbet çizelgelerinin hazırlanmasından, tutulan nöbetlerin kayıt altına alınmasından ve nöbetlerin yönergelere uygun olarak tutulmasından nöbet listelerindeki nöbet kıdemlisi olan personel sorumludur. Nöbet kıdemlisi personel, nöbet listesindeki en kıdemli (kıdem sıra kitabına göre) personeldir[7, 8].

Askeri nöbet çizelgelerinin hazırlanmasındaki ana esaslar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- a. Her nöbet yeri için, o nöbet yerinde nöbet tutması gereken personel isimleri belirlenir. Personel listesi en kıdemli personelden başlayarak kıdemsiz doğru (kıdem sıra kitabına göre) sıralanır[7, 8].
- b. Bir nöbet yerinde nöbet tutacak personelin nöbet tarihleri yönergelerde açıklanan usullere uygun şekilde hazırlanan askeri nöbet çizelgeleri ile ilgili personele duyurulur[7, 8].
- c. Tutulacak nöbetler GÜNLÜK, CUMA, CUMARTESİ, PAZAR, MİLLİ BAYRAM ve DİNİ BAYRAM olmak üzere altı farklı kategoride düzenlenir ve kayıt altına alınır[7, 8].

- d. GÜNLÜK, CUMARTESİ ve DİNİ BAYRAM nöbetleri kıdemli personelden kıdemsiz doğru, CUMA, PAZAR ve MİLLİ BAYRAM nöbetleri ise kıdemsiz personelden kıdemli personele takip edilerek tutturulur[7, 8].
- e. Personel planlı mazeretlerini nöbet kıdemlisine önceden bildirir ve mazeretli tarihlere nöbet yazılmaz.
- f. Nöbet çizelgelerinde asil olarak atanan nöbetçi personelin acil mazeretleri durumunda nöbet hizmetlerinin aksamaması için belirli oranda yedek personel de çizelge hazırlanma aşamasında belirlenir.

2.3 Askeri Nöbet Çizelgelerinin Hazırlanmasında Yaşanan Sıkıntılar

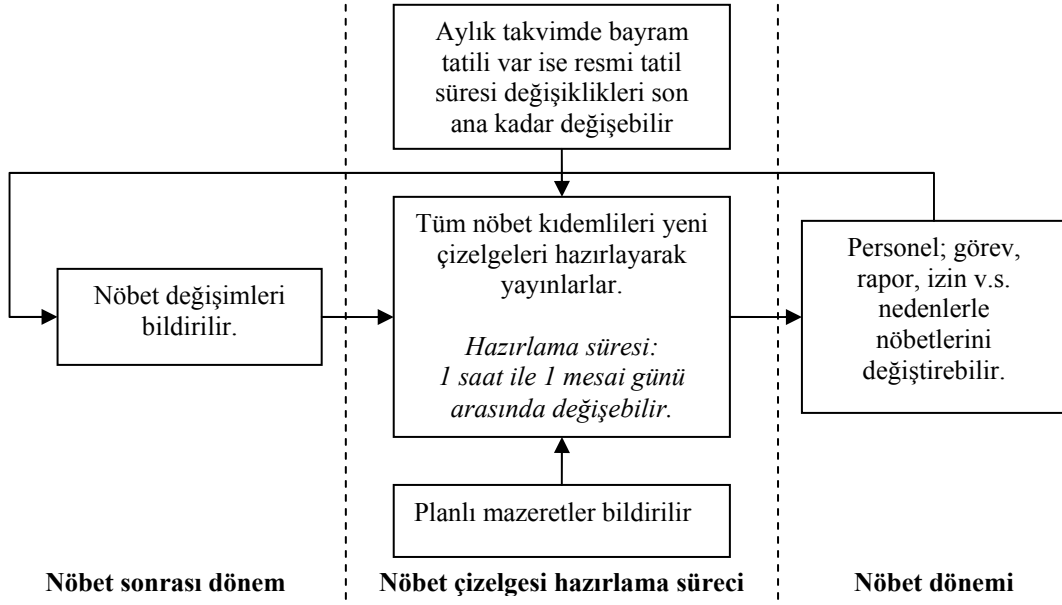
Askeri nöbet çizelgelerinin hazırlanması aşamasında;

- a. Dinamik değişen görev şartları,
- b. Her nöbet tipi için aylık takvimde mümkün olduğunca yönergelerle belirlenen kıdem sıralarına uygunluğun sağlanması,
- c. Yazılan nöbetlerin personelin bildirdiği mazeretler ile çakışmamasının sağlanması işlemlerinin yapılması gerekmektedir.

Yukarıda verilen nedenlerden dolayı nöbet kıdemlileri günlük mesailerinin bir saati ile tamamını kapsayan bir aralıkta zamanlarını bu işe ayırmak zorunda kalmaktadırlar.

Nöbet çizelgelerinin hazırlanmasına ek olarak; tutulmuş olan nöbet kayıtlarının tutulması işlemleri de eklenince bu süreç için harcanan süre oldukça fazlaşmaktadır. Tüm bu işlemlerin bir yazılım kullanılmadan el ile yapılmasından dolayı hataların oluşması da çok sık rastlanılan bir durum olmaktadır. Nöbet çizelgelerinin hazırlanması süreci Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

Her askeri birlikte değişik sayılarda olmakla birlikte ortalama 7–8 farklı nöbet yeri olduğu, her nöbet yerine ait nöbetlerin yazılması ve takibi için bir nöbet kıdemlisi bulunduğu ve nöbet yazan personelin kıdemli personel olmasından kaynaklanan diğer idarî işlerinin de daha fazla olduğu düşünüldüğünde bu işlemlerin tamamlanması özellikle belirli dönemlerde ciddi sıkıntılara yol açmaktadır.



Şekil 2.1 Nöbet çizelgelerinin hazırlanması süreci

Bu işlemlerin tüm Silahlı Kuvvetlerde benzer şekilde yürütüldüğü de göz önüne alındığında; bu işlemlerin bir otomasyona bağlanması ile bu tür işlemler için harcanan ilave zamandan kayda değer ölçüde tasarruf sağlanabileceği ve kazanılan zamanın daha yararlı alanlarda kullanılabilmesi değerlendirilmektedir.

Nöbet çizelgelerinin otomatik olarak hazırlanmasını sağlayan GATNOP yazılımı Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde bu amaçla oluşturulan ilk yazılım olacaktır. Bu yönü ile bu alanda yapılacak diğer çalışmalar için bir başlangıç özelliği de taşımaktadır.

3. GENETİK ALGORİTMA TEORİSİ

3.1 Genetik Algoritma

Genetik algoritmalar; yapay zekanın gittikçe genişleyen bir kolu olan evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçasını oluşturmaktadır. Adından da anlaşıldığı üzere, evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçası olan genetik algoritma Darwin'in evrim teorisinden esinlenerek oluşturulmuştur. Herhangi bir problemin genetik algoritma ile çözümü, problemi sanal olarak evrimden geçirmek suretiyle yapılmaktadır.

Evrimsel hesaplama ilk olarak 1960'larda I.Rechenberg tarafından "Evrimsel Stratejileri (Evolutions strategies)" isimli eserinde tanıtılmıştır. Onun fikri daha sonra başka araştırmacıların da ilgisini çekmiş ve geliştirilmiştir.

Evrimsel sürecinin bir bilgisayar yardımıyla kullanılarak, bilgisayara anlayamadığı çözüm yöntemlerinin öğretilebileceğini düşünen ilk kişi John Holland'dır[2, 3, 9–12, 14–19, 22–27].

GA'lar evrim teorisinin altında yatan, doğal seçim ve genetik biliminin temelleri kullanılarak üretilmiştir[25].

1992 yılında John Koza genetik algoritmayı kullanarak çeşitli görevleri yerine getiren programlar geliştirdi. Bu metoda Genetik Programlama adını verdi[3].

GA'ların tarif edilmesine ve kolaylıkla programlanabilmesine rağmen, davranış biçimleri karmaşık olabilir. GA'ların nasıl çalıştıkları ve hangi tip problemler için daha uygun oldukları konularında halen cevap bulunamamış sorular da bulunmaktadır. GA'ların teorik temelleri ile ilgili olarak günümüze kadar pek çok çalışma yapılmıştır[26, 28–31].

GA'ların Holland tarafından formüle edilmiş olan geleneksel teorisine göre[28]; GA'lar keşfetme, vurgulama ve çözüme ait iyi yapıtaşlarının yeniden birleştirilmesi ile çalışırlar. Buradaki temel fikir; iyi çözümlerin iyi yapıtaşlarından oluşturulmaya eğilimli olmasıdır[32].

Holland[28], yapıtaşları kavramını formülize edebilmek için şema kavramını ortaya atmıştır. Şema; '1', '0' ve '*'lardan oluşan şablon bit dizileri olarak açıklanabilir. Örneğin aşağıdaki H şeması; başlangıcı ve bitişi '1' olan ikilik düzendeki 6 bitlik tüm dizileri ifade eden bir şablondur.

$$H = 1****1 \quad (3-1)$$

Bu şablona uyan tüm diziler(örneğin 100011 ve 110111) H şemasının birer örneğidir[32]. H şemasının iki tanımlama biti vardır, başka bir deyişle şemanın sıra değeri 2 denilebilir[32]. En dıştaki tanımlanmış bitler arasındaki mesafe olarak tanımlanan belirleyici uzunluk değeri 5'dir[32]. Burada şema ile hem şablon hemde şablona uygun diziler anlatılmaktadır[32].

Uzunluğu '1' olan ikilik düzendeki bit dizilerinin mümkün olan tüm alt dizilerinin her zaman şema olarak tanımlanamayacağı göz ardı edilmemelidir ki aslında büyük bir çoğunluğu şema olarak tanımlanamaz. '1' bitlik 2^l adet farklı bit dizisi, bu dizilerin 2^{2l} adet alt seti ve sadece 3^l adet şeması oluşturulabilir.

GA teorisindeki geleneksel anlayış, şemaların; GA'nın mutasyon ve tek noktadan çaprazlama operatörleri ile efektif olarak işleme sokulan yapıtaşları olduğudur[32].

GA'ların şemaları nasıl işlediği sorusunun cevabı şu şekilde verilebilir. '1' uzunluktaki herhangi bir bit dizisi 2^l kadar farklı şemanın bir örneğidir. Örneğin '11' dizisi '**', '*1', '1*' ya da '11' şemalarından herhangi birinin bir örneği olabilir. Öyle ise 'n' diziden oluşan herhangi bir popülasyon 2^l ile $n \times 2^l$ arasında değişen değişik şema içerebilir. Eğer tüm diziler birbirinin aynısı ise 2^l adet değişik şema vardır demektir. Tam tersi durumda ise $n \times 2^l$ adet ya da daha az sayıda değişik şemadan söz edilebilir.

Bu; verilen herhangi bir jenerasyonda GA, popülasyondaki n adet kromozomun uygunluğunu değerlendirirken aslında çok daha fazla miktarda şemaya ait örneğin ortalama uygunluğunu da tahmin ediyor anlamına gelmektedir[32].

Genetik Algoritma geleneksel yöntemlerle çözümü zor veya imkansız olan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır[3, 9]. Çok genel anlamda GA'ların üç ana uygulama alanı bulunmaktadır[3, 9]. Bunlar;

- a. Deneysel çalışmalarda eniyileme,
- b. Endüstriyel uygulamalar,
- c. Sınıflandırma sistemleridir.

Mühendislik problemlerinde eniyileme amaçlı olarak kullanılmaya başlanan GA'ların mekanizma tasarımında iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir[10]. Bunlardan başka otomatik programlama, öğrenme kabiliyetli makineler, ekonomi, çevre bilim, planlama, üretim hattı yerleşimi gibi alanlarda da uygulanmaktadır. Ayrıca dijital resim işleme tekniğinde de çokça uygulama alanı bulmuştur[11,12].

Bu problemlerin hemen hepsi çok geniş bir çözüm uzayının taranmasını gerektirmektedir. Bu çözüm uzayının geleneksel yöntemlerle taranması çok uzun sürmekte, genetik algoritmayla ise kısa bir sürede kabul edilebilir bir sonuç alınabilmektedir.

GA'lar diğer geleneksel eniyileme yöntemlerine göre daha üstündür[13]. GA'ların farklılığı dört ana başlık altında toplanabilir[13]:

- a. Parametrelerin kendisi ile değil parametre setini kodlayarak çalışırlar[13],
- b. Tek bir noktada değil bir noktalar kümesinde eniyileme araştırması yaparlar[13],
- c. Türevler ya da diğer yardımcı bilgiler değil sadece amaç fonksiyon bilgisini kullanırlar[13],
- d. Kesin bilinen kuralları değil olasılığa dayalı kuralları kullanırlar[13].

Yukarıda verilen bu dört farklılığın bir arada bulunması, GA'ların gürbüzlüğüne ve sonuca ulaşma üstünlüğüne olumlu yönde katkıda bulunur[13].

GA'lar başlangıç popülasyonu olarak bilinen bir çözüm 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.

3.2 GA ve Yapay Türlerin Kökeni

1975 yılında yayınlanan iki kitap, John Holland'ın "Doğal Ve Yapay Sistemlerin Adaptasyonu (Adaptation in Natural and Artificial Systems)" ve De Jong'un "Genetik Uyumlu Sistemler Sınıfının Davranışlarının Adaptasyonu (Adaptation Of The Behavior Of A Class Of Genetic Adaptive Systems)", GA kavramının kuruluşu olarak kabul edilmektedir[14].

Holland'ın orijinal metodu nesnelerin sınıflandırılmasına, ardından seçici olarak belirlenen bu nesnelerin birbirleri ile çiftleştirilerek sınıflandırmaya tabi tutulacak yeni nesnelerin üretilmesine dayanıyordu[15]. Darwin'in doğal seçim teorisinin modellenmesi ile ilk oluşturulan programlar; doğum, çiftleşme, ölüm hayat formatlarından oluşan basit bir patern izlediler. Bu sürecin üst seviyeli bir gösterimi Şekil 3.1'de verilmiştir [14–17].

Genetik algoritmanın oluşturduğu her birey bir takım bilgi birimlerinin bütünleşmesinden oluşur. Bir bireyi oluşturan tüm genlerin toplamına, yani problemin muhtemel çözümlerinin her birine kromozom adı verilir. Her bireyin kromozom yapısı kendine özgüdür.

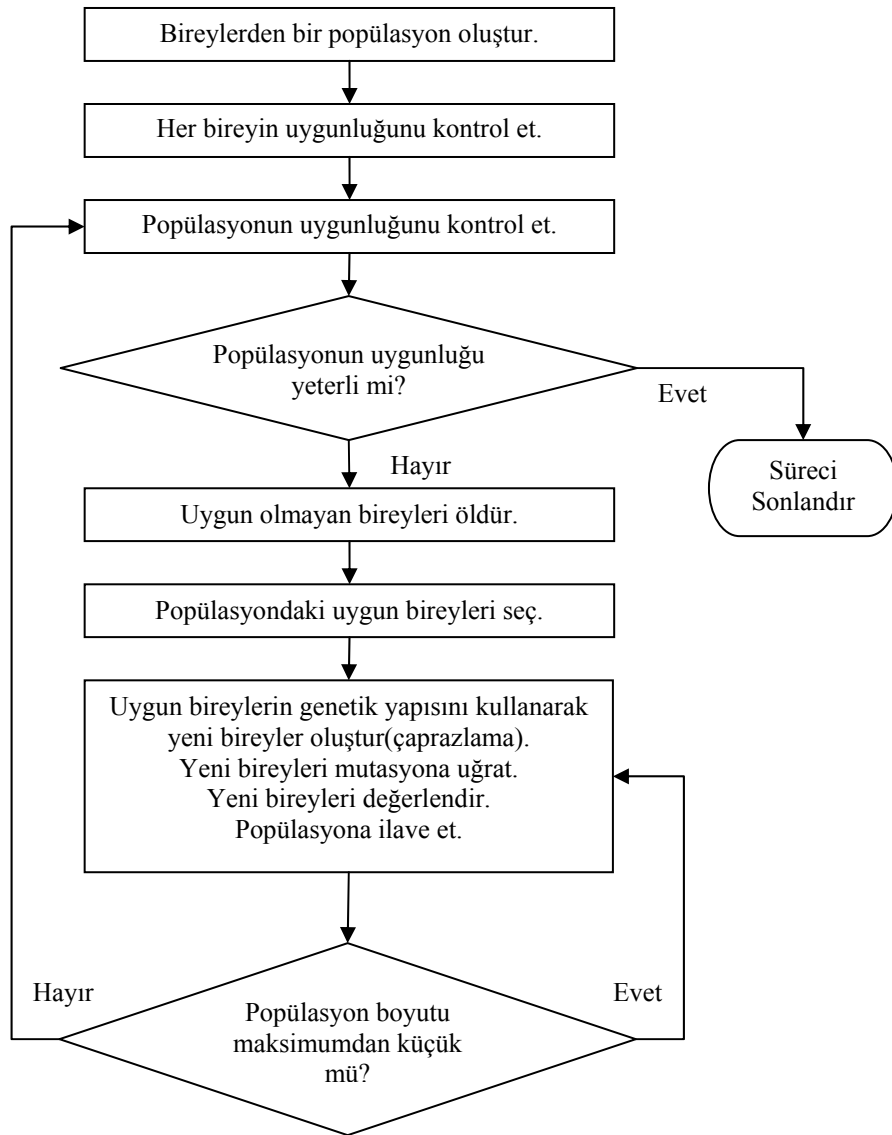
Şekil 3.1'de verilen GA; başlangıç haline getirme, bireyleri oluşturma, çaprazlama, mutasyon, seçim ve imha etme adımları olan bir sürece ihtiyaç duyar. Takip edilen süreç sırası ve her süreç için kullanılan değişik metotlar Holland'ın orijinal şemasından farklı varyasyonların oluşmasına neden olur.

3.3 Kromozomların Kodlanması

Bir bilgisayar programının uygulanmasına geçilirken yapılacak ilk ve en önemli iş genellikle veri tiplerinin seçilmesidir. Bu nokta; Holland'ın orijinal şeması ile diğer GA tipleri arasındaki ilk ve en büyük varyasyonun oluşmaya başladığı noktadır[15].

Holland kromozomları ikili düzende diziler olarak kodlamıştır. İkili düzende kodlamanın bazı özellikleri basit, etkili ve düzenli bir GA sunmak için yararlı olmuştur. Buna rağmen, bir bireyin genlerini temsil etmenin, kendilerine ait belirgin avantajları olan çok çeşitli yolları da mevcuttur[22].

Bir problemin gen formatına aktarılması için, çözüm için gerekli tüm bilgilerin bilgi paketleri şeklinde ifade edilmesi gereklidir[14]. Bu pek çok problemin çözümü yolunda geçerli bir yöntemdir. Örneğin; bir lig takviminde takım eşleşmeleri ve maç tarihlerinden oluşan iki kolona ait tüm satırlar birer gen, bu genlerden oluşan tüm karşılaşma takvimi bir kromozomudur. Bu karşılaşma takviminin satırlarının, yani genlerinin değişik dizilimleri ile oluşturulan karşılaşma takvimi kromozomları çözüm için kullanılan popülasyonları oluşturur. Bu genlerin tüm kombinasyonları GA için çözüm uzayıdır.



Şekil 3.1. Temel genetik algoritmanın üst seviyeli gösterimi

Birçok durumda, kodlanacak problemin ikilik düzen yerine seçilecek veri tipleri ile temsil edilmesi; işlemlerin daha anlaşılır olmasını ve kolaylaşmasını sağlar. Örneğin kodlayacağımız bir bütçenin iki basamaklı reel sayılardan oluşacak bir liste ile ifadesi, aynı bütçenin ikilik düzende yazılan sayılardan oluşacak bir liste ile ifadesinden daha anlaşılır olacaktır. Eğer programın çalıştırılacağı bilgisayarın performansı yeterli ise; genler tam, reel, yapı, sınıf ya da başka herhangi tanımlanabilir bir veri tipi olabilir.

Bilindiği gibi; doğada yaşayan tüm bireylerin genleri çiftler halinde bulunur ve her ebeveyn gen çiftlerinden birini temsil eder. Bu durum GA'larda; genlerin çiftler halinde gösterilmemesi nedeni ile doğadaki durumdan farklılık gösterir. Fakat gerek GA'larda gerekse biyolojik hayat formatlarında ebeveynlerin genleri kısmî olarak yavrularına geçirilir.

3.4 Popülasyon Boyutu

GA'daki ilk adım popülasyona ait kromozomların başlangıç değerlerine getirilmesidir. Öncelikle popülasyonun boyutu belirlenmelidir. Kullanılan hesaplama tekniklerine bağlı olarak farklı boyutlardaki popülasyonlar uygun olacaktır.

Eğer seçilen popülasyonun boyutu çok küçük olursa; çözüm bulma süresi kısalmayacak, ancak üzerinde çalışılan çözüm uzayı yeterince araştırılmayacaktır. Eğer popülasyonun boyutu çok büyük seçilirse bu durumda da, gerekenden fazla veri üzerinde çalışılarak fazladan zaman harcanacaktır[13, 18].

Rasgele oluşturulan popülasyonlar neredeyse her zaman aşırı şekilde uygunsuzdur[14]. Hangisinin diğerlerinden daha uygun olduğunu belirlemek için her birey değerlendirilmeye tutulmalıdır. Bir bireyin değerlendirilebilmesi için o bireyin hayatta kalacağı ortam hakkında bilgi sahibi olunması gerekir. Örneğin, “çizelgede nöbet tipine göre kıdem sırasına uyumluluk zorunlu bir kısıt değildir” ifadesi bize ortam hakkında bilgi veren bir ifadedir.

Probleme ilgili her bilgi parçası, bireyin değerlendirmesi için kullanılan bir başka kural haline dönüştürülür.

Bir kromozomu değerlendirmede kullanılan bir ya da birden fazla kural olabilir. Birden fazla kuralın mevcut olduğu durumlarda (örneğin gerçek zamanlı programlarda, paralel programlama problemlerinde) her kurala göreceli olarak bir ağırlık değeri atanabilir[19].

Kromozomları değerlendirme yönteminin yapısına bağlı olarak, en uygun ya da hata puanı en düşük kromozom seçilebilir.

Uygunluk tersine bir şekilde hata puanı ile ilişkili denilebilir. Bu nedenle uygunluk ve hata puanı değerleri kolaylıkla birbirine dönüştürülebilir[16].

Eniyileme tekniklerinden bahsedilirken; mümkün olan çözümlerin aralığı çözüm uzayı ve çözüm uzayı içindeki her noktanın hata puanı ya da uygunluk değerleri ise problem alanı içindeki yükseklikler olarak adlandırılır.

Hata puanı değerlerinin genel minimum değerine bakmak hata puanları alanı üzerindeki en düşük değeri belirlemek anlamına gelir. Benzer şekilde genel maksimum uygunluk değerine bakmak da, uygunluk alanı üzerindeki en yüksek değere bakmak demektir.

Bu tez kapsamında geliştirilen GA; hata puanları alanındaki en düşük değeri belirleme konsepti kullanılarak tasarlanmıştır.

Karmaşık ve büyük boyutlu eniyileme problemlerinde (örneğin, hava yolları pilotlarının uçuşlarının planlanması, bilgisayar ağlarında en kısa yolu bulunması, v.b) çözüm uzayındaki en düşük hata puanlı genel sonucun elde edilmesi makul sınırların dışında zaman alan yoğun bir arama gerektirir. Bu amaçla işletme ve keşif olarak adlandırılan ve çözüm uzayı içerisinde yapılacak arama işlemlerinin hızlandırılmasına yönelik teknikler kullanılır.

İşletme tekniği arama işlemlerinin yönlendirilmesi için problem alanının önceden keşfedilmiş kısımlarının kullanılması tekniğidir. Keşif tekniği ise çözüm uzayında yeni ve keşfedilmemiş bölgelere girildiğinde kullanılır[16]. Bu iki konseptin kullanımı için uygun bir orta yol bulunması, hızlı bir eniyileme sağlamak için önemlidir[16].

3.5 Popülasyonun Başlangıç Halinin Oluşturulması

Popülasyonun başlangıç halinin oluşturulması için genellikle kullanılan iki teknik mevcuttur. Bireylerden oluşan popülasyon (koloni içerisindeki her bir bireye ait tüm genetik bilgiler) bir saklama alanından yüklenebilir.

Bu bilgiler yapılacak olan değerlendirme işlemleri için bir başlangıç olacaktır. Ancak GA daha çok rasgele oluşturulmuş bir başlangıç popülasyonu ile çalışmaya başlar.

Bir başlangıç popülasyonu; genetik yapılandırılması rasgele bir süreçle belirlenmiş olan bireylerden oluşan tam boyuttaki bir popülasyondur[14].

3.6 GA'da Kullanılan Evrim Operatörleri

GA'da da gerçek evrim teorisinde mevcut operatörlere benzer operatörler; popülasyon içerisinde evrimleşmeyi ve kısıtları sağlayan listeyi çözüm uzayı içerisinde araştırmak amacı ile kullanılır.

Bu operatörler aşağıda listelenmiştir. Tez çalışmasında geliştirilen GA'da sadece üreme, çaprazlama ve mutasyon operatörleri kullanılmıştır.

- a. Üreme (Reproduction),
- b. Çaprazlama (Crossover),
- c. Mutasyon (Mutation),
- d. Tersine çevirme (Inversion),

3.6.1 Üreme

Üreme, her bir dizinin amaç fonksiyon değerine (f) göre, gelecek jenerasyona kopyalanmasını sağlayan bir işlemdir. f fonksiyonu arttırılmak istenen uygunluk, yararlılık yada iyiliğin bir ölçüsü olarak düşünülebilir[13].

Popülasyondaki her bireyin belirlenen bir uygunluk fonksiyonu ile belirlenen bir uygunluk değeri bulunmaktadır. Her jenerasyonda bireylerin bu uygunluk değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tüm popülasyonun genel uygunluk ya da hata puanı değeri ancak bu şekilde belirlenebilir.

Uygunluk değerlerine göre dizilerin kopyalanması, yüksek değerlere sahip olan dizilerin gelecek jenerasyona bir ya da daha fazla ürün olarak katkıda bulunma olasılığının da yüksek olmasıdır[13]. Bu işlem doğal seçimin yapay bir versiyonudur.

GA içinde üreme işlemleri farklı şekillerde yürütülebilir[13]. Bunlardan birisi ağırlıklı rulet çarkı yaratmaktır[13]. Buna göre nüfus içindeki her dizi, rulet çarkı üzerinde uygunluk değeri ile orantılı olacak şekilde yer kaplar[13].

Örneğin, $f(x) = x^2$ fonksiyonunun $[0,31]$ tam sayı aralığında maksimizasyon probleminin GA ile çözümünün elle simülasyonu yapılırsa algoritma, belirlenen aralıkta rasgele seçilen x değişken değerlerinden başlangıç popülasyonunun oluşturulması ile başlar.

Başlangıç popülasyonunun sayısı $n = 4$ olarak seçilirse, verilen aralıkta seçilen rasgele seçilen başlangıç popülasyonunun ikilik düzende gösterimi,

0 1 1 0 1

1 1 0 0 0

0 1 0 0 0

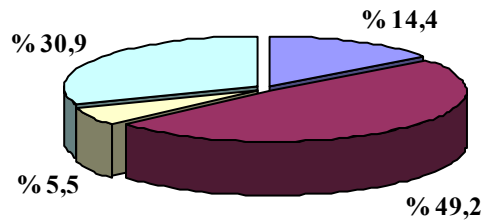
1 0 0 1 1

olsun. Bu dört diziden oluşan örnek popülasyon amaç ya da uygunluk fonksiyonu, f , değerleri ve popülasyonun toplam uygunluğuna göre her dizinin yüzdesi Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Ağırlıklı rulet çarkına ait örnek problemin dizileri ve uygunluk değerleri

No	Diziler	Uygunluk	% Toplam
1	0 1 1 0 1	169	14,4
2	1 1 0 0 0	576	49,2
3	0 1 0 0 0	64	5,5
4	1 0 0 1 1	361	30,9
Toplam		1170	100,0

Örnek problemin popülasyonunu oluşturan dört dizinin toplam uygunluk değeri 1170 olarak bulunmaktadır. Ağırlıklı rulet çarkına göre bu jenerasyonun üremesi Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Dizilerin, gelecek jenerasyondaki üremesini bulmak için, ağırlıklı rulet çarkının dört kez döndürüldüğü varsayılır.



Şekil 3.2. Her dizinin uygunluk değerine göre rulet çarkında kapladığı alan

Örnek problem için, 1 numaralı dizinin uygunluk değeri 169'dur ve bu değerin toplam uygunluk değerine göre yüzdesi 14,4'dür. Sonuç olarak, 1 numaralı dizi rulet çarkının yüzde 14,4'lük kısmını kaplar. Rulet çarkı bir defa döndürüldüğünde 1 numaralı dizinin gelme olasılığı 0,144'dür. Uygunluk değeri yüksek olan diziler rulet çarkı üzerinde daha büyük alan oluşturacağından, rulet çarkının bir defa döndürülmesinde bu dizilerin gelme olasılığı daha yüksek dolayısı ile bir sonraki jenerasyonda görünmesi şansı da daha fazladır.

Alternatif olarak, aşırı kalabalıklaşma stratejisi de kullanılabilir. İlk geliştirilen GA'larda, iki ebeveynin her nesilde kendilerinden olan iki yavru ile yer değiştirilmesi ile popülasyonun birey sayısının sabit tutulmasına yönelik bir değiştirme stratejisi kullanıldı[16].

Kısa bir süre sonra ise yavrulardan birinin kendisine en çok benzeyen ebeveyni ile değiştirilmesi şeklinde uygulanan kalabalıklaştırma stratejisi bulundu. Bu yöntem; yavrunun her iki ebeveyni ile genlerinin karşılaştırılmasını gerektirir ve hesaplama için gerekli olan süre ve kullanılan kaynaklar açısından çok maliyetlidir[16].

Turnuva seçim yöntemi, hangi bireyin imha edilebileceğine karar vermek için kullanılan başka bir yöntemdir. Bu yöntemde, popülasyon içinden rasgele seçilen bireyler birbirlerine karşı mücadele ederler, kazanan birey popülasyon içerisinde kalır, kaybeden ise imha edilir[19].

Her nesilde imha edilen bireylerin tam olarak sayısı GA algoritmasında yapılacak değerlendirmeler için kullanılacak önemli bir kıstastır. Popülasyon içindeki bireylerin olgunlaşmadan imha edilmesi oranı, seçim baskısı olarak adlandırılır[16, 20]. Bu konu ile ilgili olarak gerçek yaşamdan örnekler verilmek istenirse, savaşlar, kıtlıklar, sel felaketleri v.s şartlar doğal yaşamdaki hayat formlarını değişik şekillerde fakat güçlü bir şekilde etkiler hatta bazı türlerin tamamen ortadan yok olmasına dahi neden olabilirler.

Çeşitli GA'larda bireylerin oluşturulmak üzere seçim yöntemi değişik şekillerde ele alınmıştır. Holland'ın orijinal modeli genel olarak en sağlıklı bireyin, oluşturulmak üzere seçimi yöntemini kullanır[16].

Bazı yöntemler her hangi iki bireyi oluşturmak için rasgele seçer. Seçime dayalı oluşturma en seçkin doğal seçim operatörü ile birlikte ya da bağımsız olarak yapılabilir. Her iki durumda da GA evrimleşmeyi gerçekleştirebilir[16].

Oldukça evrimselleşmiş bireylerden oluşmuş popülasyonlarda, türleşme süreci başlar. Türlerin kendi içerisinde evrimleşmesi o türden yüksek uygunluğa sahip yavruların oluşturulmasını sağlar.

Bir türün üyelerinin o türden olmayan başka bireylerle eşleştirilmesinden uygunluğu çok düşük seviyelerde olan bireyler -ki bunlar “ölümcüller” olarak adlandırılırlar oluşurken, aynı tür içerisinde yapılan eşleştirmeler yüksek uygunluğa sahip yavruların oluşturulmasını sağlar. “Ölümcüller” bir sonraki nesilde nadiren hayatta kalırlar[17].

Seçime dayalı oluşturma'nın iki önemli amacı vardır.

- a. Yüksek uygunluğa sahip kromozomlar elde etmek[16].
- b. Ölümcüllerin aşırı üretilmesinin önüne geçmek[17].

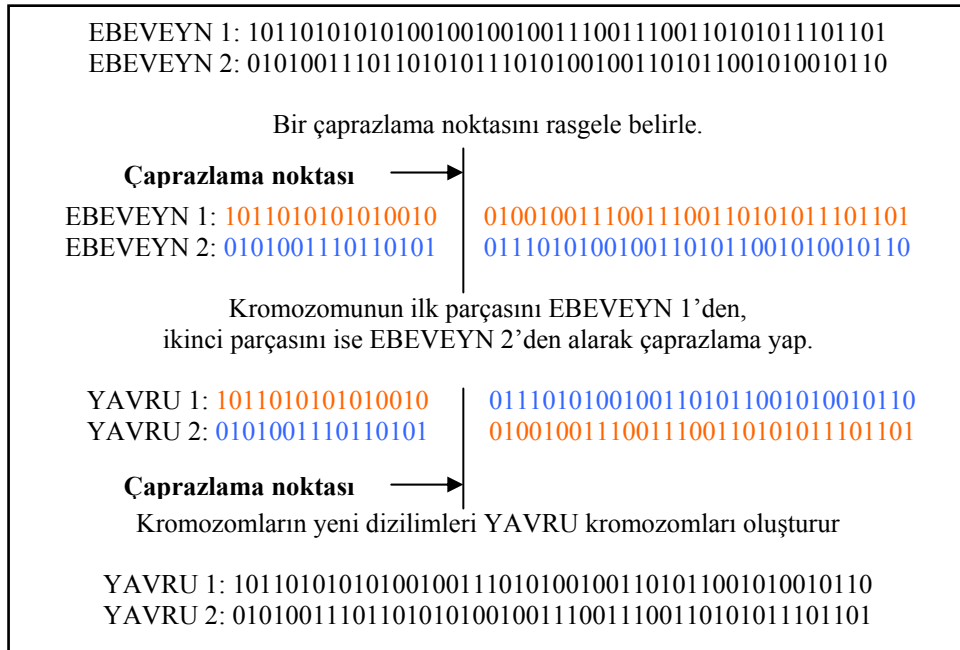
3.6.2 Çaprazlama

Üreme işleminden sonra her jenerasyonda, mevcut popülasyon dışında, aynı çözüm uzayı içinde farklı noktalara ulaşmak ya da araştırma uzayının diğer noktalarını da incelemek için yeniden düzenleyici genetik işlemler uygulanarak yeni popülasyon içinde değişimler ortaya çıkarılır[13].

Bu işlemlerden birisi çaprazlamadır[13]. Algoritmanın başında belirlenen çaprazlama oranı (P_c), bir dizi için uygulanacak çaprazlama işleminin olasılığını gösterir. Bu oran tüm algoritma boyunca sabit olabileceği gibi, jenerasyonlara göre de değişebilir. Bu oranın çok yüksek olması popülasyon içinde yeni dizilerin daha hızlı oluşmasını sağlar[13]. Dolayısı ile yüksek performanslı diziler de hızlı bir şekilde atılabilir[13]. Diğer taraftan, çaprazlama oranı çok düşük olursa değişime uğrayacak dizi sayısı az olacağından araştırma durgunlaşıp yavaşlayabilir[13]. Eğer istenir ise, tüm noktalar üzerinde de çaprazlama yapılabilir[17].

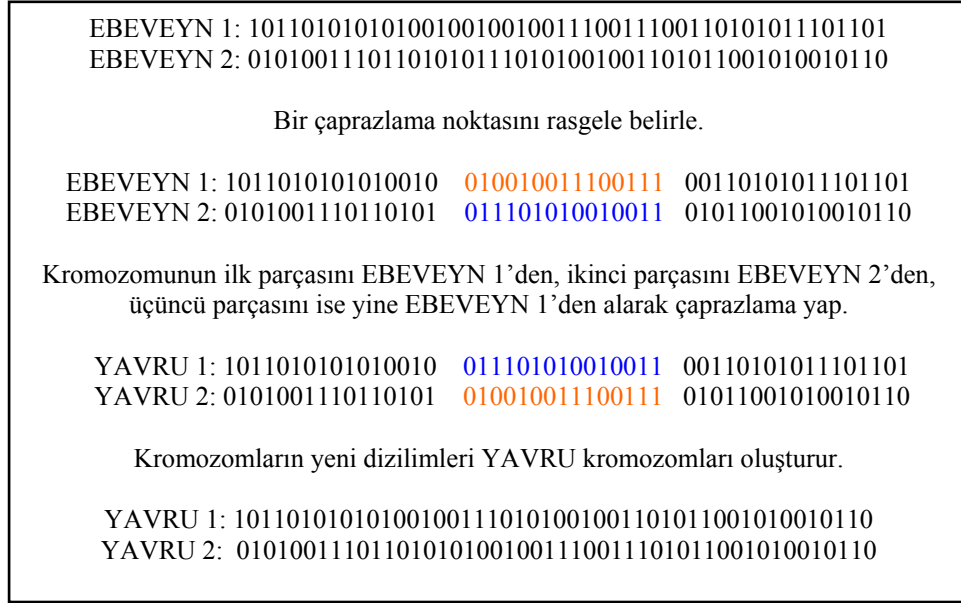
En temel çiftleştirme metodu; tek noktadan çaprazlama olarak adlandırılır[14–16]. Bu metot neredeyse tüm gen tanımlarına uygulanabilir olsa da, en uygun şekilde ikili düzende kodlanmış bir gen yapısında anlatılabilir. Yavru bir kromozomun tek noktadan çaprazlama metodu kullanılarak iki ebeveyn kromozomdan nasıl üretildiği Şekil 3.3’de verilmiştir.

Çaprazlama işlemi için gerekli olan çaprazlama noktası; gen dizisindeki herhangi bir noktaya denk düşecek şekilde rasgele seçilir. Çaprazlama noktasının öncesindeki tüm genetik materyaller bir ebeveyninden, sonrasındaki tüm genetik materyaller ise diğer ebeveyninden alınır[14]. Çaprazlama işlemi birden fazla çaprazlama noktası üzerinde de yapılabilir[16]. Buna örnek olarak denen çift noktadan çaprazlama metodu kullanılarak nasıl kromozomların nasıl üretildiği Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Ebeveyn kromozomlardan tek noktadan çaprazlama metodu ile yavru elde edilmesi süreci

Tez kapsamında yapılan uygulamada; tek noktadan çaprazlama ve çift noktadan çaprazlama metotları kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Ebeveyn kromozomlardan çift noktadan çaprazlama metodu ile yavru elde edilmesi süreci

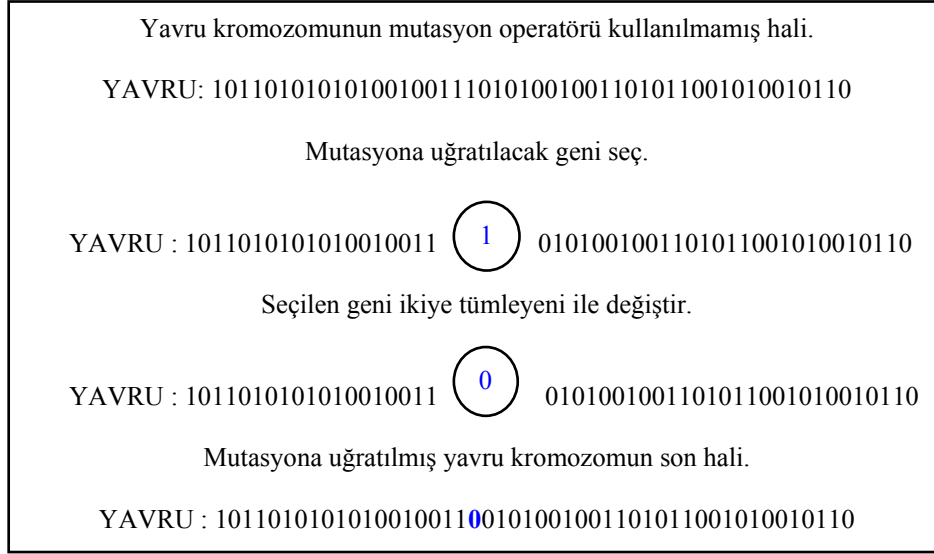
3.6.3 Mutasyon

Mutasyon; çözüm uzayının diğer noktalarını da incelemek amacı ile kullanılan bir diğer GA parametresidir. Popülasyon içerisinde değişime uğrayacak gen oranını belirler[13]. Tüm algoritma boyunca sabit alınabileceği gibi jenerasyonlara göre farklı değerlerde de seçilebilir.

Yeni kromozoma uygulanabilecek mutasyonun belirli bir oranı olmalıdır. Bu oran (P_m); mutasyon oranı olarak adlandırılır. Mutasyon oranı genellikle çok küçük tutulur[14]. Mutasyon oranının yüksek tutulması, normal genlerin kaybedilmesine, dolayısı ile de çözüm uzayındaki yüksek uygunluk bölgesinin işlenmesinde problemlere neden olur. Bazı sistemler mutasyon operatörünü hiç kullanmazlar[17]. Bunun yerine bu sistemler; popülasyonu başlangıç durumuna getirme aşamasında, kombinasyonları etkili bir araştırmayı mümkün kılacak kadar gen sağlayacak sayıda bireye sahip popülasyonlar kullanırlar[17].

Mutasyon operatörünün amacı normal süreçle oluşturulan popülasyona gürültü enjekte etmektir. Başka bir deyişle normal süreç ile oluşturulanların dışında yeni kromozomların popülasyona katılmasını sağlar. Mutasyon operatörü; çözüm uzayındaki yerel minimum değerinden kaçış sağlayarak çok boyutlu çözüm uzaylarında yeni bölgelerin taranmasına da yardımcı olur[16].

Bir genin mutasyona uğratılmak üzere seçiminden sonra, mutasyon operatörü değişik şekillerde kullanılabilir. Bu tamamen geliştirilen GA'ya bağlıdır. İkilik düzende kodlanmış bir kromozomdaki bir gen üzerinde yapılan mutasyon, o genin ikiye tümleyeninin konması şeklindedir. Bu durum doğada bulunan bir gen üzerinde rasgele tutulan bir mor ötesi ışığın gen üzerinde yarattığı etki ile aynıdır[17]. Bu mutasyonun nasıl uygulandığı Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. İkilik düzende kodlanmış kromozom üzerinde mutasyon operatörünün uygulanması süreci

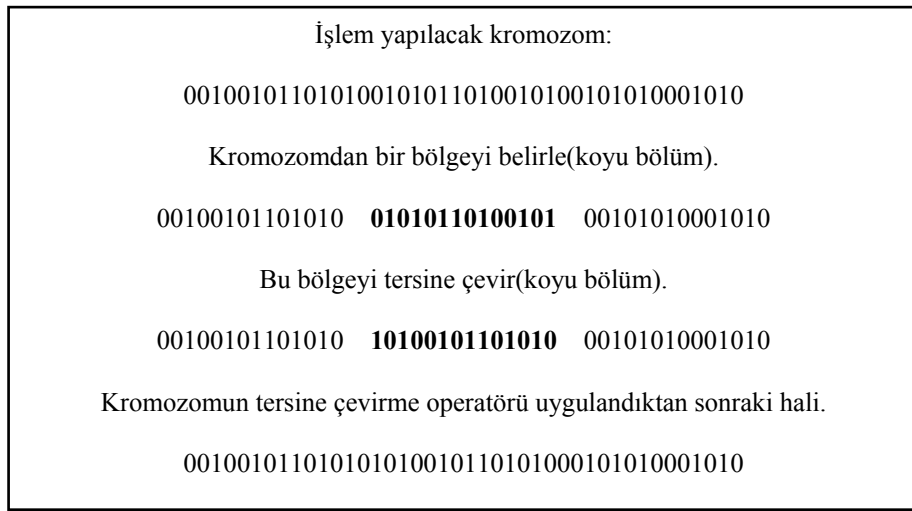
İkilik düzenden farklı kromozom gösterimlerinde daha karmaşık ve zor mutasyon yöntemlerine de ihtiyaç duyulur.

Normal olarak karmaşık veri yapıları ile kodlanmış kromozomlar üzerinde yapılacak mutasyonlar çok daha karmaşık hale gelmektedir.

Mutasyondaki amaç normal süreçle üretilen jenerasyonlara gürültü enjekte etmektir. Bu çalışmada mutasyon operatörü; yavru kromozom son halini almadan önce mutasyon oranı ile belirlenen sayıda rasgele seçilen kromozomlar üzerindeki iki geninin yerlerinin değiştirilmesi şeklinde uygulanmıştır.

3.6.4 Tersine çevirme

Holland'ın GA'yı kurduğu çalışmasında Holland, doğal ortamda kullanılan çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin yanı sıra yapay bir genetik operatörden de bahsetmiştir. Bu operatör tersine çevirme operatörü olarak bilinir[14]. Tersine çevirme operatörü kromozomdan seçilen bir gen bölümünün ayrılması ve bölümün sırasının tam tersine çevrilerek eski yerine konması şeklinde uygulanır. Bu süreç; ikilik düzende kodlanmış bir kromozom üzerinde Şekil 3.6'da açıklanmıştır.



Şekil 3.6. İkilik düzende kodlanmış kromozom üzerinde tersine çevirme operatörünün uygulanması süreci

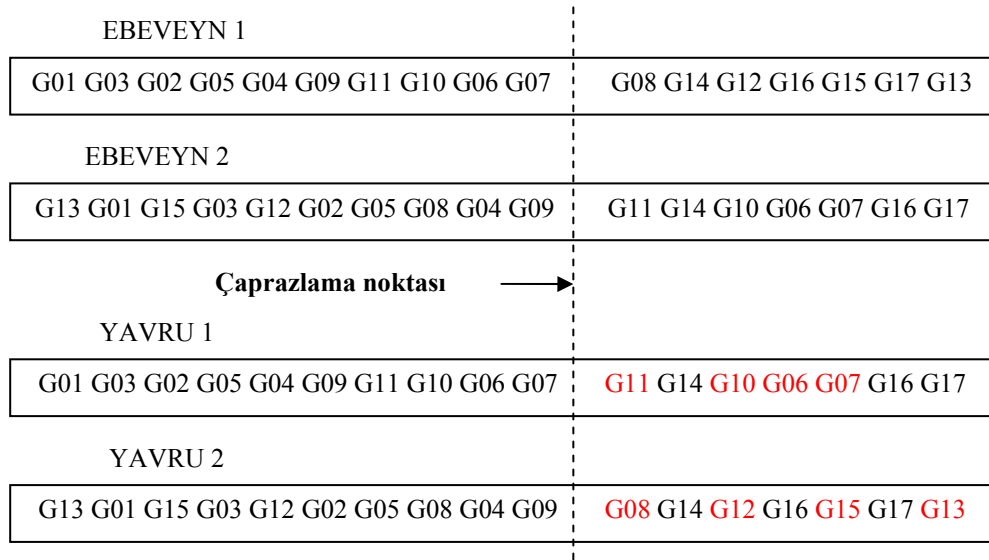
Tersine çevirme sürecinin GA'larda uygulanması GA'larda kullanılmakta olan diğer tüm operatörlerinkinden çok daha karmaşıktır. Bu karmaşıklık nedeni ile ve GA'larda evrimleşmeyi tersine çevirme operatörü olmaksızın da yapabildiğinden tersine çevirme operatörü genellikle kullanılmaz[10]. Ancak gelecekteki oldukça karmaşık GA problemlerinin çözümünde, tersine çevirme operatörünün hayati bir rolü olacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında hazırlanan GATNOP yazılımı için geliştirilen GA'da tersine çevirme operatörü kullanılmamıştır.

3.7 Kromozom Onarım Stratejileri

Bazı gen gösterim şekilleri, araştırma uzayının dışına çıkan yavruların oluşmasına neden olabilir[17].

Askeri nöbet çizelgesi hazırlama probleminin çözümü için hazırlanmış olan GA'da kullanılan kromozomları ele alalım. Nöbet çizelgelerinin GA ile uygun şekilde hazırlanabilmesi için ebeveyn olarak seçilen iki kromozomun çaprazlanması sonucunda, yavru kromozomda bazı genlerin kaybolması ve bazı genlerinde istenmeyen şekilde çoğalması sonucu ortaya çıkabilir. Bu durumda; çözüm uzayının dışına çıkılması, başka bir deyişle de çizelgenin hatalı üretilmesi ya da hiç üretilmemesi sonucu doğar. Bu durum Şekil 3.7'de açıklanmıştır.



Şekil 3.7. Yavru kromozomlarda çözüm uzayının dışına çıkılması

Şekil 3.7'de de görüldüğü gibi çaprazlama sonucunda YAVRU 1 kromozomunda; G06, G07, G10, G11 genleri istenmeyen bir şekilde çiftlenmiş, bu arada G08, G12, G13, G15 genleri de istenmeyen bir şekilde kaybolmuştur. YAVRU 2 kromozomunda ise; tam tersi bir biçimde G08, G12, G13, G15 genleri istenmeyen bir şekilde çiftlenmiş, G11, G10, G06, G07 genleri ise genleri de istenmeyen bir şekilde kaybolmuştur.

Jenerasyonlarda popülasyondaki kromozomların korunması ve çözüm uzayının dışına çıkılmamasının sağlanması için, bu bozulmanın yavru kromozomlarda tespit edilmesi ve kromozomun uygun şekilde onarılmasına yönelik metotların algoritmaya dahil edilmesi ihtiyacı bulunmaktadır.

Onarım stratejisi; her uygulamaya özgü şekilde belirlenerek uygulanır. Tez kapsamında geliştirilen GA'da bu strateji; kaybolan genlerin belirlenerek, istenmeyen şekilde sayısı artan genlerin yerine kaybolan genlerin konması şeklinde belirlenmiştir. Böylece her seferinde çözüm uzayına dönüş uygun şekilde sağlanmış olmaktadır.

Başka bir yaklaşım ise; problemin çözüm uzayının dışında kalan tüm kromozomların derhal imhası olabilir. Alternatif olarak bu tür bir kromozoma çok büyük bir ceza puanı verilebilir. Bu ise cezalandırma stratejisi olarak adlandırılabilir ve çok daha büyük bir araştırma uzayının araştırılmasını gerektirir. Gen ve Cheng[16], kromozom onarım stratejilerinin, imha ve cezalandırma stratejilerinden çok daha hızlı sonuca ulaştığını belirtmektedir.

3.8 GA'nın Sonlandırılması

Kimi problemlerde GA'lar ile mükemmel çözüme ulaşılamayabilir. GA'nın yukarıda açıklanan; üretim, mutasyon, çaprazlama ve tersine çevirme basamaklarından oluşmakta olan üretim sürecinin mükemmel çözüme ulaşamaması durumunda sonsuz döngüye girmesinin önlenmesi için sürecin uygun şekilde sonlandırılmasına ihtiyaç duyulur.

Bu üretim süreci; değişik şekillerde sonlandırılabilir:

- a. Üretim önceden belirlenen bir sayı kadar tekrar ettirilebilir[18],
- b. Yeterince uygun bir popülasyon yada en azından yeterince uygun bir bireyin oluşumuna kadar sürdürülebilir[19].
- c. Yukarıda verilenlerin kombinasyonu kullanılabilir.

Tez çalışmasında geliştirilen GA'da sonlandırma için c maddesindeki yöntem kullanılmıştır.

3.9 GA'nın Performansının Arttırılması

Şimdiye kadar anlatılanların ışığında şu söylenebilir ki, herhangi bir GA uygulamasında; değerleri evrimleşme sürecinin etkinliği ve hızını etkileyen çeşitli değişkenler bulunmaktadır. Bu değişkenler mutasyon oranı, seçim baskısı, çaprazlama oranı, problemlerdeki sınırlanmaların ağırlık değerleri v.s olarak örneklendirilebilir.

Tüm bu değişkenlerin her biri için, GA'nın uygun şekilde çalışmasını sağlayan bir değerler aralığı bulunmaktadır. Fakat bu değerlerin çeşitli kombinasyonları, değişik durumlarda ve değişik uygulamalarda daha iyi performans sağlarlar[21].

GA'nın pek çok araştırma algoritmasında da olduğu gibi, doğası gereği parametreleri uygun belirlenmediğinde çözüm uzayını yeterli tarayamama, ya da uygun çözümü bulabilmek için çok uzun süreye ihtiyaç duyması gibi bir problemi bulunmaktadır[22]. Bu sorunun giderilebilmesi ve oluşturulan algoritma için en uygun parametrelerin belirlenebilmesi amacı ile bu tez çalışmasında hazırlanan uygulamada da GA parametrelerinin değiştirilebildiği geçici arayüzler oluşturulmuştur.

Değişik parametreler kullanılarak elde edilen sonuçlar ve sonuçlara yönelik yorumlar ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

3.10 İncelenen Kaynaklardan Seçilen GA Tabanlı Örnek Çalışmalar

Günümüzde GA'lar geleneksel yöntemlerle çözümü zor veya imkansız olan pek çok problemin çözümünde kullanılmaktadır[3, 9]. GA'ların kullanıldığı problem sahalarından bazıları aşağıda verilmiştir.

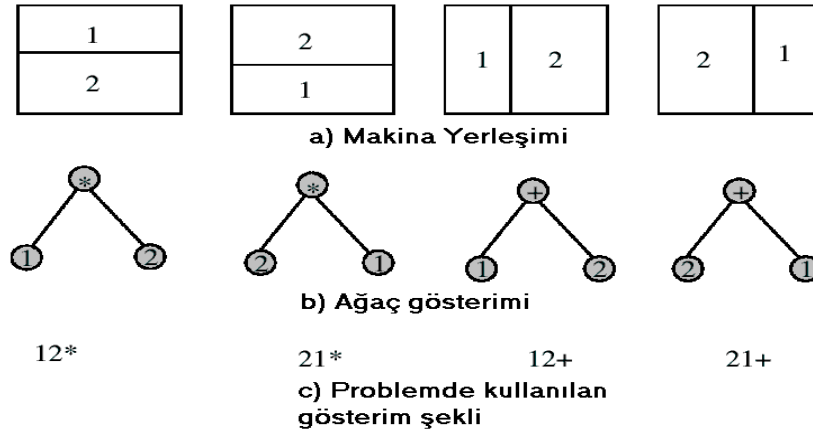
- a. Robotların hareket yollarının belirlenmesi,
- b. Devre elemanlarının devre kartları üzerinde yerleştirilmesi,
- c. Görüntü işleme,
- d. Ağ topolojilerinin eniyilemesi,
- e. Değişik hacim ve boyutlardaki nesnelerin paketlenmesi,
- f. Konuşma tanıma ve yapay zeka problemlerinin çözümü,
- g. Gerçek zamanlı paralel süreçlerin planlanması,
- h. Tuş takımlarının tasarlanması.

3.10.1 Fabrika yerleşiminin eniyilenmesi

Makina yerleşiminin eniyilemesi imalat sisteminin malzeme transportunu minimize etmek ve dolayısıyla hata puanını düşürmek için yapılır. Transport edilen malzemenin miktarını düşürmenin önemine rağmen geleneksel metotlar ile malzeme transportu esnasında geçen zaman belirlenememektedir.

Günümüzdeki imalat sistemleri kısa sürelerde çevrimlerini tamamlayarak ürün çıkartabilmektedir. Dolayısıyla aralardaki malzeme hareketinin üretilebilirliğe etkisi çok fazla olmaktadır. Bu çalışmada [23] yerleşim planı, sistemin dinamik karakteristikleri ve çalışma koşulları göz önünde bulundurularak, çevrim zamanı ve üretilebilirlik gibi sistem performansını karakterize eden değişkenlere bağlı olarak optimize edilmiştir.

Popülasyonlar GA ile analiz edilmesi kolay diziler halinde elde edilmiştir. Ayrıca benzetim yardımıyla mevcut çözüm değerlendirilmiş ve GA ile tekrar eniyileme sağlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda GA'nın iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan gösterim şekilleri Şekil 3.8'de verilmiştir.

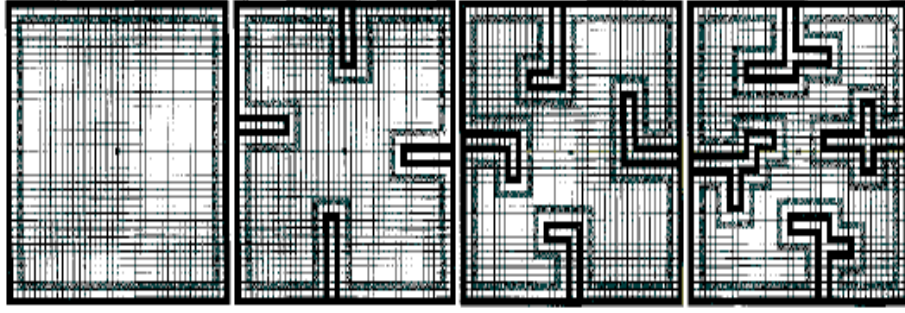


Şekil 3.8. Fabrika yerleşimi probleminde kullanılan gösterim şekilleri

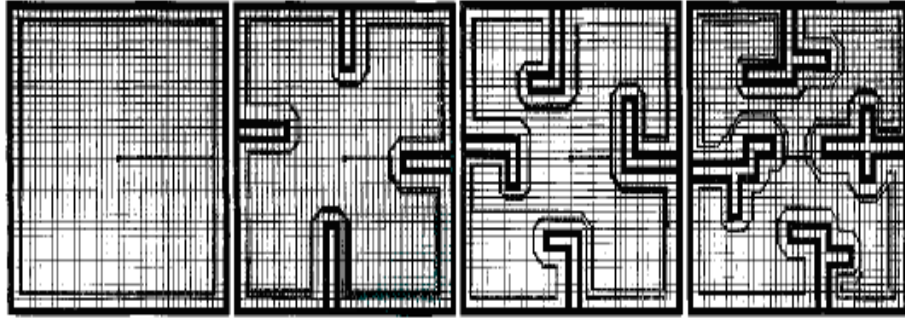
3.10.2 Duvarı takip eden robot

Bu robotun amacı bir duvara rastlayıncaya kadar boş alanda hareket etmek ve duvara rastlayınca da belli bir mesafeden duvarı takip ederek ilerlemektir. Robotun başarılı sayılabilmesi için bulunduğu ortamın çevresini en azından bir kez çok yakın veya çok uzak kalmaksızın takip etmesi gerekir [24].

Genetik programlama ile elde edilen gezme algoritmasını test etmek için iki boyutlu konfigürasyonlar kullanılmıştır. Bu test ortamı 4 adet tamamen kapalı odadan oluşmaktadır ve her odanın iç çevresi farklı karmaşıklıktadır. Genetik programlama ile elde edilen popülasyonun her bireyi her bir oda için denenip duvar-takip işlemini nasıl gerçekleştirdiği test edilmiştir. Bu çalışma ile ilgili çizimler Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Duvar takibi yapılacak odalar ve ideal takip yolları



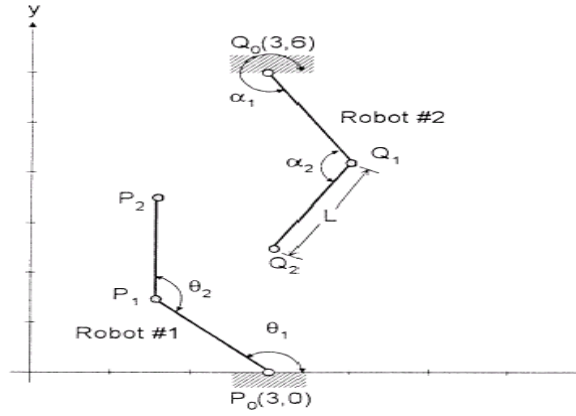
Şekil 3.10. GA kullanılarak elde edilen takip yolları

Geliştirilen robot, merkeziyle 450 açılı 8 adet uzaklık ölçme algılayıcısı içermektedir. Genetik programlama ile öngörülen takip çizgisinin ne kadarının takip edilemediğine bakılmakta ve her bir bireyin (çözümün) uyumluluğu böylece saptanmaktadır. Takip edilemeyen miktarı veren uyumluluk fonksiyonu minimize edildiğinde GA en uygun çözümü vermiş olacaktır.

GA kullanılarak %100 çözüm elde edilmese bile istenen hareketi elde etmeye olanak sağlayan çözümler elde edilmiştir. Bu çalışmayla benzer karmaşıklıkta alanlarda da iyi sonuçlar alınabileceği anlaşılmıştır.

3.10.3 Çok kollu robotların çarpışmasız hareketi

Bu çalışmada birden fazla koldan oluşan robot sisteminin sabit engellere çarpmadan hareketinin yanı sıra hareketli çevre ve engellerle de çarpışmadan hareket etmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Yörünge denklemleri dizilere çevrilmiş ve böylece GA çarpışmasız minimum hareket yolunu hesaplamak için kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan iki linkli düzlemsel robotlar Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Problemede çarpışmasız hareketi incelenen iki linkli düzlemsel iki robot

GA tekniğinde genelde ikili sayı sisteminden oluşan diziler kullanılsa da artık bunun dışındaki gösterimlerde sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada kayan noktalı vektör gösterimi kullanılmıştır. Yörüngeler direk olarak kayan noktalı vektörler şeklinde kodlanmıştır. Bu şekilde kodlamanın avantajı ikili sisteme göre çok daha hassas olmasıdır.

Uyumluluk fonksiyonu yörünge uzunlukları, dengeli dağılım ve çarpışma durumu göz önünde bulundurularak elde edilmiştir. Başlangıç popülasyonu ise Bezier eğrileri ile oluşturulmuştur. Bezier eğrisini tanımlamak için 4 noktaya ihtiyaç vardır. Elde edilecek eğri 1. ve 4. noktalardan geçer, 2. ve 3. noktalar ise kontrol noktalarıdır ve eğrinin şeklini belirler. İlk popülasyon bu şekilde elde edildikten sonra GA ile daha sonraki yörüngeler uyumluluk fonksiyonu göz önünde bulundurularak hesaplanır.

İki linkli düzlemsel iki robotun haricinde 3 serbestlik dereceli Puma benzeri iki robot için de benzer şekilde formülasyon yapılmıştır. Bu ortam öncekinden farklı olarak statik engeller de içermektedir.

Klasik GA (ikili diziler) kullanıldığında yüzlerce kuşak beklemek gerekirken bu çalışma sonucunda 30–40 kuşak sonra iyi sonuçlar alınabildiği görülmüştür. Bu çalışma sadece sonuçlarıyla değil, GA tekniğine yeni operatörler ve yaklaşımlar getirmesi açısından da önemlidir.

3.10.4 Robot eli

İnsan eli benzeri beş parmaklı bir robot elinin bir nesneyi kavraması için gereken hareketler incelenmiş ve bu karmaşık problemin çözümünde GA kullanılmıştır. Bu problem çarpışmasız hareket yörüngesi saptamaya benzemektedir. Her bir parmak diğeri için çarpımaması gereken bir engeldir. Uyumluluk her bir parmağın kontak noktasına (nesneye dokunduğu nokta) olan uzaklığı, stabilite, manipülasyon ve çarpışmasız hareket göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. Klasik GA kullanılmasına rağmen çalışma uzayı oldukça geniş olduğundan GA'nın biraz daha seçici davranması sağlanmıştır. Ayrıca GA operatörleri de bu sebepten dolayı biraz modifiye edilerek kullanılmıştır.

Sonuçta GA'nın probleme en uygun araç olduğu görülmüştür. Sonuçlar verimli olmasına rağmen hesaplama süresi bir eksiklik olarak görülebilir, çünkü hesaplama uzun zaman almıştır. Uzun hesaplama süresinin bir nedeni de eklem açılarının vektörel olarak gösterimidir.

3.10.5 GA'nın kullanıldığı diğer alanlar

Bu çalışmaların dışında robotik alanında birçok uygulamada GA yardımcı araç olarak kullanılmıştır. Bu çalışmalardan birinde robotun temasta bulunduğu yerlerdeki sürtünmeyi telafi etmek için sürtünmeyi öğrenme algoritması olarak kullanılan GA, ölçüm hataları olması durumunda bile iyi sonuçlar vermiştir.

Başka bir çalışmada robotun hareket yörüngesi kartezyen koordinatlarda elde edilmeye çalışılmıştır. Simülasyon denemeleri GA'nın bu çalışmada da iyi performans sunduğunu göstermiştir.

GA kullanılarak yapılan diğeri bir çalışma ise kontrol alanındadır. Doğrusal olmayan sürtünmeli esnek sürücü sisteminin bulanık mantık ile kontrolünde GA, parametrelerin eniyilemesinde kullanılmış ve düşük hızlardaki sürtünme etkilerini azaltarak performansı arttırmada önemli rol oynamıştır

4. GA’NIN ASKERİ NÖBET ÇİZELGELERİNDE UYGULANMASI

4.1 Geliştirilen GA’nın Açıklaması

Tez kapsamında geliştirilen GA ile ilgili açıklamalar takip eden paragraflarda maddeler halinde verilmiştir.

4.1.1 Kromozomların kodlanması

Bir problemin gen formatına aktarılması için, çözüm için gerekli tüm bilgilerin bilgi paketleri şeklinde ifade edilmesi gereklidir[14]. GA’larda her kromozom problemin muhtemel bir çözümünü ifade eder.

Geliştirilen GA’da klasik ikili düzende yapılan kodlama yerine, karmaşık veri yapıları ile kodlama yapılmıştır. Kodlama için kullanılan genlerin veri yapısı Şekil 4.1’de, kromozomların veri yapısı ise Şekil 4.2’de verilmiştir.

```
public struct strctGAGenNöbetçiPersonelInfoTipi
{
    public frmMazeretleriGir.strct_NöbetçiMazeretListesiTipi
        strctSeçilenNöbetçiBilgileri;
    public string strAsilYedek;
    public string AtananNöbetTipi;
    public int GenID;
}

public struct strct_NöbetçiMazeretListesiTipi
{
    public int KıdemSırası;
    public string SicilNumarası;
    public string Sınıfı;
    public string Rütbesi;
    public string Adı;
    public string Soyadı;
    public string TelNo;
    public strctMazeretTipi [] Mazeretleri;
}

public struct strctMazeretTipi
{
    public DateTime MzrtBşlncTrh;
    public int süre;
    public string Sebep;
}
```

Şekil 4.1 Geliştirilen GA’da kullanılan genlere ait veri yapıları

```

public struct strctGAKromozomforNöbetTablosuTipi
{
    public strctGAGenNöbetçiPersonelInfoTipi []
        strctNöbetTablosuKromozomu;
    public int FarklıNöbetTipineAtanma_HataPuanı ;
    public int ArdışıkNöbetYazılması_HataPuanı ;
    public int MazeretliGüneNöbetYazıldı_HataPuanı ;
    public int TablonunToplam_HataPuanı ;
    public int KıdemSırasınaUyulmadı_HataPuanı_GN;
    public int KıdemSırasınaUyulmadı_HataPuanı_CM;
    public int KıdemSırasınaUyulmadı_HataPuanı_CT;
    public int KıdemSırasınaUyulmadı_HataPuanı_PZ;
    public int KıdemSırasınaUyulmadı_HataPuanı_ML;
    public int KıdemSırasınaUyulmadı_HataPuanı_DN;
}

```

Şekil 4.2 Geliştirilen GA’da kullanılan kromozomlara ait veri yapıları

Kodlanan genler; nöbetçi olarak belirlenen her personel için çeşitli bilgilerin saklandığı veri yapılarıdır. Bu genlerin ayın günü kadar uzunluktaki dizilere değişik şekillerde sıralanması ile kromozomlar oluşturulmaktadır.

Tipik bir gen için veri yapısı içerisinde tutulan bilgiler Şekil 4.3’te verilmiştir.

GA’nın tasarımında; popülasyondaki her kromozomun hata kayıtlarını tutmak amacı ile hata puanları da Şekil 4.2’de gösterildiği gibi kromozom yapısı içerisinde kodlanmıştır. Bu hata puanları; her jenerasyonda kromozomun yeni dizilişine uygun şekilde yeniden hesaplanmakta olup GA’nın normal çalışmasında etkili değildirler.

Her kromozomdaki gen miktarı nöbet yazılan ayın gün sayısına göre 28–31 arasında değişir. Her popülasyondaki kromozom miktarı ise “GA Değişkenlerini Belirleme Ekranı”nda belirlenen popülasyon sayısı kadardır.

Geliştirilen GA’da kullanılan kromozomların kodlanması için kullanılan veri yapıları ile; çözüm için gerekli tüm bilgilerin bilgi paketleri şeklinde ifade edilmesi sağlanmıştır.

Nöbet yazılan ayın gün sayısına göre değişen çözüm uzayı; nöbet yazılan ayın gün sayısı kadar genin faktöriyeli kadardır.

$$C_{uzayı} = g! \quad (4-1)$$

<u>Değişken İsmi</u>	<u>: Değeri</u>	<u>Tipi</u>
AtananNöbetTipi	"GN"	string
GenID	13	int
strAsilYedek	"ASİL"	string
strctSeçilenNöbetçiBilgileri	strct_NöbetçiMazeretListesiTipi	
{		
	<u>Değişken İsmi</u>	<u>: Değeri</u>
	<u>Tipi</u>	
Adı	"YILMAZ"	string
Soyadı	"ALTUNTAŞ"	string
Rütbesi	"Yzb."	string
SicilNumarası	"68.000.011"	string
Sınıfı	"Müh."	string
TelNo	"831-4389"	string
KıdemSırası	11	int
Mazeretleri	{Length=4}	strctMazeretTipi[]
{		
	<u>Değişken İsmi</u>	<u>: Değeri</u>
	<u>Tipi</u>	
[0]	MzrtBşlngçTrh	{1/3/2005}
	Sebep	"Diğer"
	süre	6
[1]	MzrtBşlngçTrh	{1/28/2005}
	Sebep	"Raporlu"
	süre	11
[2]	MzrtBşlngçTrh	{1/1/1}
	Sebep	null
	süre	0
[3]	MzrtBşlngçTrh	{1/1/1}
	Sebep	null
	süre	0
}		
}		

Şekil 4.3 Tipik bir gen için veri yapısı içerisinde tutulan bilgiler

Dolayısı ile probleme ait çözüm uzayı; 28! İle 31! arasında değişebilen farklı dizilişteki nöbetçi listelerinden oluşmaktadır.

GATNOP için geliştirilen GA'nın doğrudan, hazırlanan kod üzerinden açıklanmasının; –iç içe döngüler ve oluşturulan değişik program parçaları nedeni ile– anlaşılır olmayacağı değerlendirilmiştir. Bu nedenle geliştirilen algoritma Şekil 4.4'de, oluşturulan hayali kod ile verilmiştir.

1. Nöbet çizelgesi için; nöbet yeri, tarihi bilgileri ile aday nöbetçi personel bilgilerini başlangıç ekranlarından toplayarak kaydet.
2. GA parametrelerini ve kısıtlara ait hata puanlarını GA parametrelerini belirleme arayüzünden al.
3. Koloniyi başlangıç haline getir:
 - a. Başlangıç kolonisini üret
 - b. Kolonideki bireylerin kısıt karşılama hatalarını hesaplat
 - c. Hata puanı ortalamasının üzerindeki bireyleri yok et
 - d. Koloniyi düşük hata puanlı kromozomlardan; hata puanı en düşük olanın katkısı daha fazla olacak şekilde tamamla
 - e. Jenerasyon sayısını arttır
4. Kabul edilebilir hata puanına ulaşıncaya kadar ya da maksimum jenerasyon sayısına ulaşıncaya kadar:
 - {
 - a. Belirlenen çaprazlama oranı kadar rasgele belirlenen kromozomları:
 - ❖ Belirlenen çaprazlama tipine(tek nokta/çift nokta) göre çaprazla
 - ❖ Kromozomları kontrol et, bozulan kromozomlarını uygun şekilde onar
 - ❖ Mutasyon operatörünü arayüzden belirlenen sayıda uygula
 - b. Kolonideki bireylerin kısıt karşılama hatalarını hesaplat
 - c. Hata puanı ortalamasının üzerindeki bireyleri yok et
 - d. Koloniyi düşük hata puanlı kromozomlardan; hata puanı en düşük olanın katkısı daha fazla olacak şekilde tamamla
 - e. Jenerasyon sayısını arttır
 - }
5. Döngüden çıkılma koşullarından hangisinin oluştuğunu belirle;
 - a. Sıfır hata puanına ulaşılmış ise;
 - ❖ En iyi çizelgeyi kullanıcıya formatlayarak göster
 - ❖ Görüntülenen çizelgeyi kullanıcının isteğine uygun şekilde kaydet
 - b. Maksimum jenerasyon sayısı aşılmış ise;
 - ❖ Kabul edilebilir hata puanına ulaşıldı ise;
 - En iyi çizelgeyi kullanıcıya formatlayarak göster
 - Görüntülenen çizelgeyi kullanıcının isteğine uygun şekilde kaydet
 - ❖ Kabul edilebilir hata puanına ulaşamamış ise;
 - Kullanıcıya bilgi ver
 - En iyi çizelgeyi kullanıcıya formatlayarak göster
 - Görüntülenen çizelgenin veri tabanına kayıt edilmesine izin verme
6. GA'yı sonlandır.

Şekil 4.4 Geliştirilen GA'ya ait hayali kod

4.1.2 Popülasyon boyutu

GA'ların performansında önemli bir parametre olan popülasyon boyutunun uygun bir değerde olması gerekmektedir. Çünkü popülasyon boyutunun çok küçük olması çözüm hızını artırırken, çözüm uzayının yeterince taranmamasına neden olacaktır. Tam tersi şekilde çok büyük seçilen bir popülasyon boyutu ise çözüm uzayının gereksiz yere taranmasına ve dolayısı ile zaman kaybına neden olacaktır.

Popülasyon boyutunun uygun şekilde belirlenebilmesi için; geliştirilen GATNOP yazılımında hazırlanan bir arayüz yardımı ile 4–1.000 arasındaki popülasyon boyutu değerleri ile denemeler yapılmıştır.

Algoritmanın [60, 100] aralığındaki popülasyon boyutu değerleri ile en uygun şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir.

Geliştirilen GA için en uygun popülasyon sayısı; testler sonucunda kesin olarak belirlenerek yazılımın son halinde sabit bir değere atanacaktır.

4.1.3 Kullanılan evrim operatörleri

GATNOP yazılımı için geliştirilen GA'da aşağıda verilen evrim operatörleri kullanılmaktadır. Tek noktadan çaprazlama ve çift noktadan çaprazlama operatörleri performanslarının karşılaştırılması amacı ile kullanılmıştır.

- a. Üretim
- b. Çaprazlama
 - Tek noktadan çaprazlama
 - Çift noktadan çaprazlama
- c. Mutasyon

4.1.4 Popülasyonun başlangıç halinin oluşturulması

GATNOP için geliştirilen GA'da başlangıç popülasyonu, bir önceki ekrandan seçilmiş nöbetçi personelin rasgele bir şekilde popülasyon boyutundaki kromozom dizisini dolduracak şekilde yerleştirilmesi ile oluşturulmaktadır.

Böylece; genetik yapılandırılmaları rasgele bir süreçle belirlenmiş olan bireylerden oluşan tam boyuttaki bir popülasyon elde edilmiştir.

Bir önceki ekrandan alınan asil nöbetçi listesindeki personelin ayın günlerine rasgele sıralarda yerleştirilmesi ile başlangıç popülasyonunu oluşturmak amacı ile hazırlanmış olan fonksiyonun kaynak kodu Şekil 4.5'te verilmiştir.

```

private void BaşlangıçKolonisiniÜret()
{
    // Random olarak oluşturulan sayıları kaydet aynı index oluşunca üzerine yazma
    int [] lclCreatedIndexes = new int[TplmAslNbtSys];
    for ( int k = 0; k < TplmAslNbtSys;k++) lclCreatedIndexes[k] = -100000;
    bool ÇakışanIndexVar = false;
    int lclDynIndex = fixRand.Next() % TplmAslNbtSys;
    for ( int i = 0; i < sttcMaxNumofPop; i++)
    {
        // CreatedIndexex dizisini başlangıç değerlerine ata...
        for ( int k = 0; k < TplmAslNbtSys;k++) lclCreatedIndexes[k] = -100000;
        for ( int j = 0; j < TplmAslNbtSys; j++)
        {
            if(j != TplmAslNbtSys -1)
            {do
                {ÇakışanIndexVar = false;
                // Daha önce üretilen yada NbtTblAsl_raw.strctNöbetTablosuKromozomu[j]'un
                // "j" indexi ile çakışmayan bir Index bulana kadar Random sayı üret
                // ( 0-TplmAslNbtSys arası)
                lclDynIndex = fixRand.Next() % TplmAslNbtSys;
                for ( int l = 0; l < TplmAslNbtSys; l++)
                {
                    if( lclDynIndex == lclCreatedIndexes[l]) ÇakışanIndexVar = true;
                }
                } while ((( lclDynIndex == j ) || (ÇakışanIndexVar == true )));
            }
            else if(j == TplmAslNbtSys -1)
                // Son index için problem oluşabiliyor. Onu ayrıca işleme almak gerekiyor.
                {
                    do
                    {ÇakışanIndexVar = false;
                    lclDynIndex = fixRand.Next() % TplmAslNbtSys;
                    for ( int l = 0; l < TplmAslNbtSys; l++)
                    {
                        if( lclDynIndex == lclCreatedIndexes[l])
                            ÇakışanIndexVar = true;
                    }
                    } while ( ÇakışanIndexVar == true );
                }
            lclCreatedIndexes [j] = lclDynIndex;
            strctArrÇözümKolonisi[i].strctNöbetTablosuKromozomu[lclDynIndex] =
                NbtTblAsl_raw.strctNöbetTablosuKromozomu[j];
        }
    }
    return;
}

```

Şekil 4.5 Başlangıç Kolonisini Üreten fonksiyonun kaynak kodu

4.1.5 Kromozomların karşılaması gereken kısıtlar

GA’larda her kromozom; problemin muhtemel bir çözümünü ifade eder. Muhtemel çözümler belirlenen kısıtlara karşı bir uygunluk fonksiyonu ile test edilmelidir.

GATNOP yazılımı askeri nöbet çizelgelerinin hazırlanması amacı ile geliştirildiğinden; GA’nın karşılaması gereken kısıtlar Türk Silahlı Kuvvetleri’nde geçerli kanun ve yönetmeliklerle [6–8] belirlenmiştir.

Bu kısıtlar geliştirilen GA’da zorunlu kısıtlar ve zorunlu olmayan kısıtlar olarak ikiye ayrılmıştır. Kısıtlar ve kısıtlara karşılık gelen hata puanları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. GATNOP GA’sının karşılaması gereken zorunlu kısıtlar ve hata puanları

Zorunlu Kısıtlar	Hata Puanı
Uygun nöbet tipine atama yapılmalı	2.000–10.000
Personelin mazeretli gününe nöbet yazılmamalı	2.000–10.000
Ard arda günlerde aynı personele nöbet yazılmamalı	2.000–10.000

Çizelge 4.2. GATNOP GA’sının karşılaması gereken zorunlu olmayan kısıtlar ve hata puanları

Zorunlu Olmayan Kısıtlar	Başlangıç Değeri	Hata Puanı
Dini bayram nöbeti kıdem sırası hatası	630	1
Milli bayram nöbeti kıdem sırası hatası	310	1
Cumartesi nöbeti kıdem sırası hatası	150	1
Pazar nöbeti kıdem sırası hatası	70	1
Cuma nöbeti kıdem sırası hatası	30	1
Günlük nöbet kıdem sırası hatası	1	1

Çizelge 4.1’deki hata puanı değerleri “GA Değişkenlerini Belirleme Ekranı” üzerinden değiştirilerek, hata puanı değerlerinin algoritmanın performansına olan etkisi görülmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.2’de de görüldüğü gibi zorunlu olmayan kısıtlar nöbet tiplerine göre ayrılmış ve her bir hata için belirli bir başlangıç değeri verilmiştir. Bunun amacı; nöbet tiplerindeki kıdem sıralarının önceliklerine göre derecelendirilmesidir. Bu derecelendirme sayesinde GA’nın; günlük nöbet kıdem sırası hatası bulunan bir kromozomu, dini bayram nöbeti kıdem sırası hatası bulunan bir kromozoma göre daha uygun olarak değerlendirmesi sağlanmış olmaktadır.

Tüm zorunlu olmayan kısıt hata puanlarının toplam değeri herhangi bir kromozomda, zorunlu kısıt hata puanı değerlerinin başlangıcı olan 2.000'i geçmeyecek şekilde belirlenmiştir.

$$\sum_{g=1}^{ags} H_{kdsu} < 2.000 \quad (4-2)$$

Bu nedenle; toplam kromozom hata puanı $H_{kthp} < 2.000$ olan kromozomların tümü uygun nöbet çizelgeleri olarak kabul edilmektedir.

4.1.6 İmha edilecek/korunacak bireylerin seçimi

GATNOP yazılımında geliştirilen GA'da; imha edilecek olan kromozomların belirlenmesi için sırası ile;

- a. Tüm kromozomların hata puanları aşağıda verilen hata puanı hesaplama fonksiyonu ile hesaplanır.

$$H_{kthp} = \sum_{g=1}^{ags} H_{ynta} + \sum_{g=1}^{ags} H_{aany} + \sum_{g=1}^{ags} H_{mgny} + \sum_{g=1}^{ags} H_{kdsu} \quad (4-3)$$

- b. Kolonideki tüm kromozomların hata puanları toplamının, popülasyondaki kromozom sayısına bölünmesi ile koloninin ortalama hata puanı bulunur.

$$H_{orthp} = \sum_{p=1}^{pby} H_{kthp} / K_s \quad (4-4)$$

- c. Kolonideki tüm kromozomlar aşağıdaki eşitsizlikle sınanır. Bu eşitsizliği sağlayan kromozomlar imha edilir. Diğerleri bir sonraki jenerasyonda aynen muhafaza edilirler. İmha edilen kromozomların yerleri hata puanı düşük olan kromozomlar ile tamamlanırlar. Bu tamamlama düşük hata puanlı kromozomların daha yüksek, yüksek hata puanlıların daha düşük oranda kullanılması şeklinde yapılır.

$$H_{kthp} > H_{orthp} \quad (4-5)$$

4.1.7 Çaprazlama ve onarım stratejisi

Çaprazlama operatörü; “GA Değişkenlerini Belirleme Ekranı”ndan belirlenen değere göre tek noktadan ve çift noktadan uygulanabilmektedir. Çaprazlama operatörünün hiç kullanılmaması da arayüz ile kontrol edilebilmektedir. Ancak yapılan denemelerde, çaprazlama operatörü kullanılmadan çözüme ulaşılmasının mümkün olmadığı görülmüştür.

“GA Değişkenlerini Belirleme Ekranı” ile P_c değerinin aşağıda verilen aralıkta seçilebilmesi sağlanmıştır.

$$0,1 < P_c < 0,9 \quad (4-6)$$

Bu şekilde her jenerasyonda çaprazlanacak kromozom sayısı(C_{ks}) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

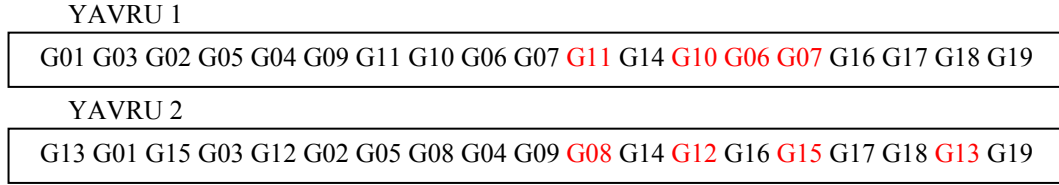
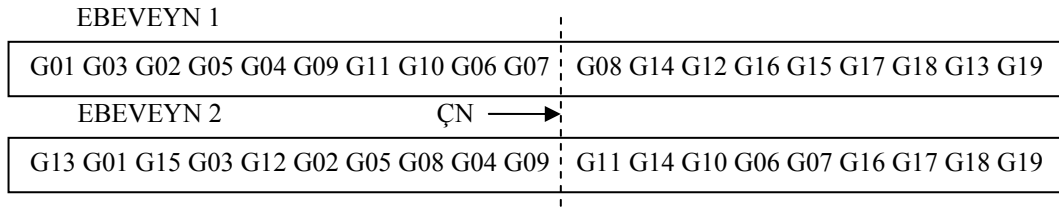
$$C_{ks} = P_c * K_s \quad (4-7)$$

Tek noktadan çaprazlama; koloni içerisinde rasgele belirlenen iki ebeveyn kromozomun, rasgele belirlenen bir çaprazlama noktasından Şekil 4.5’de gösterildiği şekilde çaprazlanması şeklinde yapılmaktadır.

Çift noktadan çaprazlama; koloni içerisinde rasgele belirlenen iki ebeveyn kromozomun, rasgele belirlenen bir çaprazlama noktasından itibaren, rasgele belirlenen uzunluktaki bölümlerinin yer değiştirmesi şeklinde yapılmaktadır. Çift noktadan çaprazlamanın yapılışı Şekil 4.6’da gösterildiği biçimdedir.

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de de görülebileceği gibi yapılan çaprazlamalardan sonra; ortaya bazı genlerin çiftlenmesi ve bazı genlerin ise kaybolması sonucu ortaya çıkar. Genlerin ikili düzende değil de kompleks yapıda kodlanmış olması nedeni ile; bu kaybolan ve çiftlenen genlerin oluşturulacak bir kromozom onarım algoritması ile düzenlenmesi gerekir.

Geliştirilen GA’da bu onarım işlemi; hatalı genlerin belirlenmesi ve statik bir kromozom kullanılarak düzeltilmesi şeklinde yapılmaktadır.



Gösterimlerde genler nöbetçi personele ait bilgileri içermektedir.
Gösterimde kolaylık olması için gerçek uygulamada 28–31 arasındaki gen sayısı 19 olarak verilmiştir.

Şekil 4.6 GATNOP'ta uygulanan tek noktadan çaprazlama



Gösterimlerde genler nöbetçi personele ait bilgileri içermektedir.
Gösterimde kolaylık olması için gerçek uygulamada 28–31 arasındaki gen sayısı 19 olarak verilmiştir.

Şekil 4.7 GATNOP'ta uygulanan çift noktadan çaprazlama

4.1.8 Mutasyon

Geliştirilen GA'da genler karmaşık veri yapıları ile kodlandığı için mutasyon operatörü; her jenerasyonda “GA Değişkenlerini Belirleme Ekranı”ndan belirlenen P_m değerinin kullanılması ile elde edilen sayıda, rasgele belirlenen kromozom üzerinde iki genin yer değiştirilmesi şeklinde yapılmaktadır.

Mutasyon operatörünün hiç kullanılmaması da arayüz ile kontrol edilebilmektedir. Ancak yapılan denemelerde, mutasyon operatörü kullanılmadan çözüme ulaşılmasının mümkün olmadığı görülmüştür.

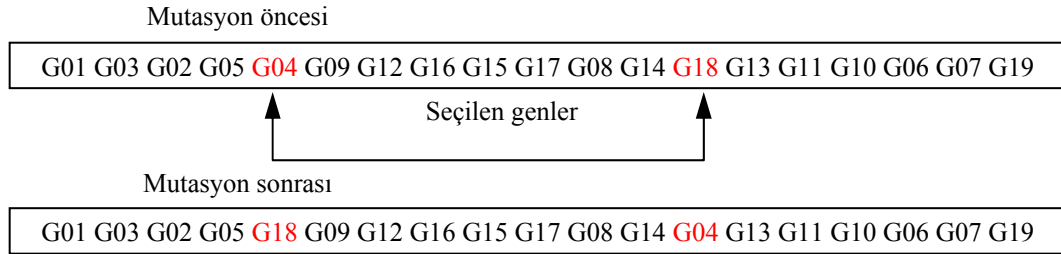
“GA Değişkenlerini Belirleme Ekranı” ile P_m değerinin aşağıda verilen aralıkta seçilebilmesi sağlanmıştır.

$$0,0001 < P_m < 0,009 \quad (4-8)$$

Bu şekilde her jenerasyonda mutasyona uğratılacak kromozom sayısı (M_{ks}) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$M_{ks} = P_m * K_s * K_u \quad (4-9)$$

Yapılan çalışmalarda; GATNOP için geliştirilen GA’da $P_m \leq 0,0005$ için en ideal sonuçların alındığı görülmüştür. Mutasyon operatörünün uygulanması Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Gösterimlerde genler nöbetçi personele ait bilgileri içermektedir.
Gösterimde kolaylık olması için gerçek uygulamada 28–31 arasındaki gen sayısı 19 olarak verilmiştir.

Şekil 4.8 GATNOP’ta uygulanan mutasyon

4.1.9 GA’nın sonlandırılması

Geliştirilen GA’da algoritmanın uygun çizelgenin bulunamadığı durumlarda sonsuz döngüye girmesine engel olmak için uygun bir sonlandırma yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Bu amaçla GATNOP yazılımında hazırlanan bir arayüzle maksimum jenerasyon değerinin (J_{max}) [100, 32.000] aralığında seçilebilmesine imkan verilmiştir.

J_{max} değerinin çok küçük seçilmesi durumunda GA gerekli yakınsamayı sağlamadan sonlanacağı gibi, çok büyük olması durumunda ise gereğinden fazla jenerasyonlar yapılarak zaman kaybına neden olacaktır. Bu nedenle; yapılan testlerde ideal bir J_{max} değerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Geliştirilen GA'daki sonlandırma koşulları ve alınacak sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- a. J_{max} değeri aşılmamış ve en iyi kromozom için $H_{kthp} = 0$ ise geçerli ve kusursuz bir çizelge üretilmiştir. GA'yı sonlandır kullanıcıya bilgi ver ve çizelgeyi veri tabanına kaydet.
- b. J_{max} değeri aşılmış ve en iyi kromozom için $0 < H_{kthp} < 2.000$ ise tüm zorunlu kısıtları karşılayan bir nöbet çizelgesi üretilmiştir. GA'yı sonlandır kullanıcıya bilgi ver ve çizelgeyi veri tabanına kaydet.
- c. J_{max} değeri aşılmış ve en iyi kromozom için $H_{kthp} > 2.000$ ise geçerli bir nöbet çizelgesi üretilmemiştir. GA'yı sonlandır kullanıcıya bilgi ver ve çizelgeyi veri tabanına kaydetmeyi engelle.

4.2 GATNOP Uygulaması Neden Geliştirildi?

Nöbet çizelgesi hazırlama süreci; Türk Silahlı Kuvvetleri'nde yürütülmekte olan nöbet hizmetlerinin değişmez bir parçasıdır. Bu süreç; zaman alıcı ve elle yapıldığında,

- a. Dinamik değişen görev şartları,
- b. Aylık takvimdeki tarihlerin kıdem sıraları ile uyumlandırılması ihtiyacı,
- c. Personelin bildirdiği mazeretlerinin nöbet tarihleri ile çakışmalarının düzenlenmesi zorunluluğu,

nedenleri ile oldukça sorunlu ve zahmetli bir iştir. Aynı zamanda bu işlemlerin elle yapılması nedeni ile hata yapılması riski de yüksektir.

GATNOP yazılımı; tüm bu problemlerin giderilebilmesi, nöbet yazan personele yardımcı olunması ve hazırlanan askeri nöbet çizelgelerinin harcanan süre ve sağlanan doğruluk(İlgili kanun ve yönergelere uygunluk açısından) yönü ile eniyilenmesi amaçlanarak hazırlanmıştır.

Tüm bunlara ilave olarak çok geniş bir kullanımı olan GA'nın temel prensiplerinin ve kullanımının öğrenilmesi de hedeflenmiştir.

4.3 GATNOP'nın Tasarımındaki Genel Yaklaşımlar

GATNOP yazılımının kullanıcı profili göz önüne alındığında –ki genelde ortalama ve ortalamanın altındaki bilgisayar kullanıcıları olacaktır-; geliştirilen tüm arayüzlerin mümkün olduğunca basit ve kullanıcı dostu olmasına çalışılmıştır.

Böylece geliştirilen GA hakkındaki detayların ve karmaşıklığın kullanıcılardan saklanması da sağlanmıştır. Tez kapsamında test amaçlı geliştirilmiş arayüzlerin kaldırılmasından sonra yazılım çok daha basit ve kullanıcı dostu bir yapıya oturtulacaktır.

GATNOP için geliştirilen arayüzler takip eden paragraflarda maddeler halinde verilmiştir.

4.4 GATNOP'da Geliştirilen Arayüzlerin Tanıtımı

4.4.1 Giriş ekranı

“Giriş Ekranı”; veri tabanında bulunan nöbet yerlerini otomatik olarak listeler ve 2004–2025 yıllarındaki herhangi bir ay için nöbet yazılabilmesi için ilk seçimlerin yapılmasını sağlar. Veri tabanında kaydı bulunan –yani önceden nöbet yazılmış– bir dönem için seçim yapılması da engellenmiştir. Böylece veri tabanına hatalı veri girişi ve programın çalışmasındaki muhtemel problemlerin önlenmesi de sağlanmış olmaktadır.

Ekrandaki “Görüntüleme Ekranı” tuşu hazırlanmış nöbet çizelgelerine ve hata grafiklerine ulaşarak çıktı alınabilmesini sağlamaktadır. “Giriş Ekranı” Şekil 4.9’da, “Hata Grafikleri/Nöbet Tablosu Görüntüleme” ekranı Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.9 Giriş ekranı



Şekil 4.10 Hata Grafikleri/Nöbet Tablosu Görüntüleme ekranı

4.4.2 Takvim belirleme ekranı

“Takvim Belirleme Ekranı”; 2004–2025 yıllarındaki herhangi bir ay için değişen –kimi durumlarda hükümet tarafından verilen ilave resmi bayram tatilleri nedeni ile– dini ve milli bayramların düzenlenmesini mümkün kılmak amacı ile hazırlanmıştır.

“Takvim Belirleme Ekranı” Şekil 4.11’de verilmiştir. Kullanıcı; sağ taraftaki nöbet tiplerinden birini belirler ve takvimde ilgili tarihi tıklayarak varsayılan nöbet tipini değiştirir.

Bu şekilde nöbet tutulacak aydaki nöbet tipleri belirlenir. Bir sonraki ekrana geçilmeden önce bilgilendirme yapılır, kullanıcıdan son bir onay alınarak nöbet yazılacak ayın nöbet tipleri ve tarihleri kesinleştirilmiş olur.

2005 Yılıın Ağustos Ayı Nöbet Takvimi						
Pzt.	Salı	Çrş.	Prş.	Cum.	Cts.	Pzr.
1nci Hafta						
1	2	3	4	5	6	7
ML	ML	GN	GN	CM	CT	PZ
2nci Hafta						
8	9	10	11	12	13	14
GN	GN	GN	GN	CM	CT	PZ
3ncü Hafta						
15	16	17	18	19	20	21
GN	GN	GN	GN	CM	CT	PZ
4ncü Hafta						
22	23	24	25	26	27	28
DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN
5nci Hafta						
29	30	31				
GN	GN	GN				
6nci Hafta						

NÖBET TİPİNİ SEÇEREK TAKVİM GÜNÜNÜ İŞARETLEYİNİZ!

ML: MİLLÎ BAYRAM NÖBETİ

DN: DİNİ BAYRAM NÖBETİ

GN, CM, CT, PZ: NÖBETLERİNİ DÜZELT

GN GÜNLÜK NÖBET
CM CUMA NÖBETİ
CT CUMARTESİ NÖBETİ
PZ PAZAR NÖBETİ

© Yzb.Hakan TUNCEL 08/Ağustos/2004

Şekil 4.11 Takvim belirleme ekranı

4.4.3 Mazeret giriş ve görüntüleme ekranları

“Mazeret Giriş Ekranı”; belirli bir nöbet dönemi içerisinde nöbet listesindeki personelin bildirmiş olduğu mazeretleri veri tabanından okumak ve gerektiğinde nöbeti yazan personelin de mazeret girişlerini düzenleyebilmesi amacı ile geliştirilmiştir.

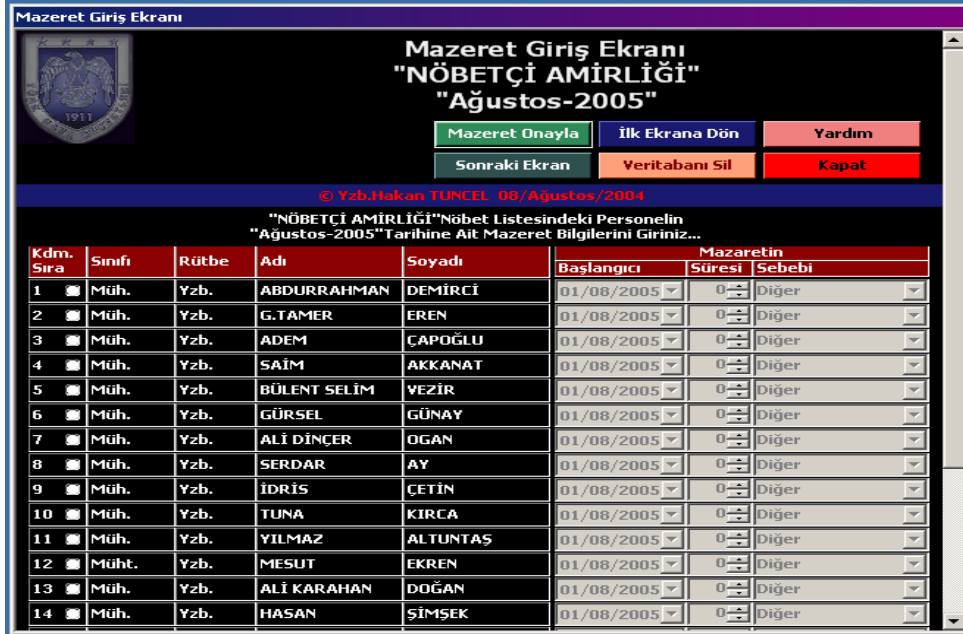
Bu ekranda; aynı tarihte başlayan iki farklı mazeretin girilmesi engellenmiştir.

Geçmiş yıllarda nöbet çizelgesi hazırlamış olan personelin tecrübelerine göre; bir personelin herhangi bir aydaki maksimum mazeret sayısı üçtür. Bu değer dikkate alınarak veri tabanına gereksiz kayıtların engellenmesi amacı ile aynı personel için her nöbet döneminde maksimum dört adet mazeret girilebilmesine izin verilmiştir.

Kurallara uygun şekilde girilmiş olan mazeretler onaylandıktan sonra bir sonraki ekrana geçilirken ya da belirli bir anda girilmiş olan mazeretleri görüntülemek amacı ile de yazılımda bir mazeret görüntüleme ekranı geliştirilmiştir.

Geliştirilmiş olan “Mazeret Giriş Ekranı” Şekil 4.12’de, mazeret görüntüleme ekranı ise Şekil 4.13’de verilmiştir.

Mazeret görüntüleme ekranından kontrol edilen mazeretlerde herhangi bir hata bulunması durumunda “Mazeret Giriş Ekranı”na dönülerek düzeltme yapma imkanı bulunmaktadır.



Mazeret Giriş Ekranı

Mazeret Giriş Ekranı
"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ"
"Ağustos-2005"

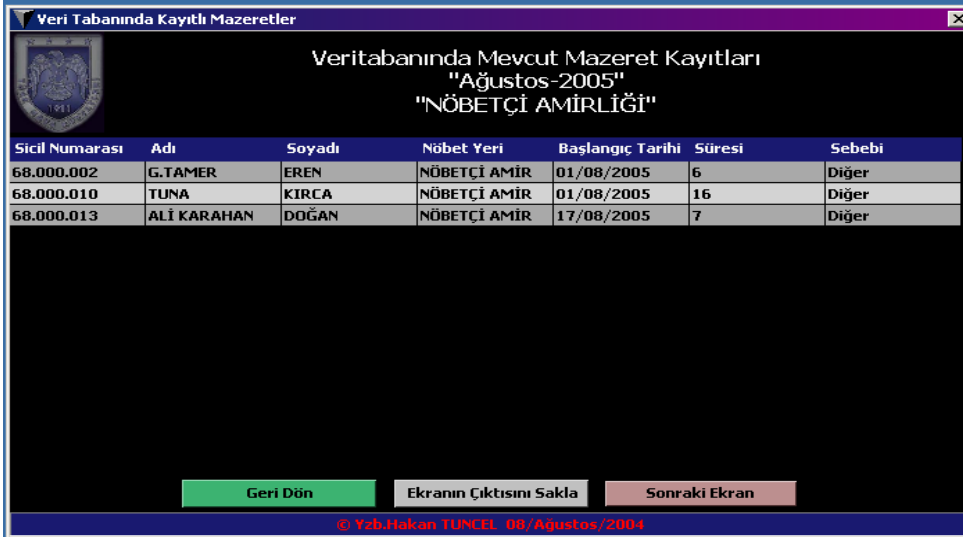
Mazeret Onayla İlk Ekrana Dön Yardım
Sonraki Ekran Veritabanı Sil Kapat

© Yzb.Hakan TUNCEL 08/Ağustos/2004

"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ" Nöbet Listesindeki Personelin
"Ağustos-2005" Tarihine Ait Mazeret Bilgilerini Giriniz...

Kdrm. Sıra	Sınıfı	Rütbe	Adı	Soyadı	Mazeretin		
					Başlangıcı	Süresi	Sebebi
1	Müh.	Yzb.	ABDURRAHMAN	DEMİRCİ	01/08/2005	0	Diğer
2	Müh.	Yzb.	G.TAMER	EREN	01/08/2005	0	Diğer
3	Müh.	Yzb.	ADEM	ÇAPOĞLU	01/08/2005	0	Diğer
4	Müh.	Yzb.	SAİM	AKKANAT	01/08/2005	0	Diğer
5	Müh.	Yzb.	BÜLENT SELİM	VEZİR	01/08/2005	0	Diğer
6	Müh.	Yzb.	GÜRSEL	GÜNAY	01/08/2005	0	Diğer
7	Müh.	Yzb.	ALİ DİNÇER	OGAN	01/08/2005	0	Diğer
8	Müh.	Yzb.	SERDAR	AY	01/08/2005	0	Diğer
9	Müh.	Yzb.	İDRİS	ÇETİN	01/08/2005	0	Diğer
10	Müh.	Yzb.	TUNA	KIRCA	01/08/2005	0	Diğer
11	Müh.	Yzb.	YILMAZ	ALTUNTAŞ	01/08/2005	0	Diğer
12	Müh.	Yzb.	MESUT	EKREN	01/08/2005	0	Diğer
13	Müh.	Yzb.	ALİ KARAHAN	DOĞAN	01/08/2005	0	Diğer
14	Müh.	Yzb.	HASAN	ŞİMSEK	01/08/2005	0	Diğer

Şekil 4.12 Mazeret giriş ekranı



Veri Tabanında Kayıtlı Mazeretler

Veritabanında Mevcut Mazeret Kayıtları
"Ağustos-2005"
"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ"

Sicil Numarası	Adı	Soyadı	Nöbet Yeri	Başlangıç Tarihi	Süresi	Sebebi
68.000.002	G.TAMER	EREN	NÖBETÇİ AMİR	01/08/2005	6	Diğer
68.000.010	TUNA	KIRCA	NÖBETÇİ AMİR	01/08/2005	16	Diğer
68.000.013	ALİ KARAHAN	DOĞAN	NÖBETÇİ AMİR	17/08/2005	7	Diğer

Gerİ Dön Ekranın Çıktısını Sakla Sonraki Ekran

© Yzb.Hakan TUNCEL 08/Ağustos/2004

Şekil 4.13 Mazeret görüntüleme ekranı

4.4.4 Nöbetçi belirleme ekranı

“Nöbetçi Belirleme Ekranı”; her nöbet tipi için nöbet tutacak aday nöbetçi personelin elle ya da otomatik olarak seçilebilmesini sağlayacak şekilde geliştirilmiştir.

Elle seçimde; nöbet yazan personele yardımcı olunması amacı ile:

- a. Seçilen aday nöbetçinin varsa mazeretleri hakkında çeşitli bilgiler verilmesi,
 - b. Aynı personele 5 adetten fazla nöbet yazılmaması,
 - c. Aynı personele, aynı nöbet tipi için 1 adetten fazla yedek nöbet yazılmaması,
 - d. Her nöbet tipi için gerekli sayıdan eksik ya da fazla nöbetçi adayının atanmasına engel olunması,
 - e. Her nöbet tipi için uygun nöbetçi seçim sırasının bildirilmesi,
- konularında kontroller konulmuştur.

Aday nöbetçilerin otomatik seçilmesi durumunda ise; mazeretler de dikkate alınarak ilgili kanun ve yönergelere[6–8] uygun şekilde seçim yapılmaktadır.

Hangi yöntem ile seçim yapılırsa yapılsın, seçilen aday nöbetçiler bir sonraki ekrana geçilmeden önce bilgi olarak gösterilmektedir.

“Nöbetçi Belirleme Ekranı” Şekil 4.14’de, “Seçilen Nöbetçileri Görüntüleme Ekranı” ise Şekil 4.15’te verilmiştir.

Nöbetçi Belirleme Ekranı

Nöbet Ataması Yapma Ekranı
"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ"
"Ağustos-2005"

İlk Ekrana Dön Form Yenile Yardım
Sonraki Ekran Seçim İptal Kapat

© Yzb.Hakan TUNCEL 08/Ağustos/2004

(Ağustos-2005)
"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ"
"Günlük Nöbet"
adaylarını seç

İşlem Yapılacak Nöbet Tipini
Seçiniz...
Seçimi "Kıdemliden Kıdemsize"
yapın...

"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ" Nöbet Listesindeki Personelin
"Ağustos-2005" Tarihi Ait Mazeret Bilgilerini Giriniz...

Kdm. Sıra	Sınıfı	Rütbe	Adı	Soyadı	Nöbet Sayısı	Nöbet - 1 -	Nöbet - 2 -	Nöbet - 3 -	Asıl	Nöbet Tipi	Yedek
1	Müh.	Yzb.	ABDURRAHMAN	DEMİRCİ	4	■	■	■	13	Günlük	3
2	Müh.	Yzb.	G.TAMER	EREN	4	■	■	■	3	Cuma	2
3	Müh.	Yzb.	ADEM	ÇAPOĞLU	4	■	■	■	3	Cumartesi	2
4	Müh.	Yzb.	SAİM	AKKANAT	4	■	■	■	3	Pazar	2
5	Müh.	Yzb.	BÜLENT SELİM	VEZİR	4	■	■	■	2	Milli	1
6	Müh.	Yzb.	GÜRSEL	GÜNAY	4	■	■	■	7	Dini	3
7	Müh.	Yzb.	ALİ DİNÇER	OGAN	4	■	■	■			
8	Müh.	Yzb.	SERDAR	AY	4	■	■	■			
9	Müh.	Yzb.	İDRİS	ÇETİN	4	■	■	■			
10	Müh.	Yzb.	TUNA	KIRCA	4	■	■	■			
11	Müh.	Yzb.	YILMAZ	ALTUNTAŞ	4	■	■	■			
12	Müh.	Yzb.	MESUT	EKREN	4	■	■	■			
13	Müh.	Yzb.	ALİ KARAHAN	DOĞAN	4	■	■	■			

Seçim Otomatik Yapılsın
 Seçimler Kurallara Göre Yapıldı

Seçiminizi Yukarıdan Aşağıya
Doğru Yapınız...

Şekil 4.14 Nöbetçi seçim ekranı

Seçilen Nöbetçileri Görüntüleme Ekranı

"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ" / "Ağustos-2005"
Nöbet Listesi İçin Belirlenen Nöbetçi Adayları

-Asıl Nöbetçiler-

Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbe	Adı ve Soyadı
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ÜNAL ÜNVER
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	SUNAY KAHRAMAN
GÜNLÜK	Ulş. Yzb.	METİN HASIRCI
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ALİ YİĞİT
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	HAKAN TUNCEL
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	YÜCEL ÇETİN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	G.TAMER EREN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	SAİM AKKANAT
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	BÜLENT SELİM VEZİR
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	GÜRSEL GÜNAY
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ALİ DİNÇER OGAN
CUMA	Müh. Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN
CUMA	Müht. Yzb.	MESUT EKREN
CUMA	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	YÜCEL ÇETİN
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	G.TAMER EREN
PAZAR	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
PAZAR	Müh. Yzb.	İDRİS ÇETİN
PAZAR	Müh. Yzb.	SERDAR AY
MİLLİ BAYRAM	Müh. Yzb.	ALİ YİĞİT
MİLLİ BAYRAM	Ulş. Yzb.	METİN HASIRCI
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	ALİ DİNÇER OGAN
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	SERDAR AY
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	İDRİS ÇETİN
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	TUNA KIRCA
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
DİNİ BAYRAM	Müht. Yzb.	MESUT EKREN
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN

-Yedek Nöbetçiler-

Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbe	Adı ve Soyadı
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	SERDAR AY
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	İDRİS ÇETİN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
CUMA	Müh. Yzb.	İDRİS ÇETİN
CUMA	Müh. Yzb.	SERDAR AY
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	SAİM AKKANAT
PAZAR	Müh. Yzb.	ALİ DİNÇER OGAN
PAZAR	Müh. Yzb.	GÜRSEL GÜNAY
MİLLİ BAYRAM	Müh. Yzb.	SUNAY KAHRAMAN
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	HASAN ŞİMSEK
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	TURGAY FERAN
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	BIROL UZ

Ekranın Çıktısını Sakla Ekranı Kapat

© Yzb.Hakan TUNCEL 08/Ağustos/2004

Şekil 4.15 Seçilen nöbetçileri görüntüleme ekranı

4.4.5 GA değişkenlerini belirleme ekranı

Bu arayüz; tez kapsamında yapılan test çalışmaları için geliştirilmiştir. Bu arayüz kullanılarak, geliştirilen GA için en uygun parametrelerin belirlenmesi çalışmaları yapılmıştır.

Tüm zorunlu kısıtlar karşılanmış ise nöbet çizelgesinin onaylanması ve veri tabanına yazdırılması için kullanıcıya çeşitli seçenekler sunulmuştur.

Geliştirilen yazılımdaki “GA Değişkenlerini Belirleme Ekranı” Şekil 4.16’da, “Oluşturulan Nöbet Tablosunu Görüntüleme ekranı” ise Şekil 4.17’de verilmiştir.

Şekil 4.16 GA değişkenlerini belirleme ekranı

Oluşturulan Nöbet Tablosunu Görüntüleme Ekranı			
 <p>"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ"/"Ağustos-2005" Nöbet Listesi Genetik Algoritma Kullanılarak Aşağıdaki Şekilde Oluşturulmuştur ****_TÜM ZORUNLU KISITLAR KARŞILANDI_****</p>			
Asıl Nöbetçiler			
Nöbet Tarihi	Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbe	Adı ve Soyadı
01-08-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ÜNAL ÜNVER
02-08-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	SUNAY KAHRAMAN
03-08-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Ulş. Yzb.	METİN HASIRCI
04-08-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ALİ YIGİT
05-08-2005 Cuma	CUMA	Müh. Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN
06-08-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh. Yzb.	YÜCEL ÇETİN
07-08-2005 Pazar	PAZAR	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
08-08-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	HAKAN TUNCEL
09-08-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	YÜCEL ÇETİN
10-08-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ
11-08-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	G.TAMER EREN
12-08-2005 Cuma	CUMA	Müht. Yzb.	MESUT EKREN
13-08-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh. Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ
14-08-2005 Pazar	PAZAR	Müh. Yzb.	İDRİS ÇETİN
15-08-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU
16-08-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	SAİM AKKANAT
17-08-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	BÜLENT SELİM VEZİR
18-08-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	GÜRSEL GÜNAY
19-08-2005 Cuma	CUMA	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
20-08-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh. Yzb.	G.TAMER EREN
21-08-2005 Pazar	PAZAR	Müh. Yzb.	SERDAR AY
22-08-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ALİ DİNÇER OĞAN
23-08-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	SERDAR AY
24-08-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	İDRİS ÇETİN
25-08-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	TUNA KIRCA
26-08-2005 Cuma	CUMA	Müh. Yzb.	İDRİS ÇETİN
27-08-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh. Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU
28-08-2005 Pazar	PAZAR	Müh. Yzb.	ALİ DİNÇER OĞAN
29-08-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
30-08-2005 Salı	GÜNLÜK	Müht. Yzb.	MESUT EKREN
31-08-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN
Yedek Nöbetçiler			
Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbe	Adı ve Soyadı	
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	HASAN ŞİMŞEK	<p>Jen. Say.:2439 Pop. Boy.:100</p> <p>TBL.TPLM.HATASI:0</p>
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	TURGAY FERAN	
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	BİROL UZ	
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ÜNAL ÜNVER	
CUMA	Müh. Yzb.	SERDAR AY	
CUMA	Müh. Yzb.	ALİ DİNÇER OĞAN	
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	SAİM AKKANAT	
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	BÜLENT SELİM VEZİR	
PAZAR	Müh. Yzb.	GÜRSEL GÜNAY	
PAZAR	Müh. Yzb.	BÜLENT SELİM VEZİR	
<p>Onayla İlerle Kaydet Geri Dön İptal Kapat</p>			
© Yzb.Hakan TUNCEL 08/Ağustos/2004			

Şekil 4.17 Oluşturulan nöbet tablosunu görüntüleme ekranı

4.5 Uygulanan Test Senaryoları ve Sonuçları

4.5.1 Test ortamı

Uygulamada geliştirilen GA'nın denenmesine yönelik 5 adet test senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların uygulanması için standart bir ortam öngörülmüştür. Yapılan testler; hep aynı ortamda, yalnızca GA parametrelerinin değiştirilmesi ile yapılmıştır. Bu şekilde test sonuçlarında sadece geliştirilen GA'ya ait parametrelerin çözüme etkisinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Aşağıda testlerin yapıldığı ortamın ana hatları maddeler halinde verilmiştir.

- a. Nöbet çizelgesinin nöbet yeri, tarih bilgileri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Testlerde kullanılan nöbet yeri ve nöbet tarihi bilgileri

Nöbet Yeri	NÖBETÇİ AMİRLİĞİ
Nöbet Ayı	Mayıs
Nöbet Yılı	2005

- b. Mayıs–2005 nöbet takvimi Şekil 4.18’de, testlerde kullanılan takvimde belirlenen toplam nöbet sayıları da Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Nöbet yazılan ayda nöbet tiplerine göre nöbetlerin sayısal dağılımı

Nöbet Tipi	Sayısı
Günlük Nöbet	13
Cuma Nöbeti	3
Cumartesi Nöbeti	3
Pazar Nöbeti	4
Milli Bayram Nöbeti	1
Dini Bayram Nöbeti	7

Takvim Belirleme Ekranı							
							
2005 Yılı'nın Mayıs Ayı Nöbet Takvimi							
Pzt.	Salı	Çrş.	Prş.	Cum.	Cts.	Pzr.	
1nci Hafta							
							1
							PZ
2nci Hafta							
2	3	4	5	6	7	8	
GN	GN	GN	GN	CM	CT	PZ	
3ncü Hafta							
9	10	11	12	13	14	15	
ML	GN	GN	GN	CM	CT	PZ	
4ncü Hafta							
16	17	18	19	20	21	22	
GN	GN	GN	GN	CM	CT	PZ	
5nci Hafta							
23	24	25	26	27	28	29	
DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	
6ncı Hafta							
30	31						
GN	GN						
NÖBET TİPİNİ SEÇEREK TAKVİM GÜNÜNÜ İŞARETLEYİNİZ! <input type="radio"/> MİLLİ BAYRAM NÖBETİ <input type="radio"/> DİNİ BAYRAM NÖBETİ <input type="radio"/> GN, CM, CT, PZ NÖBETLERİNİ DÜZELT <input type="button" value="Takvim Onayla"/> <input type="button" value="İlk Ekranı Dön"/> <input type="button" value="Kapat"/> <input type="button" value="Yardım"/> GN GÜNLÜK NÖBET CM CUMA NÖBETİ CT CUMARTESİ NÖBETİ PZ PAZAR NÖBETİ							
© Yzb.Hakan TUNCEL 08/Ağustos/2004							

Şekil 4.18 Testlerde kullanılmak üzere belirlenen takvim

c. Bu nöbet dönemi için nöbet listesindeki personele test amaçlı olarak girilmiş olan mazeret kayıtları Şekil 4.19’da verilmiştir.

Sicil Numarası	Adı	Soyadı	Nöbet Yeri	Başlangıç Tarihi	Süresi	Sebebi
68.000.001	ABDURRAHMAN	DEMİRCİ	NÖBETÇİ AMİR	01/05/2005	1	Raporlu
68.000.002	G.TAMER	EREN	NÖBETÇİ AMİR	23/05/2005	20	Yazlık İzin
68.000.005	BÜLENT SELİM	VEZİR	NÖBETÇİ AMİR	17/05/2005	4	Yurtiçi Görevli
68.000.007	ALİ DİNÇER	OGAN	NÖBETÇİ AMİR	23/05/2005	5	Raporlu
68.000.008	SERDAR	AY	NÖBETÇİ AMİR	16/05/2005	1	Raporlu
68.000.017	ÜNAL	ÜNVER	NÖBETÇİ AMİR	09/05/2005	20	Yurtdışı Görevli
68.000.018	SUNAY	KAHRAMAN	NÖBETÇİ AMİR	01/05/2005	2	Raporlu
68.000.021	HAKAN	TUNCEL	NÖBETÇİ AMİR	01/05/2005	31	Yurtdışı Görevli
68.000.022	YÜCEL	ÇETİN	NÖBETÇİ AMİR	19/05/2005	8	Raporlu

Şekil 4.19 Testlerde kullanılan nöbetçi personel için girilmiş olan mazeretler

d. Yapılan tüm testlerde; GATNOP yazılımının “Otomatik Seçim” seçeneği ile belirlenmiş olan ve Şekil 4.20’de verilen aday nöbetçi listesi kullanılmıştır.

"NÖBETÇİ AMİRLİĞİ" / "Mayıs-2005" Nöbet Listesi İçin Belirlenen Nöbetçi Adayları		
-Asil Nöbetçiler-		
Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbe	Adı ve Soyadı
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	TURGAY FERAN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	G.TAMER EREN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	SAİM AKKANAT
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	BÜLENT SELİM VEZİR
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	GÜRSEL GÜNAY
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ALİ DİNÇER OGAN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	SERDAR AY
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	İDRİS ÇETİN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	TUNA KIRCA
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	MESUT EKREN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN
CUMA	Müh. Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ
CUMA	Müh. Yzb.	YÜCEL ÇETİN
CUMA	Müh. Yzb.	ALİ YİĞİT
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	SERDAR AY
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	TUNA KIRCA
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ
PAZAR	Müh. Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ
PAZAR	Müh. Yzb.	YÜCEL ÇETİN
PAZAR	Müh. Yzb.	ALİ YİĞİT
PAZAR	Ulş. Yzb.	METİN HASIRCI
MİLLİ BAYRAM	Müh. Yzb.	ALİ YİĞİT
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	HASAN ŞİMŞEK
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	TURGAY FERAN
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	BİROL UZ
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	SUNAY KAHRAMAN
DİNİ BAYRAM	Ulş. Yzb.	METİN HASIRCI
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	ALİ YİĞİT
-Yedek Nöbetçiler-		
Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbe	Adı ve Soyadı
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	HASAN ŞİMŞEK
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	TURGAY FERAN
GÜNLÜK	Müh. Yzb.	BİROL UZ
CUMA	Ulş. Yzb.	METİN HASIRCI
CUMA	Müh. Yzb.	SUNAY KAHRAMAN
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	MESUT EKREN
CUMARTESİ	Müh. Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN
PAZAR	Müh. Yzb.	BİROL UZ
PAZAR	Müh. Yzb.	TURGAY FERAN
MİLLİ BAYRAM	Müh. Yzb.	YÜCEL ÇETİN
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU
DİNİ BAYRAM	Müh. Yzb.	SAİM AKKANAT

Şekil 4.20 Testlerde kullanılan aday nöbetçi listesi

e. Testlerin çalıştırıldığı bilgisayarın teknik özellikleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Testlerin çalıştırıldığı bilgisayara ait teknik özellikler

CPU	PIII 450 MHz
RAM	128 MB
İşletim Sistemi	Windows 2000 SP4

4.5.2 Test senaryoları

Madde 4.5.1’deki test ortamı kullanılarak nöbet çizelgesinin oluşturulması için 5 adet test senaryosu oluşturulmuştur.

Uygulanan test senaryolarında değiştirilerek kullanılan GA parametreleri Çizelge 4.6’da, değiştirilmeden kullanılan GA parametreleri ise Çizelge 4.7’de verilmiştir. Bu şekilde Çizelge 4.6’da verilen parametreler için ideal değerlerin belirlenebilmesine çalışılmıştır.

Çizelge 4.6. Testlerde değiştirilerek kullanılan GA parametrelerinin değerleri

Geliştirilen GA’nın parametreleri	Test Numaraları				
	1	2	3*	4	5
Popülasyon boyutu (Her nesilde üretilen kromozom sayısı)	70	70	70	10	100
Mazeretli güne nöbet atama hata puanı (ZORUNLU KISIT)	6.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Uygun nöbet tipi atanmadı hata puanı (ZORUNLU KISIT)	10.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Ardı ardına nöbet yazıldı hata puanı (ZORUNLU KISIT)	4.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Çaprazlama olasılığı (P_c)	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
Çaprazlama tipi	TN/ÇN	TN/ÇN	TN/ÇN	TN/ÇN	TN/ÇN
TN : Tek noktadan çaprazlama ÇN : Çift noktadan çaprazlama					

Çizelge 4.7. Testlerde değiştirilmeden kullanılan GA parametrelerinin değerleri

Geliştirilen GA’nın parametreleri	
Maksimum jenerasyon sayısı	5000
Kıdem sırasına uyulmadı hata puanı (ZORUNLU OLMAYAN KISIT)	1
Nöbetler arası minimum aralık (gün)	1
Mutasyon Olasılığı (P_m)	0,0005

4.5.3 Test sonuçları ve yorumlar

Test-1, Test-2, Test-3, Test-4 ve Test-5 (tek noktadan çaprazlama ile) sonucunda $H_{kthp} = 2$ olan ve birbirlerinin tamamen aynısı nöbet çizelgeleri elde edilmiştir. Bu nöbet çizelgelerinden tek noktadan ve çift noktadan çaprazlama metodları ile üretilmiş birer örnek çizelge EK-3 ve EK-4'te verilmiştir.

Test-5 (çift noktadan çaprazlama ile) sonucunda $H_{kthp} = 3$ olan bir nöbet çizelgesi elde edilmiş olup, çizelge EK-5'de verilmiştir. Yapılan testlerde alınan sonuçlar Çizelge 4.8'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.8. Testlerde elde edilen sonuçlar

Test No	Çaprazlama Yöntemi	Geçerli tablo üretildi mi?	En iyi çözüm için üretilen toplam koloni sayısı	Tüm zorunlu kısıtların karşılandığı jenerasyon	Üretilen en iyi çizelgenin hata puanı	Üretim süresi
1	TN	Evet	3039	2146	2	~1dk.21sn.
	ÇN	Evet	3265	1369	2	
2	TN	Evet	2185	3719	2	~1dk.20sn.
	ÇN	Evet	1756	1369	2	
3*	TN	Evet	3800	1961	2	~1dk.24sn.
	ÇN	Evet	1004	591	2	
4	TN	Evet	2702	956	2	~10sn.
	ÇN	Evet	2121	1302	2	
5	TN	Evet	1306	571	2	~2dk.26sn.
	ÇN	Evet	4035	2702	3	

Çizelge 4.8 ve EK-6, EK-7, EK-8, EK-9 ve EK-10'da verilen hata/koloni sayısı grafikleri incelendiğinde üretim süresi, en iyi çözüm için üretilen toplam koloni sayısı ve tüm zorunlu kısıtların karşılandığı jenerasyon değerlerine genel olarak bakıldığında en verimli çizelgenin Test-3'de çift noktadan çaprazlama yöntemi ile elde edildiği değerlendirilmiştir.

Test-4'de sürenin çok kısa sürmesi aldatıcı olmamalıdır. Çünkü tüm zorunlu kısıtların karşılandığı jenerasyon değeri çok yüksektir. Aynı zamanda popülasyon boyutunun çok küçük tutulması nedeni ile çözüm uzayının yeterince araştırılmaması söz konusudur.

Kayıt altına alınan ve alınmayan tüm testler sonucunda geliştirilen GA algoritmanın verilen parametrelere uygun şekilde kararlı bir şekilde çalıştığı, ancak genelde çift noktadan çaprazlama yöntemi ile tek noktadan çaprazlama yöntemine kıyasla daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geliştirilen yazılımın en iyi sonuçları üretmesi için yazılım bir dizi testten geçirilmiş ve en uygun GA parametrelerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Yapılan testler sonucunda belirlenen en uygun GA parametreleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Testler sonucunda belirlenen en uygun GA parametreleri

Testler Neticesinde Belirlenen En Uygun GA Parametreleri	
Popülasyon boyutu	70
Maksimum nesil sayısı	5000
Kabul edilebilir maksimum zorunlu kısıt hatası	0
P_m	0,0005
P_c	0,7
Mazeretli güne nöbet atama hata puanı	3000
Uygun nöbet tipi atanmadı hata puanı	3000
Ardı ardına nöbet yazıldı hata puanı	3000
Kıdem sırasına uyulmadı hata puanı	1
Nöbetler arası minimum aralık (gün)	1
Çaprazlama yöntemi	Çift nokta
Çizelgenin üretim süresi	~1dk.24sn.

Çizelge 5.1’de de görüldüğü gibi geliştirilen GA yardımı ile bir nöbet kıdemlisi personelin, bir saat ile bir mesai günü arasında zaman harcamakta olduğu elle askeri nöbet çizelgesi hazırlama sürecinin yaklaşık 1dk.24sn. gibi bir sürede tamamlanabilmesi sağlanmıştır.

Geliştirilen GA kullanılarak kodlanmış olan GATNOP yazılımının; gerçek kullanımdaki performansının değerlendirilebilmesi amacı ile 1nci HİBM.K.lığı bünyesinde bulunan bazı nöbet yerleri için gerçek değerlerle nöbet listeleri hazırlanmıştır.

Geliştirilen GA’nın her seferinde çok kısa sürede ve hatasız olarak(zorunlu kısıtlar açısından) nöbet çizelgeleri ürettiği gözlemlenmiştir. Bu yönü ile geliştirilen GA’nın amacına uygun şekilde, askeri nöbet çizelgelerinin eniyilenmesini gerçekleştirdiği değerlendirilmektedir.

Mevcut durumda tez çalışması için ilave arayüzleri bulunan GATNOP yazılımı; tez çalışmaları tamamlandıktan sonra, aşağıdaki aşamalardan geçirilerek, Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde nöbet çizelgelerinin hazırlanması amacı ile önerilecektir.

- a. Tez çalışmasında kullanılmak üzere hazırlanmış ilave ekranların kaldırılması,
- b. Gerçek kullanımda veri tabanı işlemleri için ihtiyaç olacağı değerlendirilen ilave arayüzlerin geliştirilerek uygulamaya eklenmesi,
- c. Değişik işletim sistemlerini de destekleyecek şekilde kurulum paketinin oluşturulması,
- d. İlk sürümün test amaçlı olarak belirlenen nöbet yerlerinde kullanılması,
- e. Kullanım sırasında tespit edilen aksaklık ve önerilerin toplanarak uygulamaya yansıtılması,
- f. Kullanım kitapçığının hazırlanması.

KAYNAKLAR

- [1] EVEN, S., ITAI, A. ve SHAMIR, A., *On Complexity of Timetable and Multicommodity Flow Problems*, SIAM J.Comput., (1976)
- [2] COLORNI, A., DORIGO, M. ve MANIEZZO V., *Genetic Algorithm to Solve the Timetable Problem.Tech.Rep.*, Politecnico di Milano, ITALY (1992)
- [3] ENGEL, B., *Problem Solving with Genetic Algorithms*, Florida Gulf Coast University, USA (2000)
- [4] FERGUSON, J., PATTERSON, B., BERES, J., BOUTQUIN, P. ve GUPTA M., *C# Bible*, Wiley Publishing, Inc., USA (2002)
- [5] LIBERTY, J., *Programming C#, 2nd Edition*, O'Reilly, (USA) 2002
- [6] *Türk Silahlı Kuvvetleri İç Hizmet Kanunu, Kanun Numarası: 211*, (1961)
- [7] HKY 64-1(B), *Hava Kuvvetleri Nöbet Hizmetleri Yönergesi*, (2003)
- [8] 1HİBMY 64-1(B), *İnci HİBM. K.lığı Nöbet Özel Yönergesi*, (2004)
- [9] KURT, M. ve SEMETAY, C., *Genetik Algoritma Ve Uygulama Alanları*, Mühendislik ve Makina Dergisi, MMO, (2001)
- [10] KONURALP, M.S., IŞIK A.H., ve TAÇGIN, E., *Salınan Kol-Kızak Mekanizmaların Kinematik Sentezini Genetik Algoritma Tekniğini Kullanarak Gerçekleştiren Bir Prototip Yazılım*, 8. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, Türkiye (1998)
- [11] MANSFIELD, R.A., *Genetic Algorithms*, University of Wales College of Cardiff, (1990)
- [12] KURT, M., KONURALP M.S. ve TEKTAŞ, M., *Burulmaya Zorlanan Düzgün Kesitli Millerin Tasarımında Genetik Algoritmanın Kullanılması*, M.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, **15**, Türkiye (1999)
- [13] KAHVECIOĞLU, A., *Uçuş Kontrol Sistem Tasarımında Katlı Model Yaklaşımı ve Genetik Algoritma Tekniğinin Uygulanması*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye (2000)
- [14] DAVIS, L., *Handbook of Genetic Algorithms*, Van Nostrand Reinhold., New York (1991)

- [15] BUCKLES, BP. ve PETRY FE., *Genetic Algorithms*, The IEEE Computer Society Press., Los Alamitos (1992)
- [16] GEN, M. ve CHENG R., *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Wiley & Sons, Inc., New York (1997)
- [17] HEITKOETTER, J., *FAQ for comp.ai.genetic USENET NEWSGROUP*, <http://www.faqs.org/cgi-bin/faqs/faqsearch> (1993)
- [18] GOLDBERG, DE., *Sizing Populations for Serial and Parallel Genetic Algorithms*, The IEEE Computer Society Press, (1989)
- [19] RICH, D.C., *A Smart Genetic Algorithm for University Timetabling*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (1995)
- [20] GELLMANN, M., *The Quark and the Jaguar - Adventures in the Simple and the Complex*, Little Brown and Company Limited, London (1994)
- [21] GREFENSTETTE, J., *Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms*, (1986)
- [22] LOUIS, J.S., *Genetic Algorithms as a Computational Tool For Design*, Department of Computer Science Indiana University, USA (1993)
- [23] AZADIVAR, F. ve WANG, J., *Facility Layout Optimization Using Simulation and Genetic Algorithms*, International Journal of Production Research, **38**, No.17, (2000)
- [24] ROBERT, A.D., *Developing Mobile Robot Wall-Following Algorithms Using Genetic Programming*, Applied Intelligence, (1998)
- [25] ÖZCAN, E. ve ALKAN, A., *Çok Nüfuslu Kararlı Hal Genetik Algoritması Kullanarak Otomatik Çizelgeleme*, TBD 19. Bilişim Kurultayı, (Eylül 2002)
- [26] GOLDBERG, D.E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning*, Addison-Wesley,(1989)
- [27] SUSHIL, J.L., *Genetic Algorithms as a Computational Tool For Design*, Doctoral Thesis, Department of Computer Science Indiana University, USA (1993)
- [28] HOLLAND, J. H., *Adaptation in Natural and Artificial System*, University of Michigan Press., USA (1975) (Second Edition : MIT Press, 1992)
- [29] RAWLINS, G., *Foundations of Genetic Algorithms*, Morgan Kaufmann, (1991)

- [30] WHITLEY, D., *Foundations of Genetic Algorithms* 2, Morgan Kaufmann, (1993)
- [31] WHITLEY, D., ve VOSE, M., *Foundations of Genetic Algorithm* 3, Morgan Kaufmann, (1995)
- [32] MELANIE, M., *An Introduction to Genetic Algorithms*, MIT Press London, England, (1999)

EKLER

EK-1 Elle hazırlanan örnek aylık nöbet çizelgesi

TARİH	GÜN	RÜTBE	ADI SOYADI	TELEFON
01.07.2004	Perşembe	Ütgm.	Murat TAŞKESEN	4290
02.07.2004	Cuma	Ütgm.	Alpaslan ERDOĞAN	4363
03.07.2004	Cumartesi	Ütgm.	Şansel GÜNEŞ	4751
04.07.2004	Pazar	Tgm.	Mürüvvet KURT	4826
05.07.2004	Pazartesi	Ütgm.	Tolga PERÇİN	4732
06.07.2004	Salı	Yzb.	Orhan YÜCEL	4791
07.07.2004	Çarşamba	Yzb.	Serhat KİLERCİ	4721
08.07.2004	Perşembe	Tgm.	Mürüvvet KURT	4826
09.07.2004	Cuma	Yzb.	Faruk ÇÖKLÜ	4826
10.07.2004	Cumartesi	Ütgm.	Taner ÇAYLI	4334
11.07.2004	Pazar	Ütgm.	Şansel GÜNEŞ	4751
12.07.2004	Pazartesi	Yzb.	Faruk ÇÖKLÜ	4826
13.07.2004	Salı	Ütgm.	Alpaslan ERDOĞAN	4363
14.07.2004	Çarşamba	Ütgm.	Tolga PERÇİN	4732
15.07.2004	Perşembe	Ütgm.	Şansel GÜNEŞ	4751
16.07.2004	Cuma	Yzb.	Serhat KİLERCİ	4721
17.07.2004	Cumartesi	Ütgm.	Özgür KIZILKAYA	4729
18.07.2004	Pazar	Ütgm.	Alpaslan ERDOĞAN	4363
19.07.2004	Pazartesi	Ütgm.	Taner ÇAYLI	4334
20.07.2004	Salı	Ütgm.	Kemal BAYRAKÇEKEN	4826
21.07.2004	Çarşamba	Ütgm.	Mehmet ERDİ	4729
22.07.2004	Perşembe	Ütgm.	Özgür KIZILKAYA	4729
23.07.2004	Cuma	Ütgm.	Suat HALAT	4289
24.07.2004	Cumartesi	Ütgm.	Murat TAŞKESEN	4290
25.07.2004	Pazar	Ütgm.	Taner ÇAYLI	4334
26.07.2004	Pazartesi	Ütgm.	Mehmet ERDİ	4729
27.07.2004	Salı	Ütgm.	Suat HALAT	4289
28.07.2004	Çarşamba	Ütgm.	Hüseyin EKMEKÇİ	4238
29.07.2004	Perşembe	Ütgm.	Mansur ÇELEBİ	4836
30.07.2004	Cuma	Yzb.	Orhan YÜCEL	4791
31.07.2004	Cumartesi	Ütgm.	Hüseyin EKMEKÇİ	4238
GÜNLÜK		CUMA	CUMARTESİ	PAZAR
Mürüvvet KURT		Şansel GÜNEŞ	Mansur ÇELEBİ	Hüseyin EKMEKÇİ
Serhat KİLERCİ		Mürüvvet KURT	Kemal BAYRAKÇEKEN	Suat HALAT

Serhat KİLERCİ
Hava Uçak Bakım Yüzbaşı
Nöbet Kıdemlisi (Tel 4721)

Şekil 5.1 Elle hazırlanan aylık nöbet çizelgesi örneği

EK-2 Elle hazırlanan örnek nöbet kaydı

NÖBETÇİ SUBAYLIĞI NÖBET TAKİP ÇİZELGESİ																															
S/N	ADI SOYADI	TEL	↓	GÜNLÜK								↑	CUMA		↓	CUMARTESİ				↑	PAZAR			↓	D.BAYRAM		↑	M.BAYRAM			
1	YZB.SERHAT KILERCİ	4785	X	X	10/3	29/3	13/4	6/5	9/6	X	16/4			3/5	X	3/4	5/6		X	9/5			14/2								
2	YZB.ORHAN YÜCEL	4791	3/12	20/1	26/2	17/3	14/4	11/5	17/6	26/12	9/4			24/5	20/9	21/2	12/6		11/1	2/5			22/11								
3	YZB.FARUK ÇÖKLÜ	4825	9/12	15/1	12/2	18/3	15/4	12/5	14/6	24/10	2/4			17/5	16/8	28/2	19/6		4/1	7/3			15/2								
4	ÜTĞM.SUAT HALAT	4289	8/12	29/1	18/2	22/3	29/4	17/5	15/6	21/11	26/3			3/5	27/9	14/2	29/5		28/12	4/4			16/2								
5	ÜTĞM.ALPARSLAN ERDOĞAN	4363	5/1	19/1	17/2	23/3	19/4	1/6	16/6	14/11	19/3			7/6	4/10	7/2	26/6		21/12	25/4			23/11								
6	ÜTĞM.ŞANSEL GÜNEŞ	4751	11/12	13/1	16/2	24/3	22/4	20/5	10/6	10/10	12/3			23/8	18/10	6/3			9/11	18/4			24/11								
7	ÜTĞM.TANER ÇAYLI	4334	17/12	21/1	19/2	25/3	21/4	25/5	29/6	31/10	5/3			31/5	11/10	13/3			16/11	11/4			25/11						19/5		
8	ÜTĞM.FERHAT ÜNSAL	4827	6/1	22/1	23/2	X	X	X	x	5/12	27/2			5/7	25/10	X			2/11	X			26/11								
9	ÜTĞM.YAHYA YILMAZ	4424	18/12	26/1	24/2	30/3	20/4	31/5	21/6	26/9	20/2	25/6		28/6	1/11	27/3			12/10	21/3			27/11					1/1			
10	ÜTĞM.HÜSEYİN EKMEKÇİ	4238	22/12	27/1	1/3	31/3	26/4	27/5	24/6	3/10	13/2	18/6		2/8	8/11	10/4			19/10	14/3			28/11					2/1			
11	ÜTĞM.MURAT TAŞKESEN	4290	4/12	28/1	2/3	1/4	27/4	26/5	23/6	22/8	6/2	4/6		12/7	15/11	20/3			5/10	28/3	27/6		30/11					23/4			
12	ÜTĞM.M.ÖZGÜR KIZILKAYA	4729	30/12	5/2	3/3	16/3	28/4	24/5	28/6	19/9	2/1	28/5		6/9	13/12	17/4			14/9	25/1	20/6		31/1					30/8			
13	ÜTĞM.MANSUR ÇELEBİ	4836	7/1	25/2	4/3	5/4	3/5	13/5	22/6	12/9	23/1	21/5		26/7	20/12	24/4			28/9	29/2	13/6		1/2					19/5			
14	ÜTĞM.M.K.BAYRAKÇEKEN	4826	8/1	9/2	8/3	6/4	4/5	2/6	30/6	1/8	16/1	14/5		13/9	27/12	8/5			10/8	22/2	6/6		2/2					31/12			
15	ÜTĞM.MEHMET ERDİ	4729	10/12	10/2	9/3	7/4	5/5	3/6		7/11	9/1	11/6		X	3/1	1/5			14/12	15/2	30/5		3/2					23/4			
16	ÜTĞM.MURAT UÇAR	4289	12/1	X	X	X	X	X		17/10	30/1	x		18/4	24/1	X			7/12	X	X		4/2					28/10			
17	ÜTĞM.A.TOLGA PERÇİN	4732	24/12	14/1	11/3	8/4	18/5	7/6		15/8	19/12	7/5		2/8	17/1	15/5			21/9	8/2	23/5							29/10			
18	ÜTĞM.CAFER TANER		X	X	X	X	X	X		X	X	x		X	X	X			X	X	X										
19	TĞM. MÜRÜVET KURT	4243	25/12	11/2	15/3	12/4	10/5	8/6		15/8	12/12	30/4		9/8	10/1	22/5			7/9	18/1	16/5							23/4			

* KIRMIZI YAZILAR EN SON LİSTEDE YAZILI NÖBETLERİ GÖSTERİR.
 * "X" HANGİ KOLON DAN NÖBETE GİRİLECEĞİNİ VE GÖREVDE/KURSTA OLAN PERSONELİN TUTMAYACAĞI NÖBETLERİ GÖSTERİR.
 * BAŞLIK KISMINDAKİ OKLAR NÖBETİN YUKARIDAN VEYA AŞAĞIDAN GELDİĞİNİ GÖSTERİR.

Şekil 5.2 Elle hazırlanmış nöbet kaydı örneği

EK-3 Test-1,2,3,4,5 sonucunda üretilen Hkthp = 2 olan nöbet çizelgeleri (tek noktadan çaprazlama)

BİLGİ : BU LİSTE VERİTABANINA YAZILMAK ÜZERE ONAYLANMADI (TEK NOKTADAN ÇAPRAZLAMA)

NÖBETÇİ AMİRLİĞİ Mayıs-2005 Nöbet Çizelgesi

ASIL NÖBETÇİLER :				
Nöbet Tarihi	Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbesi	Adı ve Soyadı	Telefon No
01-05-2005 Pazar	PAZAR	Ulş.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
02-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
03-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	G.TAMER EREN	831-4723
04-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU	831-4331
05-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	SAİM AKKANAT	831-4193
06-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
07-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	SERDAR AY	831-4411
08-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
09-05-2005 Pazartesi	MİLLİ	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
10-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	BÜLENT SELİM VEZİR	831-4241
11-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	GÜRSEL GÜNAY	831-4684
12-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ALİ DİNÇER OĞAN	831-4181
13-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
14-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	TUNA KIRCA	831-4726
15-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
16-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
17-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	IDRİS ÇETİN	831-4279
18-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TUNA KIRCA	831-4726
19-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ	831-4389
20-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
21-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ	831-4389
22-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
23-05-2005 Pazartesi	DİNİ	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
24-05-2005 Salı	DİNİ	Müh.Yzb.	HASAN ŞİMŞEK	831-4413
25-05-2005 Çarşamba	DİNİ	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
26-05-2005 Perşembe	DİNİ	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
27-05-2005 Cuma	DİNİ	Müh.Yzb.	SUNAY KAHRAMAN	831-4689
28-05-2005 Cumartesi	DİNİ	Ulş.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
29-05-2005 Pazar	DİNİ	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
30-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	MESUT EKREN	831-4252
31-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	SERDAR AY	831-4411

YEDEK NÖBETÇİLER :			
Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbesi	Adı ve Soyadı	Telefon No
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	HASAN ŞİMŞEK	831-4413
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
CUMA	Ulş.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
CUMA	Müh.Yzb.	SUNAY KAHRAMAN	831-4689
CUMARTESİ	Müh.Yzb.	MESUT EKREN	831-4252
CUMARTESİ	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
PAZAR	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
PAZAR	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
MİLLİ	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
DİNİ	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
DİNİ	Müh.Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU	831-4331
DİNİ	Müh.Yzb.	SAİM AKKANAT	831-4193
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Yzb.ABDURRAHMAN DEMİRCİ
Nöbet Kıdemlisi

Şekil 5.3 Test-1,2,3,4,5 sonucunda üretilen Hkthp = 2 olan nöbet çizelgesi (tek noktadan çaprazlama)

EK-4 Test-1,2,3,4 sonucunda üretilen Hkthp = 2 olan nöbet çizelgeleri(çift noktadan çaprazlama)

BİLGİ : BU LİSTE VERİTABANINA YAZILMAK ÜZERE ONAYLANMADI (ÇİFT NOKTADAN ÇAPRAZLAMA)

NÖBETÇİ AMİRLİĞİ Mayıs-2005 Nöbet Çizelgesi

ASIL NÖBETÇİLER :				
Nöbet Tarihi	Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbesi	Adı ve Soyadı	Telefon No
01-05-2005 Pazar	PAZAR	Uls.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
02-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
03-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	G.TAMER EREN	831-4723
04-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU	831-4331
05-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	SAİM AKKANAT	831-4193
06-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
07-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	SERDAR AY	831-4411
08-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
09-05-2005 Pazartesi	MİLLİ	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
10-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	BÜLENT SELİM VEZİR	831-4241
11-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	GÜRSEL GÜNAY	831-4684
12-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ALİ DİNÇER OĞAN	831-4181
13-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
14-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	TUNA KIRCA	831-4726
15-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
16-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
17-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	İDRİS ÇETİN	831-4279
18-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TUNA KIRCA	831-4726
19-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ	831-4389
20-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
21-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ	831-4389
22-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
23-05-2005 Pazartesi	DİNİ	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
24-05-2005 Salı	DİNİ	Müh.Yzb.	HASAN ŞİMŞEK	831-4413
25-05-2005 Çarşamba	DİNİ	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
26-05-2005 Perşembe	DİNİ	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
27-05-2005 Cuma	DİNİ	Müh.Yzb.	SUNAY KAHRAMAN	831-4689
28-05-2005 Cumartesi	DİNİ	Uls.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
29-05-2005 Pazar	DİNİ	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
30-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müht.Yzb.	MESUT EKREN	831-4252
31-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	SERDAR AY	831-4411

YEDEK NÖBETÇİLER :			
Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbesi	Adı ve Soyadı	Telefon No
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	HASAN ŞİMŞEK	831-4413
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
CUMA	Uls.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
CUMA	Müh.Yzb.	SUNAY KAHRAMAN	831-4689
CUMARTESİ	Müht.Yzb.	MESUT EKREN	831-4252
CUMARTESİ	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
PAZAR	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
PAZAR	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
MİLLİ	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
DİNİ	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
DİNİ	Müh.Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU	831-4331
DİNİ	Müh.Yzb.	SAİM AKKANAT	831-4193
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Yzb.ABDURRAHMAN DEMİRCİ
Nöbet Kıdemlisi

Şekil 5.4 Test-1,2,3,4 sonucunda üretilen Hkthp = 2 olan nöbet çizelgesi (çift noktadan çaprazlama)

EK-5 Test-5 sonucunda üretilen Hkthp = 3 olan nöbet çizelgesi (çift noktadan çaprazlama)

BİLGİ : BU LİSTE VERİTABANINA YAZILMAK ÜZERE ONAYLANMADI (ÇİFT NOKTADAN ÇAPRAZLAMA)

NÖBETÇİ AMİRLİĞİ Mayıs-2005 Nöbet Çizelgesi

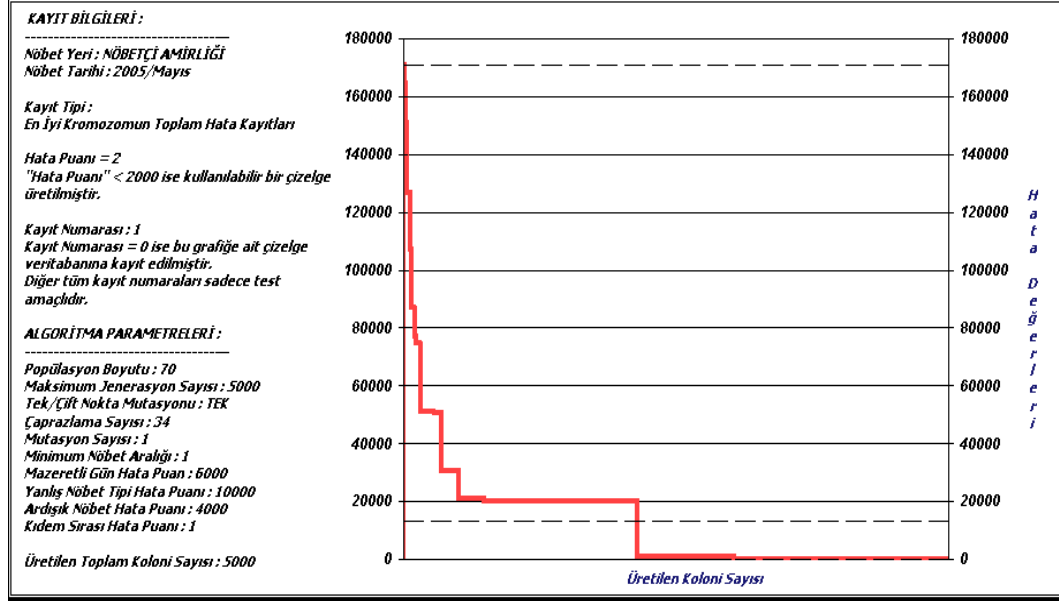
ASIL NÖBETÇİLER :				
Nöbet Tarihi	Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbesi	Adı ve Soyadı	Telefon No
01-05-2005 Pazar	PAZAR	Uls.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
02-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
03-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	G.TAMER EREN	831-4723
04-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU	831-4331
05-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	SAİM AKKANAT	831-4193
06-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
07-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	SERDAR AY	831-4411
08-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
09-05-2005 Pazartesi	MİLLİ	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
10-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	BÜLENT SELİM VEZİR	831-4241
11-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	GÜRSEL GÜNAY	831-4684
12-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ALİ DİNÇER OĞAN	831-4181
13-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
14-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	TUNA KIRCA	831-4726
15-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
16-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
17-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	İDRİS ÇETİN	831-4279
18-05-2005 Çarşamba	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TUNA KIRCA	831-4726
19-05-2005 Perşembe	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ	831-4389
20-05-2005 Cuma	CUMA	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
21-05-2005 Cumartesi	CUMARTESİ	Müh.Yzb.	YILMAZ ALTUNTAŞ	831-4389
22-05-2005 Pazar	PAZAR	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
23-05-2005 Pazartesi	DİNİ	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
24-05-2005 Salı	DİNİ	Müh.Yzb.	HASAN ŞİMŞEK	831-4413
25-05-2005 Çarşamba	DİNİ	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
26-05-2005 Perşembe	DİNİ	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
27-05-2005 Cuma	DİNİ	Müh.Yzb.	SUNAY KAHRAMAN	831-4689
28-05-2005 Cumartesi	DİNİ	Uls.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
29-05-2005 Pazar	DİNİ	Müh.Yzb.	ALİ YİĞİT	831-4596
30-05-2005 Pazartesi	GÜNLÜK	Müht.Yzb.	MESUT EKREN	831-4252
31-05-2005 Salı	GÜNLÜK	Müh.Yzb.	SERDAR AY	831-4411

YEDEK NÖBETÇİLER :			
Nöbet Tipi	Sınıf ve Rütbesi	Adı ve Soyadı	Telefon No
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	HASAN ŞİMŞEK	831-4413
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
GÜNLÜK	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
CUMA	Uls.Yzb.	METİN HASIRCI	831-4690
CUMA	Müh.Yzb.	SUNAY KAHRAMAN	831-4689
CUMARTESİ	Müht.Yzb.	MESUT EKREN	831-4252
CUMARTESİ	Müh.Yzb.	ALİ KARAHAN DOĞAN	831-4708
PAZAR	Müh.Yzb.	BİROL UZ	831-4607
PAZAR	Müh.Yzb.	TURGAY FERAN	831-4709
MİLLİ	Müh.Yzb.	YÜCEL ÇETİN	831-4488
DİNİ	Müh.Yzb.	ABDURRAHMAN DEMİRCİ	831-4301
DİNİ	Müh.Yzb.	ADEM ÇAPOĞLU	831-4331
DİNİ	Müh.Yzb.	SAİM AKKANAT	831-4193
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

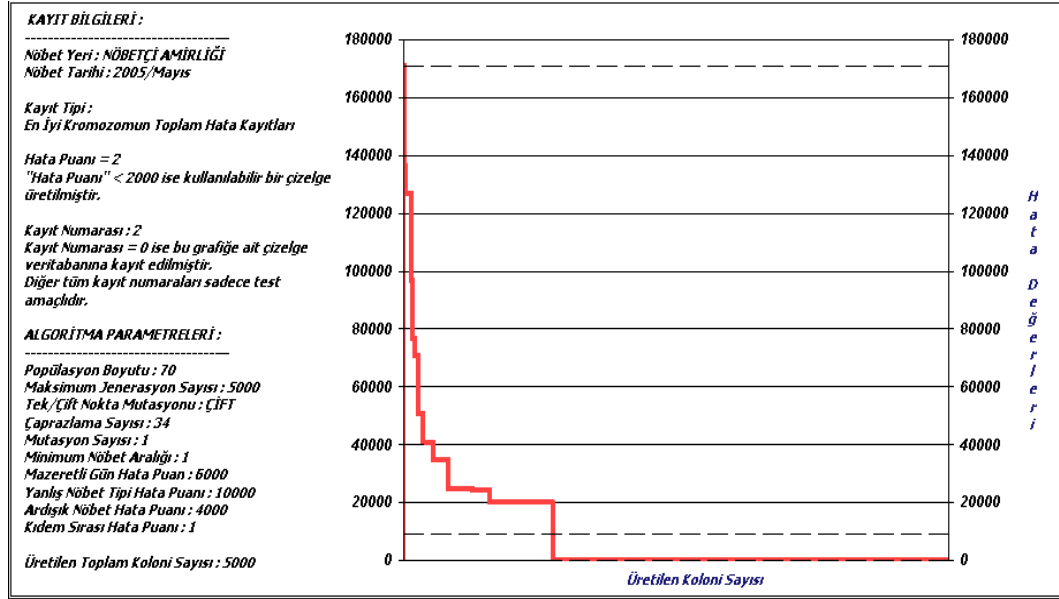
Yzb.ABDURRAHMAN DEMİRCİ
Nöbet Kademlisi

Şekil 5.5 Test-5 sonucunda üretilen Hkthp = 3 olan nöbet çizelgesi (çift noktadan çaprazlama)

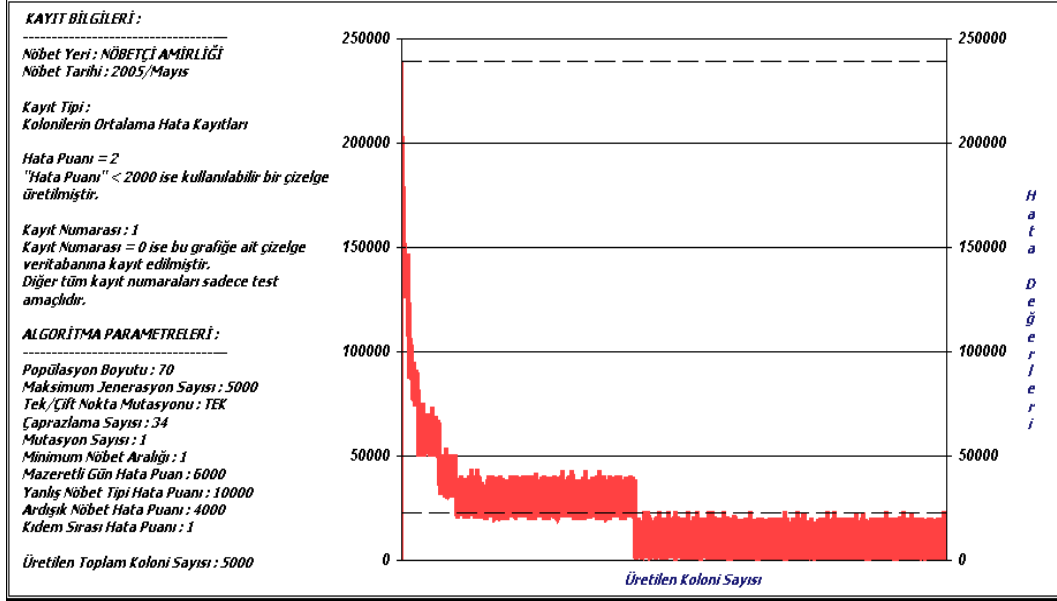
EK-6 Test-1 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri



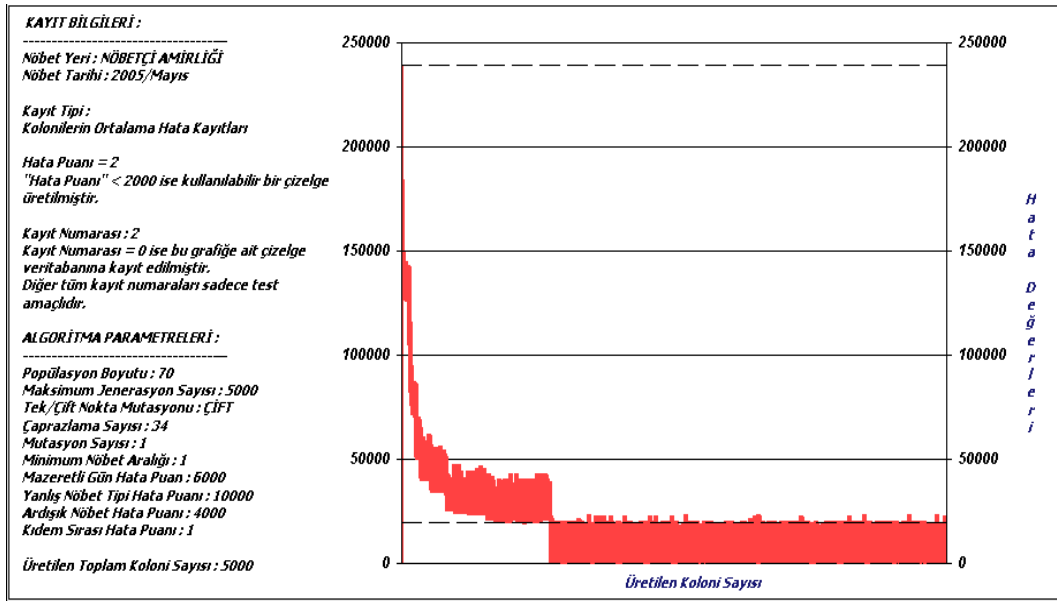
Şekil 5.6 Test-1 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)



Şekil 5.7 Test-1 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)

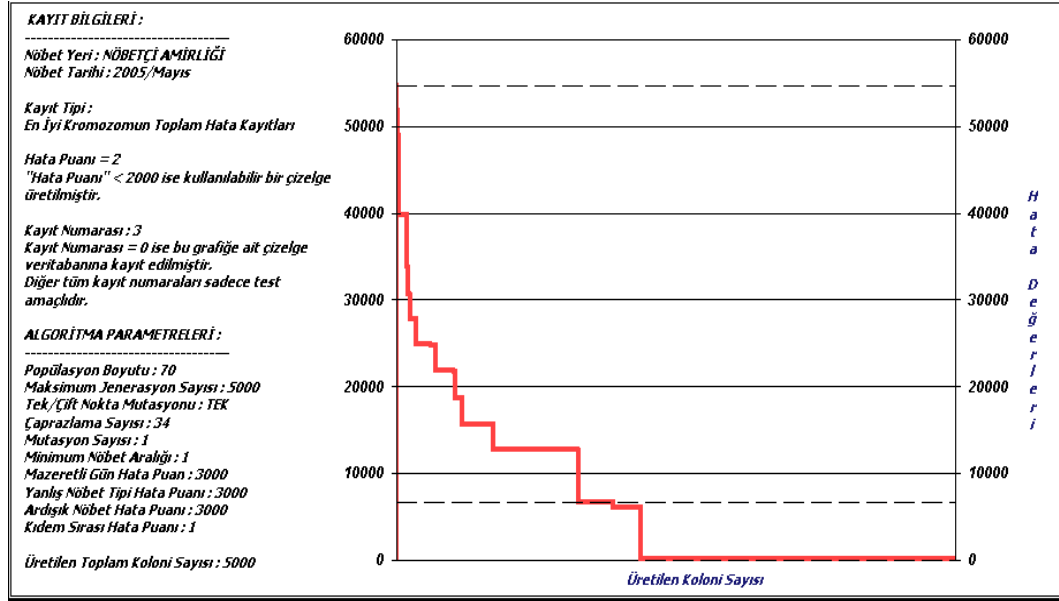


Şekil 5.8 Test-1 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)

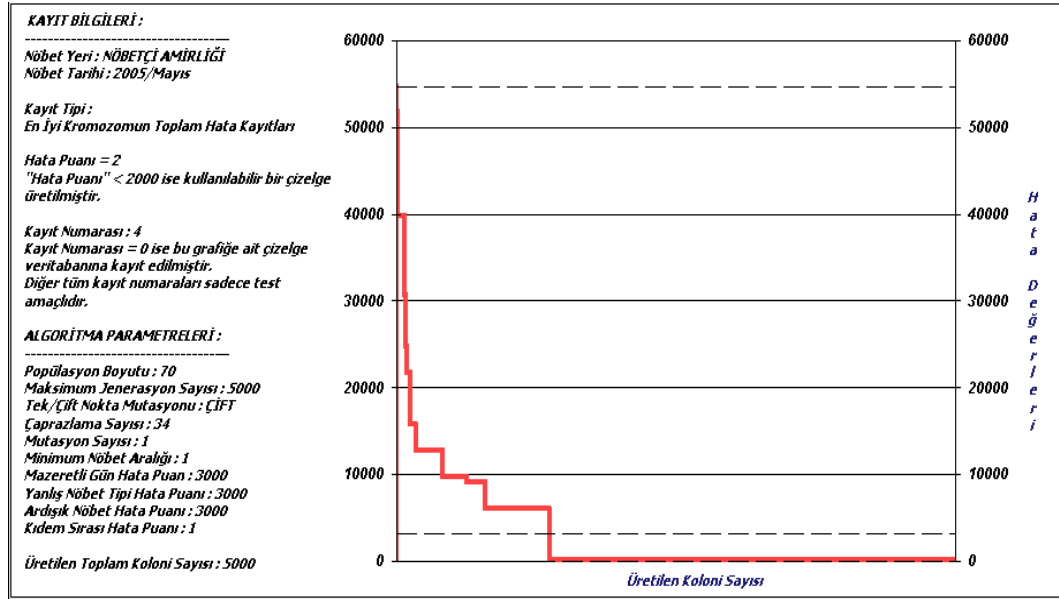


Şekil 5.9 Test-1 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)

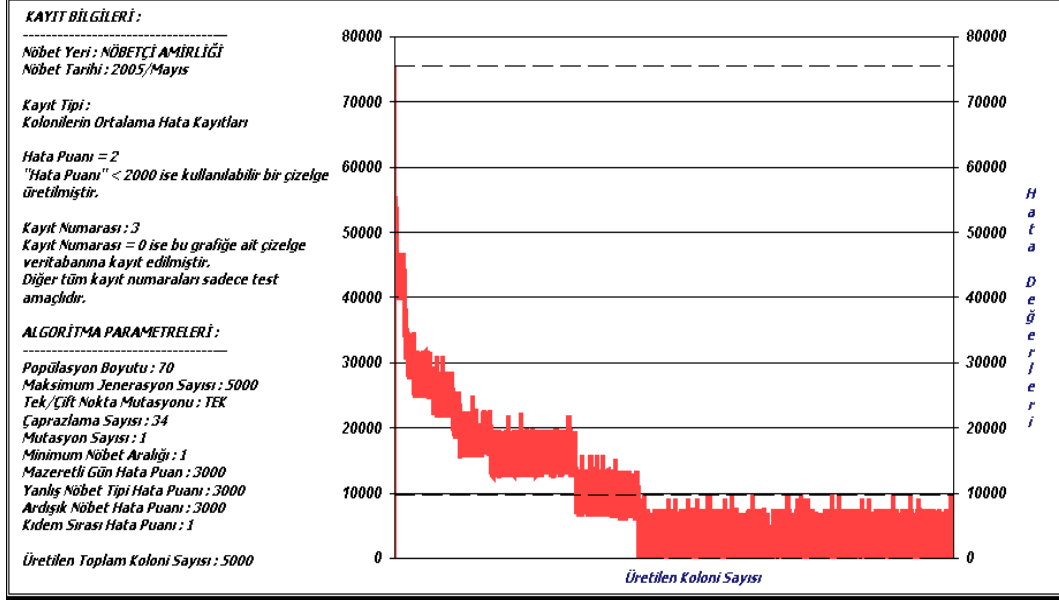
EK-7 Test-2 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri



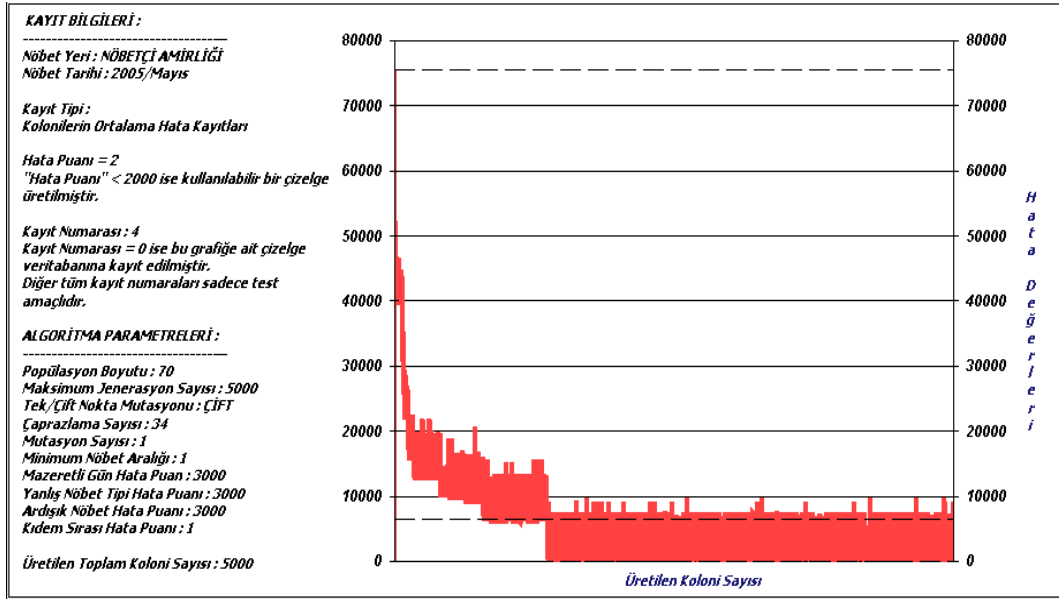
Şekil 5.10 Test-2 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)



Şekil 5.11 Test-2 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)

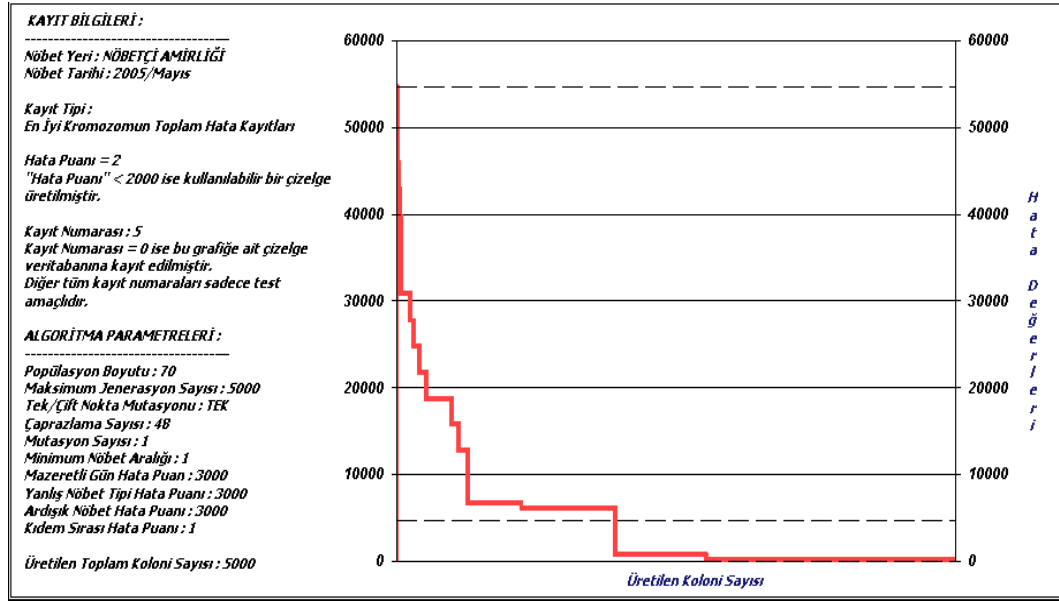


Şekil 5.12 Test-2 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)

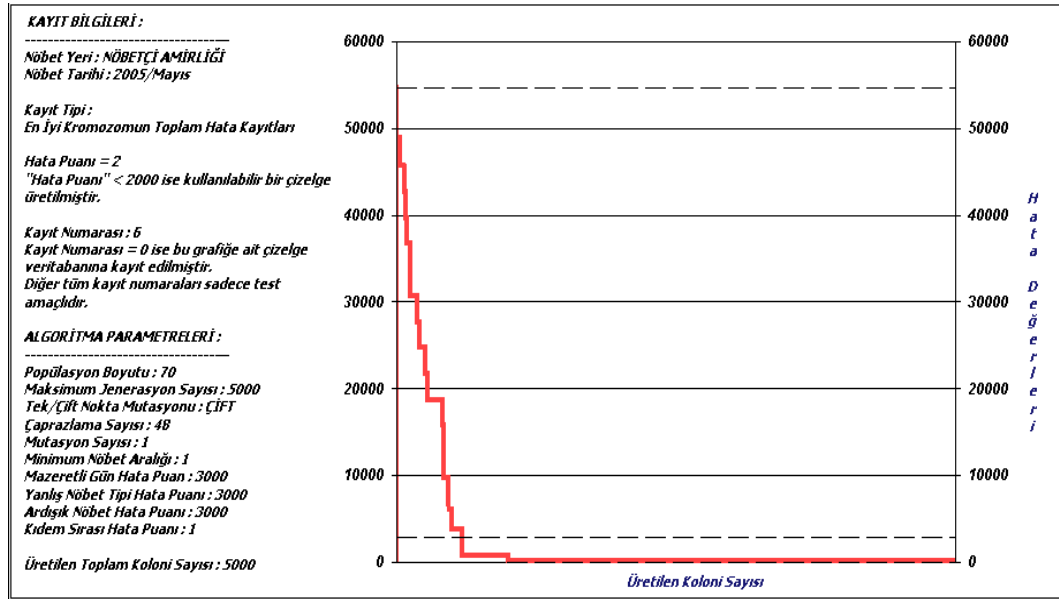


Şekil 5.13 Test-2 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)

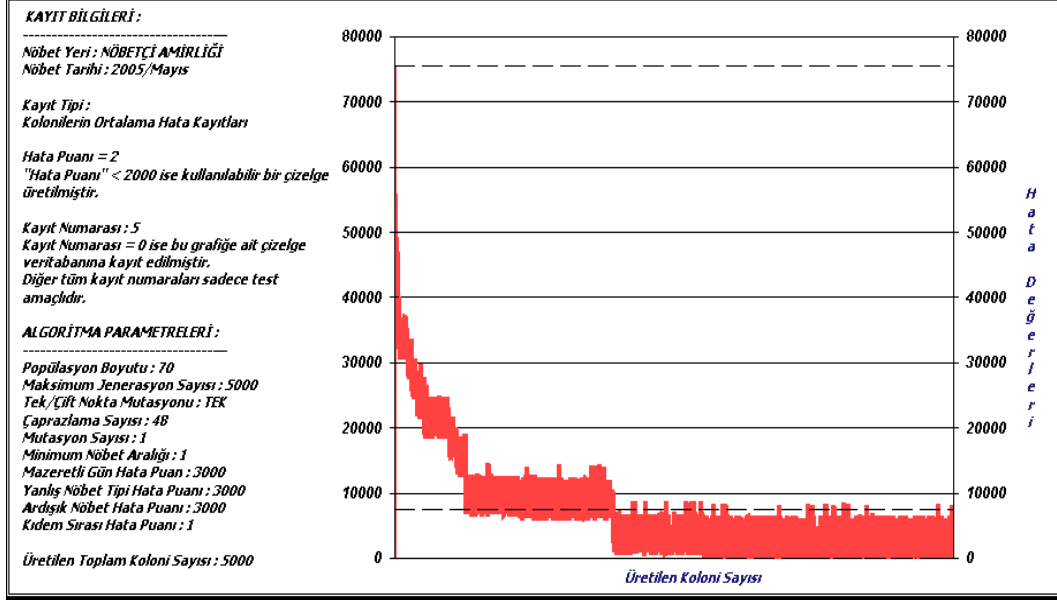
EK-8 Test-3 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri



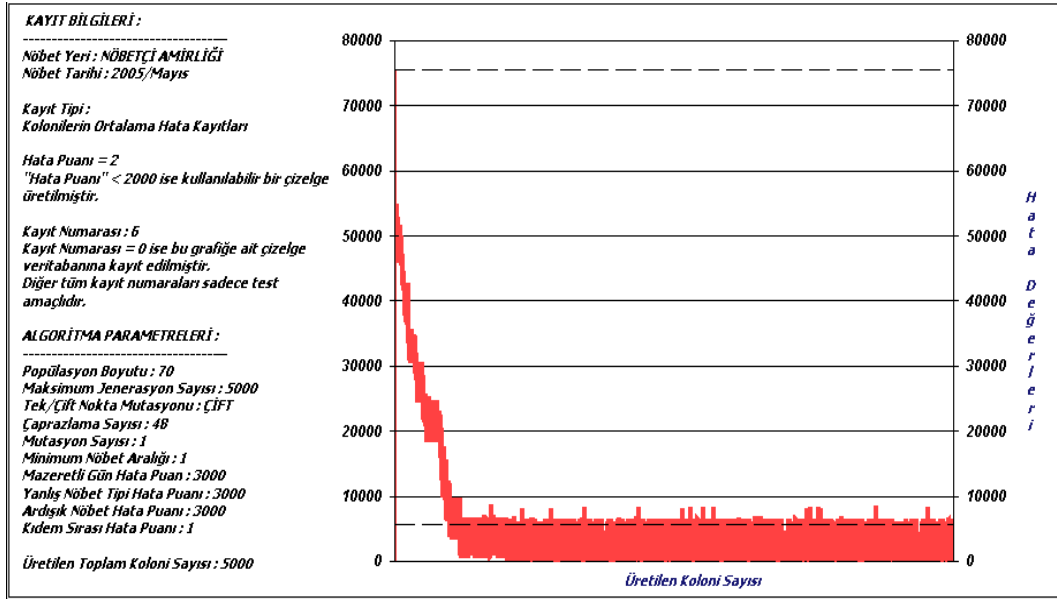
Şekil 5.14 Test-3 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)



Şekil 5.15 Test-3 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)

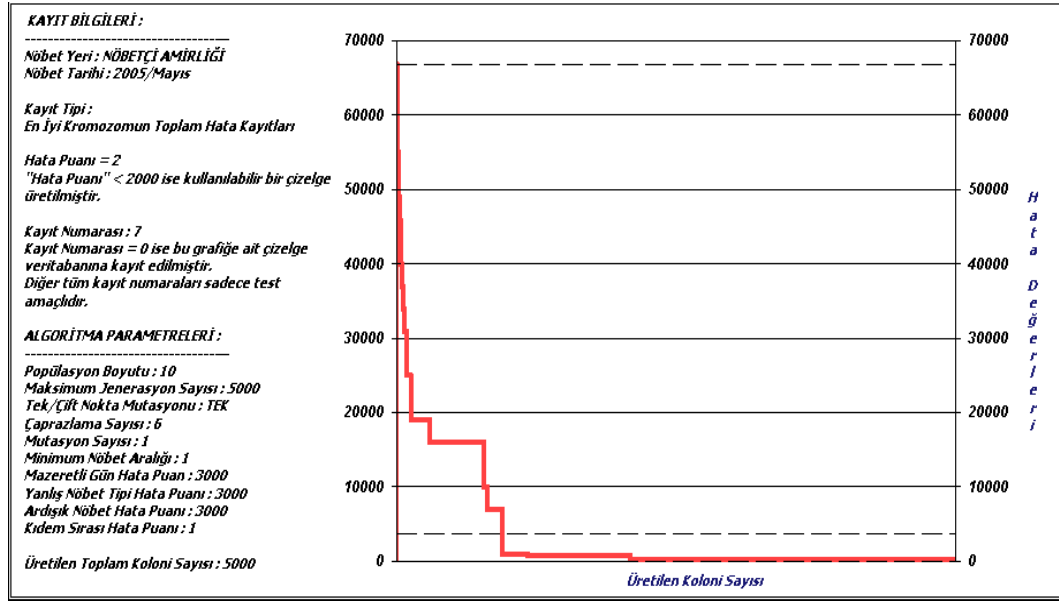


Şekil 5.16 Test-3 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)

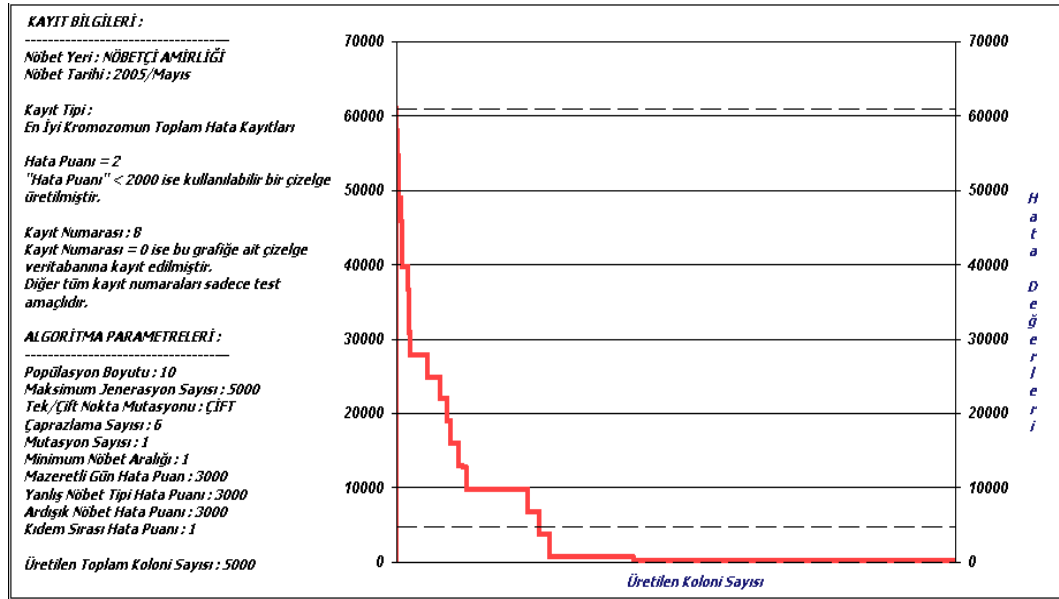


Şekil 5.17 Test-3 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)

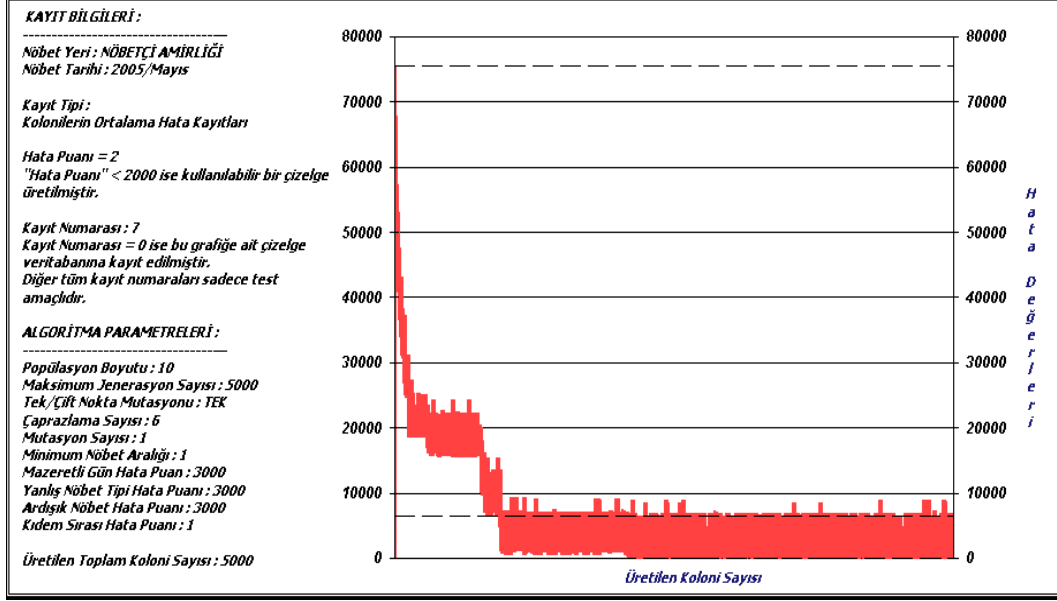
EK-9 Test-4 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri



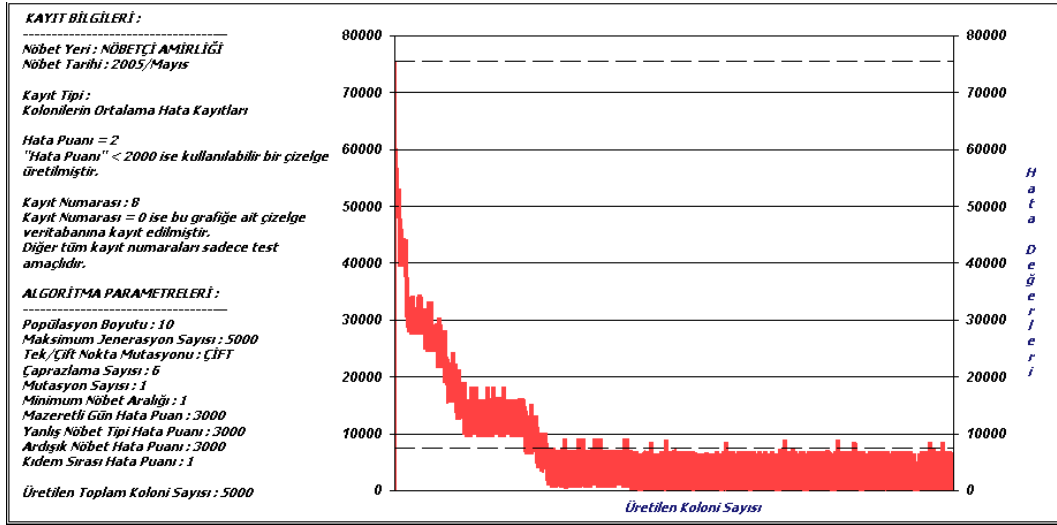
Şekil 5.18 Test-4 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)



Şekil 5.19 Test-4 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)

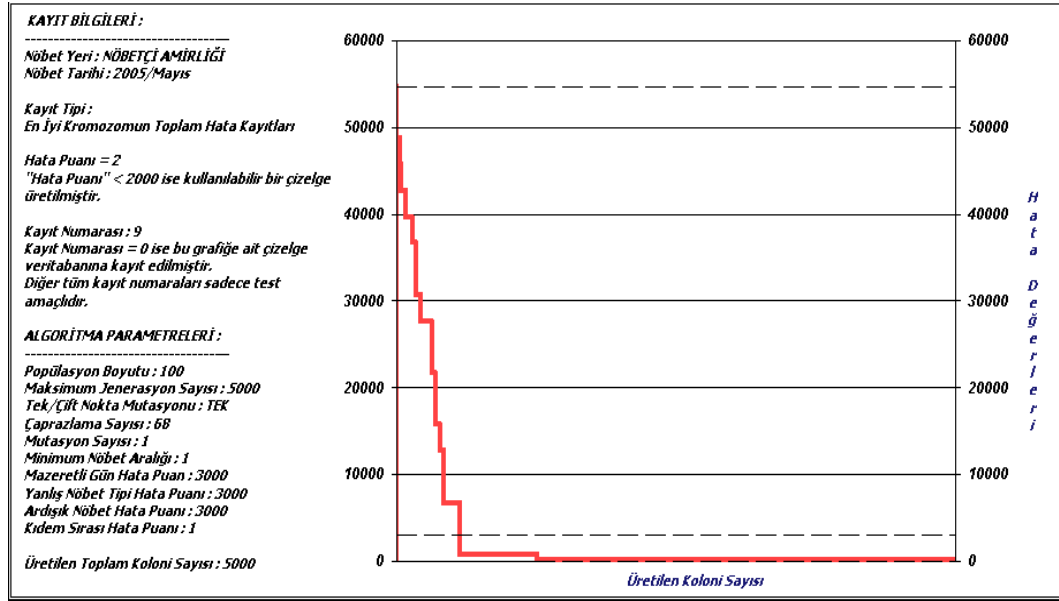


Şekil 5.20 Test-4 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)

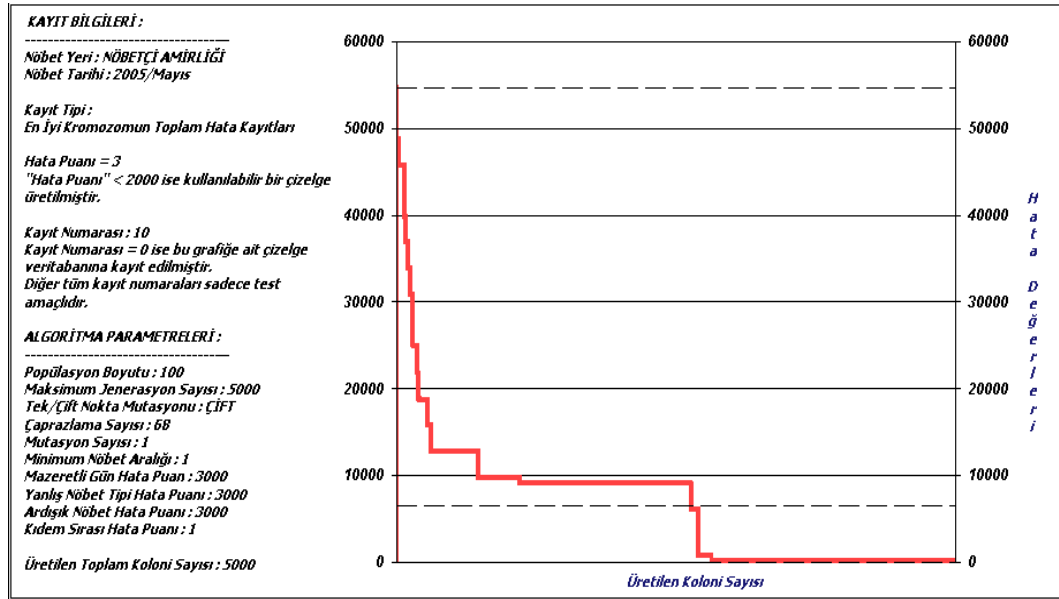


Şekil 5.21 Test-4 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)

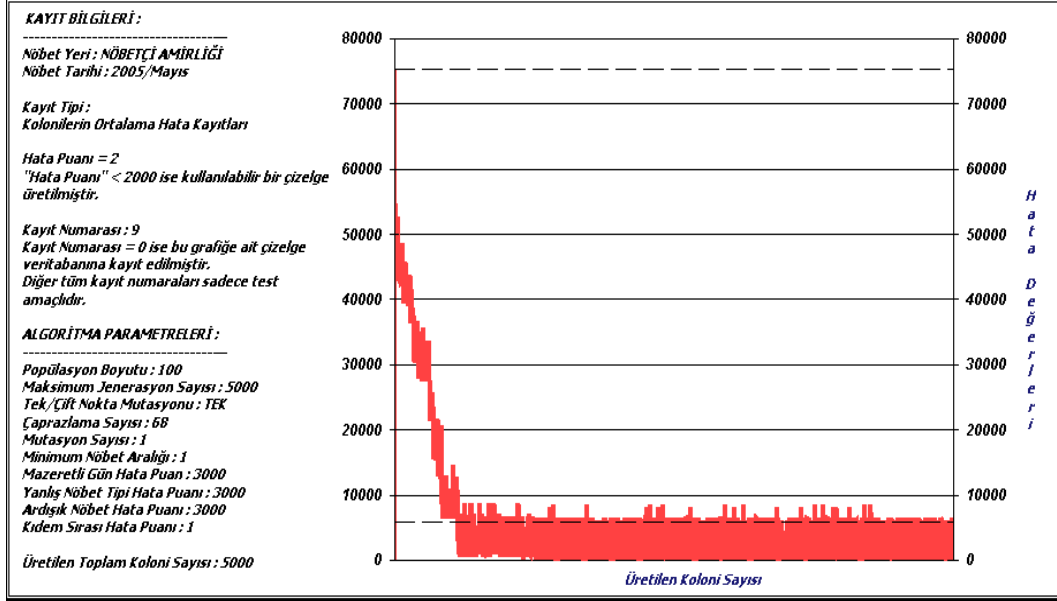
EK-10 Test-5 sonucunda üretilen nöbet çizelgesine ait hata/koloni sayısı grafikleri



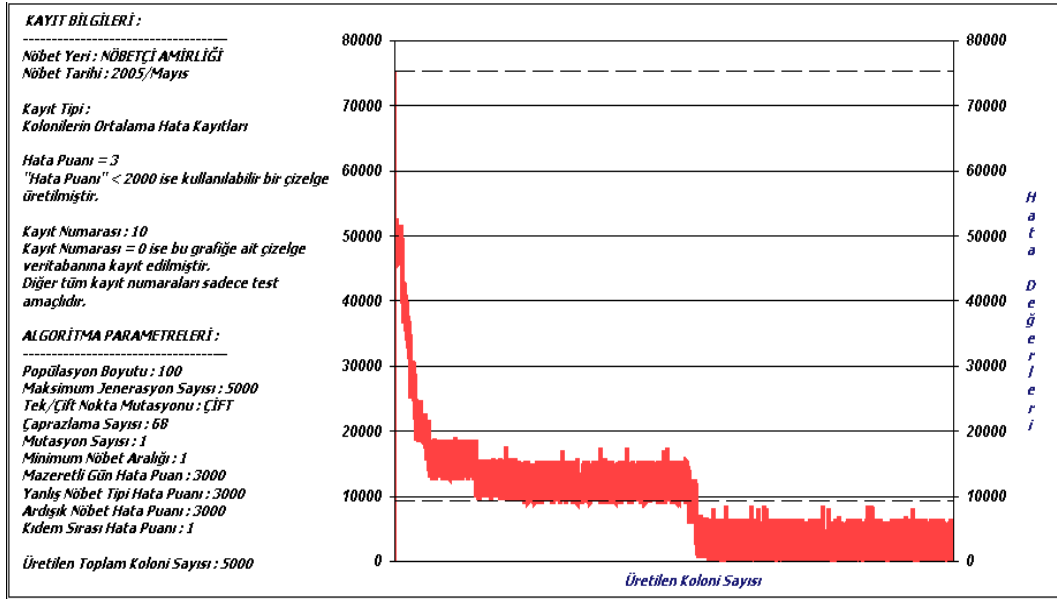
Şekil 5.22 Test-5 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)



Şekil 5.23 Test-5 için en iyi kromozomun toplam hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)



Şekil 5.24 Test-5 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (tek noktadan çaprazlama)



Şekil 5.25 Test-5 için tüm kolonilerin ortalama hata kayıtları/koloni sayısı grafiği (çift noktadan çaprazlama)